



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Propuesta técnica de residuos sólidos urbanos del municipio de San Rafael del Norte

Padilla, A; Altamirano, J.

Tutora

Dra. Tamara Iveth Pérez Rodríguez

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL DE ESTELÍ

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

**Centro Universitario Regional de Estelí
CUR-Estelí**

Recinto Universitario “Leonel Rugama”
Departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud

**Propuesta técnica de residuos sólidos urbanos del
municipio de San Rafael del Norte**

Trabajo de investigación para optar al grado de
Ingenieros Ambientales

Autores

Jonatan de Jesús Velásquez Altamirano
Andrea Nathaly Padilla Palma

Tutor

Dra. Tamara Iveth Pérez Rodríguez

Noviembre, 2025



Dedicatoria

A Dios nuestro Padre, de quien todo procede, fuente de nuestra sabiduría, por darnos las fuerzas en momentos de debilidad, consuelo en días de incertidumbre y claridad en nuestras decisiones, a él sea toda la gloria por este éxito culminado.

A nuestros padres de familia por ser ejemplo de vida y la base de nuestra formación y crecimiento personal que, con su amor, apoyo, y sacrificios, construyeron el camino por el que hoy avanzamos y quienes han sembrado en nosotros el deseo de superación, el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A nuestros maestros que con su sabiduría, vocación y entrega han iluminado nuestras mentes y han sembrado en nosotros las bases fundamentales del aprendizaje, moldeando nuestra formación académica y personal permitiéndonos alcanzar esta meta.

A mi querido abuelito, que ya no está físicamente conmigo, pero cuya voz, enseñanzas y amor siguen presentes en cada paso que doy, gracias por enseñarme a soñar, enfrentar desafíos con paciencia y formarme llena de amor. A mi fiel compañera sulí, mi mascota amada, que con su ternura, alegría y lealtad hacen que los días difíciles se iluminen con su grata compañía, y a todos los que llenan mi vida de amor, fuerza y recuerdos inolvidables, este trabajo es un pequeño homenaje a su presencia en mi corazón.

Andrea Padilla

A mis abuelos, pilares de sabiduría y ejemplo de constancia, cuyo esfuerzo y amor han sido la raíz de mis sueños. Gracias por enseñarme que la verdadera riqueza está en la humildad, el trabajo y la esperanza. A mí mismo, por la disciplina, la perseverancia y la fe en este camino académico. Este logro es también un recordatorio de que cada paso, aunque difícil, me ha acercado a la meta que hoy celebro. Con gratitud y orgullo, dedico estas páginas a quienes me inspiran y al esfuerzo que me define.

Jonatan

Agradecimiento

En primer lugar, agradecemos a Dios todopoderoso por acompañarnos en este proceso académico, quien con su infinita bondad nos concedió la oportunidad, la salud, la sabiduría, la fortaleza, el discernimiento y la paz interior necesaria para completar esta etapa, por ser nuestro refugio y la guía en cada paso de este camino haciendo posible alcanzar nuestra meta.

A nuestra tutora Tamara Iveth Pérez Rodríguez por su profesionalismo, compromiso, disposición, paciencia y ayuda total durante toda la etapa de elaboración de esta tesis, su experiencia y dedicación fueron pasos fundamentales para superar los retos y alcanzar con éxito el final de este de este trabajo investigativo.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de nuestra formación académica, gracias por brindarnos las herramientas necesarias para enfrentar los retos de esta carrera su compromiso ha sido una inspiración constante, gracias a sus enseñanzas y guías forjaron profesionales comprometidos con la educación y cuidado del medio ambiente.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres por ser el soporte incondicional en este camino, su amor, apoyo, comprensión, paciencia y sus consejos han sido un pilar fundamental en la formación de este proceso, para superar los retos a los cuales nos enfrentamos y mantener la perseverancia en momentos difíciles, gracias por ser la motivación e inspiración para asumir y cumplir con éxito este reto, su presencia ha sido nuestra mayor bendición y motor para alcanzar este logro.

Con estos agradecimientos cerramos una etapa importante de nuestra vida consciente que este logro es el resultado del apoyo, amor y confianza que hemos recibido, este logro no es solo nuestro si no de todas las personas que nos brindaron ayuda y esperanza.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CENTRO UNIVERSITARIO REGIONAL, ESTELÍ
“2025: Eficiencia y Calidad para seguir en victorias”
Departamento de Ciencias de la Educación y Humanidades

CARTA AVAL DEL TUTOR

Estelí, 04 de diciembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutora del trabajo de modalidad de graduación titulado: “**Propuesta técnica de residuos sólidos urbanos del municipio de San Rafael del Norte**”, elaborado por los estudiantes:

Jonatan de Jesús Velásquez Altamirano

18017094

Andrea Nathaly Padilla Palma

21509421

Estudiantes de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, hago constar que he brindado acompañamiento académico y metodológico durante el desarrollo de dicho trabajo, cumpliendo con lo establecido en el cronograma y en la normativa institucional vigente. Asimismo, avalo que el trabajo cumple con los requisitos formales, científicos y éticos exigidos por la Universidad, en cumplimiento de la modalidad de graduación correspondiente.

Atentamente,

Dra. Tamara Iveth Pérez Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0002-7039-0484>

UNAN-Managua/CUR-Estelí

CC/

¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!

Barrio 14 de abril, contiguo a la subestación de ENATREL, Tel 27137734, Ext 7424
dceh.curesteli@unan.edu.ni

Resumen

La creciente generación de residuos sólidos urbanos en Centroamérica, especialmente en Nicaragua, ha provocado serias afectaciones ambientales y sociales, como la contaminación de los ecosistemas, brotes de enfermedades e inundaciones en las grandes ciudades del pacífico. En municipios como San Rafael del Norte, la falta de planificación sostenible ha intensificado el problema, con residuos acumulados en espacios públicos y cuerpos de agua. Ante esta situación, se propone implementar un relleno sanitario como medida de restauración del recurso suelo, apoyado por componentes curriculares que permiten evaluar su aptitud, diseñar soluciones técnicas y analizar el impacto ambiental conforme al marco legal vigente. La presente guía incluye aspectos generales y específicas a considerar en el proceso de gestión de residuos sólidos urbanos para crear un cambio de la situación actual y la mejora de condiciones ambientales como los diferentes focos de contaminación e infección, mediante la aplicación de métodos de recolección, clasificación, almacenamiento y disposición final de los RS urbanos.

Palabras claves: residuos sólidos; relleno sanitario; gestión ambiental; focos de contaminación

Abstract

The growing generation of solid urban waste in Central America, especially in Nicaragua, has caused serious environmental and social impacts, such as the contamination of ecosystems, disease outbreaks, and flooding in large cities on the Pacific coast. In municipalities such as San Rafael del Norte, the lack of sustainable planning has intensified the problem, with waste accumulating in public spaces and water bodies. In response to this situation, it is proposed to implement a sanitary landfill as a measure to restore soil resources, supported by curricular components that allow for the evaluation of its suitability, the design of technical solutions, and the analysis of environmental impact in accordance with the current legal framework. This guide includes general and specific aspects to consider in the urban solid waste management process to change the current situation and improve environmental conditions, such as different sources of pollution and infection, through the application of methods for the collection, classification, storage, and final disposal of urban solid waste.

Keywords: solid waste; landfill; environmental management; sources of pollution

Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Antecedentes.....	2
2.1.	Antecedentes Internacionales	2
2.2.	Antecedentes Nacionales	3
3.	Planteamiento del problema	4
4.	Justificación	7
5.	Objetivos de investigación	8
5.1.	Objetivo General.....	8
5.2.	Objetivos específicos.....	8
1.	Limitaciones del estudio.....	9
•	Disponibilidad de Datos Actualizados:	9
•	Alcance geográfico restringido:	9
•	Acceso limitado de análisis:	9
•	Limitaciones sociales:.....	9
2.	Hipótesis	10
3.	Operacionalización de Variables	1
4.	Marco Teórico.....	1
4.1.	Fundamentos conceptuales	1
4.1.1.	Residuos sólidos:	1
4.1.2.	Residuos sólidos urbanos	1
4.1.3.	Gestión de residuos sólidos	1
4.1.4.	Tipos de residuos según Repsol (2024).....	1
4.1.5.	composición de los residuos sólidos según Hernández, Aguilar, & Gónzales (2016) 2	
4.1.6.	Origen de los residuos	2
Nota:	fuerza propia	2
4.1.7.	potencial contaminante de los residuos sólidos.....	3
4.1.8.	Tratamiento de los RS	4
4.1.9.	Las 5 fases para desarrollar el manejo de residuos sólidos.	4
4.1.10.	Plantas de tratamientos	5

4.1.11.	Rellenos sanitarios:.....	5
4.1.12.	Normativas Ambientales aplicables	7
4.2.	Enfoques Teóricos	10
4.2.1.	Teoría del desarrollo sostenible	10
4.2.2.	Modelo de las tres R “Reducir, Reutilizar y Reciclar”	10
5.	Diseño metodológico.....	12
5.1.	Tipo de investigación.....	13
5.2.	Población y selección de la muestra	15
5.3.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos	16
5.4.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos	17
6.	Análisis y discusión de resultados	19
6.1.	Generación y caracterización de los residuos generados en el municipio de San Rafael del Norte, Jinotega	19
6.2.	Condiciones físicas y biológicas del área seleccionada para la implementación de la planta	21
6.3.	Aplicabilidad del Marco legal	22
6.4.	Propuesta Técnica de un relleno sanitario manual en el municipio de San Rafael del Norte	24
6.4.1.	Descripción del proyecto	4
6.4.2.	Descripción del medio ambiente actual.....	5
6.4.3.	Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales en función de la propuesta técnica	6
6.4.4.	Plan de Manejo Ambiental (PMA).....	7
6.4.5.	Plan de implementación.....	7
•	Diagnóstico y Viabilidad	7
•	Diseño del Proyecto	8
•	Aspectos Legales y Permisos	8
•	Construcción y Equipamiento	8
•	Operación y Mantenimiento	8
•	Cierre y Post operación	9
	Monitoreo, evaluación y ajustes	9

7. Conclusiones.....	15
8. Recomendaciones	16
Referencias	17
9. Anexos	23

Índice de tablas

Tabla 1	1
Tabla 2 Origen de los residuos solidos	2
Tabla 3 Contaminantes presentantes en los residuos solidos.....	3
Tabla 4 Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos.....	16
Tabla 5 Impactos ambientales identificados en el terreno previo a la construcción de dicho sistema, mediante la matriz de Leopold.	6
Tabla 6 Impactos ambientales posibles por desarrollarse con la construcción del sistema de tratamiento	6

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación del municipio de SRN.....	12
Figura 2 Ruta actual de recolección de RS en SRN	20
Figura 3 Ruta propuesta para zonas inaccesibles	25
Figura 4 Micro y Macro ruteo	25
Figura 5 Ubicación del terreno propuesto para la implementación de dicho relleno	26
Figura 6 Vista general de las trincheras.....	3
Figura 7 Plano del área administrativa	2

1. Introducción

Los problemas que afectan al medio ambiente son cada vez más graves y causan preocupación en todos los países del mundo (Martínez et al., 2006) especialmente en Centro América, países que en los últimos años la generación de residuos sólidos de origen urbano ha venido creciendo en gran medida, sin que se tome en cuenta el desequilibrio medio ambiental que se está provocando. En este sentido se estima, que a nivel Latinoamericano las cifras de producción per cápita de habitantes por año de residuos sólidos es de 0.2- 0.4 toneladas en los países como México, Argentina, Venezuela y Brasil, y en Centro América de los 0-0.1 toneladas (Guido Acurio; Antonio Rossin; Paulo Fernando Teixeira; Francisco Zepeda, 1997).

Por ese motivo, la presencia de estos residuos representa un grave riesgo para el desarrollo urbano afectando directamente la salud pública y comprometiendo la funcionalidad de las infraestructuras existentes. Solo en Nicaragua se estima que la generación total de residuos sólidos es de 35000 Ton/día, lo que equivale a una PPC de 0.7 Kg/Hab/día (Girs, 2025), lo que ha provocado un sinnúmero de afectaciones en la población, mediante el brote de nuevas enfermedades e inundaciones en las grandes ciudades del pacífico.

Por otro lado, el municipio de San Rafael del norte ubicado en el departamento de Jinotega, siendo este un pueblo tan pequeño ha sido alcanzado por esta cultura que solo se enfoca en las actividades económicas comerciales e industriales, creando un vacío en el plan de desarrollo sostenible donde el medio ambiente es afectado sin medida por estas actividades antropogénicas. Además, estas actividades son las principales causas de la generación de residuos o desechos sólidos que tienen como fin en su gran mayoría el basurero a cielo abierto de dicho lugar y su otra pequeña porción se encuentran en las calles, campos de deportes, cunetas y en fuentes hídricas, como lo es el río Viejo.

Por eso a través del presente estudio que tiene como título **Propuesta técnica legal de residuos sólidos urbanos del municipio de San Rafael del Norte**; se pretende elaborar una propuesta que permita reducir las diferentes afectaciones que se puedan generar en el entorno por la incidencia de aquellos residuos cuyo destino es el vertedero a cielo abierto del casco urbano del municipio antes mencionado.

2. Antecedentes

Se seleccionaron los antecedentes desarrollados en esta investigación con el propósito de sustentar teóricamente el estudio y así analizar las aportaciones de investigaciones previas en torno a la gestión de residuos sólidos. Estos antecedentes son de ayuda ya que permiten comprender lo que otros investigadores han encontrado sobre el tema. Sirven de guía para conocer qué aspectos ya han sido estudiados y cuales aún necesitan mayor análisis. Los antecedentes muestran experiencias previas sobre el diseño y funcionamiento de rellenos sanitarios tema de importancia en la investigación. Esto permite identificar que prácticas han sido efectivas y que problemas se han presentado. La revisión de dichos antecedentes permitió identificar coincidencias y diferencias, así como también problemas que todavía no se han resuelto y así justificar por qué es necesario desarrollar este trabajo investigativo.

2.1. Antecedentes Internacionales

En el trabajo investigativo elaborado por Jennifer Ortega y Victoria Albán titulada Diseño de un relleno sanitario manual para el recinto “Cristóbal colón”- provincia de Esmeraldas (2015), su objetivo se enfoca en diseñar un relleno sanitario manual para el recinto “Cristóbal Colón” provincia de Esmeraldas; destinado a la disposición final de los residuos sólidos ya que dicho lugar no contaba con el servicio de transporte, recolección y disposición final de los desechos. La metodología empleada se desarrolló a partir de fuentes de investigaciones tanto primarias como secundarias en las que podemos encontrar las siguientes técnicas: la encuesta, la observación directa, la revisión bibliográfica y análisis de tesis relacionadas con la temática del proyecto. Se concluye que la producción per cápita real corresponde a 0,27 kg/hab/día.

La investigación realizada, con el tema “Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distrito Del Tambo – Huacayo” (2021) elaborada por Julissa Atahuaman, Milagros Soledad Asto, y Nisha Córdova. Tiene como objetivo presentar la propuesta de un relleno sanitario para el distrito del Tambo, el cual actualmente no dispone de una infraestructura adecuada para el tratamiento y la disposición final de los residuos. Además, la propuesta incorpora la valorización de los residuos que se pueden aprovechar como parte de su gestión integral. Se tomó en cuenta una guía técnica bien estructurada como parte del diseño, construcción, operación, mantenimiento y clausura

del relleno sanitario mecanizado. Se determinó que la infraestructura abarcará un área de 6.51 hectáreas con una capacidad de volumen promedio de 16932.25 m³ según los cálculos realizados y será un sistema semi mecanizado que contará con 10 zanjas, proyectándose una vida útil de 10 años.

En la tesis que tiene por nombre “Diseño del relleno sanitario para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Chancay baños, provincia de santa Cruz, departamento de Cajamarca” (2022) elaborada por Jairo Villanueva Puelles. Se plantea como desarrollar una solución ambiental para la gestión de los residuos sólidos Municipales del Chancay baños, Provincia de Santa Cruz mediante este proyecto se diseñó la infraestructura destinada al aprovechamiento y la disposición final de residuos sólidos. Para la recolección de datos en el presente proyecto se emplearon diversos instrumentos, se realizó una evaluación documental de información relevante, se utilizó software de diseño y de dibujo para el desarrollo técnico de la infraestructura, y se llevó a cabo la caracterización de los residuos sólidos, con el fin de obtener datos precisos que respaldaran la validación del diseño y la planificación del manejo de los residuos sólidos. Se concluye que la infraestructura del relleno sanitario se proyectara sobre un área de 7 hectáreas, implementando un sistema de relleno sanitario manual.

La tesis elaborada por Riva Rodríguez, Jhonny Maykol con el título: Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos urbanos, de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides – Amazonas (2022) . Su objetivo es presentar una propuesta de diseño de un relleno sanitario destinada a la gestión y disposición final de los residuos sólidos urbanos de los distritos de San Nicolás y Mariscal Benavides. Se recopiló información sobre la gestión actual de los residuos sólidos municipales. Esta técnica se utilizó en la investigación mediante la revisión de tesis, artículos y estudios relacionados con proyectos de mejora de la gestión integral de los RS en dicho lugar. En conclusión, se determinó que el relleno sanitario será tipo manual, con un volumen total acumulado de 41,938 m³.

2.2. Antecedentes Nacionales

En la tesis con el título “Diseño de un relleno sanitario para la ciudad Villa el Carmen, departamento de Managua” (2017) elaborada por Guillermo Martínez, y Bayron López., se plantea diseñar un relleno sanitario para mejorar la gestión de los RS en dicho lugar y reducir

los diferentes impactos que se puedan generar donde el estudio incluyo sus respectivos análisis de suelo y medición de la tasa de infiltración promedio. El terreno previo para la construcción tiene una magnitud de 18, 351.5 m², que tiene la capacidad de tratamiento de lo que genera cada habitante (PPC 0.73 kg diario) y cada celda del relleno será 1 m de alto, 3.82 de largo y 3 m de ancho

Torrez, Mendieta y Rugama en su trabajo investigativo titulado “Propuesta de anteproyecto de diseño de relleno sanitario, ubicado en la comunidad de San Carlos al norte del municipio de Diriamba, en el periodo del año 2018 al 2028” (2018) la investigación aborda una clara deficiencia gestión de los residuos que se generan diario en el municipio de Diriamba, agravada por el crecimiento poblacional y la saturación de los servicios municipales de recolección, dicho estudio busca caracterizar la cantidad y composición de los desechos mediante muestreos constantes representativos con el objetivo de diseñar un relleno sanitario en la comunidad de San Carlos del Norte de dicho lugar.

En el estudio titulado “propuesta de un relleno sanitario ubicado en el municipio de Catarina, departamento de Masaya, con una vida útil de 8 años” elaborado por Kristel Obando, Miguel Espinoza, Omar García, y Orlando García (2020) el objetivo es diseñar un relleno sanitario en Catarina – Masaya, debido a que el actual vertedero cuenta con un sin número de deficiencias y por ende ya no es funcional. Se realizaron análisis de sitio y del terreno donde se implementará el sistema, dicho proyecto cuenta con una viabilidad técnica proponiendo una infraestructura adecuada para el manejo de los residuos sólidos generados por los habitantes, con visión futura de 8 años.

En la tesis titulada “Diseño del plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos, en el casco urbano del municipio de San Rafael del sur, departamento de Managua” (2021) elaborada por Br. Kevin Alexander Ortiz Hernández y Br. Brayan José Cruz Calderón se propone un plan integral de residuos sólidos en San Rafael del Sur, basado en encuestas y caracterización de los desechos, donde se terminó una PPC de 0.45 kg diario. Por otro lado, el terreno seleccionado cuenta con los criterios técnicos para un relleno de forma semi mecanizado, con un área de 5.95 hectáreas y una vida útil estimada de 15 años aproximadamente.

3. Planteamiento del problema

El mundo genera 2.010 millones de toneladas de desechos anualmente y se espera que esta cifra aumente a 2.200 millones de toneladas para el año 2025 y que se duplique para 2050 (Tsegay Kahsay Gebrikidan; Niguse Gebru; Hagos Dejeffa; Gebremariam Gebrezgabher, 2024), convirtiéndose en uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta la sociedad hoy en día. La población mundial crece de manera exponencial y, por lo tanto, su índice de consumo también, esto provoca que acumulemos mucha más basura de lo común, en comparación de años anteriores y que según Bioenergy (2020) los daños ambientales por la inadecuada gestión de residuos se relacionan directamente con la alteración de los ecosistemas, el estilo de vida poco saludable y los patrones de producción y consumo insostenibles.

De acuerdo con Acteco (2024) una de las principales consecuencias de una inadecuada gestión de residuos es la contaminación del aire, el agua, y el suelo. Cuando los residuos se acumulan en los vertederos o se queman de manera irresponsable, se generan gases con toxinas que contaminan el aire e inciden directamente en la salud humana y el medio ambiente en general. Además, puede tener un impacto significativo en la biodiversidad ya que los vertederos y los RS pueden traer a animales como ratas y otros roedores, que propagan enfermedades (Yeseco, 2023), especialmente a los habitantes que viven dentro del vertedero y que ejercen funciones para el mantenimiento de dicho lugar.

En este sentido, el tema de la gestión de residuos sólidos adquiere gran importancia al ser un desafío global debido a que la población se enfrenta directamente a los efectos de la contaminación ambiental generada por la inadecuada gestión de los residuos sólidos. La población de San Rafael del Norte está viviendo de forma directa los impactos de la contaminación por residuos, evidenciando la problemática que se vive, donde gran parte de los residuos domésticos y comerciales se depositan en un botadero a cielo abierto, convirtiéndose en una solución poco sostenible.

Esta situación ha generado muchas de las consecuencias que se viven debido al incremento y la inadecuada gestión de los residuos, como la proliferación de vectores, emisiones de malos olores y la infiltración de lixiviados que contaminan el suelo y agua.

Es importante recalcar que si no se implementa una solución sostenible para la gestión de los residuos sólidos, las consecuencias se manifestaran en múltiples dimensiones, tanto en el

ámbito ambiental donde la acumulación inadecuada de desechos genera contaminación del suelo, agua, y aire (Acteco, 2024) así como en las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático, en la salud pública, en la proliferación de vectores como moscas, roedores y zancudos que incrementan el riesgo de enfermedades e incluso epidemias, como también se pueden desarrollar a nivel social, las comunidades cercanas a botaderos experimentan un deterioro en su calidad de vida y conflictos relacionados con la disposición de la basura.

Del mismo modo, en lo económico, se incrementan los costos municipales por el manejo ineficiente de los residuos y se desaprovechan las oportunidades derivadas del reciclaje y la economía circular (Lacayo Ojeda & Juarez Gonzales). De no atenderse el problema, la acumulación de desechos se convierte en un riesgo creciente que afecta el desarrollo sostenible y la calidad de vida de la población.

4. Justificación

La generación de residuos sólidos urbanos en los municipios de Nicaragua, especialmente de San Rafael del Norte, pone en evidencia la falta de planificación y la inadecuada gestión de estos. Esta situación ha provocado un sin número de impactos negativos en el entorno natural; como la contaminación de cuerpos de aguas, deterioro del recurso suelo y la incidencia directa en la salud de los pobladores (Acteco, 2024).

Por tanto, la elaboración de este estudio tiene una relevancia positiva, primero para conocer dicho problema, su alcance e impactos, para luego crear soluciones que nos ayude a mejorar la calidad de vida tanto de los pobladores, como la de evitar posibles impactos de alto riesgo para los recursos naturales. Dicho trabajo incide en el desarrollo de un plan efectivo y sostenible en el que tanto la población y el medio natural se ven beneficiados, permitiéndole a ambos gozar de un entorno saludable.

Por otro lado, esta investigación tiene una profunda incidencia social porque permite a través de la educación ambiental fomentar la conciencia sobre la economía circular, promoviendo una relación más armónica entre la población y su entorno (Bejar, 2024). A demás se promueve aportes teóricos como la gestión de residuos sólidos, el marco legal y normativo, diagnostico ambiental, educación y concientización. También aportes metodológicos como el diagnóstico inicial, diseño técnico de estrategias, monitoreo y evaluación.

5. Objetivos de investigación

5.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta técnica legal para la gestión de residuos sólidos urbanos del municipio de San Rafael del Norte, Jinotega.

5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los residuos sólidos generados en el casco urbano de SRN.
- Determinar las condiciones físicas del área seleccionada para la implementación de dicho sistema.
- Evaluar el marco legal aplicado a dicho estudio para garantizar su efectiva aplicación.
- Diseñar la propuesta técnica legal para la implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos.

1. Limitaciones del estudio

- Disponibilidad de Datos Actualizados:

La información sobre la generación de residuos sólidos; su origen y composición y las pertinentes prácticas de disposición final de los desechos resultantes del municipio de San Rafael del Norte, presenta ciertos vacíos o inconsistencias, lo que limita la precisión del diagnóstico.

- Alcance geográfico restringido:

El estudio se enfoca directamente al casco urbano de San Rafael del Norte excluyendo a comunidades rurales que se les presta el servicio de recolección, quienes presentan diferentes procedimientos de generación y manejo de RS.

- Acceso limitado de análisis:

El análisis Físico-biológico de los RS y el recurso suelo in situ propuesto para el relleno sanitario se realizó con ciertos instrumentos básicos lo que podría influir en la profundidad de los resultados.

- Limitaciones sociales:

La poca participación ciudadana y algunos actores políticos de gran importancia por desconfianza, falta de información o por falta de compromiso pudo retrasar la validación de datos de gran interés.

2. Hipótesis

La implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Rafael del Norte contribuirá a la reducción significativa los diferentes impactos negativos en la salud de la población y el medio ambiente, promoviendo condiciones de vida más seguras y sostenibles.

3. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Indicadores	Instrumento	Fuente de datos
Caracterización de los RS	Clasificación de los residuos generados con el fin de realizar una correcta gestión de estos (AGQ Labs, 2020).	Se medirá usando el método de cuarteo, clasificando los residuos en orgánicos, reciclables y peligrosos, pesando cada fracción.	Cantidad total de residuos (kg o toneladas) porcentaje de residuos según categoría, frecuencia de generación Densidad aparente.	Guía de campo Guía de observación Instrumentos de campo Báscula o balanza, recipientes o bolsas de muestreo, cinta métrica,	In situ

<p>Condiciones físicas y biológicas del suelo</p>	<p>Cuando se habla de las condiciones físicas del suelo se refieren a la textura, estructura porosidad y color. Y las condiciones biológicas describe los componentes biológicos presentes tanto en él, como en la vida microbiana, las colonias de bacterias y</p>	<p>Se evaluará mediante muestreos en campo.</p>	<p>Textura del suelo, densidad aparente, porosidad total, estructura del suelo.</p>	<p>Guía de campo Instrumentos de campo Hidrómetro, balanza de precisión, lupa, horno de secado, pinzas, bandejas trampas de caída, microscopio.</p>	<p>In situ</p>
---	---	---	---	---	----------------

	hongos (Propiedades biológicas del suelo).				
Marco legal	Conjunto de leyes que indican los límites y sobre las que una persona o institución pueden actuar (Diccionario Fácil, 2025).	Se evaluará mediante la identificación y revisión de leyes, reglamentos, normativas y ordenanzas municipales que regulan la gestión.	Numero de leyes, reglamentos u ordenanzas municipales vigentes sobre gestión de residuos, existencia de programas o planes de gestión.	Guía de Revisión documental de leyes y ordenanzas Guías de verificación, Guía de entrevista Guía de encuestas	Revisión documental

<p>Sistema de tratamiento</p>	<p>Comprende un conjunto de operaciones destinadas a las modificaciones de las características tanto físicas, químicas y biológicas (Sistemas de tratamiento, s.f.).</p>	<p>Se evaluará mediante la identificación del tipo de sistema de tratamiento implementado (relleno sanitario, incineración, etc.)</p>	<p>Existencia de un sistema formal de tratamiento de residuos, tipo de tratamiento utilizado, nivel de mantenimiento y operatividad.</p>	<p>Guía de Observación directa en planta o sitio de disposición, Guía de fichas técnicas del sistema de tratamiento, Guía de entrevistas a responsables de manejo de residuos.</p>	<p>Guía de observación in situ</p>
-------------------------------	--	---	--	--	------------------------------------

4. Marco Teórico

El presente marco teórico presenta los ejes conceptuales que sustentan esta investigación, orientada a diseñar una propuesta técnica para la gestión de residuos sólidos en San Rafael del Norte y tiene como propósito identificar y analizar los enfoques teóricos, normativos y técnicos que permiten comprender con mayor claridad el problema, enfocado en las deficiencias de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos generados en el casco urbano de dicho municipio y que permite contextualizar estas deficiencias dentro de paradigmas como la sostenibilidad y la economía circular.

4.1. Fundamentos conceptuales

4.1.1. Residuos sólidos:

Comprende todo material que sea desechado por la población; pueden ser de origen doméstico, comercial, industrial, desechos de la vía pública y resultantes de la construcción (José Baptista, Concepción Toledo, Castillo, & González Suárez, 2014, pág. 11).

4.1.2. Residuos sólidos urbanos

Normalmente nos referimos al término de residuo, a todo lo que es generado, producto de una actividad y no es de nuestro interés, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos, formándose una masa heterogénea que, en muchos casos, es difícil de reincorporar a los ciclos naturales (Colomina & Sanchez Osuna, 2007, pág. 26).

4.1.3. Gestión de residuos sólidos

La gestión integral de residuos sólidos implica la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos y tiene como propósito reducir los impactos negativos que se pueden generar y que afectan la salud pública y el medio ambiente (Colomina & Sanchez Osuna, 2007).

4.1.4. Tipos de residuos según Repsol (2024)

- Orgánicos (biodegradables, aprovechables mediante compostaje)

- Inorgánicos reciclables (plásticos, metales, papel)
- Inorgánicos no reciclables (vidrios, cerámicas)
- Peligrosos (baterías, aceites, residuos hospitalarios)

4.1.5. composición de los residuos sólidos según Hernández, Aguilar, & Gónzales (2016)

- Materia orgánica: (40-60 %), es la fracción que predomina más en las ciudades y dentro de esta se encuentra el papel, residuos de la jardinería y restos de alimentos.
- Papel y cartón: (10-20 %) su proporción aumenta en aquellos sitios con mayor consumo de productos con empaques hechos a base de este tipo de material.
- Plásticos: (10-15%) incluye polímeros como PET, HDPE, LDPE, PP, PVC Y PS.
- Vidrio: (3-6%)
- Metales: (2-5%) son altamente reciclable.
- Otros como madera, goma y textiles: (5-10%).

4.1.6. Origen de los residuos

Tabla 2

Origen de los residuos solidos

Origen	DESCRIPCIÓN
Domestico	Generados en viviendas producto de actividades como; cocina y limpieza.
Comercial	Proveniente de centros comerciales, tiendas y restaurantes.
Industrial	Derivado de procesos productivos como los empaques.
Sanitario	Residuos generados en hospitales y clínicas como guantes y mascarillas.
Agropecuario	Desechos de las cosechas e insumos agrícolas.
Institucional	Universidades, escuelas y edificios públicos y privados.

Nota: fuente propia

4.1.7. potencial contaminante de los residuos sólidos

Tabla 3
Contaminantes presentantes en los residuos solidos

Tipo de residuos	Contaminantes asociados	Impacto ambiental
Orgánicos	Lixiviados, metano y dióxido de carbono.	Contaminación de aguas subterráneas, emisión de gases de efecto invernadero y la proliferación de vectores (Davila Samano, Martinez Razo, & Hernandez Gonzales, 2022).
Plásticos	Micro plásticos, y aditivos tóxicos (como ftalatos y bisfenol a).	Persistencia en ecosistemas, bioacumulación.
Papel y cartón	Tinta y metales pesados.	Contaminación del suelo
Metal	Plomo, mercurio y cadmio.	Toxicidad del suelo y cuerpos de agua, y afectación en la salud de los seres vivos que tengan contacto con cualquiera de estos recursos naturales (ESCAMILLA-GARCÍA , ÁNGELES-TOVAR , PÉREZ-SOTO , & RIVERA-GONZÁLEZ, 2024).
Vidrio	Fragmentos cortantes y restos químicos presentes en los envases.	Riesgo físico y contaminación ambiental si existe la presencia de sustancias en dichos envases.

Sanitarios y peligrosos	Patógenos, fármacos y químicos reactivos.	Infecciones, resistencia antimicrobiana y posibles daños en el sistema nervioso y órganos.
--	---	--

4.1.8. Tratamiento de los RS

1. Compostaje

Se considera una manera correcta para el reciclaje de estos residuos, ya que resuelve el problema de su inexistencia, a disminuir los gases de efecto invernadero, así como dar lugar a la producción de compost, que funciona como un agente que mejora la condición de los suelos (UNA Compost sostenible , pág. 5).

2. Lombricomposta

Aunque esta constituye una técnica ampliamente utilizada para el aprovechamiento de los restos orgánicos, su aplicación exige una inversión a gran escala de los materiales, tiempo, mano de obra y espacio (UNA Compost sostenible).

3. Reciclaje de residuos sólidos valorizables

Separación y aprovechamiento de materiales como plásticos, metales, papel y cartón (Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental, 2021, pág. 7).

4. Incineración

La incineración de residuos es un proceso en el cual los desechos sólidos se quemados a altas temperaturas con el objetivo de reducir su volumen y destruir materiales, patógenos y algunos contaminantes (Velázquez Martí, pág. 3). Es importante mencionar que cuando la basura es quemada se originan gases formados principalmente por CO₂ y H₂O, cenizas y energía. En algunos casos, las instalaciones de los incineradores tienen incorporado un sistema de recuperación de calor para generar electricidad a través de un ciclo de Rankine y calor para otros procesos (Paredes , 2015).

4.1.9. Las 5 fases para desarrollar el manejo de residuos sólidos.

Generación: proceso mediante el cual cualquier persona o institución, a través de la realización de sus actividades cotidianas provoca la transformación de los materiales.

Almacenamiento: consiste en la acción de retener los residuos durante un periodo previo a su recolección por parte del personal (Avalos, 2017).

Recolección y Transporte: comprende al conjunto de operaciones de carga- transporte- descarga desde que los residuos son presentados hasta que son descargados, bien directamente en los puntos de transferencia o tratamiento final (Camargo, 2024).

Clasificación y Recuperación: consiste en la separación de materiales que constituyen la basura con interés económico y se efectúa para recuperar artículos de ciertos valores, productos que se pueden convertir en otros o en energía que se puede obtener de este proceso (Avalos, 2017).

Tratamiento y Disposición Final: según Flores Martínez. , Olivas Rueda. , & Dávila Cruz (2007) el tratamiento busca a reducir los diferentes impactos generados y la disposición final es el área donde serán destinados los desechos sólidos que no se pueden reciclar.

4.1.10. Plantas de tratamientos

Según Rivas Gonzalo Matías (2019) una planta de tratamiento de RS tiene como objeto lograr la separación eficiente de los residuos, así como promover el reciclaje de los materiales orgánicos generados en el lugar.

4.1.11. Rellenos sanitarios:

Es una infraestructura que está diseñada y construida para contener y tratar los residuos municipales de manera segura y amigable con el ambiente, ya sea a superficie o bajo tierra, con fundamento en nociones de ingeniería ambiental y sanitaria (Ricaldi Atahuaman, Huaman Asto, & Callupe Cordova, 2021, pág. 26). Dentro de estos podemos encontrar los siguientes tipos de rellenos sanitarios;

Relleno tradicional húmedo

De acuerdo con Van Afferden y colaboradores (2002), esta tecnología se basa en la disposición final de todos los residuos sólidos que se generan en comunidades rurales y

urbanas a nivel municipal, procurando que su destino no sea directamente al suelo y evitando así que se generen perjuicios en el medio ambiente, así como molestias o peligros para la salud y seguridad pública.

Método de trinchera o zanja

Este método es empleado cuando la capa de nivel freático es profunda ya que la excavación suele ser de 2 a 3 metros, sin embargo, hay casos que llega a los 7 metros de excavación. Se recomienda realizar un sistema de desagua para las lluvias, también hay casos en los que se requiere el bombeo de agua para su extracción (Tito, 2021).

Método de área

Esta técnica es utilizada en el caso de no ser necesaria una excavación, por condiciones del terreno, hueco natural, capas de nivel freático cercanos a la superficie del terreno o por economizar el proyecto (Tito, 2021). Para esto es necesario que exista un excelente sistema de drenaje, debido a que las celdas de confinamiento se verían afectadas por la lluvia.

Método combinado o rampa

Esta metodología se basa en uso combinado de las 2 técnicas antes mencionadas, empleándolas de mejor manera o adaptándolas para las condiciones peculiares de cada tipo de terreno (Tito, 2021).

Método de pozo

Se lo emplea para recuperar espacios urbanos deteriorados, perfilando el fondo y paredes del pozo, para luego ser impermeabilizado mediante el uso de geomembrana o arcilla (Tito, 2021).

Método manual

Esta técnica de disposición final constituye una alternativa apropiada para el manejo ambiental de los residuos sólidos en zonas marginales de ciudades urbanas grandes o medianas, con poblaciones menores de 40,000 habitantes, donde resulta inviable disponer con un equipo pesado para el manejo de un relleno sanitario convencional (van Afferden, y otros, 2002).

4.1.12. Normativas Ambientales aplicables

El presente análisis de las normativas ambientales contempladas dentro del marco legal se realiza en función de la problemática actual dentro del casco urbano y el vertedero municipal a cielo abierto existente, dentro de las cuales tenemos las siguientes leyes:

- **Constitución política (ley 130, Reforma constitucional, 2000);** constituye la carta fundamental y la norma suprema de la nación, a la cual se subordinan las demás leyes.

Arto 60: Los Nicaragüenses tienen derecho a hábitat en un ambiente saldable; es obligación del estado la preservación, conservación y rescate del medio ambiente y de los Recursos Naturales (Nicaragua Patente n° 13, 2000).

- **Ley General del Medio ambiente y los Recursos Naturales (Ley 217, 1996)**

El objetivo de esta ley es establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, sus disposiciones son de orden público, es decir, de obligatorio cumplimiento (Nicaragua Patente n° 20, 2014).

- **Ley de Municipios (Ley 40, 1988)**

Art. 16.7: La población municipal debe integrarse a las labores de protección del medio ambiente y mejoramiento de las condiciones higiénicas y sanitarias de la comunidad, así como la prevención y auxilio ante situaciones de catástrofe natural y social que afecten al municipio (Nicaragua Patente n° 189, 2021).

- **Ley No 559. Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales**

La presente ley tiene por objeto tipificar como delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales, las acciones u omisiones que violen o alteren las disposiciones relativas a la conservación, protección, manejo, defensa y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales, así como, el establecimiento de la responsabilidad civil por daños y perjuicios ocasionados por las personas naturales o jurídicas que resulten con responsabilidad comprobada (Nicaragua Patente n° 225, 2005).

- **Ley N°. 641, código penal. Aprobado en sesión plenaria del 13 de noviembre del 2007.**

Arto. 365. Toda persona que, directa o indirectamente, sin la debida autorización de la autoridad competente, descargue, deposite o infiltre o permita el descargue, de cualquier residuo o sustancias contaminantes tóxicos en los suelos o subsuelos, con peligros o daño para la salud, los recursos naturales, la biodiversidad, la calidad del agua o de los ecosistemas en general, serán sancionados con pena de 2 a 5 años de prisión y de 100 a 1,000 días de multa (Nicaragua Patente n° 32, 2023).

- **Ley No 647. Reformas y adiciones a la Ley No 217 de ambiente y recursos naturales**

La Ley 647 de Nicaragua es una ley de reformas y adiciones a la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley 217). Esta ley se enfoca en fortalecer la protección del ambiente y la conservación de los recursos naturales, con un énfasis en la evaluación ambiental, el pago por servicios ambientales, la auditoría ambiental, la gestión del cambio climático y el manejo de sustancias químicas contaminantes (Nicaragua Patente n° 62, 2008).

- **Decreto 45-2005, Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos. (2005-2023).**

Este instrumento de política desarrolla los elementos conceptuales para avanzar hacia la Gestión Integral de los Residuos Sólidos de Nicaragua (Nicaragua Patente n° 163, 2005).

- **Decreto 9-96. Reglamento de la Ley General sobre Medio Ambiente y los Recursos Naturales 8julio 1996).**

Según este reglamento se establecen las disposiciones relacionadas con la gestión de los residuos referido al siguiente cuadro, Disposiciones del Reglamento de la Ley General sobre Medio Ambiente y los Recursos Naturales relacionada con la Gestión de los Residuos No peligrosos y peligrosos (Nicaragua Patente n° 9-96, 1996).

- **Decreto No. 168, Ley que prohíbe el tráfico de desechos peligrosos y sustancias Toxicas. (diciembre 1993)**

Se establece el conjunto de normas y disposiciones orientadas a prevenir la contaminación del medio ambiente y sus diversos ecosistemas, proteger la salud de la población ante el peligro de contaminación de la atmósfera, el suelo y las aguas, como consecuencia del transporte, manipulación y disposición final de residuos peligrosos (Nicaragua Patente nº 197, 2020).

- **NTON 05013-01, Norma técnica ambiental para el control de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos.**

Esta norma tiene por objeto establecer los criterios generales y específicos, parámetros y especificaciones técnicas ambientales para la ubicación, diseño, operación, mantenimiento y cierre o clausura de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos (Nicaragua Patente nº 210, 2002).

- **NTON 05 0114-01, Norma técnica ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos.**

Esta norma tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento y disposición de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente, la misma se aplica en todo el territorio nacional y de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas, que realicen el manejo, tratamiento y disposición final de desechos sólidos no peligrosos (Nicaragua Patente nº 210, 2002).

- **NTON 05 015-02 Norma técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos.**

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos técnicos ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales, establecimientos que presten atención médica, como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanzas y de investigación, tanto humanos como veterinarios y centros antirrábicos; esta normativa es de aplicación nacional y de obligatorio cumplimiento para todas las personas naturales y jurídicas que generen residuos sólidos peligrosos, y a todos aquellos que se dediquen a la manipulación, almacenamiento, recolección, transporte,

tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos en cualquier parte del territorio Nacional (Nicaragua Patente nº 210, 2002).

- **Convenios Internacionales Relacionados con la Gestión de los Residuos suscritos por Nicaragua.**

→ Nicaragua se adhirió al convenio de Basilea el cual regula los movimientos transfronterizos y disposición final de los residuos peligrosos mediante Decreto 20/96 de septiembre.

→ Convenio de cambio climático, incluye la adhesión al protocolo de Kioto y mecanismo de desarrollo limpio (MDL) orientados a reducir la generación y liberación de gases de efecto invernadero (como el metano producido por la degradación de residuos orgánicos).

→ Convenio de Estocolmo, Nicaragua participa en este acuerdo internacional que busca eliminar o reducir la liberación de los contaminantes orgánicos persistente en el ambiente.

4.2. Enfoques Teóricos

4.2.1. Teoría del desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible, tiene una connotación política, social, económica y ecológica que establece la interacción de estos de manera tal que dicha interacción se dé de manera equilibrada. No obstante, en términos prácticos dicho funcionamiento se ha desarrollado con ciertas debilidades que no han permitido su aplicación en toda su extensión, el desarrollo sostenible se enmarca en una visión “prometeica” que ha desdibujado los alcances normativos en los que se enmarca el concepto y que ha sido uno de los factores que ha ocasionado la poca credibilidad de este en la comunidad científica (Madroño Palacios & Guzman Hernandez, 2018, pág. 4).

4.2.2. Modelo de las tres R “Reducir, Reutilizar y Reciclar”

Reducir; se trata de reducir o simplificar el consumo de los productos directos, o sea, todo aquello que se compra y se consume, ya que esto tiene una relación directa con los desperdicios. “Reducir, recoge quizás la parte más obvia de la teoría, si reducimos nuestro consumo, tanto energético como de bienes materiales, estamos reduciendo también el problema” (Vicente Tancara, 2019).

Reutilizar; esta segunda medida consiste en volver a usar varias veces el mismo producto, antes de ser desechado (Vicente Tancara, 2019).

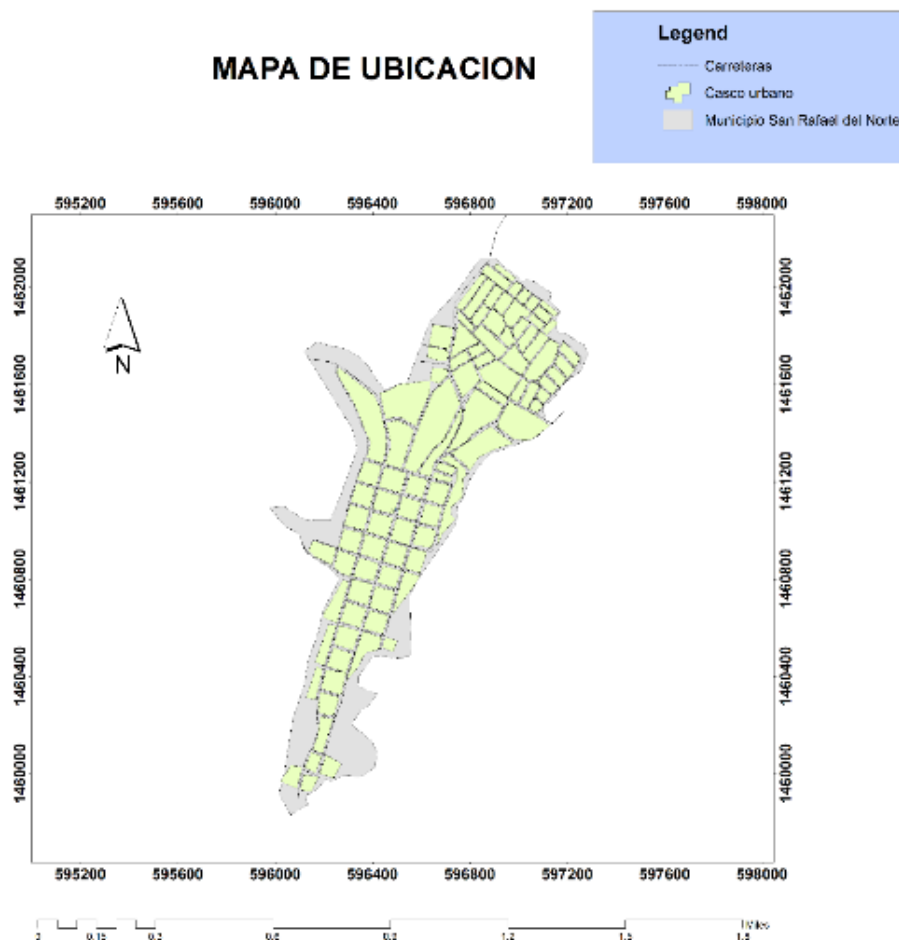
Reciclar; es muy importante saber que la mayoría de los materiales de los que están hechos los productos que utilizamos en el hogar son reciclables. Una vez que los hayamos usado, deberíamos devolverlos al ciclo productivo para que, después de un tratamiento, puedan incorporarse de nuevo al mercado, reduciéndose así el consumo de materias primas y de energía (Vicente Tancara, 2019).

5. Diseño metodológico

San Rafael del Norte es un municipio ubicado en el departamento de Jinotega, al norte de Nicaragua. Se localiza aproximadamente en las coordenadas $13^{\circ}.21'21''$ de latitud norte y $86^{\circ}.12'03''$ de longitud oeste, a una altitud media de 1,072 metros sobre el nivel del mar. Esta ubicación le otorga un clima predominantemente templado de montaña, con temperaturas que oscilan entre 16°C y 23°C durante la mayor parte del año.

Figura 1

Ubicación del municipio de SRN



San Rafael del norte tiene una tasa de crecimiento poblacional del 1.8%, cuenta con una población total de 23, 900 habitantes en todo el municipio, de estos, 14,700 habitan en el

casco urbano y 9,200 son de las zonas rurales, distribuidos en las 45 comunidades que le pertenecen.

5.1. Tipo de investigación

Definición del tipo de investigación:

- Según el nivel de profundidad

La presente investigación es descriptiva, ya que busca caracterizar las condiciones actuales del sitio de disposición final de los residuos sólidos generados en el casco urbano e identificar las deficiencias existentes tanto técnicas como ambientales que inciden en el funcionamiento óptimo y que a través del análisis de datos técnicos, normativos y contextuales se busca desarrollar propuestas de mejora, tomando en cuenta la sostenibilidad (Valle Taiman, 2022, pág. 15).

- Según el área de estudio y modalidad de la investigación

Es de carácter científico-social con modalidad de investigación participativa (IAP), esto se debe a que, además de aplicar conocimientos técnicos propio de la ingeniería ambiental se involucra a ciertos actores sociales y políticos locales en el desarrollo del estudio o diagnóstico inicial y en la propuesta de soluciones.

- Según la manipulación de las variables

Es de tipo no experimental, debido a que las variables obtenidas solamente se observaron y analizaron en el estado natural en las que se encontraron, por tanto, la caracterización de RS generados y del terreno propuesto, se realizó sin incidir directamente en el medio natural.

- Según el alcance temporal

El estudio es de tipo transversal, ya que el estudio se realizó en un determinado tiempo propuesto en el cronograma de trabajo, sin embargo, las recomendaciones propuestas tienen una visión a largo plazo orientadas a las necesidades previstas en el sistema de disposición final de residuos sólidos.

- Según el enfoque filosófico

La investigación adopta un enfoque crítico-social ya que se reconoce que el problema ambiental en estudio, junto con sus impactos positivos y negativos no solo es el resultado del mal manejo de RS de algunos sectores de la sociedad, si no también que tiene un dimensionamiento social, político y cultural. Por tanto, no solo se busca generar conciencia, si no en desarrollar mejoras de calidad de vida y ambiental.

5.2. Población y selección de la muestra

La población en estudio está conformada por los 320 m² de residuos sólidos generados en el casco urbano del municipio de San Rafael del Norte, departamento de Jinotega, estos se generan tanto en hogares, comercios e instituciones públicas y la muestra son los 21 kg de residuos sólidos generados en los 7 días de la semana en las 10 familias seleccionadas para la toma de la muestra, cabe recalcar que dichas familias fueron seleccionadas con los siguientes criterios:

1. Familias con un número mayor de 5 habitantes.
2. Familias con negocios o que realizan actividades con gran relevancia en la generación de RS.
3. Familias permanentes.

5.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

Tabla 4

Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos



Fuente: Propia

Confiabledad y validez de los instrumentos

Según Raúl López Fernández (2019), la validación de instrumentos se considera un tipo de estudio definido debido a su rigor científico, el cual posee características y procedimientos específicos.

El proceso se llevará a cabo de manera cuidadosa y metódica, iniciando con una revisión teórica de la literatura relacionada con los Residuos Sólidos Urbanos. Posteriormente se realizó la consulta a expertos en la materia, quienes validaron los instrumentos elaborados y aportaron valiosas sugerencias sobre la relevancia, claridad y pertinencia. Así mismo los instrumentos de recolección de datos como lista de observación y entrevista fueron sometidos a una revisión por parte de expertos en el campo de la enseñanza.

5.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos

Con el propósito de examinar y procesar los datos recolectados en el trabajo de investigación se emplearon diversas técnicas, instrumentos y procedimientos, con el propósito de garantizar una interpretación rigurosa y coherente de la información recopilada.

Técnicas empleadas para el análisis de datos

- Observación visual

Permite identificar las características del suelo en los distintos puntos del sitio como color del suelo, textura aparente, humedad superficial, presencia de rocas o raíces, vegetación existente, relieve y pendientes del terreno y esto se mide mediante la intensidad de burbujas (cualitativa).

- Prueba de materia orgánica

Identifica de manera rápida la presencia de materia orgánica en el suelo, según el tiempo en que se infiltre el agua (cuantitativa)

- Estadística descriptiva

Organiza los datos para así resumirlos mediante, tablas, listas, o base de datos.

- Tabulación de datos

Organiza los datos en tablas para facilitar su interpretación.

Instrumentos empleados para el análisis de datos

- Hojas de cálculo de Microsoft Excel
- Indicadores y formulas
- Matrices comparativas

Procesamiento de datos

- Recopilación de datos
- Organización de datos
- Tabulación de datos
- Análisis de datos
- Interpretación de datos

Los datos recolectados serán medidos y analizados mediante las técnicas adecuadas, con el fin de generar las observaciones de interés y posibilitar su revisión, procesamiento y análisis.

6. Análisis y discusión de resultados

6.1. Generación y caracterización de los residuos generados en el municipio de San Rafael del Norte, Jinotega

Cantidad y composición de los desechos sólidos urbanos (DSU):

San Rafael del Norte, con una población aproximada de 14, 700 de habitantes solo en el casco urbano, genera diariamente un estimado de 0.3 kg de residuos por persona, lo que equivale a alrededor de 10 toneladas diarias de desechos sólidos urbanos.

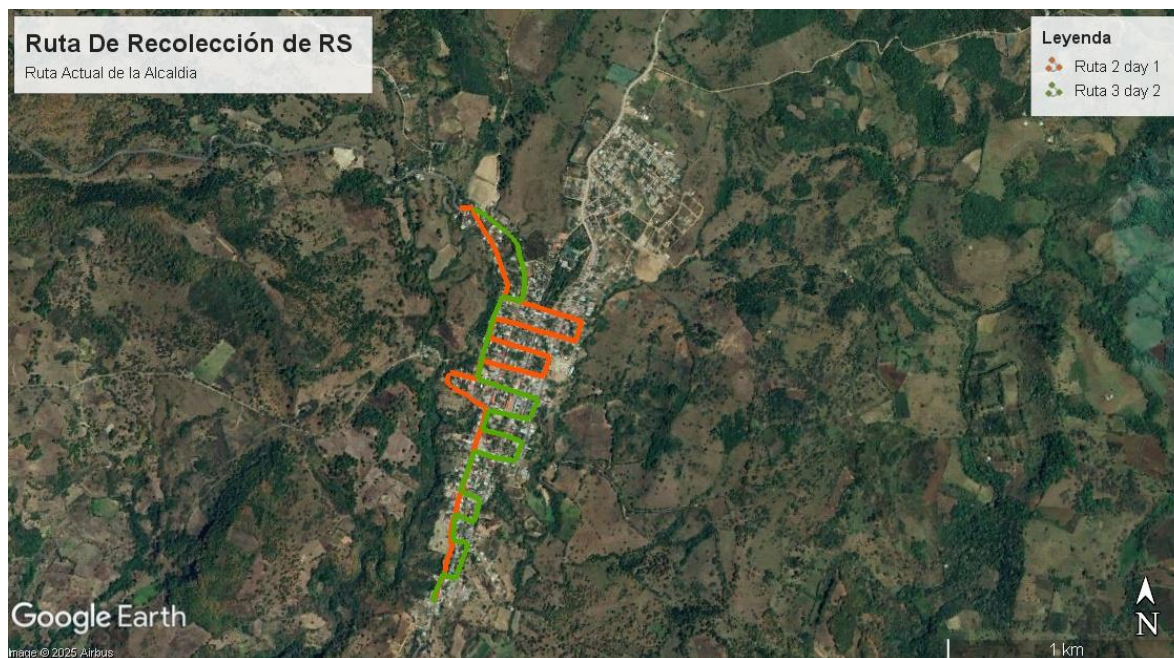
- Composición promedio:
 - Orgánicos (52%): Restos de alimentos, cáscaras, hojas, poda de jardines.
 - Inorgánicos reciclables (31%): Plásticos, papel, cartón, vidrio, metales.
 - Inorgánicos no reciclables (13%): Textiles, pañales desechables, escombros.
 - Desechos peligrosos (4%): Pilas, medicamentos caducados, envases de agroquímicos, residuos sanitarios.
- Manejo actual de los residuos sólidos

Recolección:

La recolección se realiza mediante camiones municipales con rutas establecidas en zonas urbanas. En comunidades rurales o dispersas, muchas veces la recolección no es constante o es inexistente, lo que lleva a prácticas de quema o enterramiento.

Figura 2

Ruta actual de recolección de RS en SRN



Como se puede observar en la figura 2 la recolección de los residuos actualmente en San Rafael del Norte es de un 80 % de cobertura, lo que significa que el otro 20 % no cuenta con este servicio y representa un desafío para la gestión de los residuos sólidos.

Transporte:

Los desechos recolectados son trasladados a través de medios básicos (camiones abiertos), sin sistemas adecuados de separación ni protección para los operarios.

Disposición final:

1. Actualmente, los residuos son llevados a un vertedero a cielo abierto, sin infraestructura sanitaria adecuada, una vez depositados dichos residuos los habitantes dentro del vertedero se encargan de extraer aquellos residuos que aún tienen utilidad, como materiales reciclables que los separan de manera manual sin ningún tipo de protección poniendo en riesgo su salud.
2. No existe una planta de tratamiento o centro de reciclaje formal. La recuperación de materiales reciclables es realizada en forma informal por recicladores de base, sin condiciones seguras de trabajo.

6.2. Condiciones físicas y biológicas del área seleccionada para la implementación de la planta

Condiciones físicas

El área seleccionada corresponde al basurero municipal de San Rafael del Norte, departamento de Jinotega. El clima se caracteriza por ser tropical húmedo y presenta temperaturas promedio anuales de 21° C y fluctúan entre los 14°C y 26°C. El sitio presenta una topografía ondulada a inclinada, característica de la zona montañosa de San Rafael del Norte. El terreno se encuentra sobre una ladera de pendiente moderada (15- 30%), lo que favorece el escurrimiento superficial de aguas pluviales y el arrastre de residuos y lixiviados hacia partes más bajas. La ubicación de la pendiente sin medidas de control hace que los residuos estén expuestos a deslizamientos menores y erosión especialmente durante lluvias intensas. Esta condición topográfica aumenta el impacto ambiental, pues los desechos pueden dispersarse. Después de realizar la observación directa del suelo, se determina que el terreno a pesar de presentar alta cantidad de materia orgánica se encuentra de un rango permisible de permeabilidad, lo que hace posible que la infiltración sea más lenta y favorece la retención de los lixiviados, esto será posible mediante la ayuda de medidas de mitigación e impermeabilización respecto a lixiviados.

Los suelos predominantes en San Rafael del Norte corresponden a los depósitos volcánicos sedimentarios del grupo coyol y grupo Matagalpa. Representados en el sitio por suelos arcillosos con fragmentos de toba de color claro, arcillas arenosas y aglomerados de diferente composición (Martínez Hernández & Martínez Herrera, 1997). En cuanto a la hidrología está compuesta por pocos afluentes que forman una red de drenaje den trica que va de sur a norte. Las clases de capacidad de uso de los suelos oscilan de las clases IV a la clase VII (León, y otros, 2004). Desde el punto biológico la actividad del vertedero ha modificado los ecosistemas naturales, reduciendo hábitat y alterando la biodiversidad.

Uso actual del suelo

El uso actual del suelo se ha visto alterado por la disposición inadecuada de residuos sólidos. El mal manejo del sitio ha provocados que se pierdan las funciones naturales del suelo

(infiltración, fertilidad y soporte de vegetación) y que se incrementa el riesgo de contaminación ambiental.

La vegetación naturalmente ha sido prácticamente eliminada debido a la acumulación continua de residuos. Se observan principalmente malezas y plantas resistentes a condiciones adversas y al impacto humano. Esta cobertura limitada no logra cumplir las funciones de protección del suelo, retención de agua. En cuanto a la fauna, predomina la presencia de especies oportunistas y asociadas a la basura, tales como moscas, cucarachas, roedores, perros y aves carroñeras. Esta fauna presenta un riesgo sanitario por su papel como vectores de enfermedades.

6.3. Aplicabilidad del Marco legal

La aplicabilidad del marco legal en el sitio seleccionado está fundamentada principalmente en la Ley General Del medio Ambiente y los Recursos Naturales, ley N° 217 (1996) (Nicaragua Patente n° 105, 1996) así como en las normativas específicas para la gestión integral de residuos sólidos establecidas por el Ministerio Del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). Estas disposiciones exigen la adecuada recolección, disposición final, control de lixiviados, protección de cuerpos de agua y reducción de riesgos a la salud pública.

En el caso del vertedero se observa que algunas medidas básicas de manejo se implementan, sin embargo, persisten limitaciones relacionadas con:

- Manejo inadecuado de lixiviados.
- Falta de cobertura diaria de desechos o ausencia de monitoreo ambiental.
- Limitaciones de infraestructura y costos.
- Olores y plagas.
- Acumulación de gases de efecto invernadero
- Resistencia comunitaria.
- Falta de control y supervisión.
- Acumulación de basura en grandes cantidades

Por otro lado, en el relleno sanitario se evidencia que la aplicabilidad de estas normas es limitada. El sitio no cuenta con un sistema de impermeabilización del suelo ni con un manejo apropiado de lixiviados, lo cual contradice las disposiciones de la NTON 05 13-01. Además, no se realiza cobertura diaria de los residuos, el monitoreo ambiental es exigente, el cual constituye una herramienta destinada a verificar el cumplimiento de un plan de manejo ambiental (Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental, 2021).

Así también en el cumplimiento de la Ley General de Aguas Nacionales (ley 620) al contaminar quebradas o aguas subterráneas por mal manejo de lixiviados, se violan las disposiciones de protección, Ley 274, ley básica para la regulación y control de los residuos y otras sustancias peligrosas (Nicaragua Patente nº 49-98, 1998). En este contexto la práctica frecuente de mezclar residuos comunes con hospitalarios evidencia un claro incumplimiento normativo.

De igual manera la Ley de Municipios Ley 40, se ve transgredida debido a la deficiente gestión municipal lo que refleja una aplicación parcial e incompleta del marco legal, incrementando los riesgos de contaminación del suelo y del agua, así como los impactos negativos de la salud pública.

6.4. Propuesta Técnica de un relleno sanitario manual en el municipio de San Rafael del Norte

La presente propuesta técnica de residuos sólidos que se generan en el municipio de San Rafael del norte tiene como objeto contribuir al fortalecimiento de la gestión ambiental en dicho lugar, mediante el diseño e implementación de soluciones sostenibles. Este documento integra diagnósticos previos, cálculos técnicos y una propuesta de diseño que busca mejorar la calidad de vida, reducir los impactos negativos sobre el medio ambiente y promover prácticas sostenibles, garantizando también una viabilidad técnica y social.

- Sistema de recolección y transporte:

Optimización de frecuencias de recolección.

- Para una efectiva recolección de los residuos sólidos se espera la movilización de los camiones dos días a la semana (martes y viernes) creando una ruta accesible y fácil desde el casco urbano, las comunidades beneficiadas por el recorrido hasta el relleno sanitario a través del diseño de un micro ruteo para obtener un mayor alcance.
- Se ocuparán dos camiones rotativamente durante el año en curso, aumentando el número de vehículos según las necesidades reflejadas en el cuadro cálculo y volúmenes del relleno (Ver anexo E).

- Uso de compactadores y mejoras en transporte.

- Para la recolección de basura es importante que el transporte sea un camión compactador que tenga como función reducir el volumen de los residuos sólidos, ahorrar combustible y tiempo.
- Para el mantenimiento vehicular es necesario usar los camiones de manera rotativa para prevenir fallos mecánicos, reducir costos operativos, y mantener la eficiencia.
- Diseñar rutas que minimicen la distancia y el tiempo, considerando áreas de mayor producción de residuos.
- Elegir máquinas (en este caso manuales como rodillo o un barril) compactadoras con capacidad adecuada para el volumen promedio de recolección diaria.

- Implementación de rutas de recolección eficientes.

En la siguiente imagen podremos observar la distribución de las rutas del 20 % restante de la cobertura de recolección de residuos sólidos en los distintos barrios del casco urbano:

Figura 3
Ruta propuesta para zonas inaccesibles

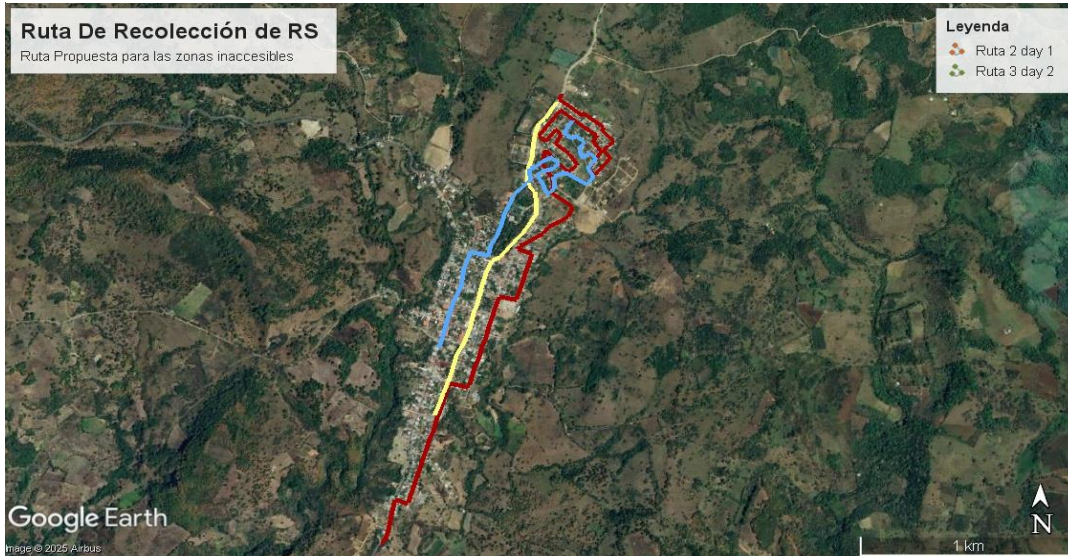
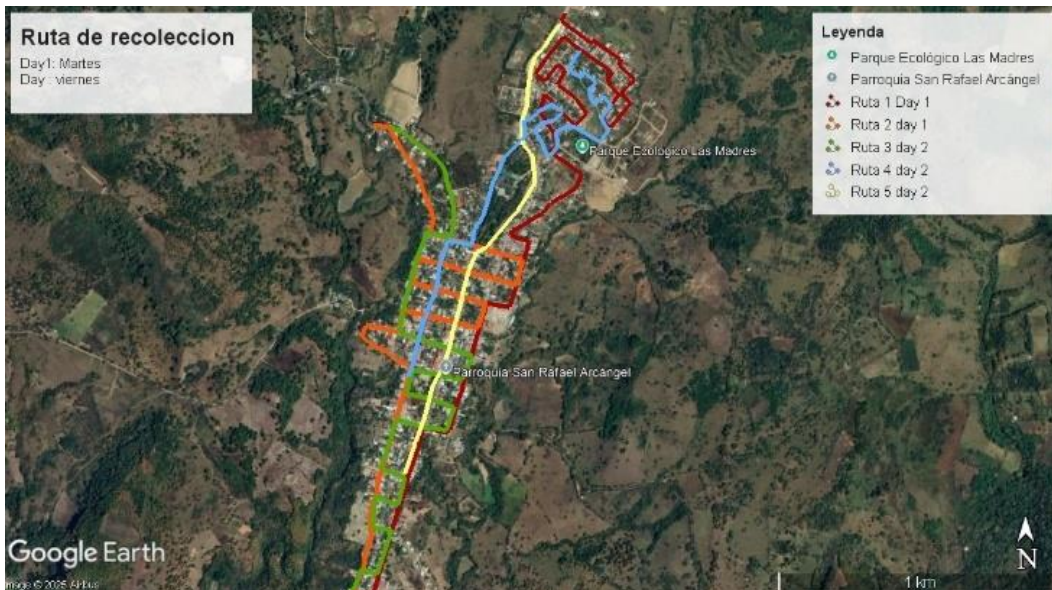


Figura 4
Micro y Macro ruteo



- Planta de tratamiento (relleno sanitario)

Localización del terreno para la implementación del sistema de tratamiento.

El sitio propuesto para el relleno sanitario manual se encuentra en la misma ubicación que el actual vertedero municipal, aproximadamente a 4 kilómetros del casco urbano, con coordenadas de 86° 10' 32" N y 86° 05' 56" O donde la elevación del lugar es de 1183 metros sobre el nivel del mar, con una extensión aproximada de 6 hectáreas, ofreciendo suficiente espacio para diseñar las operaciones necesarias mientras se optimizan las condiciones ambientales y sociales.

Figura 5

Ubicación del terreno propuesto para la implementación de dicho relleno



Por otro lado, este relleno sanitario incluirá una estación de separación de residuos diseñada para clasificar los residuos sólidos. Los materiales reciclables serán recuperados y los desechos no reciclables se destinarán al relleno sanitario. Por su parte, los residuos orgánicos serán trasladados a una estación dedicada a la elaboración de compost, promoviendo así el aprovechamiento de recursos y la sostenibilidad ambiental.

Tratamiento de orgánicos:

- ✓ Para el tratamiento de la materia orgánica se someterá a un proceso de digestión anaeróbica donde su producto resultante (gas) se utilizará para el funcionamiento del incinerador de residuos peligrosos existentes. Además, la digestión anaeróbica es una

tecnología prometedora para el tratamiento de estos residuos debido a que produce energía renovable, mediante la generación de CH₄, y un efluente valorizado como acondicionador del suelo o biofertilizante (Bres, Beily, & Crespo, 2010).

- ✓ También se utilizarán tuberías de extracción de CO₂ (dióxido de carbono) en sustitución de las chimeneas para reducir el impacto que se pueda generar en la atmósfera.

Tratamiento de inorgánicos

Después de la separación de los residuos sólidos, estos serán trasladados a empresas especializadas que trabajan en Nicaragua este tipo de residuos para darle nuevamente utilidad, estas empresas son: RENISA y Empresa Gravita con quienes se realizara un convenio para trabajar de la mano para que ellas sean las responsables de tratar este tipo de residuos.

Disposición final

Se considera disposición final a la última etapa del manejo de los residuos sólidos y aquella que debe concluir el proceso, minimizando los daños al ambiente y la salud (Rodríguez Sordía, 2008). Este paso es crucial para garantizar una gestión eficiente y sostenible de los desechos, evitando la contaminación del suelo, el agua y el aire.

De acuerdo con esto se propone un relleno sanitario manual en forma de trinchera como último destino de los desechos seleccionados en la clasificación de los residuos porque es una solución económica y tecnológicamente apropiada para esta propuesta que cuenta con una población menor a los 40,000 habitantes, tendrá como función reducir los diferentes impactos que se pueden ocasionar en el entorno, especialmente en los recursos naturales.

Es importante mencionar que la planificación de este relleno estará alineada con las normativas ambientales y políticas de gestión de residuos (ver paginas 17-21 de este documento) promoviendo prácticas responsables de protección ambiental. Dicho relleno tendrá las siguientes dimensiones:

Datos

Población por servir (habitantes) 14700.00

PPC (kg/Hab/día) 0.30

Cobertura del servicio (%) 0.80

densidad basura suelta (kg/m³) 450.00

Cantidad de desechos sólidos producidos

Dsp= Pob x PPC 4410.00

Producción diaria en m³ 9.80

Cantidad de desechos sólidos recolectados

Dsr= Dsp x Cob. 3528.00

Volumen de la zanja

Datos:

Material de cobertura (%) 0.20

Vida útil (días) 365.00

Densidad (kg/m³) (Drsm) 450.00

Vz= t*Dsr*MC/Drsm (m³) 572.32

Es decir que, para depositar los desechos sólidos de un día, se requieren excavar 1470/365 días 1.57 (m³)

sección trapezoidal

talud de entrada: (metros) 8.00

talud del fondo: (metros) 4.00

largo inferior: (metros) 23.85

ancho superior: metros) 6.00

ancho inferior: (metros) 3.50

talud lateral izquierdo: (metros) 8.00

talud lateral derecho: (metros) 8.00

profundidad: (metros) 4.00

área trapecio: (metros cúbicos)
453.09

área triangulo mayor: (metros cúbicos)
76.00

área triangulo menor: (metros cúbicos)
38.00

volumen de trinchera: metros cúbicos
567.09

Volumen trinchera 567.09

Coefficiente de abundamiento = 1.40

Rendimiento teórico maquinaria (m3/hora)
= 92.00

Rendimiento real maquinaria (m3/hora) =
75.60

Tiempo para emplear (h) = 0.94

Dimensiones de la zanja

Datos:

Profundidad (metros) 4.00

Ancho (metros) 6.00

Largo= Vz/hz*a (metros) 23.85

Largo + talud de entrada + talud fondo=
35.85

Calculo y diseño de la celda diaria

Datos

Días de la semana 7.00

Dias laborales 6.00

Cobertura (%) 0.20

Dsrs=Dsp*(7/6) 4116.00

Llegará al relleno (100%) cobertura

D'srs=Dsrsx1 823.20

Volumen de la celda diaria

Vc= (D'srs/Drsm) *MC (m3.dia. lab.)
0.37

Volumen de la celda diaria

largo de la superficie inferior: (metros)
23.85

ancho: (metros) 0.60

profundidad: (metros) 0.60

total, metros cúbicos: 17.17

cálculo de drenaje pluvial

largo de talud de entrada: (metros)
35.85

largo de talud del fondo: (metros) 6.00

largo de la superficie inferior: (metros)
23.85

ancho superior: (metros) 6.00

total, metros lineales: 143.39

total, metros cúbicos: 22.94

cálculo de la zanja (lixiviados a la pila de tratamiento)

ancho: (metros) 0.90

largo: (metros) 35.85

profundidad: (metros) 1.00

7. Geomembrana de alta densidad y arcilla compactada: para evitar la infiltración de los lixiviados.
8. Tuberías perforadas: para el sistema de drenaje.

Capacidad de tratamiento

El relleno sanitario cuenta con siete trincheras, cada una con dimensiones de 23.85 metros de largo, 6 metros de ancho y una profundidad de 4 metros. Al calcular el volumen individual de una trinchera, obtenemos 2,700 metros cúbicos. Dado que hay siete trincheras en total, el volumen acumulado asciende a 18,900 metros cúbicos, lo que representa la capacidad máxima de disposición de residuos dentro de este sistema. Sin embargo, factores como la compactación de los desechos, la densidad de los materiales y los espacios de seguridad pueden afectar la capacidad real de almacenamiento. Además, las variaciones de temperatura influyen en la descomposición de los residuos, acelerando la producción de lixiviados y biogás en climas cálidos, mientras que, en temperaturas bajas, este proceso se ralentiza.

También los cambios climáticos, como temporadas de lluvias intensas, pueden generar mayor acumulación de lixiviados y afectar la estabilidad estructural del relleno, requiriendo medidas adicionales de drenaje y control ambiental. Por ello, la planificación debe considerar estas variables para garantizar una gestión eficiente y sostenible del sitio.

- Evaluación de Impacto Ambiental

Proyecto: Construcción y operación de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos

Ubicación: San Rafael del norte, Jinotega

Proponen: Estudiantes de 5 año de ingeniería ambiental CUR Estelí

Fecha: noviembre 2025

6.4.1. Descripción del proyecto

Objetivo: Reducir la cantidad de residuos sólidos que se llevan al relleno sanitario, promoviendo prácticas como el reciclaje y el compostaje para asegurar que el proyecto sea sostenible a largo plazo.

Componentes principales del proyecto

- Área de recepción y pesaje de residuos.
- Zona de clasificación manual de los residuos.
- Planta de compostaje para residuos orgánicos.
- Punto de almacenamiento de materiales reciclables.
- Relleno sanitario para la disposición final de los residuos que no se pueden aprovechar.

6.4.2. Descripción del medio ambiente actual

Medio físico:

- **Clima:** tropical de altura, con temporadas de lluvias intensas entre mayo y octubre.
- **Suelo:** arcilloso con poca permeabilidad, recomendable para las celdas de disposición final.
- **Hidrología:** no hay cuerpos de agua cercanos, aunque en época de lluvias puede haber escorrentía superficial.

Medio biológico:

- Flora: vegetación secundaria, pastizales y arbustos.
- Fauna: aves, reptiles, insectos y pequeños mamíferos.

Medio socioeconómico:

- Zona con baja densidad poblacional (área rural).
- Población cercana: 300 habitantes a más de 2 km.
- Actividades económicas: agricultura y ganadería.

6.4.3. Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales en función de la propuesta técnica

Tabla 5

Impactos ambientales identificados en el terreno previo a la construcción de dicho sistema, mediante la matriz de Leopold.

	Modificación de hábitar Acción 1	Tala de bosques Acción 2	Rellenos sanitarios Acción 3	Reciclaje de residuos Acción 4	Excavación del subsuelo Acción 5	Alteración de la cobertura vegetal de Acción 6	Afectaciones	Impacto del agregado
Condiciones físicas únic Factor1	-1	4	2	3	-1	-2	2	-10
Árboles Factor2	-3	-3	1	3	-2	3	1	-27
Microfauna Factor3	-2	3	-1	2	7	2	1	-2
Vida silvestre y espacios abiertos Factor4	-6	4	2	1	3	3	3	4
Salud y seguridad Factor5	-1	3	5	6	8	1	3	173
Manejo de residuos Factor6	4	5	4	10	8	10	3	160
Afectaciones	4	1	2	5	3	1	17	236
Impacto del agregado	-20	-26	173	132	-5	-20	15	

Tabla 6

Impactos ambientales posibles por desarrollarse con la construcción del sistema de tratamiento

Etapa	Actividad	Impacto potencial	Tipo	Magnitud	Medidas de mitigación
Construcción	Movimiento de tierra	Erosión y compactación del suelo	Negativo	Medio	Control de escorrentía, revegetación
Construcción	Tránsito de maquinaria	Emisión de polvo y ruido	Negativo	Bajo	Riego de caminos, horarios restringidos
Operación	Clasificación de residuos	Olores, vectores (moscas, roedores)	Negativo	Alto	Manejo diario de residuos, control de vectores
Operación	Compostaje	Generación de lixiviados y gases	Negativo	Medio	Lixiviados dirigidos a zanjas impermeables

Operación	Recuperación de reciclables	Generación de empleo y valorización de rsu	Positivo	Alto	Capacitación y formalización de recicladores
Operación	Disposición final en celdas	Posible en contaminación de suelo/suelos	Negativo	Medio	Base impermeabilizada, cobertura diaria

6.4.4. Plan de Manejo Ambiental (PMA)

Incluye:

- **Programa de mitigación:** control de polvo, olores, lixiviados y vectores.
- **Programa de monitoreo:** aguas subterráneas, calidad del aire, manejo de residuos peligrosos.
- **Plan de contingencia:** incendios, derrames de lixiviados, fallos mecánicos.
- **Plan de cierre y abandono:** clausura técnica de celdas, revegetación, seguimiento post-operacional.
- **Programa de educación ambiental:** dirigido a operarios y comunidad.

6.4.5. Plan de implementación

- **Diagnóstico y Viabilidad**
 - Estudio de Impacto Ambiental (EIA): Evaluación de impacto en suelo, agua y aire, considerando legislación como la Ley 217.
 - Selección del Terreno: Análisis de criterios como accesibilidad, geología, nivel freático y zonas de protección ambiental.
 - Consulta Comunitaria: Revisión de percepciones locales para minimizar conflictos socioambientales.

- **Diseño del Proyecto**

- Diseño de Celdas de Disposición: Implementación de métodos como el sistema de trincheras para optimizar espacio y costos.
- Sistemas de Captación de Lixiviados: Diseño de geomembranas, drenajes y plantas de tratamiento.
- Manejo de Biogás: Instalación de pozos de captación para reducir emisiones y generar energía alternativa.
- Infraestructura de Acceso y Operación: Vías de acceso, estación de pesaje, zona de descarga y áreas de separación de residuos.

- **Aspectos Legales y Permisos**

- Obtención de Permisos Ambientales: Aprobación por el MARENA y cumplimiento de normas nacionales.
- Marco Normativo: Asegurar cumplimiento con Ley 647 sobre gestión integral de residuos y sus reglamentos.
- Contratación de Empresas Especializadas: Asegurar proveedores para construcción, impermeabilización y gestión de residuos.

- **Construcción y Equipamiento**

- ❖ Movilización de Materiales y Equipos: Transporte de maquinaria, geomembranas y sistemas de drenaje.
- ❖ Construcción de Celdas: Excavación, instalación de capas de protección y sistemas de drenaje de lixiviados.
- ❖ Implementación de Compactadores y Clasificadores: Uso de tecnología óptica y mecánica para mejorar eficiencia de disposición.

- **Operación y Mantenimiento**

- ✓ Plan de Gestión de Residuos: Protocolos para recepción, separación y compactación de residuos.
- ✓ Monitoreo Ambiental: Evaluaciones periódicas de lixiviados, calidad del aire y emisiones de biogás.

- ✓ Capacitación del Personal: Formación en seguridad, manejo de residuos y mantenimiento de infraestructura.
- ✓ Estrategias de Optimización: Implementación de rutas eficientes y promoción de reciclaje dentro del sitio.
- **Cierre y Post operación**
 - ✚ Planes de Cierre Progresivo: Clausura de celdas según cronograma, asegurando estabilidad estructural.
 - ✚ Reforestación y Restauración: Recuperación del área mediante especies nativas y cobertura vegetal.
 - ✚ Monitoreo Posterior al Cierre: Seguimiento de calidad ambiental en suelo y agua por al menos 20 años.

Monitoreo, evaluación y ajustes

Concepto de Monitoreo: Monitorear un proyecto implica un seguimiento constante y organizado para evaluar su desempeño, edificando sus fortalezas y debilidades, sugiriendo acciones correctivas para mejorar los resultados (Br Jairo Mendieta, Br Oscar Villegas, Br Luis Ortiz, 2018).

La presente propuesta técnica de residuos sólidos del municipio de San Rafael del Norte requiere de indicadores claros y medibles que permitan evaluar el avance, la eficiencia y los resultados integrales que combine el cumplimiento de las leyes, normativas y políticas ambientales del País, así mismo de la participación comunitaria y el uso de herramientas tecnológicas. A continuación, se detallan los pasos clave para llevar a cabo un monitoreo efectivo:

Pasos: 1

- Revisión y alineación con el marco normativo nacional.

La revisión y alineación de un proyecto con el marco normativo nacional es fundamental para garantizar su viabilidad, eficacia y seguridad, asegurando que los proceso y objetivos cumplan con la legislación vigente, promuevan la transparencia y fomenten prácticas responsables que aseguren la calidad del proyecto.

Paso: 2

- Establecimiento de indicadores de monitoreo

El desempeño y la utilización de indicadores con fines normativos para la realización de evaluaciones se convierten en una herramienta destinada a que un proyecto cumpla con sus objetivos de manera óptima.

La selección de indicadores se convierte en un aspecto importante, ya que estas variables nos permiten medir el estado del entorno. Al igual que elegir indicadores adecuados es fundamental para obtener resultados precisos y útiles.

La determinación de la frecuencia de muestreo debe planificarse de acuerdo con los objetivos del estudio y las condiciones del entorno, siendo necesario las mediciones continuas para cumplir con los fines del monitoreo (Responsabilidad empresarial, s.f.).

Los aspectos para tomar en cuenta son diversos y cada uno hacen que el proceso se realice con eficacia y éxito, la capacitación personal forma parte de un monitoreo. Un equipo de calidad bien entrenado puede garantizar la calidad de los datos recolectados y su correcta interpretación, estableciendo protocolos claros de muestreo y análisis para minimizar errores.

Pasos: 3

- Implementación de herramientas tecnológicas

El tomar en cuenta la verificación y viabilidad mediante herramientas tecnológicas que faciliten el proceso de monitoreo permite obtener diversas ventajas ante la implementación

1. Mejoramiento en la visibilidad del progreso del proyecto
2. Identificación de problemas y riesgos antes que afecten el proyecto
3. Mediante los datos se facilita la toma de decisiones o elaboración de mejoras viables

La importancia que implica tomar en cuenta la tecnología como una herramienta fácil eficaz y rápida para la comunicación e interpretación de resultados desde sensores remotos hasta sistemas de información geográfica (SIG), mejoran la eficiencia del monitoreo y hacen que los resultados sean entendibles mediante informes claros y accesibles.

Pasos: 4

- Fortalecimiento de la educación ambiental

La implementación de la participación ciudadana dentro del mejoramiento de las prácticas ambientales es un punto importante para el desarrollo sostenible de un proyecto. El objetivo es claro, promover cambios de comportamiento, conciencia ecológica y participación ciudadana en el cuidado del medio ambiente, esto mediante acciones y programas diseñados para que la población comprenda los problemas ambientales, se desarrolle el sentido crítico y se empiece la formación ambiental.

Paso: 5

- Colaboración con autoridades y organismos competentes

Coordinar con instituciones públicas, privadas y comunitarias que tiene la capacidad legal, técnica o administrativa para garantizar el éxito, sostenibilidad del proyecto se convierte en un punto esencial para regular y supervisar el área del proyecto, contar con apoyo financiero, técnico, alinear el proyecto con planes políticas y normativas existentes, recibir asistencia técnica, capacitación y asesoría.

Concepto de Evaluación: Evaluar un proyecto implica identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios generados en un tipo específico, con el fin de determinar si su ejecución resulta conveniente para el responsable del proyecto (Reyes, s.f.).

En un plan de manejo de residuos sólidos se realizan diversas evaluaciones para asegurar que el plan esté funcionando bien y que los objetivos establecidos se logren con la eficiencia establecida. Estas evaluaciones permiten tomar mejores decisiones, asegurar que los recursos se utilicen de forma adecuada asegurando que el trabajo realizado tenga un impacto positivo y útil.

Evaluación técnica: La evaluación técnica permite asegurar que la propuesta se convierta en una idea funcional, eficaz, factible y ambientalmente segura.

La evaluación técnica permite

- **Analizar la situación de los residuos:** comprende desde el punto de generación hasta la disposición final de los residuos, para proponer el diseño para soluciones factibles desde el problema inicial.
- **Definir el sistema más adecuado de manejo de residuos:** Para la implementación del manejo de los residuos existen múltiples alternativas que permitan el uso de mejoramiento de tecnologías apropiadas, esto depende las condiciones del municipio y múltiples factores que permitan el desarrollo del sistema más factible.
- **Verificación del sitio propuesto:** Garantizar que el sitio seleccionado cuente con las condiciones necesarias para el diseño y operación en este caso del relleno sanitario será u punto inicial factible que representara la prevención de riesgo en contra de la salud y el medio ambiente.
- **Verificar la viabilidad de la propuesta:** Asegura que el proyecto sea viable dentro de los factores de diseño, infraestructura, ubicación recursos y condiciones técnicas los cuales hacen posible que la operación del proyecto sea exitosa.
- **Comprobar el cumplimiento del marco normativo:** El cumplimiento de las leyes relacionadas al manejo de residuos sólidos, permite asegurar que la propuesta se implemente bajo leyes, normas, permisos ambientales, sanitarios y municipales vigentes.

Evaluación económica: La evaluación económica asegura lo rentable y sostenible que puede ser la propuesta desde el punto de vista financiero, analiza costos, rentabilidad y beneficios.

- **Estimar la inversión necesaria:** Tomar en cuenta las condiciones y elementos necesarios para iniciar la propuesta, construcción, materiales, permisos equipos.
- **Determinar los costos de operación y mantenimiento:** Cuantificar el costo durante el funcionamiento de la propuesta.
- **Evaluar la sostenibilidad financiera:** Asegurando que las fuentes de financiamiento podrán mantener a largo plazo la propuesta.

Evaluación ambiental: Tomar en cuenta la evaluación ambiental del sitio seleccionado para cualquier ejecución es parte del punto clave para que el resultado esperado obtenga beneficios para la población, pero identificando, previniendo y mitigando impactos ambientales que el desarrollo de la propuesta pueda generar.

Para que la evaluación ambiental forme parte del proceso de ejecución dentro de la propuesta y su desarrollo ambientalmente sostenible se debe tomar en cuenta

- **La identificación de los posibles impactos ambientales:** Estos impactos pueden ser negativos y negativos que el desarrollo y ejecución de la propuesta puede generar sobre agua, suelo, aire, flora, fauna y población cercana.
- **Identificar y prevenir daños ambientales:** Proponiendo medidas para evitar y mitigar efectos antes de que ocurran.
- **Garantizar el cumplimiento del marco legal ambiental:** Dentro de las leyes ambientales existen regulaciones, permisos, acuerdos, para la implementación y ejecución de cualquier proyecto que represente cualquier peligro al medio ambiente, esto asegura que la propuesta se ajuste legalmente a las leyes.
- **Evaluar la compatibilidad del proyecto con el entorno:** Considerar la capacidad con que cuenta el ecosistema.
- **Incorporar criterios de sostenibilidad:** Verificando que la propuesta no represente riesgos para la salud ambiental y el bienestar social a largo plazo.

Evaluación social: Asegurar que los beneficios esperados sean satisfactorios para la población y que exista la aceptación de la ejecución y puesta en marcha de la propuesta de gestión de residuos sólidos es un factor importante para involucrar a la población en una participación siendo socialmente aceptada. La evaluación social permitirá obtener datos sobre la verificación de la sostenibilidad en este caso del relleno sanitario a largo plazo, promueve la participación ciudadana y fomenta prácticas ambientales responsables.

Seguimiento y evaluación: Forman parte de los componentes esenciales para desarrollar correctamente cualquier proyecto, van de la mano siendo parte del proceso de seguimiento del avance del proyecto y su funcionamiento operativo en su totalidad. El seguimiento y la evaluación forman parte de los elementos de aporte de información para la toma de decisiones desde un punto de conocimiento. Estas acciones comprenden en su totalidad asegurar que el relleno sanitario cumpla con los objetivos planteados, identifica las desviaciones y aplica las medidas necesarias y garantiza que el proyecto se desarrolle de acuerdo con los lineamientos establecidos.

3. Ajustes: Tomar en cuenta las mejoras continuas de los procesos a desarrollar forman parte crucial para optimizar el desempeño operativo del relleno sanitario. Incorpora medidas de modificación necesarias durante toda la ejecución, forma parte del área de monitoreo y evaluación, construyendo una etapa fundamental para asegurar que la propuesta del relleno sanitario se aliene a los objetivos. Esta etapa garantiza que existan cambios dentro del entorno fomentando prácticas más eficientes durante la operación o ejecución. Entre los aspectos que se abarcan dentro de la etapa de ajustes se incluyen revisión de rutas de recolección, mejora en la segregación y aprovechamiento de residuos.

7. Conclusiones

A partir de los análisis y estudios realizados se establecen las siguientes conclusiones:

- La caracterización de los residuos sólidos urbanos en el municipio de San Rafael del Norte permitió determinar que la PPC que se genera diariamente es un estimado de 0.3 kg de residuos por persona, siendo la materia orgánica la más predominante.
- El estado físico y uso actual del suelo en el vertedero municipal de San Rafael del norte reflejan la presencia de factores naturales que afectan gravemente la estabilidad de los ecosistemas, la calidad ambiental y la salud pública. La topografía, el clima y el tipo de suelo favorecen la producción y migración de lixiviados con impactos directos e inmediatos sobre las aguas superficiales y sobre la funcionalidad y calidad del suelo.
- En el análisis de la aplicabilidad del marco legal en el vertedero municipal de San Rafael del Norte se demuestra la deficiencia existente en la implementación de las disposiciones ambientales propuestas por la ley 217 ley general del medio ambiente y los recursos naturales y por las normativas expuestas por el MARENA ya que el sitio presenta múltiples incumplimiento de los **principios de la gestión integral de los residuos sólidos propuestos en la Enciclopedia de salud y seguridad ocupacional** ya que no existe una infraestructura adecuada, un manejo eficiente de lixiviados generados en el sitio y un previo monitoreo ambiental.
- El sistema de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos propuestos para el casco urbano del municipio de San Rafael del Norte es de tipo manual ya que cuenta con una población menor a los 40,000 habitantes, dicho sistema presenta una solución integral y de largo plazo, uniendo los diferentes criterios técnicos ambientales avanzados con la participación comunitaria y el cumplimiento de las normativas aplicables.
- Dicha propuesta diseñada, destaca su viabilidad, sostenibilidad y los múltiples beneficios ambientales y sociales alineándose con la protección ambiental y el desarrollo comunitario sostenible.

8. Recomendaciones

Como medidas para la mejora y disminución de algunos de los Impactos Ambientales se recomienda lo siguiente:

- **A la alcaldía municipal**
 - Implementar los planes de gestión de residuos sólidos propuestos en este documento incluyendo un enfoque de economía circular en el casco urbano para el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores.
 - Capacitar al personal técnico municipal en normativas ambientales y en el diseño, mejora y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de residuos sólidos.
 - Promover la educación ambiental comunitaria mediante campañas y talleres.
- **A la universidad**
 - ✓ Fomentar proyectos de extensión universitaria que acompañen técnicamente a los municipios en diseño y evaluación de los sistemas de tratamiento de los residuos sólidos generados.
 - ✓ Apoyar investigaciones aplicadas sobre la eficiencia de los sistemas de tratamiento de los residuos sólidos.
 - ✓ Facilitar estaciones de muestreo para que los estudiantes realicen diagnósticos de campo.
- **A la población**
 - ✓ Adoptar practicas domesticas sostenibles, como la reutilización de los residuos sólidos, el compost y la reducción del uso de plástico.
 - ✓ Organizar comités comunitarios de vigilancia ambiental en conjunto con la alcaldía municipal y las universidades o escuelas.

Referencias

- Acteco. (25 de Julio de 2024). *Acteco*. Recuperado el 25 de 11 de 2025, de Consecuencias negativas de una inadecuada gestión de residuos sólidos: <https://www.acteco.es/impacto-ambiental-de-una-mala-gestion-de-residuos/>
- AGQ Labs. (2020 de Julio de 2020). *Caracterización de residuos para su correcta gestión*. Recuperado el 4 de Octubre de 2025, de <https://share.google/M6rb1rla1X1DCWJ8d6>
- Avalos, I. C. (2017). *Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Para el Recinto Universitario Rubén Darío Unan-Managua, durante el plazo del 2016 al 2022*. Managua-Nic: UNAN-Managua.
- Br Bayron Ulisses López López, Br. Guillermo Fauricio Toruño Martínez. (2017). *Diseño de un relleno sanitario para ciudad villa el carmen*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería .
- Br Jairo Mendieta, Br Oscar Villegas, Br Luis Ortiz. (2018). “*PROPUESTA DE ANTEPROYECTO DE DISEÑO DE RELENO SANITARIO, UBICADO EN LA COMUNIDAD DE SAN CARLOS AL NORTE DEL MUNICIPIO DE DIRIAMBÁ, EN EL PERIODO DEL AÑO 2018 AL 2028*”. Managua: UNAN-Managua.
- Bres, P., Beily, E., & Crespo, D. (2010). Digestion Anaerobica mesofílica de la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios. *ASADES*. Recuperado el 1 de Octubre de 2025, de <https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/244923/ojsadmin%2c%2b5.%2bBres-Beily-Crespo%20%281%29.pdf?sequence=2>
- Camargo, K. M. (2024). *Recolección, transporte y transformación de residuos sólidos aprovechables recicla o pierde*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Sociales Artes y Humanidades ECSAH . UNAD. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/67376/kmcamargoc.pdf?sequence=1>
- Colomina, A. F., & Sanchez Osuna, M. (2007). *Guía para la gestión de residuos sólidos urbanos*. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Laboratorio de análisis de residuos, New York. doi:https://downloads.unido.org/ot/47/45/4745768/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf
- Davila Samano, A. R., Martinez Razo, R., & Hernandez Gonzales, A. (2022). - *Evaluación del impacto ambiental de los residuos sólidos urbanos mediante la matriz de Leopold*. Universidad Autónoma del estado de Morelos. Cuernavaca Mexico: Revista Alfa. Recuperado el 5 de Octubre de 2025, de

https://www.researchgate.net/publication/357743008_Gestion_de_los_residuos_solidos_urbanos_y_su_efecto_en_el_aire_agua_y_suelo

Diccionario Facíl. (2025). *Marco Legal*. Obtenido de <https://share.google/ZckgeaModDtvRiLft>

ELSEVIER. (2025). *Propiedades biológicas del suelo*. Obtenido de Science Directs: <https://share.google/vy37HZbvpOqY3AcS5>

Encyclopaedia of occupational health y Safety. (9 de Marzo de 2011). Principios de la Gestión de Residuos. *Principios de la Gestión de Residuos*, pág. 1. Recuperado el 23 de Octubre de 2025, de <https://iloencyclopaedia.org/es/part-vii-86401/environmental-pollution-control/item/513-principles-of-waste-management>

ESCAMILLA-GARCÍA , P., ÁNGELES-TOVAR , L., PÉREZ-SOTO , F., & RIVERA-GONZÁLEZ, G. (2024). - *Los residuos sólidos urbanos: afectaciones ambientales y sociales*. Instituto Universitario de Ciencias Ambientales. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Recuperado el 5 de Octubre de 2025, de <https://www.ucm.es/iuca/file/articulo-3-m-a-2024-1?ver>

Fernandez, L., & Raul. (2019). *Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas*. La Habana-Cuba: Scielo.

Flores Martínez. , B., Olivas Rueda. , B., & Dávila Cruz. , B. (2007). “*PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA EMPRESA NIEN HSING GARMENT (MANAGUA), S.A.*” . Managua: FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA .

Genia Bioenergy. (2020). *Daño medioambientales de una mala gestión de los residuos orgánicos*. Obtenido de Genia Bioenergy: <https://geniabienergy.com/potencial-energetico-de-la-produccion-de-biogas-a-partir-de-aguas-residuales/>

Girs. (2025). Evaluación de la infraestructura de gestion de RS. *GIRS Nicaragua*, 13.

Guido Acurio; Antonio Rossin; Paulo Fernando Teixeira; Francisco Zepeda. (1997). *DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE*. Washington, D.C.: Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana.

Hernández Obando, Kristel Guisselle; Cerda Espinoza, Miguel Ángel; Pérez García, Omar Ismael y Mejía García, Orlando José . (2020). *Propuesta de diseño de un Relleno Sanitario ubicado en el Municipio de Catarina, Departamento de Masaya, con una vida útil de 8 años*. Catarina,Masaya: UNAN-Managua.

Hérrnandez, M., Aguilar, Q., & Gónzales, P. (2016). *Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América* . Mexico: Instituto Tecnológico de Toluca.

- JENNIFER CAROLINA RUIZ ORTEGA.VICTORIA CAROLINA UNAPANTA ALBÁN. (2015). *Diseño de un relleno sanitario manual*. Provincia de Esmeraldas: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .
- José Baptista, F. d., Concepción Toledo, D. N., Castillo, G. B., & González Suárez, E. (2014). *Gestión de los residuos sólidos y sus impactos económicos, sociales y medio ambientales*. Universidad "11 de Noviembre", Ciencias económicas . Cabinda: FEIJOO. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroazucar/2014/vol41/no4/2.pdf>
- Julissa Atahuaman, Alejandra Ricaldi Soledad, Milagros Asto, Huaman Giuliana, Nisha Cordova. (2021). *Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de RS*. Provincia de Esmeraldas: universidad continental, El Tambo - Huancayo.
- Kevin Alexander Ortiz Hernández;Brayan José Cruz Calderón . (2021). “*DISEÑO DEL PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL DEL SUR*”. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Lacayo Ojeda, M. H., & Juárez Gonzales, J. A. (s.f.). La economía circular y su implementación en las empresas. *Un nuevo enfoque hacia la sostenibilidad*, 5-24.
- León, A., Mendoza, Y., Blanco Ch, M., Strauch, W., Castellón, A., & Angulo Angulo, P. (2004). *Evaluación de las Amenazas Geológicas e Hidrometeorológicas para Sitios de Urbanización*. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales , Jinotega, San Rafael Jinotega. Recuperado el 21 de Octubre de 2025, de <https://webserver2.ineter.gob.ni/proyectos/INVUR/INVUR%202004%20%28Fase%20III%29%20%20San%20Rafael%20del%20Norte/Informe%20municipal/1.%20Informe%20San%20Rafael.pdf>
- Madroño Palacios, S., & Guzman Hernandez, T. (25 de 1 de 2018). Desarrollo sostenible, Aplicabilidad y sus tendencias. *31*, 4-9. Recuperado el 30 de 9 de 2025, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n3/0379-3982-tem-31-03-122.pdf>
- Martínez Hernández, J. D., & Martínez Herrera, J. J. (1997). *Estudio de suelos y caracterización hidrológica superficial en la subcuenca del río Jinotega departamento Jinotega, Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria, De suelo y agua. Jinotega: Facultad de recursos Naturales y Agua. Recuperado el 21 de Octubre de 2025, de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp30m385.pdf>
- Nacional, A. (2000). *Nicaragua Patente n° 13*.
- Nicaragua, L. d. (2002). *Nicaragua Patente n° 210*.
- Nicaragua, P. d. (1998). *Nicaragua Patente n° 49-98*.

- Puelles, J. V. (2022). *DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL DISTRITO DE CHANCAY BAÑOS, PROVINCIA DE SANTA CRUZ, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*. Cajamarca: UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO.
- Repsol. (7 de Julio de 2024). *Tipos de residuos; según su origen, composición y biodegradibilidad*. Obtenido de Transformar residuos en recursos: <https://www.repsol.com/es/energia-avanzar/energia/tipos-de-residuos/index.cshtml>
- República, P. d. (1996). *Nicaragua Patente n° 9-96*.
- República, P. d. (2005). *Nicaragua Patente n° 163*.
- República, P. d. (2005). *Nicaragua Patente n° 225*.
- República, P. d. (2008). *Nicaragua Patente n° 62*.
- República, P. d. (2014). *Nicaragua Patente n° 20*.
- república, P. d. (2020). *Nicaragua Patente n° 197*.
- República, P. d. (2021). *Nicaragua Patente n° 189*.
- República, P. d. (2023). *Nicaragua Patente n° 32*.
- Responsabilidad empresarial. (s.f.). *Responsabilidad empresarial*. Obtenido de Qué se Debe Tener en Cuenta en un Monitoreo Ambiental: Guía Completa: <https://responsabilidadempresarial.one/que-se-debe-tener-en-cuenta-en-un-monitoreo-ambiental/>
- Reyes, C. Q. (s.f.). *Evaluación de proyectos* . Obtenido de Arquitectura física simplificada: <http://profesores.fi-b.unam.mx/cintia/Evaluaciondeproyectos.pdf>
- RIBAS, G. M. (2019). *Diseño de una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos para la Ciudad de Gálvez*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, Gálvez . Recuperado el 5 de 10 de 2025, de <https://ria.utn.edu.ar/server/api/core/bitstreams/2b89215c-275c-44b8-9d6c-588699b14699/content>
- Ricaldi Atahuaman, J. A., Huaman Asto, M. S., & Callupe Cordova, N. G. (2021). *Diseño de un relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos municipales en el distritode El Tambo - Huancayo 2021*. Facultad de Ingeniería , Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, El Tambo. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10203/1/IV_FIN_107_TE_Ricaldi_Huaman_Callupe_2021.pdf

- Riva Rodriguez Jhonny Maykol, Tacuchi Jara Francisco David. (2022). *Diseño de un relleno sanitario para disposicion final de los residuos solidos*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Rodríguez Sordía, D. S. (2008). *Características e importancias de los rellenos sanitarios*. Michoacan: DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA. Recuperado el 1 de Octubre de 2025
- Secretaria de Ecología y Gestión Ambiental. (2021). *Guía para la clasificacion y manejo de residuos solidos murbanos*. Poder Ejucutivo del Estado de San Luis Potosí. Potosí: Gobierno del Estado. Recuperado el 19 de Octubre de 2025, de https://d3dac9gdq8t83x.cloudfront.net/media/archivos/GUIA_RSU.pdf
- Sistemas de tratamiento*. (s.f.). Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: <https://share.google/JWFCgTnHGY3VTfri4>
- Tito, B. (8 de Junio de 2021). *Ingenieria Ambiental*. Obtenido de Diseño y 5 Tipos de Rellenos Sanitarios: <https://ingenieriaambiental.net/tipos-de-rellenos-sanitarios/>
- Tsegay Kahsay Gebrikidan; Niguse Gebru; Hagos Dejefa; Gebremariam Gebrezgabher. (2024). *Impact of improper municipal solid waste management on fostering One Health approach in Ethiopia — challenges and opportunities*. Ethiopia: ELSEVIER.
- UNA Compost sostenible . (s.f.). *Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombricompost*. UNA Costa Rica. Recuperado el 19 de Octubre de 2025, de [https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composter as.pdf?sequence=1](https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composter%20as.pdf?sequence=1)
- Valle Taiman, A. (2022). *La Investigación Descriptiva con Enfoque cualitativo en Educación*. PUCP, Facultad de educación. Recuperado el 09 de Noviembre de 2025, de <https://files.pucp.education/facultad/educacion/wp-content/uploads/2022/04/28145648/GUIA-INVESTIGACION-DESCRIPTIVA-20221.pdf>
- van Afferden, D., Hansen, D., Quintero, M., Barrera Morteo, M., Petkov, M., Iliev, M., . . . Wehenpohl, D. (2002). *ALTERNATIVAS DE RELLENOS SANITARIOS- GUÍA DE TOMA DE DECISIÓN*. Maxico: SECRETARÍA DE ECOLOGÍA. Recuperado el 11 de Noviembre de 2025, de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD000410.pdf>
- Velázquez Martí, B. (s.f.). *Instalaciones de incineración de residuos sólidos*. Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria, Valencia. Recuperado el 19 de Octubre de 2025, de

<https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/f6a5f33b-e105-4f19-abf0-cbfec2a24a6/content>

Vicente Tancara, O. R. (2019). *La educacion ambiental atraves de las 3 R*. Universidad Pública del Alto, Ciencias de la Educación, El Alto-Bolivia. Recuperado el 30 de Septiembre de 2025, de <https://repositorio.upea.bo/jspui/bitstream/123456789/834/1/M-096%20La%20Educacion%20Ambiental%20a%20traves%20de%20las%203%20R.pdf>

Yeseco. (8 de 5 de 2023). *Yeseco*. Obtenido de La mala gestión de los residuos y sus consecuencias: <https://gestorderesiduosmadrid.es/la-mala-gestion-de-los-residuos-y-sus-consecuencias/>

9. Anexos

Anexo A

Carta de solicitud para validación de instrumentos.

Dr. Kenny López Benavides

Estimado Doctor

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted; para saludarle cordialmente para hacer de su conocimiento que como parte del desarrollo de nuestro proyecto de tesis titulada “Propuesta técnica de un relleno sanitario en el Municipio de San Rafael del Norte”. Dada a su alta profesionalidad y reconocida experiencia, le solicitamos su valiosa colaboración como experto para la validación de los instrumentos de recolección de datos que se han diseñado para el desarrollo de nuestra investigación.

El proceso de validación de estos instrumentos tiene como finalidad garantizar que los instrumentos, métodos o procedimientos utilizados cumplan con los requisitos establecidos, asegurando que los resultados obtenidos sean confiables, precisos y adecuados para los objetivos planteados, permitiendo además realizar observaciones las cuales se utilizarán para perfeccionar los instrumentos hasta llegar a una construcción adecuada y así comprobar que las técnicas empleadas permiten obtener información confiable precisa y representativa, asegurando la calidad metodológica. Para ello se presenta una matriz de validez de instrumentos, de manera que usted pueda emitir el juicio que considere oportuno.

Agradecemos de ante mano el tiempo y disposición que dedique a esta tarea la cual contribuirá para asegurar su pertinencia, contenido y estructura.

Atentamente,

Jonathan de Jesús Altamirano / Andrea Nathaly Padilla Palma

Constancia de juicio de experto

Yo, **Kenny López Benavides** título académico doctor en Ciencias Ambientales; por medio de la presente hago constar que he leído y revisado con fines de validación, el instrumento de investigación: observación directa, entrevista, revisión documental y caracterización de residuos sólidos, que será aplicado en el desarrollo de la investigación “propuesta técnica de un relleno sanitario en el Municipio de San Rafael Del Norte” de la carrera de ingeniería ambiental.

Luego de hacer las verificaciones pertinentes, podemos formular las siguientes apreciaciones:

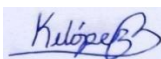
Evaluación de instrumentos

N o	Indicadores	Valores				
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
1	El instrumento presenta coherencia con el problema de investigación				x	
2	El instrumento evidencia el problema a solucionar				x	
3	El instrumento guarda relación con los objetivos y preguntas propuestas en la investigación.				x	
4	El instrumento utiliza un lenguaje apropiado				x	
5	La redacción de las preguntas es clara y apropiada para cada dimensión				x	
6	Relevancia de contenido				x	
7	En general, el instrumento permite un manejo ágil de la información				x	
8	La estructura de los instrumentos es compleja				x	

El instrumento diseñado a su juicio es: válido (x) no ()

Observaciones:

Para que conste a los efectos oportunos, extiende la presente en la ciudad de Estelí, a los días del mes de mayo del año en curso.



Kenny López Benavides

Nombre y firma del experto

Anexo B

Guía de observación

Estudiantes de v año de Ingeniería Ambiental

Dra. Tamara Pérez Rodríguez

Modalidad de Graduación



Tema: Manejo de residuos sólidos y sistemas de tratamiento (rellenos sanitarios)

Aplicación: Comunidades, sitios de disposición final, espacios públicos, zonas de influencia

Objetivo: Registrar evidencias visuales, operativas y contextuales sobre el manejo de residuos sólidos y la percepción comunitaria, para complementar el diagnóstico técnico y social.

1. Información General del Sitio Observado

- **Ubicación exacta:**
- **Fecha y hora de observación:**
- **Tipo de sitio:**
(Comunidad, botadero, relleno sanitario, centro de acopio, espacio público, escuela, mercado, etc.)
- **Condiciones climáticas durante la observación:**
(Soleado, lluvioso, nublado, etc.)

Ítem	Observación	Comentarios
Presencia de residuos en vía pública	Sí / No	
Separación de residuos en origen	Sí / No	
Contenedores disponibles	Sí / No	
Frecuencia de recolección (estimada)	Alta / Media / Baja	
Quema o entierro de residuos	Sí / No	
Presencia de animales (aves, perros, etc.)	Sí / No	
Olores desagradables	Sí / No	
Acumulación de residuos en puntos críticos	Sí / No	
Señalización o información ambiental	Sí / No	
Tipo de sitio	Botadero / Relleno sanitario / Otro	
Actitud de los pobladores ante el manejo de residuos	Positiva / Negativa / Indiferente	
Impacto ambiental visible	Sí / No	

Guía de Entrevista semi estructurada

Estudiantes de v año de Ingeniería Ambiental

Dra. Tamara Pérez Rodríguez

Modalidad de Graduación



Tema: Gestión de residuos sólidos y sistemas de tratamiento (rellenos sanitarios)

Dirigida a: Representantes de instituciones como Alcaldía Municipal, MARENA, y otras entidades vinculadas

Objetivo: Recopilar información institucional sobre políticas, capacidades, desafíos y perspectivas en la gestión de residuos sólidos y rellenos sanitarios.

1. Datos del Entrevistado

- Nombre:
- Institución:
- Cargo:
- Tiempo en el cargo:

2. Marco Normativo y Político

2.1. ¿Qué normativas nacionales o municipales rigen actualmente la gestión de residuos sólidos en su jurisdicción?

2.2. ¿Existe un plan municipal o regional de gestión integral de residuos sólidos? ¿Cuáles son sus principales componentes?

2.3. ¿Qué rol desempeña su institución en la planificación, supervisión o ejecución de proyectos relacionados con rellenos sanitarios?

2.4. ¿Cómo se articula su institución con otras entidades (MINSA, INIFOM, MARENA, comunidades) en temas de residuos?

3. Infraestructura y Operación

3.1. ¿Existe actualmente un sitio de disposición final en el municipio? ¿Qué tipo de infraestructura tiene (botadero, relleno sanitario, centro de acopio)?

Anexo D

Guía de Entrevista semi estructurada
Estudiantes de v año de Ingeniería Ambiental
Dra. Tamara Pérez Rodríguez



Modalidad de Graduación

Tema: Manejo de residuos sólidos y percepción sobre sistemas de tratamiento (rellenos sanitarios)

Dirigida a: Pobladores de la comunidad

Objetivo: Conocer las prácticas, percepciones, necesidades y nivel de conocimiento de la población sobre la gestión de residuos sólidos y los sistemas de tratamiento, con énfasis en rellenos sanitarios.

1. Datos Generales del Entrevistado

Nombre (opcional):

Ocupación:

Edad:

Tiempo de residencia en la comunidad:

Sexo:

2. Generación y Manejo de Residuos Sólidos

2.1. ¿Qué tipo de residuos genera con mayor frecuencia en su hogar?
(orgánicos, plásticos, papel, vidrio, metales, otros)

2.2. ¿Con qué frecuencia saca la basura de su casa?

2.3. ¿Qué hace con los residuos que genera?
(Opciones: los entrega al camión recolector, los quema, los entierra, los recicla, otros)

2.4. ¿Conoce si en su comunidad existe algún sistema de recolección de basura? ¿Con qué frecuencia pasa?

2.5. ¿Ha recibido alguna capacitación o información sobre cómo separar o manejar los residuos?

3. Separación y Reciclaje

3.1. ¿Separa los residuos en su hogar? ¿Cómo lo hace?

3.2. ¿Qué hace con los residuos reciclables (plástico, vidrio, papel, etc.)?

3.3. ¿Conoce o participa en algún programa de reciclaje o reutilización en su comunidad?

4. Percepción sobre el Manejo Comunitario

4.1. ¿Cómo considera que es el manejo de los residuos en su comunidad?
(Bueno, regular, malo. ¿Por qué?)

4.2. ¿Ha notado problemas relacionados con la basura en su entorno?
(Malos olores, quema, acumulación, presencia de animales, enfermedades, etc.)

4.3. ¿Qué cree que se podría mejorar en la gestión de los residuos en su comunidad?

Anexo E

Figura 10
Calculo y volumen del relleno

CALCULO PARA VOLUMEN DE BASURA Y AREA DE RELLENO DEL MUNICIPIO DE...													Calculos par	
AÑO	POBLACION	PPC	CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS			COMPACTADOS		ESTABILIZADA		ANUAL ESTABILIZADO	ACUMULADO M3	Área del RS	AREA TOTAL (m2)	N° CAMIONES
			DIARIO (kg)	ANUAL (Ton)	ANUAL ACUMULADO (Ton)	DIARIA (M3)	ANUAL (M3)	ANUAL M3						
2025	14700	0.3	4410	1609.65	1609.65	9.8	3577	2008.623077	2410.347692	2410.347692	602.5869231	783.363	1.75	
2026	15030.75	0.54	8116.605	2962.560825	4572.210825	18.0369	6583.4685	3696.870773	4436.244928	6846.59262	2738.637048	3560.228162	3.220875	
2027	15301.3035	0.5454	8345.330929	3046.045789	7618.256614	18.5451798	6768.99064	3801.048591	4561.25831	11407.85093	4563.140372	5932.082483	3.311639258	
2028	15576.72696	0.550854	8580.502354	3131.883359	10750.13997	19.067783	6959.7408	3908.162141	4689.794569	16097.6455	6439.058199	8370.775659	3.404961252	
2029	15857.10805	0.5563625	8822.300911	3220.139832	13970.27981	19.6051131	7155.86629	4018.29415	4821.95298	20919.59848	8367.839391	10878.19121	3.50091306	
2030	16142.53599	0.5619262	9070.91335	3310.883373	17281.16318	20.1575852	7357.51861	4131.529679	4957.835615	25877.43409	10350.97364	13456.26573	3.59956879	
2031	16433.10164	0.5675454	9326.531689	3404.184066	20685.34725	20.725626	7564.85348	4247.956185	5097.547422	30974.98152	12389.99261	16106.99039	3.701004638	
2032	16728.89747	0.5732209	9589.353352	3500.113973	24185.46122	21.3096741	7778.03105	4367.663591	5241.196309	36216.17782	14486.47113	18832.41247	3.805298949	
2033	17030.01763	0.5789531	9859.581329	3598.747185	27784.2084	21.9101807	7997.21597	4490.744351	5388.893221	41605.07105	16642.02842	21634.63694	3.912532273	
2034	17336.55794	0.5847426	10137.42433	3700.159881	31484.36828	22.5276096	8222.57751	4617.293526	5540.752232	47145.82328	18858.32931	24515.8281	4.022787433	
2035	17648.61599	0.59059	10423.09695	3804.430386	35288.79867	23.1624377	8454.28975	4747.408858	5696.89063	52842.71391	21137.08556	27478.21123	4.136149583	
2036	17966.29107	0.5964959	10716.81982	3911.639235	39200.43791	23.8151552	8692.53163	4881.19084	5857.429008	58700.14291	23480.05717	30524.07432	4.252706278	
2037	18289.68431	0.6024609	11018.8198	4021.869228	43222.30713	24.4862662	8937.48717	5018.742798	6022.491357	64722.63427	25889.05371	33655.76982	4.372547541	
2038	18618.89863	0.6084855	11329.33015	4135.205503	47357.51264	25.1762892	9189.34556	5160.17097	6192.205163	70914.83944	28365.93577	36875.71651	4.495765931	
2039	18954.03881	0.6145704	11648.59067	4251.735594	51609.24823	25.885757	9448.30132	5305.584588	6366.701505	77281.54094	30912.61638	40186.40129	4.622456615	
2040	19295.2115	0.6207161	11976.84795	4371.549503	55980.79773	26.6152177	9714.55445	5455.095961	6546.115153	83827.65609	33531.06244	43590.38117	4.752717442	
2041	19642.52531	0.6269232	12314.35553	4494.739768	60475.5375	27.3652345	9988.3106	5608.820565	6730.584678	90558.24077	36223.29631	47090.2852	4.88664902	
2042	19996.09077	0.6331925	12661.37407	4621.401535	65096.93904	28.1363868	10269.7812	5766.877129	6920.252555	97478.49333	38991.39733	50688.81653	5.024354789	
2043	20356.0204	0.6395244	13018.17159	4751.63263	69848.57167	28.9292702	10559.1836	5929.387726	7115.265272	104593.7586	41837.50344	54388.75447	5.165941107	
2044	20722.42877	0.6459196	13385.02366	4885.533638	74734.1053	29.744497	10856.7414	6096.477873	7315.773447	111909.532	44763.81282	58192.95666	5.311517327	
2045	21095.43249	0.6523788	13762.21363	5023.207975	79757.31328	30.582697	11162.6844	6268.276619	7521.931943	119431.464	47772.5856	62104.36127	5.461195885	
														6.210436127
														8.887134098

Otros

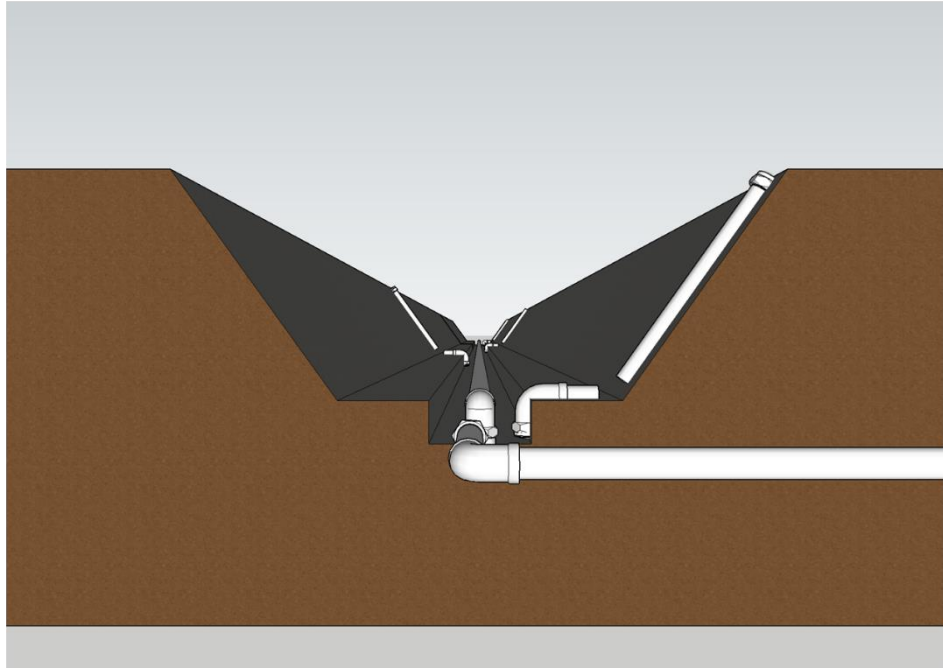
Figura 11
Caracterización de los residuos sólidos



Figura 12
Vertedero actual



Figura 13
Diseño de trincheras



Institución	CUR Esteli	Título	Diseño de trincheras	Escala
Docente	Dra. Tamara Iveth	Año	V año	
Autor	Br. Jonatan Velásquez	Carrera	Ing. Ambiental	
Unidad	Observaciones			



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



