



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

TESIS DE GRADO

Propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos
urbanos del municipio de San Juan de Limay

Hernández, P; Benavidez, P.

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 Rugama”
Departamento Ciencias tecnológicas y Salud

**Propuesta técnica de un sistema de tratamiento de
desechos sólidos urbanos en el municipio de San Juan de
Limay**

Trabajo de investigación para
optar al grado de Ingenieros
Ambientales

Autores

Luis Moisés Hernández Portillo
Dany José Benavidez Pérez

Tutor

Dra. Tamara Iveth Pérez Rodríguez

Agosto, 2025



Dedicatoria

A Dios

Todo poderoso, creador del universo y de nuestro planeta, el cual nos ha dado la tierra por heredad.

A nuestro señor Jesucristo

Por otórganos una segunda oportunidad, dando su vida en una cruz y regalándonos la salvación.

A nuestros padres

Por formarnos con valores y principios desde nuestra niñez, creando adultos responsables y con una actitud positiva ante las adversidades de la vida. Cada uno de sus consejos han sido forjadores de cada escalón, que hemos venido ascendiendo con firmeza.

A mi padre Luis Moisés Hernández Zelaya (q.e.p.d) por enseñarme a no rendirme, afrontar cada obstáculo con serenidad, al final sus esfuerzos, son frutos de un ciudadano con responsabilidad ante la sociedad.

A mi madre Martha Luz Portillo Betanco, mujer guerrera y trabajadora, que ha sabido guiarme ante la vida, le agradezco por sus sacrificios, dedición hacia mí, le estaré eternamente agradecido.

A mi madre Petronila Pérez calderón, que me ha dado su amor incondicional, y que ha sido el motor que me ha impulsado y motivado para seguir adelante.

Agradecimiento

En el proceso de nuestra tesis, significa la culminación de un largo camino universitario, lleno de experiencias, que nos han servido de soporte y escalón para lograr nuestro objetivo principal, llegar a ser ingenieros ambientales.

Nuestro agradecimiento esencial a Dios nuestro creador, por ser la guía principal en todo nuestro camino universitario y en nuestra vida diaria, por darnos la oportunidad de lograr nuestro objetivo propuestos en todos estos 5 años de vida universitaria. A nuestro señor Jesucristo por ser la luz que guía a nuestro camino y por llevarnos por sendas de paz.

Continuamente agradecemos a nuestras madres que con mucho trabajo y enfoque han sido nuestro pilar fundamental en nuestras vidas, proporcionándonos de cariño y solidaridad en todos los pasos de nuestra vida, colocando su confianza en nosotros y ser de motivación en cada uno de los obstáculos que se nos presentó a lo largo del camino, siendo parte de nuestro proceso de formación académica y profesional, para poder cumplir nuestro sueño de ser ingenieros ambientales.



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, 17 de noviembre de 2025

Por medio de la presente, en calidad de tutora del trabajo de modalidad de graduación titulado: “Propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos en el municipio de San Juan de Limay”, elaborado por los estudiantes:

Luis Moisés Hernández Portillo	21500270
Dany José Benavidez Pérez	21515152

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

Resumen

En la actualidad los residuos sólidos, se han convertido en una problemática ambiental de acuerdo con su gestión inadecuada, un aumento de consumo y el incremento acelerado de la población. La presente tesis sobre “propuesta técnica de un sistema de desechos sólidos urbanos en el municipio de San Juan de Limay “, la cual se centró en diseñar una propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos. El desarrollo de esta investigación, se empleó metodología de carácter cuantitativo, basado en el uso de los instrumentos de investigación como guía de entrevista encuesta, prueba visual de suelo y un análisis documental. Los resultados de esta investigación, se realizaron mediante el método de cuarteo, dado que la población es de 96 m³ de residuos sólidos, se obtuvo una muestra representativa obteniendo 435 kg. Por lo cual, mediante el uso de encuestas y entrevista, se obtuvo como resultado que existe una participación mínima por parte de la población en cuanto a reutilizar, reducir y reciclar algunos residuos sólidos. Así mismo el análisis de las propiedades físicas del suelo, determinó que el sitio presenta un suelo limo arenoso o arenoso, por lo cual se sugiere colocar una capa de arcilla de 30 cm, más un geotextil de 3.5 mm y luego la geomembrana de 2 mm. Por otra parte, mediante la revisión documental se analizó el marco legal ambiental de Nicaragua, relacionado a leyes, normas y decretos. Por lo tanto, concluimos que se determinó que la gestión actual, es ineficiente debido al manejo de los residuos sólidos y se dedujo que existe excelentes criterios técnicos, aunque no son aplicados en la actualidad por las municipalidades.

Palabras claves: Desechos sólidos; planta de tratamiento; método de cuarteo; Propiedades físicas del suelo; marco legal.

Abstract

Currently, solid waste has become an environmental problem due to inadequate management, increased consumption, and rapid population growth. This thesis on “technical proposal for an urban solid waste system in the municipality of San Juan de Limay” aims to design a technical proposal for an urban solid waste treatment system. This research was conducted using quantitative methodology, based on the use of research instruments such as interview guides, surveys, visual soil tests, and documentary analysis. The results of this research were obtained using the quartile method. The population is 96 m³ of solid waste, and a representative sample of 435 kg was obtained. Therefore, through the use of surveys and interviews, it was found that there is minimal participation by the population in terms of reusing, reducing, and recycling some solid waste. Likewise, the analysis of the physical properties of the soil determined that the site has sandy loam or sandy soil, Therefore, it is suggested to place a 30 cm layer of clay, plus a 3.5 mm geotextile, and then the 2 mm geomembrane. On the other hand, through a document review, Nicaragua's environmental legal framework was analyzed in relation to laws, regulations, and decrees. Therefore, we concluded that current management is inefficient due to solid waste handling, and we deduced that there are excellent technical criteria, although they are not currently applied by municipalities.

Keywords: Solid waste; treatment plant; quartering method; physical properties of soil; legal framework.

Índice

Contenido	
1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Planteamiento del problema	4
4. Justificación	5
5. Objetivos de investigación	6
5.1. Objetivo General	6
5.2. Objetivos específicos	6
6. Limitaciones del estudio	7
7. Hipótesis	8
8. Operacionalización de Variables	9
9.1. Residuos sólidos	11
9.2. Clasificación de residuos sólidos	11
9.2.1. Según su composición	12
9.2.2. Según su potencial contaminante	13
9.2.3. Según su fuente de origen	14
9.3. Gestión integral de los residuos sólidos	17
9.3.1. Definición	17
9.3.2. Caracterización de los residuos sólidos	17
9.3.3. Importancia de la generación integral de los residuos	18
9.4. Generación de residuos sólidos	20
9.4.1. Características físicas y químicas de los residuos	20
9.4.2. Factores principales en la generación de residuos sólidos	23
9.4.3. Diagnóstico de la generación de los residuos sólidos	26
9.4.4. Manejo de los residuos sólidos	27
9.5. Proceso de la gestión integral de residuos sólidos	29
9.5.1. Separación desde la fuente	29

9.5.2.	Almacenamiento temporal	30
9.5.3.	Recolección y transporte de los residuos sólidos	32
9.5.4.	Sistemas de transferencia	33
9.6.	Tratamiento de residuos sólidos	35
9.6.1.	Definición	35
9.6.2.	Clasificación	35
9.6.3.	Incineración	36
9.6.4.	reciclaje	39
9.6.5.	Compostaje	40
9.7.	Rellenos sanitarios	41
9.7.1.	Definición	41
9.7.2.	Tipos de relleno sanitario	42
9.7.3.	Métodos de construcción de un relleno sanitario	43
9.7.4.	Zona de Entrada y de Salida	45
9.7.5.	Generación de gases	46
9.7.6.	Consideraciones técnicas	47
9.7.7.	Generación de Lixiviados	49
9.8.	Propiedades físicas del suelo	51
9.8.1.	Definición	52
9.8.2.	Clasificación de suelo	52
9.8.3.	Composición del suelo	54
9.8.4.	Clasificación del suelo	55
9.8.5.	Importancia del suelo	56
9.8.6.	Estructura del suelo	56
9.8.7.	Propiedades físicas de los suelos	57
9.8.8.	Contaminación del Suelo	58
9.9.	Marco legal	59
9.9.1.	Definición	59
10.	Diseño metodológico	60

11.	Área de estudio _____	65
	65	
12.	Población y selección de la muestra _____	66
12.1.1.	Población _____	66
12.1.2.	Muestra. _____	66
12.2.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos _____	67
12.2.1.	Técnicas aplicadas _____	67
12.3.	Confiabilidad y validez de los instrumentos _____	73
12.4.	Técnicas, instrumentos y procedimientos para el procesamiento y análisis de datos	75
13.	Análisis y discusión de resultados _____	77
13.1.	Caracterización de residuos sólidos _____	77
13.2.	Propiedades físicas del suelo _____	82
13.2.1.	Prueba visual del suelo _____	82
13.3.	Marco legal _____	84
14.	Propuesta técnica legal _____	98
14.1.	Sistema de recolección y transporte _____	98
14.2.	Planta de tratamiento de residuos sólidos _____	101
14.2.1.	Área de zona de residuos _____	102
14.2.2.	Tecnologías utilizadas en Zona de residuos sólidos _____	105
14.2.3.	Diagrama de planta de tratamiento de residuos sólidos _____	107
14.2.4.	Plano de conjunto- planta de desechos sólidos San Juan de Limay _____	110
14.2.5.	Plano de conjunto- planta de desechos sólidos San Juan de Limay _____	111
14.2.6.	Plano de planta central de residuos - planta de desechos sólidos San Juan de Limay	112
14.2.7.	Plano de área administrativa - planta de desechos sólidos San Juan de Limay	115
14.2.8.	Plano de área de servicios - planta de desechos sólidos San Juan de Limay	116
14.2.9.	Plano de área de paneles eléctricos - planta de desechos sólidos San Juan de Limay	117

14.3.	Presupuesto detallado de la planta de tratamiento de residuos sólidos _____	118
14.4.	Diseño de relleno sanitario _____	127
14.4.1.	Cálculos de las dimensiones de las trincheras del relleno sanitario _____	128
14.4.2.	Volumen de Residuos sólidos _____	132
14.4.3.	Detalles de sección de relleno sanitario en San Juan de Limay _____	133
16.1.	Plan de implementación _____	140
16.2.	Participación comunitaria y educación ambiental _____	141
16.3.	Monitoreo, evaluación y ajustes _____	142
17.	Monitoreo ambiental _____	143
18.	Conclusiones _____	144
19.	Recomendaciones _____	145
20.	Referencias _____	146
21.	Anexos _____	152
21.1.	Validez de los instrumentos _____	152
21.1.1.	Carta de solicitud para validación de instrumentos _____	152
21.1.2.	Constancia de juicio de experto _____	154
	156	
21.1.3.	Guías de instrumentos de investigación _____	158
21.2.	Fotografías _____	190
21.2.1.	fotografías de aplicación de encuestas _____	191
21.2.2.	fotografías de aplicación del método de cuarteo _____	192
21.2.3.	Fotografía de Actual vertedero del municipio de San Juan de Limay ____	195
21.2.4.	Transporte de residuos sólidos en el vertedero de San Juan de Limay ____	196
21.2.5.	Fotografías de Prueba visual del suelo _____	197

Índice de tablas

Tabla 1	Matriz de operacionalización de variables	9
Tabla 2	Técnicas e instrumentos específicos.....	70
Tabla 3	técnicas, instrumentos y procedimientos de datos.....	75
Tabla 4	Datos de campo de infiltración in situ San Juan de Limay	83
Tabla 5	valores de infiltración de suelo.....	83
Tabla 6	Análisis del marco legal ambiental.....	85
Tabla 7	programa arquitectónico de planta de tratamiento	109
Tabla 8	presupuesto general de la planta de tratamiento de residuos sólidos	126
Tabla 9	presupuesto general de la maquinaria	127
Tabla 10	cálculo para volumen de desechos sólidos.....	132
Tabla 11	Matriz de Leopold-evaluación de impacto ambiental	137
Tabla 12	valores para la matriz de Leopold de evaluación de impacto ambiental.....	138
Tabla 13	valores negativos de la matriz de Leopold de evaluación de impacto ambiental	139
Tabla 14	plan de implementación en el casco urbano de San Juan de Limay	140
Tabla 15	participación comunitaria.....	141
Tabla 16	monitoreo evaluación y ajuste.....	142
Tabla 17	monitoreo ambiental.....	143

Índice de figuras

figura 1	Mapa de macro y micro localización.....	65
Figura 2	Barrios con número de casas del casco urbano de San Juan de Limay.....	78
Figura 3	Datos del método de cuarteo del casco urbano de San Juan de Limay	79
Figura 4	Resultados de encuestas	80
Figura 5	Resultados de encuestas	81
Figura 6	mapa de macro ruteo del casco urbano de San Juan de Limay	99
Figura 7	mapa de micro ruteo 3 Y 4 del casco urbano de San Juan de Limay	100
Figura 8	Mapa de micro ruteo de los sectores 1 y2 del casco urbano de San Juan de Limay	101

1. Introducción

A nivel mundial los seres humanos mediante el desarrollo de sus actividades y partiendo de la necesidad de obtener recursos, se han generado desechos de todos estos procesos, que a su vez han impactado significativamente el medio donde habitan, podríamos decir que modifican los diferentes recursos como suelo, agua y aire, afectando no solo los distintos ecosistemas que se desarrollan en el medio, sino que también viene a repercutir en la misma salud del ser humano en el planeta tierra.

En Latinoamérica debido a su gran desarrollo industrial, ocasionado por la alta demanda de productos, cada día se crean diferentes nuevas fábricas de textiles, cosméticos, plásticos, manufacturas y construcción, todo esto lleva consigo a la generación de residuos, altamente contaminantes para el medio ambiente, como son los residuos sólidos urbanos, cuyo mal manejo causa impactos negativos hacia el medio ambiente y la comunidad (Narváez et al., 2013).

Tanto en Centroamérica como en Nicaragua el crecimiento poblacional, es uno de los factores claves, la cual ha causado deterioro en la calidad del agua, debido a la disposición de desechos sólidos en lugares no autorizados. Por lo cual algunos vertederos a cielo abierto no cuentan con las condiciones técnicas reglamentadas, como es el caso del vertedero de San Juan de Limay situado en la ciudad de Estelí, la cual no existe un tratamiento adecuado para los desechos sólidos urbanos que se generan en el municipio, esto causa afectaciones en el entorno paisajístico como en los recursos agua, suelo y atmosférico (Nytzae Dixon et al., 2012)

En la presente tesis de grado “Propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos en el municipio de San Juan de Limay” está estructurada de la siguiente manera introducción, antecedentes, planteamiento del problema, Justificación, objetivos, limitaciones, hipótesis, operacionalización de las variables, marco teórico, diseño metodológico, población y muestra, técnicas e instrumentos, análisis y discusión de los resultados, propuesta técnica legal , conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

2. Antecedentes

En este apartado se sitúan los antecedentes de diferentes investigaciones sobre residuos sólidos, la cual se refleja similitud en cuanto a los objetivos, metodología y resultados, a la que estamos abordando en nuestra investigación.

Internacional

La presente tesis sobre “Impacto del manejo de residuos sólidos en la salud de la población del distrito de San Juan Bautista, periodo 2017”, con el objetivo de determinar el impacto de la falta de un adecuado manejo de residuos sólidos en la salud de la población del distrito de San Juan Bautista periodo 2017, es un a investigación no experimental, de diseño descriptivo, Los resultados fueron que existe una deficiencia en la gestión de residuos sólidos por diferente factores entre ellos culturales, existe poca campaña de sensibilización a la población. Llegándose a la conclusión de un grave impacto negativo a la salud de los pobladores (Pinedo, 2018).

El trabajo sobre “Estrategias para la adecuada gestión de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Sahagun, departamento de Córdoba”, esta investigación se centró en determinar estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, a partir de la separación en la fuente buscado usos alternativos y benéficos para el entorno , llegándose a la conclusión que el municipio no cuenta con un aprovechamiento de los residuos sólidos y que existe un vertederos sin criterio técnico (Gloria, 2010).

Nacional

Al realizar búsqueda de antecedentes a nivel nacional, se encontró el siguiente trabajo sobre “Propuesta de manejo de los desechos sólidos Alcaldía San Rafael del sur año 2019”, con el objetivo de presentar propuesta de manejo de los residuos sólidos. Es una investigación descriptiva y la metodología empleada en este trabajo, fue mediante un análisis situacional del plan de trabajo de las áreas municipales, la cual se llegó resultados como conocer las diferentes áreas de la municipalidad, con el fin de obtener datos como la recolección y

transporte de los residuos, con la solución de proponer un relleno sanitario (Ortega & Castillo, 2019).

A nivel empresarial se realizó un trabajo sobre “Propuesta del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos procedentes de la Planta de Manufactura de la Embotelladora Nacional S.A. (ENSA), situada en la ciudad de Managua, Nicaragua en el período de septiembre a diciembre del 2007”, con el objetivo de Presentar un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos procedentes del Área de Manufactura en el Proceso de Obtención de Bebidas Carbonatadas en la Embotelladora Nacional S.A. d, con la concusión de la empresa ENSA no cuenta con una área óptima para los residuos sólidos y que se necesita reacondicionar el lugar para la clasificación de estos residuos (Garzón & Mejia, 2009).

Local

A nivel local se realizó un trabajo titulado “Estudio de manejo integral, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, en el municipio de San Juan de Limay, departamento de Estelí año 2020”, con el objetivo de Realizar un estudio de los residuos sólidos urbanos, utilizando como metodología, encuestas, entrevistas dentro del casco urbano. De igual manera se obtuvieron resultados como cálculos para la construcción de un relleno sanitario, dando como conclusión que se necesita una alternativa para minimizar impactos negativos (Espinoza & Benavidez, 2020).

3. Planteamiento del problema

San Juan de Limay es un municipio de la ciudad de Estelí, actualmente cuenta con un vertedero a cielo abierto, que ha sido construido sin criterio técnico, para el tratamiento de los desechos sólidos que se producen dentro del casco urbano, situación que puede ocasionando problemas en la salud pública, asimismo podemos mencionar impactos negativos en el entorno paisajístico, la quema de estos desechos causa deterioro del recurso atmosférico por emisiones de metano, que es un gas de efecto invernadero, así como también la contaminación de las fuentes subterráneas por los lixiviados producidos por la descomposición de la materia orgánica y demás desechos que son depositados sin tratamiento previo.

Según Espinoza & Benavidez (2020) el manejo integral ,tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos de San Juan de Limay , determinó que el actual vertedero no cuenta con las criterios técnicos, por lo cual se hace necesario la construcción de un relleno sanitario, en conjunto con una planta de tratamiento, acompañada de una buena gestión de los desechos sólidos en el casco urbano , uno de ellos reducir estos desechos desde su origen, para minimizar el volumen que llegara al relleno sanitario, pudiendo reutilizar y reciclar dentro de nuestros hogares (pág. 9).

De continuar esta situación que evidencia la gestión inadecuada de los residuos sólidos a nivel de municipio causa diferentes impactos negativos en el medio ambiente y de salud pública, entre éstas podemos mencionar, enfermedades respiratorias, vectoriales y las ocasionadas por plagas, la cual está altamente ligada a la incrementación de la pobreza. Para lograr una excelente disposición de los desechos sólidos, se necesitará participación tanto de la municipalidad como los sectores de educación y población en general en la implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos del municipio de Limay.

4. Justificación

Este estudio tiene relevancia debido a que abarca un contexto donde se evidencia una problemática asociada a la gestión inadecuada de los residuos sólidos, debido a que afectan directamente en la salud del ser humano y degrada los distintos ecosistemas por los altos contaminantes que llegan a ríos, lagos y mares. Esta investigación está enfocada en crear una propuesta técnica legal de un sistema de tratamiento de sólidos urbanos, primeramente, con la construcción de un relleno sanitario, en conjunto con una planta de tratamiento de desechos sólidos, todo con un programa dentro de la municipalidad, integrando los diferentes sectores como educación y la población.

Desde la problemática actual, es necesario abordar desde una buena gestión de los residuos sólidos dentro del casco urbano, un adecuado tratamiento impactará positivamente en la salud de los pobladores, debido a que la acumulación de desechos sólidos, produce lixiviados debido a la descomposición de la materia orgánica, la cual una vez entra en contacto con las aguas subterráneas, podría llevar consigo una serie de enfermedades a los pobladores de San Juan de Limay.

Dentro del marco social, nuestra investigación, generará más conciencia sobre los impactos negativos de los residuos sólidos a nuestra sociedad; y el compromiso que todo ser humano tiene por mantener limpio y seguro nuestro entorno, no solo es responsabilidad de la municipalidad, sino también de las escuelas, universidades, iglesias y población en general, manteniendo una cultura de sensibilización.

La propuesta fomentará el desarrollo sostenible para el municipio, contando con calles limpias, la cual minimizará los vertederos clandestinos, impulsando lugares más limpios y ordenados. Así mismo se enfocará en campañas de sensibilización a la población en general, complementándose con la revisión desde el marco jurídico que protegen y preservan el medio ambiente para minimización de impactos negativos.

5. Objetivos de investigación

5.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos para la mitigación de impactos ambientales antropogénicos en el municipio de San Juan de Limay

5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los residuos sólidos generados en el municipio de San Juan de Limay.
- Determinar las propiedades físicas del suelo en el área de instalación de la planta de tratamiento
- Analizar el marco legal aplicado al estudio enfatizado en plantas de tratamiento de residuos sólidos para la mitigación de impactos ambientales antropogénicos.
- Elaborar una propuesta técnica legal de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos en el municipio de San Juan de Limay

6. Limitaciones del estudio

La investigación propuesta técnica de una planta de tratamiento de residuos sólidos en el municipio de San Juan de Limay, una limitante, fue encontrar información de tipo primaria como estudios a nivel local, así como también fuentes secundarias en acceso de la información.

7. Hipótesis

La implementación de una planta de tratamiento de desechos sólidos disminuirá los impactos ambientales negativos en el casco urbano de San Juan de Limay.

8. Operacionalización de Variables

Tabla 1 *Matriz de operacionalización de variables*

variables	Definición conceptual	Definición operativa	Indicadores	Instrumentos	Fuente de datos
Caracterización de residuos sólidos	Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades (Rendón, 2012).	Esta variable será medida mediante un método de cuarteo, una entrevista al personal del área de administración tributaria, así como también una encuesta a la población en general.	peso volumen producción per cápita cantidad semanal mercado hogares comercio	Guía de método de cuarteo Guía de entrevista Guía de Encuesta	Pruebas in situ Administración tributaria de la alcaldía Población

variables	Definición conceptual	Definición operativa	Indicadores	Instrumentos	Fuente de datos
propiedades físicas del suelo	El suelo es un sistema heterogéneo que cumple múltiples funciones como: capacidad depurativa, retención de agua y nutrientes, acumulación de carbono, entre otros (Rivera et al., 2022)	Esta variable será medida mediante una prueba in situ para conocer las propiedades físicas del suelo	Estructura Porosidad Color Textura Moteado permeabilidad	Guía de prueba visual de suelo	Muestra de suelo in situ
Marco legal	conjunto de leyes, normativas y regulaciones vigentes en un país o una región (Calero, 2016).	Esta variable será medida mediante la revisión de leyes de Nicaragua	Leyes Nacionales Normas técnicas Decretos	Guía de Análisis del marco legal ambiental	Gaceta diario oficial

9. Marco Teórico

9.1. Residuos sólidos

Podríamos definir a los residuos sólidos, como al conjunto de materiales puestos a ser desechados, lo cual son producidos por la elaboración de productos necesarios para el ser humano, así mismo podríamos decir que es el resultante de todo proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza. La estructura de cada residuo, es una característica principal al ser reciclados, debido a su valor en el mercado, manteniendo estas características desde su origen hasta su disposición final (González, 2016).

Los residuos sólidos en general, se conocen como desecho, residuo o basura, los cuales integran diferente composición desde restos de vegetales, restos de alimentos, cartón, vidrio, plásticos, metales, todos estos se encuentran mezclados generando lixiviados, altos contaminantes para el suelo y aguas subterráneas, estos residuos son producto de las actividades diaria del ser humano, así como domésticas, agropecuarias e industriales (González, 2016).

Cuando se habla de un residuo, se hace referencia a todo material o sustancia restante de un producto que ya ha sido transformado por consumo o uso en industrias, comercio e incluso en labores domésticas, y por lo cual, el poseedor o consumidor desecha o entrega. Dichos residuos pueden ser aprovechados de diferentes maneras al transformar el material para generar, en algunos casos, un nuevo bien económico (Espinosa & Moreno, 2019).

9.2. Clasificación de residuos sólidos

Existen numerosas clasificaciones de los residuos, es decir, formas de agruparlos según alguna característica; por ejemplo, en función del lugar o de la actividad que los generó, según su peligrosidad, su tamaño, su humedad, etcétera. Encontramos que existen residuos

orgánicos o también llamados húmedos (restos de vegetales, cáscaras de frutas, comidas, restos animales, etc.), y residuos inorgánicos o secos (papeles, cartones, plásticos, metales y vidrios, etc.).

También, si pensamos en su fuente de origen (es decir, dónde se producen) podemos diferenciar entre residuos domésticos, comerciales, industriales, agrícolas, hospitalarios. Y, además, si tenemos en cuenta su composición y potencial riesgo para producir daños sobre la salud o el medioambiente, podemos diferenciar entre residuos peligrosos (que poseen alguna sustancia o compuesto tóxico), inertes y no peligrosos (inocuos o «inofensivos» si se los maneja de manera adecuada) (Ubierno, 2015).

9.2.1. Según su composición

Residuos orgánicos

Residuos orgánicos son aquellos cuyo componente principal es el carbono y se pueden descomponer por procesos naturales, dentro de un periodo razonable por lo que se consideran biodegradables. Son los derivados de preparación de alimentos, productos de comida, desechos de mercados, desperdicios industriales, agropecuarios, entre otros. Los inorgánicos son materias inertes provenientes de material no vivo que incluye la mayoría de los residuos reciclables como metales, plásticos, cierto tipo de telas, vidrios, etc. Estos poseen las características de no ser biodegradables o de muy difícil composición, por lo que conservan su forma y propiedades pudiéndose utilizar como materia prima en diferentes industrias (Rosário, 2017).

Residuos inorgánicos

Los desechos inorgánicos, son los que se generan la usar productos de vidrio, metal, plástico, cartón. Muchos de ellos son biodegradables pero el tiempo que demora en reintegrarse a la naturaleza varía según el tipo de material que este se componga, como latas, botellas, metales, plásticos y otros productos de uso cotidiano de origen industrial. También existen productos de uso cotidiano en el hogar que contienen componentes peligrosos, por ende, el Residuos que se genere pasaría a ser un Residuo de tipo Peligroso, estos pueden ser pinturas, limpiadores, barnices, baterías para automóviles, aceites de motor y pesticidas (Núñez, 2009).

9.2.2. Según su potencial contaminante

Residuos no peligrosos

son aquellos residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos, pudiendo generar efectos adversos para la salud o el ambiente. Estos residuos serán motivo de un análisis minucioso que se desarrollará posteriormente. En forma genérica se entiende por "residuos peligrosos" a los residuos que debido a su peligrosidad intrínseca (tóxico, corrosivo, reactivo, inflamable, explosivo, infeccioso, eco tóxico) pueden causar daños a la salud o el ambiente. Tal como se desprende de la definición planteada es sumamente difícil definir con precisión cual es el límite que separa a un residuo peligroso de otro que no lo es (Martínez, 2005).

Sin embargo, como fuera mencionado, la definición legal de residuo peligroso es necesaria a efectos de poder asegurar que el residuo ingrese a un sistema de gestión acorde con sus características y se puedan realizar los controles correspondientes. Es necesario contar entonces con una definición clara y consistente de "residuo peligroso", de forma de poder desarrollar estrategias seguras para lograr una gestión ambientalmente adecuada de los mismos. La definición debería contemplar que la variedad de residuos peligrosos se incrementa periódicamente como consecuencia de la utilización y la fabricación de nuevos productos, así como la utilización de nuevos procesos industriales (Martínez, 2005).

Residuos peligrosos

Son los producidos en procesos industriales y que deben ser gestionados de forma especial. En nuestras casas también tenemos este tipo de residuos (lejía, pinturas, aerosoles, disolventes, pilas...). Se considera RTP tanto la sustancia como el recipiente que lo ha contenido (Chamán, 2019).

Los residuos peligrosos son objetos, materiales o sustancias sólidas, líquidas, pastosas o gaseosas, resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo (en cualquier etapa), cuyo poseedor desecha o tiene la intención u obligación de desechar. La peligrosidad de los residuos viene determinada por la presencia de determinadas características que representan un riesgo para la salud humana o el medio ambiente. Estas

características de peligrosidad se pueden clasificar en tres grandes grupos: Peligros físicos, Peligros para la salud, Peligros para el medio ambiente (Sanz Gaspar, 2021).

9.2.3. Según su fuente de origen

Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Son las basuras que producimos diariamente en nuestras casas, tiendas, oficinas, mercados, restaurantes, calles, etc. También las fábricas producen algunos RSU, particularmente en las oficinas, almacenes o comedores (papel, cartón, envases y restos de alimentos (Chamán, 2019).

Los Residuos Sólidos Urbanos, son los desechos generados por la comunidad en el consumo y desarrollo de distintas actividades, que se transforman en residuos en el momento en que son descartados o abandonados en forma permanente por quien los posee o produce al considerarlos sin utilidad o provecho. Es decir, la generación de residuos está directamente relacionada a nuestras múltiples situaciones de consumo: todo lo que adquirimos tiene una parte que se vuelve residuo en algún momento, que ya no nos sirve más para aquello que lo necesitábamos o queríamos.

Esos residuos que tiramos/desechamos como inservibles, son potencialmente útiles bajo una adecuada gestión, que inicia principalmente con la actividad de recuperadoras y recuperadores urbanos y constituyen oportunidades de inclusión social y una reducción de los impactos nocivos a la salud y al ambiente a través del reciclaje. La separación en origen de cada uno de ellos es por tanto una actividad esencial para desarrollar una correcta gestión de los mismos (Sostenible, 2023).

Residuos industriales

Los residuos industriales, que son los que en este caso nos interesan, provienen de los procesos de producción, transformación, fabricación, utilización, consumo o limpieza, y la gestión que se realice con ellos es una de las actividades fundamentales de la producción limpia, ya sean éstos: residuos industriales sólidos (RISES), residuos industriales líquidos (RILES) o emisiones atmosféricas (Cavalcanti, 2002).

Los residuos industriales son todos los residuos sólidos resultantes de algún proceso u operación industrial, que no vayan a ser utilizados, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial. Desde el punto de vista normativo. El carácter de desecho sólidos lo aporta el contenedor o recipiente que los contiene (Cavalcanti, 2002).

Los residuos industriales pueden generarse a partir de cuatro causas principales como son los residuos finales de los procesos, que resultan de las operaciones que no emplean completamente las materias primas (rechazos de género o despuntes metálicos) o de aquellas operaciones donde se generan residuos no utilizables en el proceso (escorias de cenizas), también incluyen los residuos de sistemas de tratamiento de efluentes líquidos y gaseosos como los lodos de sedimentación, cenizas o polvos de filtros (Cavalcanti, 2002).

Podemos mencionar también los productos rechazados, que provienen de control de calidad en los que un producto o materia prima pueda ser rechazado cuando se encuentra fuera de especificación como artículos de cuero, cortezas húmedas, frutos afectados por plagas.

De igual manera los embalajes, son todos los envases y contenedores de materias primas e insumos (sólidos, líquidos y gaseosos) descartados una vez que cumplieron su objetivo de transporte y distribución de estos productos. El fin de vida útil de los productos que normalmente tiene un cierto tiempo de vida útil o una fecha de vencimiento, pasado el cual ya no se pueden ser utilizados para lo que fueron producidos como, por ejemplo, los medicamentos vencidos, piezas reemplazadas en la mantención de maquinarias y aceites usados (Cavalcanti, 2002).

Residuos Hospitalarios

La gestión inadecuada de los residuos hospitalarios puede exponer al personal de salud y a los pacientes a infecciones y enfermedades transmitidas por agentes patógenos. El vertido incontrolado de los mismos puede generar contaminación de aguas, alimentos y propiciar la aparición de pandemias. Por otro lado, la presencia de residuos cortopunzantes mal

gestionados en los hospitales aumenta el riesgo de lesiones y la transmisión de enfermedades infecciosas a través de accidentes con agujas (Villarés & Yáñez, 2023).

El tratamiento de los residuos infecciosos hospitalarios es una parte crucial de la gestión de residuos hospitalarios para minimizar los riesgos para la salud pública y el medio ambiente. Es importante que el personal de salud y los pacientes realicen una segregación adecuada de los residuos infecciosos en la fuente de generación. Esto implica separar de manera adecuada los materiales infecciosos de otros tipos de residuos, como papel, plástico o alimentos, para evitar la contaminación cruzada y facilitar su manejo y tratamiento posterior. Los residuos infecciosos hospitalarios deben ser recolectados en contenedores específicos y adecuadamente identificados (Villarés & Yáñez, 2023).

Residuos agrícolas

Son aquellos materiales resultantes de la actividad agrícola que son destinados al abandono, constituidos fundamentalmente por grandes concentraciones de materia orgánica. Son los residuos más abundantes y también los más dispersos y difíciles de controlar, constituyendo uno de los principales focos de contaminación de las aguas subterráneas, superficiales y suelos. Con el aumento de la concentración de las explotaciones agrícolas intensivas, los problemas de la contaminación aumentan si no son sometidos a un tratamiento adecuado (Blázquez, 1995).

Residuos domiciliarios

Los residuos domiciliarios se originan en los hogares y suelen ser polvos, papeles, huesos, vidrios, plásticos, madera, restos de legumbres, flores, hojalata, entre otros. Los comerciales incluyen los restos de comida originados en instituciones de servicios, tales como restaurantes, hoteles, escuelas, entre otros. Los provenientes de las operaciones de mantenimiento en establecimientos comerciales, industriales, talleres comprende básicamente papel, cartón, material embalaje y otros desperdicios sólidos. Los residuos públicos son los que se generan en instituciones y vías públicas, incluyendo los residuos hospitalarios que no sean peligrosos y los residuos derivados de la construcción que son los

generados por demoliciones, reparaciones o remodelaciones de edificaciones y las nuevas construcciones (Rosário, 2017).

9.3. Gestión integral de los residuos sólidos

9.3.1. Definición

La Gestión Integral de los Residuos Sólidos, es el término aplicado a todas las actividades asociadas con la gestión de los residuos dentro de la sociedad de una forma que sea compatible con las preocupaciones ambientales y la salud pública, y con los deseos del público respecto a la reutilización y el reciclaje de materiales residuales. La gestión integral de los residuos sólidos tiene que ser considerada como una parte integral de la Gestión Ambiental. Puede ser definida como la disciplina asociada al control del manejo integral de los Residuos (reducción en la fuente, reuso, reciclaje, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final) de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, que responde a las expectativas públicas (Herrera, 2012).

Dentro del ámbito de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos –GIRS- se incluyen todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos hacer una figura similar. Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y la ciencia de los materiales (Herrera, 2012).

9.3.2. Caracterización de los residuos sólidos

En la caracterización de los residuos sólidos, es la parte esencial para el diseño de un sistema de tratamiento, lo más eficiente posible, por lo cual se analiza las diferentes etapas de la gestión integral de los residuos sólidos, a fin de que la metodología usada en los diferentes

investigaciones, sean lo más relevantes posibles enfocándose en las variables principales, y que los datos sean lo más claros posibles, Por lo tanto es necesario revisar investigaciones anteriores, en cuanto al diagnóstico de residuos sólidos, enfocados directamente a la problemática y a su vez se complica la comparación entre caracterizaciones en cuanto exactitud de datos, niveles y confiabilidad (Cavalcanti, 2002).

Una de las primeras actividades en la caracterización de residuos sólidos, para una gestión eficiente, se debe identificar el tipo y volumen de los residuos, conocer la fuente de generación y las características que presentan cada residuo, las cuales este proceso de caracterización permite detectar alternativas de solución e identificar las ineficiencias del proceso productivo, a través de técnicas en producción sostenible. Es importante la caracterización porque permite conocer las condiciones de cada residuo, por lo cual permite elegir el lugar adecuado para ser descargados, es decir que cumplan con los criterios técnicos según la normativa ambiental vigente, emisiones atmosféricas o normas técnicas en cuanto a disposición de residuos sólidos (Cavalcanti, 2002).

9.3.3. Importancia de la generación integral de los residuos

La gestión de los residuos sólidos de responsabilidad municipal en el país debe ser coordinada y concertada, especialmente en las zonas donde se presente perturbación, en armonía con las acciones de las autoridades nacionales, sectoriales y las políticas de desarrollo nacional y regional. Las municipalidades provinciales están obligadas a realizar las acciones que correspondan para la debida implementación de esta disposición, adoptando medidas de gestión mancomunada, convenios de cooperación interinstitucional, la suscripción de contratos de concesión y cualquier otra modalidad legalmente permitida para la prestación eficiente de los servicios de residuos sólidos, promoviendo la mejora continua de los servicios (Sánchez, 2022).

Bajo responsabilidad funcional, los concejos municipales de los municipios provinciales y distritales deben aprobar la tasa de arbitrios por los servicios de limpieza pública. Asimismo, los concejos municipales deben aprobar estrategias para avanzar hacia la sostenibilidad

financiera del servicio de limpieza pública, aumentar la recaudación y reducir la morosidad. En caso de déficit, deben destinar los montos necesarios para financiar la sostenibilidad de los servicios de residuos sólidos, con afectación a las fuentes presupuestales disponibles (Sánchez, 2022).

Las municipalidades deben incluir en sus Planes Operativos Institucionales, los objetivos y metas en materia de gestión y manejo de residuos, así como las correspondientes partidas presupuestarias, en concordancia con las metas nacionales establecidas por el MINAM y los Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos, respectivamente. Los planes de residuos que diseñen e implementen las municipalidades, deben considerar el proceso de caracterización de sus residuos (Sánchez, 2022).

La gestión integral de los residuos sólidos , se entiende como la especialidad de manejar adecuadamente los residuos, considerando todos los conceptos en diferente poca y que constituye el continuo ciclo de los residuos, integrando la reducción desde la fuente, reuso, reciclaje, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final, realizando a las actitudes de los que constituyen el proceso productivo, de tal manera que haya una armonización de los diferentes sectores como salud pública, economía , la conservación de los recursos naturales y otras consideraciones ambientales que todo esto a base de disfrutar de un ambiente sano (Herrera, 2012).

Entre unas de las estrategias más importantes dentro de la gestión de los residuos sólidos , tenemos las prácticas de reducción y reciclaje, que son clave importante en la disminución de volumen de estos residuos, provocando efectos positivos en cuanto el transporte de estos al vertedero, así como también una disminución en el deterioro de los recursos naturales, estas estrategias acompañadas de la sensibilización a la población en general , en conjunto con entidades encargadas de conservar los recursos naturales, las cuales fomentan la reducción y reciclaje dentro ;y fuera del municipio . De igual manera es importante que la población se responsabilice en cuanto al consumo de ciertos productos con el fin de disminuir la tasa de generación de residuos sólidos, la cual debe ir acompañada con el respaldo

institucional para fomento de la educación ambiental reflejados en un plan permanente es la disminución de estos residuos sólidos (Benítez, 2013).

Es de gran importancia la gestión de los residuos sólidos en un municipio, ya que esto ayuda a poder reutilizar algunos residuos que todavía pueden tener una vida útil, transformándolos en recursos de valor y así evitar el proceso de nuevas materias primas para la elaboración de nuevos productos, impactando positivamente en cuanto a ahorro mediante prácticas sostenibles, así también es importante la conservación y protección de los recursos naturales para generar una disminución de los impactos ambientales, que provoca la generación de residuos y promover una cultura de sensibilización a la población (Benítez, 2013).

9.4. Generación de residuos sólidos

9.4.1. Características físicas y químicas de los residuos

Parámetros Físicos

Dentro de las características físicas de los RSU se determina el peso específico o densidad, el contenido de humedad, la granulometría, la capacidad de campo, la permeabilidad de los RSU y la temperatura.

Densidad

El peso específico o densidad, se define como el peso de un material por unidad de volumen (Kg/m^3). Los datos sobre densidad a menudo son necesarios para valorar la masa y el volumen total del de los RSU, que tienen que ser gestionados. Actualmente, hay poca o ninguna uniformidad en la forma de presentar los pesos específicos en la literatura, ya que, por ejemplo, no se hace ninguna distinción entre los pesos específicos de los RSU compactados y no compactados (Gaona, 2009).

Contenido de humedad

El agua está presente en los RSU y oscila alrededor del 15 al 40% en peso, con un margen

que puede situarse entre el 25 y el 60%. La máxima aportación la proporcionan las fracciones orgánicas, y la mínima, los productos sintéticos. Esta característica debe tenerse en cuenta por su importancia en los procesos de compresión de RSU, producción de lixiviados, transporte, procesos de transformación, tratamientos de incineración y recuperación energética y procesos de separación de residuos en planta de reciclaje (www.ambientum.com). Por otro lado, éste parámetro es la clave en el proceso de degradación, siendo necesaria la presencia de 65% a 70% de humedad, para permitir una acelerada degradación anaerobia (Gaona, 2009).

Granulometría

La granulometría es el grado de segregación de los materiales y el tamaño físico de los componentes elementales de los RSU, constituye un valor imprescindible para el dimensionado de los procesos mecánicos de separación y, en concreto, para definir cribas, trómeles y elementos similares que basan su separación exclusivamente en el tamaño de la partícula (Gaona, 2009).

Capacidad de Campo

La capacidad de campo de los RSU es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuos sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo es de importancia crítica para la determinación en la formación de los lixiviados en los sitios de disposición final. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviación. La capacidad de campo varía con el grado de presión aplicada y el estado de degradación de los RSU (Gaona, 2009).

Temperatura

La temperatura es un factor importante para el desarrollo de microorganismos, de esta forma en una degradación aerobia, la temperatura puede alcanzar entre 50°C y 60°C; cabe señalar que la generación de calor por la actividad microbiana dependerá a su vez de la humedad del sustrato. (Robles, 2005). Estudios de producción de metano en laboratorio muestran que la

velocidad de generación de este gas aumenta del orden de 100 veces cuando la temperatura alcanza valores de 20°C y 40°C (Gaona, 2009).

Parámetros Químicos

Los parámetros químicos de los RSU son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final. Por ejemplo, la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los RSU. Normalmente, se puede pensar que los RSU son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a compostar o se va a utilizar como alimentación, para la elaboración de otros productos de conversión biológica, no solo será importante tener información sobre los elementos mayoritarios que componen los RSU, sino también, será importante tener información sobre los elementos en cantidades traza que se encuentran en éstos (Gaona, 2009).

Cenizas

La Cenizas es el material incombustible que queda después de haber sido quemado un combustible o residuo sólido; la temperatura a la que se funden y solidifican las cenizas de la combustión de los residuos sólidos (RS) es el punto de fusión de las cenizas, que está en 1200° C, y las escorias obtenidas son utilizadas en algún proceso de tratamiento para reducir emisiones y para manejar de modo más controlado estos restos últimos de la incineración. Otro parámetro que se puede medir mediante cálculos estequiométricos, obtenidos de las cenizas, es el carbono fijo, que es el rechazo del combustible dejado después de retirar la materia volátil (Gaona, 2009).

Contenido Energético o Poder Calorífico

El poder calorífico de un RS es la cantidad de energía que puede liberar ese RS por unidad de peso o volumen. Se consideran dos poderes caloríficos para los residuos sólidos. En términos generales, puede indicarse que el poder calorífico de la totalidad de los RSU está entre 1500 y 2200 kcal/kg El Poder Calorífico Superior (PCS) no considera corrección por

humedad y el inferior (PCI) sí. Se mide en unidades de energía por masa, (cal/gr.), (Kcal./kg), (BTU/lb.). Se mide utilizando un calorímetro (Gaona, 2009).

Producción de olores de los residuos sólidos

Los olores pueden desarrollarse cuando los RSU se almacenan durante largo períodos de tiempo *in situ*, en estaciones de transferencia y en vertederos. El desarrollo de olores en las instalaciones de almacenamiento *in situ* es más importante en climas cálidos. Normalmente la formación de olores se produce por la degradación anaerobia de los componentes orgánicos que se encuentran en los RSU (Gaona, 2009).

9.4.2. Factores principales en la generación de residuos sólidos

La contaminación ambiental, causada por las actividades productivas y la interrupción de los ciclos de los recursos naturales, transforma los paisajes urbanos y tiene efectos en la flora y fauna, así como en el ser humano. Es por eso que los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) han constituido un tema prioritario dentro de las políticas públicas urbanas para la implementación de sistemas en constante mejora. El manejo, costos y factores asociados a los residuos han sido siempre un desafío para las urbes del mundo (Rodríguez Guerra & Baca Cajas, 2021).

Es así que, el “residuo” es el resultado de la relación metabólica sociedad-naturaleza; es decir, el material excretado que no reingresa al sistema metabólico pasa a ser basura o desecho. La problemática detectada en la falta de gestión ha impulsado el análisis y estudio del aprovechamiento de los residuos transparentado desde el enfoque de la ecología política. Este se ha convertido en un movimiento de resistencia que promueve nuevas formas de actividades sostenibles y resiliencia en los procesos productivos, a través de la generación cero de basura y modelos de economía circular que mejoren la relación entre el ser humano y la naturaleza para romper esta disociación entre sociedad y entorno natural (Rodríguez Guerra & Baca Cajas, 2021).

La gestión de residuos sólidos se ve afectada permanentemente debido a la propensión a producir y desechar cada vez más productos. Los primeros programas de gestión de residuos se manejaban en función de la cantidad total de residuos generada. Actualmente, es importante conocer también la calidad de ese flujo con el objeto de definir las posibilidades de recuperación del mismo. Un ejemplo típico de la importancia del conocimiento de la calidad de los residuos es la utilización de los mismos en plantas residuo-energía (Sbarato, 2009).

La composición de los residuos determinará el valor calorífico del flujo y, en definitiva, la viabilidad del proyecto. Además, la composición nos dará una idea de los efluentes posibles de esta planta, y el impacto ambiental ocasionado. Con respecto a los vertederos, la composición, y no sólo la cantidad, nos permite conocer el volumen de los residuos, diseñar su tamaño y predecir, en consecuencia, la vida útil del vertedero. Además, la composición de los residuos evacuados determina los posibles lixiviados y la contaminación de las aguas subterráneas (Sbarato, 2009).

De acuerdo a la composición de los residuos sólidos y a los impactos ambientales negativos que estos provocan, debido a todos los procesos de explotación de los recursos naturales, extracción de minerales y el alto consumo, exige hacerle frente a esta grave problemática, que lo más principal ha consistido en recoger, transportar y disponerlo en algún sitio, los cambios que se han realizado no han sido significativos y no ha generado ningún cambio positivo, por lo cual desde la cumbre de Rio 92, se acordó que el manejo de los residuos debe hacer parte de un modelo de gestión integral (Toro et al., 2016).

Impactos ambientales negativos de los residuos sólidos

La disposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios y tiraderos clandestinos a cielo abierto contribuye a la generación de gases de efecto invernadero (GEI), como el metano, que típicamente comprende el 60 % de todos los gases generados por residuos. A nivel mundial, la producción de metano (CH₄) a partir de los RSU es una fuente significativa de gases de efecto invernadero. De igual manera esta acumulación de gas conlleva el riesgo de explosiones e incendios. Se estima que, dadas las condiciones de operación actuales, más de

un 80 % de los sitios de disposición final presentan estos riesgos de incendios y explosiones, así como una amplia dispersión de partículas dañinas volátiles. Con respecto a la emisión de gases y partículas a la atmósfera se tiene por tanto una importante afectación en temas de contaminación del aire. En cualquier caso, ante esta alta presencia de contaminantes en el aire, las consecuencias en poblaciones son significativas. En primera instancia se tiene un daño importante a la biodiversidad y ecosistema natural (García et al., 2024).

Con respecto a las afectaciones a la salud humana, el problema de la contaminación del aire provocada por residuos se incrementa al retomar el punto de la utilización de fuegos abiertos o estufas domésticas ineficientes alimentadas con biomasa (madera, estiércol de animales y residuos de cultivos-alimentos). La quema de este combustible de biomasa en tecnologías ineficientes genera una serie de contaminantes dañinos para la salud, incluidas pequeñas partículas que penetran profundamente en los pulmones y entran en el torrente sanguíneo. En viviendas mal ventiladas, el humo interior puede tener niveles de partículas finas 100 veces más altos de lo aceptable. Esta exposición es particularmente alta entre mujeres y niños, que pasan más tiempo cerca del hogar (García et al., 2024).

Otra de las afectaciones importantes de los RSU en poblaciones tiene que ver con la contaminación de cuerpos de agua. Diferentes estudios han evaluado la calidad del agua subterránea cerca de los sitios de disposición de RSU tanto controlados como no controlados mediante estudios de campo, evaluaciones de impacto ambiental y análisis meteorológicos e hidrogeológicos. Algunos estudios se han concentrado en evaluar la presencia de metales pesados como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Níquel (Ni). Cabe señalar que el grado de contaminación tiene relación con las características ambientales en la región, incluida la alta evaporación, la escasez de precipitaciones y la presencia de permafrost, esto es que, si el territorio no cuenta con barreras geológicas naturales y el clima presenta temperaturas elevadas, el riesgo de contaminación se acrecienta (García et al., 2024).

Ahora bien, igual que con la contaminación del aire, esta contaminación acuática conlleva afectaciones directas a la salud en las poblaciones. En primera instancia, se ha documentado que la ingesta de antibióticos presentes en agua contaminada por residuos puede cambiar la

composición del microbiota gastrointestinal e influir en la aparición de bacterias resistentes a los antibióticos. Esto puede causar infecciones difíciles de tratar, ya que los antibióticos convencionales pueden ser ineficaces contra ellas aumentando así las tasas de mortalidad y morbilidad asociadas con las infecciones, ya que los pacientes pueden enfrentar complicaciones graves debido a la falta de opciones de tratamiento efectivas. Algunas investigaciones han analizado este desequilibrio del microbiota intestinal humana y su relación con la proliferación de bacterias patógenas que causan diversas enfermedades como el cáncer colorrectal y el desequilibrio.

9.4.3. Diagnóstico de la generación de los residuos sólidos

La definición del problema o línea base es esencial en el proceso de formulación del PIGARS para el manejo de los RSM. Por lo tanto, la calidad de la información y su adecuado procesamiento influye en la correcta identificación y selección de las alternativas, así como en la planificación de las actividades. La definición del problema no sólo se ajusta a conocer los aspectos operacionales del sistema de manejo de los RSM, además debe proporcionar una visión amplia acerca de los aspectos gerenciales, financieros, sociales, entre otros (Hernández, 2014).

En este sentido, la definición del problema debe permitir analizar los conflictos y potencialidades existentes en las áreas claves del sistema de manejo de los RSM, evitándose la simple agregación de la información. Se trata de analizar un sistema complejo y las interacciones entre sus componentes, considerando los patrones de desarrollo urbano, los aspectos demográficos, económicos, institucionales y legales específicos para cada municipio. OPS/OMS, (2002). Caracterización del área de estudio (Hernández, 2014).

Debe realizarse una evaluación del estado del sistema de gestión de residuos sólidos, con el fin de establecer el punto de partida del Plan, para ello en la evaluación se debe caracterizar el área de estudio y se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Aspectos técnicos: la tecnología debe ser de fácil implementación, operación y mantenimiento; debe procurar el uso de recursos humanos locales y comprender todas las fases del manejo de residuos, desde la generación hasta la disposición final.

Aspectos sociales: se debe fomentar hábitos positivos en la comunidad y desalentar los negativos; se promoverá la participación de los docentes y estudiantes en estas actividades.

Aspectos económicos: las alternativas de manejo deben ajustarse a los fondos disponibles para la ejecución de los planes integrales de manejo de residuos sólidos.

Aspectos organizativos: la ejecución del plan requiere de cierto nivel de organización; sin embargo, ésta debe ser simple y dinámica.

Aspectos de salud: el plan debe prevenir las enfermedades ligadas al manejo de los residuos sólidos, tales como las respiratorias, dérmicas y gastrointestinales.

Aspectos ambientales: el plan debe evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire (Hernández, 2014).

9.4.4. Manejo de los residuos sólidos

Los residuos sólidos a nivel mundial, causan impactos ambientales negativos, por el aumento de estos y la disposición incorrecta, todo esto relacionado al aumento de la población y la cultura de un consumo excesivo de productos industriales, agroalimentarios. todo esto impacta en la calidad del agua subterránea y superficiales, contaminación del suelo, cambios en el entorno paisajísticos, afectando directamente el medio ambiente en general. Se han propuesto alternativas de solución a esta problemática, a partir de la separación de los residuos desde la fuente de los residuos reciclables, orgánicos y desechos, para la elaboración nuevos productos y proceso de creación de residuos orgánicos en fertilizantes, útiles para la restauración de suelos (Echeverri, 2004).

La producción de residuos sólidos, aumentan cada día ,por lo cual es necesarios conocer a fondo la composición de residuos sólidos, la cual son necesarios para elaborar estrategias de solución, sin embargo es casi limitante conocer datos confiables y de buena valides, entre unas de las estrategias para la disminución de estos residuos como acciones del uso de plástico, disposición de recursos orgánicos, una excelente recolección, todo esto implica reintegrar los residuos para darles un valor y beneficiar a la población y nuestro medio ambiente (Zambrano, 2023).

Los impactos ambientales más prominentes de los residuos sólidos municipales, se encuentran desde el deterioro paisajísticos del territorio hasta el paisaje natural, incluyendo el ámbito rural y urbano, así mismo donde se colocan estos desechos para su disposición final, causan devaluación ellos terrenos circundantes, incluyendo los vertederos clandestinos, siendo estos los más observados por la ciudadanía , por lo cual podemos mencionar una de las contaminaciones más seria como con los recursos agua, aire y suelo, todo esto por la mala disposición y tratamiento de los residuos sólidos (Toro et al., 2016).

El impacto ambiental negativo se presenta en el siguiente orden decreciente de riesgo: sitios de disposición final; sitios de almacenamiento temporal; estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y recuperación; y en el proceso de recolección y transporte. Este impacto está relacionado con la contaminación de los recursos hídricos; del aire; del suelo; y del paisaje. La protección del ambiente tiene limitaciones de orden institucional, de legislación ambiental, financieros y sobre todo de vigilancia para el cumplimiento de las regulaciones (Toro et al., 2016).

Por otra parte, las políticas para reducir la generación de residuos municipales, especiales y peligrosos aún no han dado resultados; y la reducción de la peligrosidad de los residuos en la fuente mediante procesos productivos más limpios, es aún incipiente. Para lograr un desarrollo sostenible, se requiere incrementar la recuperación, reuso y reciclaje, campo en el cual hay algún avance en la Región. Pero lo principal para prevenir los impactos negativos al ambiente es mejorar el manejo de RSM y específicamente la disposición final de estos.

Para abordar el manejo de los residuos sólidos municipales no es suficiente conocer los aspectos técnicos de la recolección, limpieza de calles y disposición final. Se requiere también aplicar los nuevos conceptos relacionados al financiamiento de los servicios, los enfoques de descentralización y mayor participación del sector privado, los factores concomitantes de salud, del ambiente, de pobreza en áreas marginales urbanas y de educación y participación comunitaria (Acurio et al., 1997)

Aunque el problema de los residuos sólidos municipales ha sido identificado desde hace varias décadas, especialmente en las áreas metropolitanas, las soluciones parciales que hasta ahora se han logrado no abarcan a todos los países de la Región ni a la mayoría de las ciudades intermedias y menores, convirtiéndose en un tema político permanente que en la mayoría de casos genera conflictos sociales. Por otra parte, la generación y manejo de residuos sólidos especiales, como los residuos de hospitales y los industriales peligrosos, están afectando en mayor o menor grado la administración de los residuos sólidos municipales.

}

9.5. Proceso de la gestión integral de residuos sólidos

9.5.1. Separación desde la fuente

Según Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2023), la separación en la fuente es una práctica fundamental que implica seleccionar y almacenar temporalmente, en el lugar donde se generan, los distintos tipos de residuos y desechos sólidos no peligrosos. La separación de residuos en la fuente se establece como una acción tangible y al alcance de todos, mediante la cual cada individuo puede forjar su aporte al resguardo del entorno ambiental, Se puede decir que los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos generados a partir de una actividad productiva, de servicio o debido al consumo domiciliario con características de peligrosidad, tales como corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico-infecciosas o

radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a la normativa aplicable especiales (pág. 15).

De igual manera el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2023), afirma que la separación desde la fuente podría darse desde una actividad productiva, de servicio o debido al consumo domiciliario, que requieren de un régimen especial de gestión conforme a los criterios establecidos. Entre ellos se encuentran: neumáticos fuera de uso, aparatos eléctricos y electrónicos, envases de agroquímicos y pilas (desecho peligroso). una cultura arraigada en el consumo responsable, con la consecuente disminución de los efectos perniciosos sobre el hábitat natural, y se traza un sendero hacia un porvenir más sostenible para las próximas generaciones (pág. 23).

La separación de los residuos sólidos se suele realizar en forma manual, ya sea en el sitio de origen, en las aceras, en el vehículo recolector o en el sitio de disposición final. Este último caso es muy frecuente en casi todos los botaderos de basura de las grandes ciudades y aun de pequeñas poblaciones. Esta actividad la realizan personas de escasos recursos que buscan el sustento diario para sus familias, en condiciones infrahumanas y sin seguridad social. El municipio debe dar el primer paso para eliminar la segregación de basura en los botaderos y buscar el apoyo del comercio, la industria y la comunidad en general, con el propósito de ofrecer otras oportunidades a los segregadores. En efecto, debería iniciar un proceso de acercamiento, capacitación y apoyo para la organización de estas personas en cooperativas autogestionarias, lo que les permitiría trabajar en condiciones dignas en los sitios de generación e incluso prestar otro tipo de servicios para salir de ese lamentable y degradante estado de marginalidad (Jaramillo, 2002).

9.5.2. Almacenamiento temporal

El almacenamiento de los desechos sólidos se realizará basado en el principio de asegurar las condiciones de protección ambiental y de la salud humana. El almacenamiento en la instalación se ejecutará en dos etapas:

Primera Etapa:

Almacenamiento primario; Se realizará en cada punto de generación de desechos sólidos. En el sitio donde se generan los desechos orgánicos e inorgánicos, así como desechos reciclables que serán depositados en tachos que deberán estar tapados y protegidos. Se proporcionará a los comerciantes la información respecto a la forma correcta de Clasificación de los desechos sólidos dependiendo su composición, atendiendo a la siguiente diferenciación por colores de los contenedores de basura, Negro: Para desechos inorgánicos comunes no disposición final será relleno sanitario. Verde: Para desechos orgánicos (restos de alimentos, verduras y legumbres). Azul: Para desechos Inorgánicos (botellas, lata, cartón, papel). Estos estarán ubicados en un sitio estratégico, correctamente identificados y con tapa para la protección de los residuos (Batista et al., 2019).

Segunda Etapa:

Almacenamiento temporal, Se realizará en un punto acondicionado y techado de la instalación. En el punto de almacenamiento temporal se utilizarán contenedores con buena capacidad para los desechos que deben mantenerse tapados y seguros. El punto de almacenamiento temporal deberá delimitarse y señalizarse convenientemente. El punto de almacenamiento temporal deberá tener buenas vías de acceso. El punto de almacenamiento temporal deberá contar con las condiciones de Seguridad y señalización. El punto de almacenamiento temporal deberá contar con acciones de Mantenimiento y conservación. Este plan es posible aplicar mediante el siguiente cronograma, que a la vez garantizara su control (Batista et al., 2019).

Los factores que deben considerarse en el almacenamiento o deposición temporal en sitio son:

- Efectos del almacenamiento.
- Tipo de contenedor que se va a utilizar.
- Localización del contenedor. o Salud pública y estética.

Una consideración importante en el almacenamiento en sitio de origen de los residuos son los efectos del mismo almacenamiento sobre las características de los residuos que son almacenados. Los efectos presentes en el almacenamiento incluyen descomposición biológica, absorción de fluidos y contaminación de los componentes de los residuos. En gran

parte, los tipos y las capacidades de los contenedores utilizados dependen de las características y tipos de residuos sólidos que hay que recoger, del tipo de sistema de recolección utilizado, de la frecuencia de la recolección y del espacio disponible para poner los contenedores (Rosales, 2022).

En cuanto a los recipientes se hacen las siguientes recomendaciones:

- Deben ser cerrados herméticamente, pero con la posibilidad de abrirlos y cerrarlos; de acuerdo con el tipo de residuo peligroso.
- Deben ser hechos de material que no presente problemas de incompatibilidad con los residuos por almacenar en él.
- Deben estar en buen estado y libres de fugas.
- Los volúmenes acumulados deberán ser tales que aseguren un adecuado almacenamiento ambiental.
- Rotulación: en cada recipiente se debe indicar claramente el tipo de residuo peligroso que contiene, sus características de peligrosidad, la fecha en que se inició la acumulación en él y un número de codificación de este (Rosales, 2022).

Los residuos peligrosos deben estar correctamente etiquetados, identificando claramente su contenido y acompañados de un pictograma que indica su característica de peligrosidad, es decir, si se trata de un residuo corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o de riesgo biológico (Rodríguez et al., 2017).

9.5.3. Recolección y transporte de los residuos sólidos

La recolección es la recogida de los residuos acondicionados por el generador para encaminarlos por el medio del transporte adecuado, a una estación de transferencia, a una unidad de tratamiento o al lugar de disposición final. Se puede decir entonces, que la recolección de los residuos es el nexo entre la disposición inicial en el domicilio y el sistema de disposición final (así como de los procesos intermedios que se puedan suscitar). La recolección debe estar organizada de tal modo que permita un servicio eficiente y equitativo,

sin producción de malos olores, polvos, ruidos molestos, desorden y en condiciones aceptables para un servicio de esta naturaleza (Toro et al., 2016).

Para alcanzar una cobertura total de recolección en la región es necesario ampliar el servicio en las áreas urbanas precarias, en las ciudades con poca capacidad financiera y en los países más rezagados. Para ello, hay que partir del análisis de las condiciones locales y considerar esquemas innovadores de pequeña escala donde sea necesario. Esto involucra ajustes en los equipamientos de recolección (por ejemplo, camiones de menor tamaño o mecanismos no motorizados y manuales para áreas de difícil acceso), plantas de transferencia descentralizadas y sistemas asociativos basados en el reconocimiento e integración de quienes ya están desarrollando esta actividad en los territorios sin tener un reconocimiento oficial

El rendimiento y eficacia de un sistema de recolección depende de la correcta armonía de una serie de factores que se entrelazan, tendientes a conseguir una recolección sanitaria efectiva con un desarrollo estético compatible con actividades de este tipo, tales como el tamaño de los vehículos de recolección, número de hombres por vehículo, tipo de residuos por recolección, número de viajes por día al lugar de disposición final, magnitud del sector que sirve cada vehículo, entre las más relevantes.

9.5.4. Sistemas de transferencia

El propósito de los sistemas de transferencia es recibir los residuos sólidos de vehículos recolectores para transferirlos a un vehículo de mayor capacidad y así ser transportados a la planta de tratamiento o al sitio de disposición final, estos grandes vehículos suelen ser camiones, vagones de ferrocarril o barcos. En la actualidad el sistema de transferencia para residuos sólidos municipales se está volviendo una instalación necesaria en las grandes ciudades, debido al continuo alejamiento de los sitios de tratamiento y de disposición final. Los trailers de transferencia generalmente transportan una carga útil aproximada de 20-25 toneladas de residuos, y reciben un promedio de cinco a seis vehículos recolectores. Las principales ventajas que presenta un sistema de transferencia se describen a continuación (Cortéz et al., 1996).

- Disminución de los costos globales de transporte y de horas improductivas de mano de obra empleada en la recolección.
- Reducción del tiempo improductivo de los vehículos de recolección en su recorrido al sitio de disposición final.
- Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores.
- Incremento en la eficiencia del servicio de recolección, por medio de una cobertura más homogénea y balanceada en las rutas de recolección.
- Mayor regularidad en el servicio de recolección, debido a la disminución de desperfectos de ejes, muelles, suspensiones y llantas que sufrían al transitar hasta el sitio de disposición final.
- Reducción en la contaminación ambiental.
- Se reducen las afectaciones a la salud pública.

Finalmente, se debe mencionar que no solamente debe dársele importancia a la reducción en costo y tiempo que se puede lograr con una estación de transferencia, ya que este tipo de instalaciones cuando son bien planeadas y operadas generan una serie de bondades complementarias, de entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- El tiempo no-productivo de los vehículos de recolección se reduce, ya que estos vehículos no transitan de ida y vuelta al sitio de disposición final.
- Cualquier reducción en el kilometraje recorrido por los vehículos de recolección, origina un ahorro en los costos de operación.
- El costo de mantenimiento que se aplique a los vehículos de recolección, puede reducirse cuando estos vehículos no transiten más al sitio de disposición final, ya que muchos de los daños a suspensiones, ejes y llantas ocurren en los sitios de disposición final.
- El periodo de vida útil de los vehículos se incrementa, puesto que la flotilla de recolección estará transitando por calles y caminos, generalmente en buenas

condiciones, amén de efectuar un trabajo más ligero al no transitar con carga hasta el sitio de disposición final.

9.6. Tratamiento de residuos sólidos

9.6.1. Definición

Los principales métodos de tratamiento son la clasificación, incineración, reciclaje compostaje, la lombricultura, este último de gran impacto en la reducción de volumen. El tratamiento en el manejo integral de los RSM tiene como objetivo principal disminuir los riesgos para la salud y su potencial contaminante. Por ello se deberá optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales locales (Jaramillo, 2002).

9.6.2. Clasificación

Los residuos reciclables son aquellos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima. Entre estos residuos se encuentran: algunos papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, radiografías, partes y equipos obsoletos o en desuso, entre otros (Abril & Lòpez, 2005).

Los residuos sólidos urbanos están constituidos por diversos tipos de materiales, los cuales, al ser separados y clasificados en grupos como papel, plásticos, metales, vidrio, etc. son susceptibles de ser usados nuevamente. El consumo excesivo de estos productos está atentando en contra de la disponibilidad de los recursos naturales existente en el planeta Las categorías de materiales más comunes de ser recuperados son Papeles, Vidrio, Plástico, Desechos orgánicos y Metales. El papel reciclado es una muy buena materia prima para la elaboración de nuevo papel ya que las técnicas de reciclado están en constante evolución, una tonelada de papel reciclado evita tumbar 17 árboles promedio. Las principales fracciones del papel son: Bond blanco de primera, Bond impreso y archivo, Kraft, Cartón, Plegadiza, Periódico (Salamea, 2015).

Los plásticos son alrededor del 10% del peso del flujo total de los RSU y un 20% del

volumen de los mismos, el procesamiento de ese material es económicamente y operativamente viable, el material recuperado es recolectado, triturado, mezclado con resina virgen y regranulado. Un factor a tomar en cuenta es el valor comercial del petróleo ya que los plásticos son derivados de él, y por ende cada vez se hace más fuerte la necesidad de reutilizarlos. Con el objetivo de facilitar la selección de los plásticos al momento de reciclarlos se los puede agrupar según el tipo de resina con la que están fabricados, cada grupo de polímero plástico se identifica por su Código de Identificación Plástico o PIC (por sus siglas en idioma inglés), el código no es más que una flecha triangular con un número y unas letras en el medio. El vidrio para envases en la actualidad es el único que se recicla en grandes cantidades. El proceso de selección del vidrio va de acuerdo con el color, siendo los más frecuentes el verde, marrón e incoloro, en la industria el vidrio es conocido como esmeralda (verde), ámbar (marrón), blanco (incoloro) (Salamea, 2015).

Los residuos orgánicos es un material biodegradable, es decir, cualquier residuo vegetal o animal que contiene nutrientes y estos tienden a degradarse rápidamente mientras que algunos otros desechos orgánicos como el papel necesita de un periodo de tiempo más prolongado para su degradación, de este grupo forman parte los restos de comida, residuos de jardín, etc. Esta fracción de los RSU se la puede utilizar como fertilizante de suelos, ya que los suelos pueden convertir en compost. De igual manera tenemos a los metales recuperados, la mayor parte está constituida por cobre, aluminio, plomo, bronce y hierro siendo este último de mayor demanda y valor comercial, los metales que existen pueden fundirse y volver a procesarse creando nuevos metales, son reciclados fácilmente cuando no están mezclados con otras sustancias, porque pueden ser fundidos y cambiar de forma o adoptar la anterior (Salamea, 2015).

El reciclaje del aluminio está incrementándose bastante debido a que una lata, producto de reciclaje, requiere solo una parte de la energía necesaria para elaborar una lata similar elaborada de cero. Si recuperáramos todos estos metales serían una gran fuente de materias primas.

9.6.3. Incineración

El objetivo de tratar un RSU en un incineradora es conseguir recuperar energéticamente el residuo. Como sabemos a la mayoría de los objetos son inflamables en mayor o menor medida, esto es lo que se conoce como Valoración energética del residuo. Si al formarse CO₂ se obtienen 7900 Kcal/kg de C, el valor medio que se obtiene por RSU se sitúa entre 1500 – 2200 Kcal/kg de RSU, de orden al que se obtiene cuando se forma CO en vez de CO₂. Además de la recuperación energética, otras ventajas de los incineradores son la reducción en volumen final de los residuos, así como la eliminación de cualquier peligrosidad. Por otro lado, es necesaria una gran inversión inicial, tienen un gran rechazo social y las escorias y cenizas tienen una gran concentración de metales (Barroso, 2001).

Como resultado de la incineración tenemos un producto, que debe ser tratado, con el fin de poder proceder a su eliminación, con el fin de que este no sea una amenaza para el medio ambiente. A continuación, explico los principales tratamientos a los que se someten la escoria o ceniza de hogar:

1. Enfriado de la escoria en agua inmediatamente después de salir del incineradora.
2. Desferrización por medios magnéticos. La separación del hierro es una práctica habitual, mientras que la de otros metales es menos común. Los materiales recuperados se reciclan a través del mercado de la chatarra. Si no se procede a la retirada de esta fracción, el empleo de la escoria puede ocasionar problemas. Es preferible la eliminación de la fracción metálica antes de la combustión para recuperar un producto de mayor calidad, tanto el metálico como la fracción mineral de la escoria (Barroso, 2001).
3. La trituración es una operación que se aplica en algunas plantas y que permite reducir el tamaño de la partícula, ampliándose el campo de aplicación de la escoria para sectores industriales como el del cemento y el hormigón.
4. Cribado con un paso máximo de grano de 20 mm (Bélgica y Holanda) y 60 mm (Francia). La distribución del tamaño de las escorias está condicionada por la materia prima utilizada, pero si se desea emplear la escoria como árido, es esencial controlar su distribución

granulométrica, dada su influencia en sus características de compactación y en sus propiedades mecánicas.

5. Eliminación de la fracción más fina de las escorias, ya que en ella se encuentran concentrados los metales pesados (tomando como límite por ejemplo 2 mm).

6. Almacenamiento de la escoria al aire libre durante varios meses (generalmente entre 1 y 3 meses) con el fin de obtener estabilidad volumétrica mediante un proceso de maduración (Barroso, 2001).

Los incineradores pueden quemar la mayoría de los desechos sólidos peligrosos, incluyendo los farmacéuticos y los químico-orgánicos, pero no los desechos radiactivos ni los contenedores presurizados. Los incineradores modernos están equipados con una cámara primaria y otra secundaria de combustión, provistas de quemadores capaces de alcanzar la combustión completa de los desechos y una amplia destrucción de las sustancias químicas nocivas y tóxicas (dioxina, furanos, etc.) (Abril & Lòpez, 2005).

En la cámara de combustión secundaria se alcanzan temperaturas de 49 alrededor de 1.100 °C y se opera con un tiempo de permanencia de los humos de un mínimo de dos segundos. Para tratar el flujo de gases y las partículas arrastradas, antes de ser liberados a la atmósfera, se agregan torres de lavado químico, ciclones, filtros, etc. Los incineradores operan con máxima eficiencia cuando los desechos que se queman tienen un poder calórico suficientemente alto, es decir, cuando la combustión produce una cantidad de calor suficiente para evaporar la humedad de los desechos y mantener la temperatura de combustión sin añadir más combustible. En general, es preferible que los incineradores operen continuamente, ya que los cambios de temperatura provocados por los paros deterioran rápidamente los revestimientos refractarios. Un incinerador a funcionamiento continuo o discontinuo, cuidadosamente operado, tiene una vida útil de 10 a 15 años. Necesita mantenimiento constante y un mantenimiento anual extraordinario que implica un paro del equipo entre 20 y 30 días (Abril & Lòpez, 2005).

9.6.4. reciclaje

En el tratamiento de los RSU solo hay dos opciones: destruirlos o recuperarlos. Está claro que pretender eliminar todas las basuras es un empeño poco menos que imposible. Por lo tanto, vemos que la alternativa es, sin lugar a dudas, el reciclaje teniendo como finalidad la recuperación de forma directa o indirecta de los componentes que contienen los residuos urbanos. Con el reciclaje se pretenden resolver dos problemas al mismo tiempo, por un lado, deshacerse de las basuras y por otro aprovechar lo que en ellas haya de recuperable. Este procedimiento se considera un principio de cambio de postura hacia posiciones más racionales sobre el uso de los recursos naturales y el incremento del costo de las materias primas (Ullca, 2006).

Este sistema de tratamiento de los RSU viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los residuos que debe tender a lograr los siguientes objetivos:

- Ahorro de energía.
- Ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos a eliminar.
- Protección del medio ambiente.

El reciclado puede realizarse de dos formas:

- a) La primera sería la separación de los componentes a recuperar de las basuras domésticas desde su origen, dando lugar a la recogida selectiva en origen. Para ello es necesaria la participación ciudadana al tener que depositar en recipientes distintos los diferentes componentes de los residuos que intentan recuperarse (normalmente se utilizan tres recipientes: uno para el vidrio, otro para los papeles y otro para el resto de la basura).
- b) La segunda forma de efectuar el reciclado se lo haría en las plantas de reciclaje partiendo de basuras brutas y seleccionando los residuos a reciclar. En este caso la separación de residuos es un proceso costoso ya que demanda mucha mano de obra (Ullca, 2006).

El reciclaje, tanto a través de la recogida selectiva como por medio de las plantas de reciclaje, es una operación muy importante; en grandes cifras, a nivel nacional echamos anualmente a la basura más de medio millón de toneladas de metal, casi un millón de toneladas de vidrio, unos dos millones y medio de toneladas de papel y cartón y casi seis millones de toneladas de materia orgánica. Por todo ello, se deduce que una adecuada gestión de los residuos no debe estar basada simplemente en la eliminación de los mismos, sino que, se tiene que considerar el reciclaje como una operación indispensable. Como hemos visto anteriormente, los efectos directos e indirectos del reciclado suponen una reducción de los residuos a eliminar, una importante conservación de los recursos naturales y una concienciación del individuo y de la sociedad. Para que pueda cumplir su función, en cuanto a estimular el aprovechamiento racional de los recursos naturales y promover la educación ambiental, debe ir acompañado de una estrategia preventiva (Ullca, 2006).

9.6.5. Compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición biológica mediante microorganismos aeróbicos después del cual se obtiene compost, una materia orgánica estabilizada -la materia ya no se degrada más de manera biológica- e higienizada -no contiene materias patógenas- que se utiliza como enmienda orgánica para el campo. El compost posee la capacidad de mejorar las características físicas del suelo, contribuyendo a la estabilidad de su estructura. La incineración con recuperación de energía reduce la cantidad de residuos al 5% de su volumen original y esteriliza los componentes peligrosos, creando al mismo tiempo energía térmica que puede ser recuperada como agua caliente, electricidad o combinación de ambas. Los nutrientes y la materia orgánica no son recuperados (Batista et al., 2019).

El material que obtenemos de este proceso es lo que llamamos compost. No podemos definirlo como un abono orgánico, a pesar de que contiene nutrientes y oligoelementos, sino más bien como un regenerador orgánico del terreno. Los compuestos orgánicos del compost contraen estrechas uniones físico-químicas con los compuestos minerales del suelo y constituyen entre ambos lo que se llaman complejos organominerales, mejorando las

condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la nutrición de las plantas. Por lo tanto, podemos concluir diciendo que el compost tiene un doble carácter: el de enmienda y el de abono orgánico (Ullca, 2006).

9.7. Rellenos sanitarios

9.7.1. Definición

Según Jaramillo (2002) menciona que el método de disposición final de prácticamente todos los RSM lo constituye el relleno sanitario. Es el único admisible, ya que no representa peligro alguno ni riesgos para la salud pública. Además, minimiza la contaminación y otros impactos negativos en el ambiente. En los capítulos siguientes se consignarán los detalles más importantes sobre esta obra de saneamiento básico (pág. 22).

un relleno sanitario es una obra que se construye para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial. En palabras simples podemos decir que un relleno sanitario es un gran espacio en donde se aplican un conjunto de técnicas para la disposición final de la basura. De otra manera estos residuos se convertirían en un peligro para la salud de la población; y gracias a estas obras es posible que los residuos ocupen la menor cantidad de espacio en estos lugares. En un relleno sanitario se disponen los residuos sólidos urbanos (RSU) que son los que se generan en las casas, de las actividades de aseo doméstico, de los productos que consumen y de sus envases o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad, dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos. Así como también residuos de manejo especial (RME) que son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos (Domínguez, 2020).

El método de compostaje puede ser beneficioso para los países en desarrollo, ya que mediante este proceso es posible recuperar el gran porcentaje de materia orgánica que contienen los RSM y, dado que exige la separación del resto de residuos sólidos, se convierte en una buena oportunidad para iniciar el reciclaje de otros materiales. Pero antes de decidir la construcción de una planta de compostaje, se debe estudiar cuidadosamente si el producto cuenta con un

mercado potencial, ya que muchas plantas en el mundo han fracasado por no poder comercializar el producto (Jaramillo, 2002).

9.7.2. Tipos de relleno sanitario

Relleno sanitario semimecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semimecanizado (Jaramillo, 2002).

Con base en experiencias previas, se puede afirmar que es necesario el empleo de equipos de movimiento de tierras (tractores de orugas o retroexcavadoras) en forma permanente cuando al relleno sanitario se llevan más de 40 t/día de RSM. En la Región, esto equivale por lo general a poblaciones mayores de 40.000 habitantes. Por su versatilidad, el tractor agrícola puede servir para prestar o apoyar el servicio de recolección de basura si de preferencia se le engancha un remolque con volteo hidráulico de unos 6 a 8 metros cúbicos de capacidad o bien una caja compactadora, dependiendo de las necesidades y recursos de la localidad. Ocasionalmente, este mismo equipo podrá emplearse en la realización de algunas obras públicas en el municipio, con lo que se aprovecharía al máximo la inversión realizada.

Relleno sanitario manual

El relleno sanitario manual es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra está disponible más fácilmente que la maquinaria que haría el mismo trabajo. Los obreros del relleno sanitario manual realizan todas actividades a mano: descarga, colocación, compactación y cubierta de los desechos, así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes, excavación de nuevos módulos etc. La tecnología del relleno manual tiene sus límites. La compactación del material es menos eficiente, y por

consecuencia, la estabilidad del cuerpo de basura no permite alturas elevadas. Esta situación resulta en la necesidad de un mayor espacio con el consecuente aumento en la producción de aguas lixiviadas. No obstante, estas desventajas, suele ser la solución más conveniente para municipios y comunidades pequeñas, municipios ubicados en sitios aislados y municipios con fondos escasos (Röben, 2002).

En caso del relleno manual, se diseña generalmente un sistema de celdas rellenas sucesivamente. Esas celdas no deben tener una altura mayor de 3 m, por causa de la compactación insuficiente. Para los rellenos manuales son válidas las mismas limitaciones como para los rellenos compactados por maquinaria. Es decir, la excavación de zanjas en un terreno plano pone el mismo problema de la evacuación de las aguas lixiviadas como el relleno de una fosa. Es verdad que no se da tanta importancia a ese problema en comunidades pequeñas, pensando que la cantidad de aguas lixiviadas es sumamente baja y se puede infiltrar al suelo. No es muy factible construir las celdas de un relleno manual sobre un terreno plano, puesto que se los obreros deberían levantar la basura hacia el nivel actual de la celda, lo que significaría mucho más esfuerzo físico que el relleno de una celda excavada (Röben, 2002).

9.7.3. Métodos de construcción de un relleno sanitario

Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica. El relleno sanitario puede tener la posibilidad de recuperar terrenos alterados por la naturaleza, como los erosionados o los alterados por el hombre, por lo cual se describen los siguientes métodos (Armas & Yaselga, 2005).

Método de trinchera o zanja

Este método se realiza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Los RSM se

depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas de ahí es que se construirá canales perimétricos para captarlas de desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad de nivel freático como tipo del suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación (Palma & Espinoza, 2020).

Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba (Jaramillo, 2002).

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba. El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie (Armas & Yaselga, 2005).

9.7.4. Zona de Entrada y de Salida

Integrada por la Puerta principal del Relleno Sanitario, la Caseta de Registro y Báscula; en esta área el vehículo registra su entrada, se autoriza para que continúe hacia la zona de descargue y se utiliza también su salida. En los Rellenos Sanitarios independientemente, con una báscula para pesar los vehículos, cuando salen de la carga (Armas & Yaselga, 2005).

a) Sistema Vial: este sistema este compuesto por vías principales, secundarias y temporales (industriales); las primeras tienen especificaciones como vías permanentes durante la vida útil del Relleno Sanitario; las secundarias sirven para periódicos determinados, y las temporales para llegar al Frente de Trabajo. Su nombre de “transitorio” indica que no son permanentes y que pueden incluso desaparecer en la medida que el Relleno Sanitario avance. Se debe tener en cuenta que las vías, tanto principales como secundarias y temporales, están expuestas a un tráfico pesado durante todo el año, en época lluviosa y seca, de día y de noche, en jornadas laborales y no laborales (fiestas, Navidad, Semana Santa, etc.), y por lo tanto deben estar acondicionadas permanentemente (Armas & Yaselga, 2005).

b) Playa Descargue: Es el área de trabajo donde el carro de basura llega del área de Entrada. Entra de frente a la Playa de Descargue y gira 180 grados para descargar en reversa; deja la basura lo más cerca posible del Frente de Trabajo de la Celda Diaria, se retira nuevamente e informa a la Oficina de Registro correspondiente su salida.

c) Celda Diaria: Es el espacio donde se coloca la basura del día. Tiene un frente, una altura y un fondo; esta celda, tiene un frente con una inclinación aproximada de 30 grados. Después de que el carro de basura deja descarga, un buldózer (o varios según el tamaño del Relleno Sanitario), riega la basura sobre el frente de la Celda Diaria en capas de 30 centímetros, la compacta las veces que sea necesario para alcanzar un peso específico, mínimo de 0,7 t/m³ y al final la tapa. Últimamente se está experimentando tapar la basura del día con un material plástico (Armas & Yaselga, 2005).

d) La Basura: La basura queda dentro de la Celda Diaria en el Relleno Sanitario. Aquí empiezan los procesos de descomposición que pueden durar de 15 a 20 años. En un principio la basura se descompone en un proceso aeróbico por el oxígeno que queda tapado, con desprendimiento de monóxido de carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Dióxido de Azufre (SO₂) y otros gases menores; cuando se agota el oxígeno, el proceso se vuelve anaerobio con desprendimiento de metano, bajas concentraciones de Gas Carbónico, algunos mercaptanos y otros gases en pequeñas concentraciones. Estos gases son captados por un sistema de chimeneas. Con la descomposición de la basura se presenta también los líquidos efluentes o lixiviados o percolados, que, de acuerdo con los diseños, se captan a través de filtros, para drenarlos hacia el sistema de tratamiento correspondiente, para disminuir las concentraciones de los contaminantes que los hacen peligrosos al medio ambiente (Armas & Yaselga, 2005).

e) Otras Obras: El Relleno Sanitario comprende otras obras complementarias tales como los canales para el control de las aguas de escorrentía, el cubrimiento diario de la basura, las mallas de protección para evitar que plásticos y papeles salgan del área de trabajo, cerramiento, siembra de vegetación y manejo del paisaje edáfico (Ibis) (Armas & Yaselga, 2005).

9.7.5. Generación de gases

Los principales componentes del gas de los rellenos son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂), pero el gas del relleno comúnmente está saturado en vapor de agua y presenta cantidades pequeñas de componentes orgánicos no metanos y varios otros compuestos traza. A nivel mundial los rellenos representan la tercera fuente más grande de emisiones antropogénicas de metano, lo que constituye aproximadamente el 13% o más de las emisiones de metano. El metano tiene una equivalencia de 21 veces la del CO₂, en cuanto a su contribución al efecto invernadero, debido a su mayor coeficiente de absorción molar de la radiación infrarroja y al prolongado tiempo de residencia en la atmósfera.

El gas de un RESA es generado por la degradación de la fracción biodegradable de los residuos depositados, influenciada por la composición fisicoquímica de los residuos y por las

variables ambientales. Diversos factores interfieren en la generación de metano de un RESA, pero los más importantes son la cantidad total de material orgánico depositado, edad, contenido de humedad, técnicas de compactación usadas, temperatura, tipo de residuo, tamaño de las partículas y nutrientes, entre otros. El gas de un RESA es generado por la degradación de la fracción biodegradable de los residuos depositados, influenciada por la composición fisicoquímica de los residuos y por las variables ambientales. Diversos factores interfieren en la generación de metano de un RESA, pero los más importantes son la cantidad total de material orgánico depositado, edad, contenido de humedad, técnicas de compactación usadas, temperatura, tipo de residuo, tamaño de las partículas y nutrientes, entre otros (Aguilar et al., 2011).

9.7.6. Consideraciones técnicas

Al diseñar un relleno sanitario se debe considerar los aspectos socioculturales del vecindario, especialmente en relación a las dimensiones de las instalaciones, que deben estar en conformidad con los planes maestros de uso del suelo urbano. Los impactos estéticos y sonoros (ruidos de tránsito) deben ser evaluados especialmente en las áreas próximas a urbanizaciones. La migración de gases y polvo (olor y humo) según la dirección prevaleciente de los vientos, el flujo de las aguas subterráneas (que pueden contaminar a los pozos de agua potable) y las características de los cuerpos de aguas superficiales son elementos importantes a ser considerados en los proyectos de residuos sólidos. Por ejemplo: "host community fees"; tarifas o impuestos especiales para las comunidades que reciben un relleno sanitario (Ullca, 2006).

Antes de iniciar el diseño se debe conocer muy bien la topografía del lugar, la morfología, sus límites, la hidrología, las características del suelo y subsuelo, la metodología, especialmente los promedios mensuales de precipitación, evaporación y evapotranspiración potencial, los promedios diarios de basura que llegarán en los próximos diez años o más de acuerdo con el periodo de diseño que se requiera. Un buen diseñador debe recorrer detenidamente el sitio escogido para el Relleno Sanitario, observando las diferentes alternativas que tiene para operarlo en el futuro, hasta crear en su mente cual será la mejor

de las alternativas por donde entrarán los vehículos y por donde saldrán, como sacará los lixiviados, como se ira determinando la morfología del sitio a través del tiempo con la llegada paulatina de basura, como manejará el frente de trabajo, de donde sacará el material de cobertura (Armas & Yaselga, 2005).

Desde el inicio del proyecto la comunidad debe tener la oportunidad de participar, comentar y objetar. Es esencial asegurar el apoyo de los distintos sectores de la comunidad durante todas las fases de selección, diseño, construcción, operación, mantenimiento y uso futuro del relleno sanitario. A menudo, este aspecto es ignorado, lo que crea problemas posteriores; la instalación de un relleno sanitario puede causar rechazo por la comunidad y, por consiguiente, es importante efectuar campañas de información pública y medidas compensadoras. La selección de la alternativa más adecuada no debe implicar impactos irreversibles a la flora nativa o a especies en extinción, en lo posible, se debe preservar la vegetación suprimiendo el mínimo que sea necesario. Para minimizar los impactos negativos en la salud y seguridad de los trabajadores de limpieza urbana, implementando un "Plan para prevención de riesgos" relacionado al manejo de residuos sólidos (Ullca, 2006).

Antes de buscar un lugar para un relleno, se debe calcular la cantidad de basura que será colocada en el relleno. Se recomienda a cada municipio hacer una investigación de la producción de basura per cápita (ppc) que será la base para todo diseño de infraestructura concerniente al manejo de los desechos sólidos La selección del lugar para el relleno tiene tres componentes muy importantes (Röben, 2002).

Factores económicos:

Distancia del área de procedencia de los desechos

Distancia de otra infraestructura relevante

Dimensiones del terreno Posibilidad de extensión del relleno

Caminos de acceso

Factores ambientales:

Protección de las aguas supe

-Valor ecológico del terreno en cuestión Proximidad a áreas habitadas Barreras naturales (taludes, bosques)

Morfología del terreno (posibilidad de evacuar las aguas lixiviadas con pendiente natural)

Existencia de áreas protegidas

Nivel de las capas freáticas; se prefiere una profundidad mayor a 3 m durante todo el año

Climatológicas (Viento predominante, precipitación)

Factores técnicos

Morfología del terreno: Se prefiere la construcción en terreno plano o ligeramente inclinado

Condiciones sísmicas Presencia de fallas geológicas

Estructura y composición del suelo (se prefieren suelos con alto porcentaje de arcilla para asegurar baja permeabilidad (Röben, 2002).

9.7.7. Generación de Lixiviados

La consecuencia es el grave deterioro ambiental del entorno, estético y también sanitario, que no es tan poco frecuente contemplar en los alrededores de los núcleos de población. Uno de los posibles efectos del vertido no controlado de residuos es la contaminación de aguas subterráneas, como consecuencia de su contacto con líquidos producidos en el vertido. Esta puede ocasionarse porque los propios líquidos de lixiviación de la masa vertida alcancen a las aguas subterráneas o por la percolación producida por las aguas superficiales - generalmente de lluvia- que, una vez han atravesado el vertido, entran en contacto con corrientes subterráneas (Jofré, 1999).

También puede deberse a la elevación del nivel freático, que hace que las aguas subterráneas se contaminen por contacto directo con los residuos o con los lixiviados. Este tipo de daños puede ser especialmente importante en aquellas aglomeraciones urbanas que se surten de captaciones profundas de agua, o zonas agrícolas que emplean para riego aguas de pozo. La contaminación de aguas superficiales ordinariamente es más ocasional y se ve disminuida por su mayor volumen de dilución (Jofré, 1999).

Las alternativas de tratamiento de lixiviados se pueden clasificar de acuerdo a diferentes características como, por ejemplo, de acuerdo a los niveles de tratamiento que se logren con cada una de ellas, o por el tipo de contaminación que puedan remover. Los lixiviados contienen todos los mayores grupos de contaminación conocidos como son: la contaminación por patógenos, por materia orgánica, la contaminación por nutrientes, y por sustancias tóxicas. En algunos casos la remoción de uno de los grupos de contaminación se ve impedido por la presencia del otro grupo como es el caso de la remoción de la materia orgánica y los metales pesados (Martinez-Lopez et al., 2014).

Las alternativas mayormente utilizadas para la remoción de materia orgánica, que como en el caso de los lixiviados, es predominantemente material disuelto, son los procesos biológicos de tratamiento. De acuerdo a diversos estudios se ha encontrado que los procesos biológicos son efectivos para lixiviados jóvenes, que generalmente presentan altas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) y cuya relación de demanda bioquímica de Oxígeno y demanda química de Oxígeno (DBO5/DQO) es mayor a 0,4, lo cual indica alta biodegradabilidad. Dependiendo de las características del lixiviado y de las necesidades del operador se optará por un tratamiento biológico aerobio o anaerobio.

Las diferencias se originan principalmente en los altos contenidos de materia orgánica fácilmente biodegradable, MOFBD, que se tiene en los residuos sólidos en los países en desarrollo. La MOFBD tiene un contenido de humedad alto, y como su nombre lo indica se degrada rápidamente en el relleno sanitario, produciendo a su vez altas concentraciones de ácidos grasos volátiles y de amoníaco- en general mucho más altas que las que se reportan típicamente para lixiviados de países desarrollados- producto de la fermentación inicial. A su vez, estos ácidos se diluyen fácilmente en el lixiviado del relleno sanitario, le bajan el pH y contribuyen a la solubilización de los metales presentes en los residuos dispuestos (Giraldo, 2001).

Como consecuencia los lixiviados de las áreas de los rellenos sanitarios que han sido recientemente rellenas producen un lixiviado altamente contaminante, denominado lixiviado joven. A partir de ese momento, las concentraciones de las sustancias en el lixiviado

de una cochada de basura en el relleno sanitario disminuyen continuamente en el tiempo, esto ocurre como regla general, más, sin embargo, en algunos casos como metales que presentan reacciones de óxido-reducción, puede ocurrir que la concentración al inicio del proceso de lixiviación no sea la mayor (Giraldo, 2001).

La mejor solución es una capa impermeable natural, es decir, la construcción del relleno sanitario en un terreno arcilloso. Se recomienda hacer un análisis del suelo durante el procedimiento de selección del terreno y aquí medir el factor de permeabilidad del suelo. Generalmente se considera como impermeable un suelo con un factor $k_f < 10^{-8}$ m/s. Lo ideal sería un factor $k_f < 10^{-9}$ m/s. El análisis de permeabilidad se puede hacer en cualquier laboratorio de suelos de una universidad. En caso de que no exista un laboratorio cercano que pueda realizar el análisis de impermeabilidad, se recomienda una inspección visual aproximada sobre parámetros como: Espesor, contenido de arena, tamaño máximo de partículas y contenido de agua. El Cuadro 7 muestra los parámetros más importantes para la capa mineral de base (Röben, 2002).

La barrera geológica es una capa de suelo natural de baja permeabilidad que se encuentra arriba de la primera capa freática. Lo ideal para la construcción de un relleno sanitario es si el terreno ya dispone de una barrera geológica. Son ideales suelos de arcilla limo, lo que es roca desgredada (morrena) terreno margoso /8/. Si el suelo natural tiene una permeabilidad más baja de $k_f = 10^{-6}$ y un espesor de 3 m o más, constituye una buena barrera geológica para un relleno sanitario. El objetivo de preferir un terreno con barrera geológica es minimizar la cantidad de aguas lixiviadas que se infiltran al suelo, al fin de proteger las capas freáticas Ralentizar la difusión de contaminantes en el suelo Garantizar que la mayoría de los contaminantes se queden en la proximidad del relleno, incluso si se daña la capa mineral Puede no ser posible encontrar un lugar de construcción con barrera geológica natural, o puede ser que no sean lo bastante conocidas las características de suelo de las alternativas investigadas. Pero si se conoce la geología de los lugares posibles y si existe un lugar con barrera geológica, sería preferible ese lugar (Röben, 2002).

9.8. Propiedades físicas del suelo

9.8.1. Definición

La definición de suelo depende del área de interés que se involucra con él. Desde una visión geotécnica, es el material sin consolidar que se encuentra sobre el lecho rocoso. Para la ingeniería civil es el material sobre el que se construye y excava, siendo sus propiedades determinantes para el tipo y características de la obra a construirse. Desde una perspectiva ambiental, existen varias definiciones que incorporan su papel fundamental en los procesos ecosistémicos, debido a las funciones y servicios que realiza tales como la regulación y la distribución del flujo de agua o como amortiguador de los efectos de diversos contaminantes (Cruz C. , 2007).

El proceso de formación del suelo comienza con la desintegración de la roca madre que está expuesta en la superficie de la corteza terrestre a partir del rompimiento físico y químico ocasionado por las lluvias, el viento, la exposición al sol y la actividad mecánico biológica de las raíces de las plantas. En el caso de la actividad biológica, las cianobacterias y los líquenes son los primeros colonizadores del sustrato rocoso, liberan ácidos orgánicos débiles, como el ácido carbónico, que disuelve lentamente la roca madre. El efecto mecánico del crecimiento de las raíces acelera la ruptura de las rocas, además de que la presencia de las plantas permite una gran actividad de micro y meso organismos (Cruz C. , 2007).

Los suelos son el producto de la desintegración mecánica debido a la intemperización de la roca por agentes físicos, tales como cambios periódicos de temperatura, acción de congelación de agua en fracturas y grietas. Debido a estos fenómenos, las rocas llegan a formar arenas y limos, y solo en casos especiales, arcillas. Por otro lado, la descomposición química ataca las rocas modificando su constitución mineralógica o química. El principal agente desde luego es el agua y los mecanismos de ataque más importantes son la oxidación, la hidratación y la carbonatación. También los efectos químicos de la vegetación presente pueden no ser despreciables dependiendo de la situación (Villalobos, 2010).

9.8.2. Clasificación de suelo

Un sistema de clasificación de suelos proporciona un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una

descripción detallada; consiste en categorizar y agrupar a los suelos junto con otros que posean características semejantes en cuanto a propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas similares. Según el tamaño de las partículas, podemos distinguir los siguientes tipos de suelos: - Gravas - Arenas - Limos - Arcillas (Villalobos, 2010).

Las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, presentando, además, en algunas ocasiones silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados. Estos minerales tienen casi siempre una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en láminas. Existen dos variedades de tales láminas: la silícica y la aluminica. De los numerosos minerales, principalmente silicatos, que se encuentran en las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, los agentes de descomposición química llegan a un producto final: la arcilla.

Suelos arenosos: Por la forma redondeada de sus granos forman espacios entre sí que permiten gran acumulación de aire y rápida circulación del agua; se calientan fácilmente, pero se enfrían rápidamente. El contenido en nutrientes de estos suelos es bajo. Siempre corren el peligro de ser arrastrados por el viento. Su ventaja está en que la preparación mecánica se realiza sin esfuerzos. Estos suelos se reconocen por su falta de cohesión, no forman grumos y se pierden entre los dedos de las manos. En la naturaleza se encuentran en cierto porcentaje y la manera de corregirlos, ya que no son totalmente aptos para cultivo, es con el agregado de materia orgánica y humus (Javier Miner, 1994).

Suelos arcillosos: Por naturaleza son pesados e impermeables al aire y al agua. Se calientan lentamente. La forma de las partículas de este tipo de suelo es de forma laminar y el contacto entre las mismas muy alto, lo que provoca la falta de espacios para el aire y el agua. En épocas de sequías se contraen fuertemente y se cuarteán; con clima húmedo se tornan pegajosos. Aunque disponen de nutrientes es difícil trabajarlos y acondicionarlos para el cultivo. Se reconocen por su plasticidad y la capacidad de formar una masa compacta similar a la plastilina. La manera de mejorarlos es mediante el agregado de arena (para su aireación) y periódicamente, de materia orgánica como compost. También es indicado mantenerlos

cubiertos, ya sea por los propios vegetales existentes o con el agregado de coberturas (Javier Miner, 1994).

Suelos limosos: Son suelos ricos en humus, capaces de retener bien el calor, el agua, el aire y los nutrientes; su estructura laminar, menos densa que la de los suelos arcillosos, lo permite. La manera de reconocerlos es por su textura grumosa, como migas blandas que no se compactan. Estos suelos son los ideales para el cultivo, de todas formas, es recomendable la incorporación de compost, el recubrimiento del suelo y realizar las demás tareas de la huerta. Hay que aclarar que estos tipos de suelos existen en su estado puro y mezclados entre sí, en mayores o menores porcentajes. Las mezclas que se consideran para los cultivos son: Arenosos, arenoso-limosos, limo-arenosos. Arcillosos, limo-arcillosos, arcillas (Javier Miner, 1994).

9.8.3. Composición del suelo

Como resultado de la actuación de los factores formadores se desarrollan unos procesos de formación que conducen a la aparición de los suelos, los cuales están constituidos por tres fases: fase sólida, fase líquida y fase gaseosa. Como consecuencia de estas tres fases el suelo presenta unas determinadas propiedades que dependen de la composición y constitución de sus componentes. La fase líquida constituye el medio ideal que facilita la reacción entre las tres fases, pero también se producen reacciones dentro de cada fase (Díaz, 2007).

La fase sólida representa la fase más estable del suelo y por tanto es la más representativa y la más ampliamente estudiada. Es una fase muy heterogénea, formada por constituyentes inorgánicos y orgánicos. Los seres vivos son uno de los constituyentes más importantes del suelo y se estudiarán en el tema 8, ya que son uno de los factores importantes de formación del suelo. La existencia de los minerales en el suelo está regulada por su presencia en el material original y sobre todo por su estabilidad. La estabilidad se define como la resistencia que opone el mineral a toda modificación en su composición química o de su estructura cristalina. Por tanto, a mayor estabilidad menor será la alteración (Díaz, 2007).

El suelo se compone de diferentes materiales. Aunque la principal fracción es mineral, la materia orgánica del suelo desempeña un papel fundamental en las funciones de un suelo sano. Las funciones principales del suelo, como la producción primaria, la purificación y regulación del agua, el secuestro y regulación del carbono, la biodiversidad y el ciclo de los nutrientes, dependen en gran medida de la materia orgánica del suelo (MOS) (Grand & Michel, 2004).

La fracción orgánica del suelo está compuesta por aproximadamente un 58% de carbono, que fue secuestrado en su mayoría de la atmósfera a través de la actividad fotosintética de las plantas. Por lo tanto, el nivel de MOS no sólo es esencial para el suelo y el agricultor, sino también para el clima, el medio ambiente y la sociedad en su conjunto. Dependiendo del tipo de suelo, la mayoría de aquellos dedicados a la producción de cultivos herbáceos y hortalizas presentan niveles de materia orgánica que oscilan entre el 1 y el 6% de la masa total del suelo. Incluso con una proporción tan pequeña, la materia orgánica del suelo tiene un enorme impacto en la mayoría de las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

9.8.4. Clasificación del suelo

Andisoles (D) Suelos de origen volcánico por antonomasia. Se forman de cenizas y vidrios volcánicos, así como a partir de otros materiales piroclásticos, de colores oscuros, siendo altamente porosos, ligeros, permeables, de buena estructura y fáciles de trabajar. Presentan una horizonación típica de suelos jóvenes, con una secuencia (Zapata, 2022).

Molisoles, Son suelos oscuros, enriquecidos por los altos contenidos de materia orgánica, son suelos suaves, bien estructurados, no son duros ni masivos cuando secos. Tienen alta fertilidad natural. Su horizonación común es A-Bt-C-R o pueden encontrarse otras variantes en función del grado de desarrollo del suelo, lo cual está relacionado al grado evolutivo de la génesis del suelo (Zapata, 2022).

Vertisoles (F) Son suelos muy arcillosos; durante las épocas secas se agrietan y durante el período lluvioso se expanden y se encharcan con facilidad por su estructura prismática, son

muy pesados para laborarlos, aunque desde el punto de vista químico son ricos en nutrientes (Ca, Mg, Na, K), pueden contener cantidades considerables de materia orgánica.

9.8.5. Importancia del suelo

El suelo juega un importantísimo papel en la sostenibilidad de los ecosistemas tanto naturales como agrarios en los que constituye un reservorio temporal en del ciclo del agua a la que filtra y depura en su recorrido hacia los acuíferos. Además, sirve de soporte a todos los seres vivos del ecosistema, vegetales y animales, a los que suministra el agua y los nutrientes que necesitan para el desarrollo completo de su ciclo vital. La calidad del suelo se relaciona con su capacidad para desarrollar estas funciones en el ecosistema. Todas estas funciones del suelo dependen en gran medida del contenido en materia orgánica cuyo componente principal es el CO₂ (Espejo Serrano, 2016).

En los ecosistemas naturales, mientras no varíen las condiciones ambientales, permanece constante el contenido en CO₂ del suelo: ,Cada año la vegetación toma del suelo el agua y los nutrientes que necesita y junto con el CO₂ atmosférico a través de la fotosíntesis genera biomasa que acaba incorporándose al suelo donde en un proceso relativamente rápido evoluciona a humus por la acción de los microorganismos; cada año, el humus se mineraliza en una proporción que varía del 0,5 al 5% según los ambientes la acción de los microorganismos emitiendo CO₂ a la atmósfera y liberando en el suelo los nutrientes que son aprovechados de nuevo por la vegetación. En los ecosistemas naturales en equilibrio cada año se genera a partir de los restos orgánicos incorporados al suelo, la misma cantidad de humus que se mineraliza por la acción de los microorganismos (Espejo Serrano, 2016).

9.8.6. Estructura del suelo

Horizontes orgánicos (O) de los suelos minerales. Estos horizontes orgánicos podemos encontrarlos en el estrato superficial o a cualquier profundidad debajo de la superficie de los suelos minerales, pero siempre tienen el mismo origen: la deposición en la superficie de los residuos orgánicos de plantas y animales, que luego se van profundizando. Se apoyan siempre sobre el horizonte A1 de suelos no arados o laboreados (Porta, 2003).

Los horizontes denominados A, poseen las siguientes características principales: Podemos encontrar o subdividir los horizontes A en los siguientes estratos: Principales características de los Horizontes A Tienen un horizonte de acumulación de MO en la superficie o en sus adyacencias. Son horizontes de eluviación que, debido al intenso lavado, han perdido arcillas, óxidos hidratados de hierro y aluminio o de ambos, dando como resultado una acumulación por mayor concentración de cuarzo y otros minerales resistentes del tamaño de la arena o el limo (Porta, 2003).

Horizontes B Subdividiendo los horizontes B, podemos encontrar también otros estratos que observamos y que poseen las características que observamos más adelante. El revestimiento de sesquióxidos puede ser suficiente para que resulte en un color más oscuro incluso más fuerte o más rojo que el de los horizontes vecinos, pero sin una aparente acumulación de hierro de otros horizontes. Incluso si no se dan algunas de estas condiciones, una alteración de la original que forma arcillas de silicatos, libera óxidos o ambas cosas y forma estructuras granulares de bloques o prismáticos, si en las texturas los cambios de volumen van acompañados de cambios en el contenido de agua.

Horizonte C A continuación del horizonte B, podemos encontrar el horizonte C. Es una capa mineral que no comprende el estrato rocoso y que puede ser similar o no, al material del cual presumiblemente se formaron los horizontes A y B. Es un horizonte, además, poco modificado por los diferentes procesos patogenéticos por encontrarse muy profundo, por lo que, si queda expuesto por alguna razón, los mismos actúan con mayor vigor.

9.8.7. Propiedades físicas de los suelos

Las propiedades físicas y químicas de los suelos resultan de la acción combinada de los factores de formación y en los suelos bajo agricultura se agrega la consecuencia de la acción humana. A su vez, también determinan en gran medida, la actividad química y la biológica y por lo tanto, afectan la capacidad productiva de los mismos (Brady & Nyle, 1991).

Textura: Las partículas que componen la fracción mineral del suelo, se pueden agrupar según su tamaño en: arena, limo y arcilla. Mientras que la primera se puede observar a simple vista pues su tamaño oscila entre 0,10 y 2 mm de diámetro, la última es una partícula submicroscópica con un diámetro menor a 0,002 mm (Brady & Nyle, 1991).

Estructura, es el arreglo de las diferentes partículas del suelo (minerales y materia orgánica). Tanto las partículas primarias en compuestas o en grupos de partículas primarias solas, que se hallan separadas de los agregados vecinos por planos de mayor fragilidad. La estructura varía con: Es un carácter fundamental de la morfología del suelo y tiene una importancia muy grande en la aptitud productiva del mismo. No constituye un valor constante, sino variable bajo diferentes circunstancias.

El color es otra propiedad física de los suelos y constituye sin lugar a dudas, la característica más obvia y fácilmente observable y determinable de los mismos, siendo lo primero que vemos. Pero, sin embargo, se considera que posee escaso valor de clasificación a nivel de los grandes tipos de suelos, cuando se lo considera en forma aislada. Tomado en cuenta en combinación con otros caracteres, permite apreciar o deducir varias propiedades importantes del suelo.

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire. Mientras más permeable sea el suelo, mayor será la infiltración. El tamaño de los poros del suelo reviste gran importancia con respecto a la tasa de infiltración (movimiento del agua hacia dentro del suelo) y a la tasa de percolación (movimiento del agua a través del suelo).

La temperatura es otra propiedad física a tener en cuenta para caracterizar un suelo y es la que nos genera las propiedades térmicas de los mismos. En este capítulo se rozarán apenas algunos conceptos referidos a esta propiedad física, sin profundizar demasiado en ellos, debido a que no es el tema de este curso.

9.8.8. Contaminación del Suelo

Los suelos contaminados se generan principalmente por la mala gestión de los residuos urbanos e industriales, vertidos incontrolados, acumulaciones incorrectas, ruinas industriales, enterramientos de bidones y envases, antiguos enterramientos de residuos, etc.

De igual manera las malas prácticas en instalaciones industriales como: fugas, almacenamiento incorrecto. A si mismo accidentes en el transporte, almacenamiento y manipulación de productos químicos (Cruz J. , 2001).

Podemos mencionar el Tratamiento incorrecto de las aguas residuales urbanas e industriales, mal estado de las redes de saneamiento, fugas, el empleo indiscriminado de fitosanitarios, deposición de contaminantes atmosféricos.

Los suelos contaminados pueden tener efectos muy diversos, desde riesgo tóxico para la salud humana hasta pérdidas de recursos naturales y económicos. Los principales peligros que puede suponer un suelo contaminado son: Peligro toxicológico para la salud humana, Por inhalación: problemas alérgicos y respiratorios, Por ingestión, por desconocimiento al cultivarse suelos contaminados, Por contacto directo con la piel, alergias y problemas cutáneos en trabajadores que manipulan este tipo de suelos (Cruz J. , 2001).

A si miso la Contaminación de aguas superficiales y subterráneas y, por tanto, también de los cultivos y animales de granja por utilización de dichas aguas para regadío y en las granjas, Volatilización de determinados compuestos, con la consiguiente contaminación atmosférica y riesgo para la salud, peligros físicos, como explosión o fuego, corrosión de estructuras o alteración en las propiedades mecánicas del suelo, degradación paisajística Provocada por el vertido indiscriminado de residuos sólidos agrícolas.

9.9. Marco legal

9.9.1. Definición

El marco legal demuestra la importante función que desempeña económicamente en las sociedades económicas, los grandes capitales y las organizaciones, tales contribuyen a la

creación de nuevas oportunidades de desarrollo. Marco Jurídico es el conjunto de disposiciones, leyes, reglamentos y acuerdos a los que debe apegarse una dependencia o entidad en el ejercicio sus funciones que tiene encomendadas. El marco jurídico nace de la necesidad de tener y mantener un control que ayude e impulse al desarrollo económico y social del país (Morales, 2018).

Es significativo advertir que al sistema jurídico se lo denomine habitualmente ordenamiento jurídico, lo que nos da el indicio de que el conjunto de normas forma precisamente algún tipo de orden. De las partes vamos al todo. Las partes serían cada uno de los elementos que analizamos antes (reglas, principios). El todo estaría compuesto por la pluralidad de normas organizadas de una determinada forma: es el sistema jurídico considerado como una unidad. Al reconocer antes que las normas eran de distinto tipo y que, por ejemplo, había reglas que se referían a otras reglas (habilitando a crear nuevas reglas y a lograr su cumplimiento) ya se insinuó que existe una relación entre las normas. Sin embargo, vamos a ver a continuación que la noción de sistema jurídico no significa que exista un conjunto de normas que son esencialmente jurídicas reunidas de una determinada.

En lo que sigue vamos a intentar describir el orden normativo y la primera cuestión consistirá, entonces, en responder cómo son las relaciones entre las normas de un sistema. Pero esto nos va a llevar a una segunda cuestión un poco más compleja ¿cuándo una norma existe como derecho? O, en términos prácticos, ¿cómo podríamos reconocer si una norma pertenece o no al sistema jurídico?²⁷ Ambas cuestiones están tan íntimamente relacionadas que incluso causan confusiones a muchos juristas (Silva, 2020).

10. Diseño metodológico

Tipo de investigación

Esta investigación es de carácter descriptivo, según el nivel de profundidad, por qué comprendió el análisis y registros en cuanto a los residuos sólidos del municipio de San Juan de Limay, se buscó abordar la gestión de los residuos sólidos actualmente en el municipio y

los actores que estarían involucrado en el aprovechamiento y minimización de estos residuos sólidos, haciendo una revisión del marco jurídico ambiental existente en Nicaragua.

La investigación descriptiva debe ser verídica, precisa y sistemática, así mismo se debe evitar hacer inferencias en torno al fenómeno. Por lo tanto, lo fundamental son las características observables y verificables. Se puede mencionar que los métodos de recolección de datos empleados son la observación, encuesta y estudio de casos. Sin embargo, a partir de la observación, se suelen extraer datos cualitativos, mientras que la encuesta suele proporcionar datos cuantitativos. Por lo cual no basta con presentar las características del fenómeno que se obtuvieron, a través de los métodos de recolección de datos. También es necesario que estas, sean organizadas y analizadas a la luz de un marco teórico apropiado, el cual servirá de sustento a la investigación (Alban et al., 2020).

La investigación descriptiva, se enmarca dentro de la metodología no experimental y como su propio nombre lo indica, consiste en describir una situación real natural, mediante una observación sistemática, no participantes o valiéndose de preguntas a una muestra de personas, capaces de proporcionar una información deseada, sobre opiniones, comportamientos o circunstancias, es un método adecuado para responder a las preguntas desconocidas por el investigador, cuando existen los marcos en que se pueden obtener dichas respuestas, se trata de investigaciones de un indudable valor, cuando se requieren utilizar estudios exploratorios, es decir cuando se pretenden abordar un tema no estudiado con anterioridad, con independencia de que se desea realizar otros estudios más confirmatorios (Sanz & Meseguer, 2012).

Esta investigación según el área de estudio y modalidad se definió como una investigación científico-social, porque enmarca la problemática actual del municipio de San Juan de Limay, la cual implica la parte social, legal y ambiental, así mismo se consideró la participación de todas las instituciones existentes, la cual aportan a una buena gestión de los residuos sólidos, creando un plan de acción que llevara consigo la minimización de los impactos negativos ambientales.

Según Beatriz del Razo Cantellano (2003):

Plantea que las relaciones entre la investigación científica y lo social, nos permite ubicar a la investigación social en relación con la investigación científica, ya que ambas se encuentran en la búsqueda del conocimiento real en verdadero, objetivo y confiable. Aunque la segunda requiere de conocer todo lo que rodea al ser humano, la primera estudia específicamente al ser humano en coordinación con el medio social y natural al que pertenece, las acciones sociales no pueden ser observadas de la misma forma que los objetos de la naturaleza, sólo pueden ser estudiados por referencia teniendo en cuenta las reflexiones del actor, sus propósitos y pensamientos en el momento de la propia acción social mientras que diversos autores definen la investigación científica como una investigación crítica, controlada y empírica de fenómenos naturales guiada por la teoría y la hipótesis acerca de las supuestas relaciones entre dichos fenómenos (pág. 12).

Según Omar Mejía Pérez (2011):

Estos métodos promueven, ante todo, una formulación de postulados a partir del análisis de la realidad fenoménica y su interpretación enmarcada en la teoría epistemológica adoptada. Cuando la ciencia pura, ha defendido canónicamente un proceso hipotético-comprobable, los métodos de investigación social deben atender la realidad a partir de la experiencia y la interrelación intersubjetiva en contextos específicos, sin menoscabar el rigor metodológico que se establece dentro de los procesos de recolección de datos, construcción y piloteo de instrumentos, interpretación y categorización de elementos y variables, y análisis de resultados; con ello será posible conseguir algún nivel de generalización con variables y factores distintos y resultados simplemente conjeturables más no necesariamente repetibles (pág. 25).

De acuerdo a la manipulación de las variables esta investigación es no experimental, ya que no influimos deliberadamente en cada una de las variables, estudiándolas tal como se presentaron, sin ningún tipo de interferencia en el contexto natural, la cual la información se obtuvo en cuanto a guías de entrevistas, encuestas y la verificación de la información. Se definieron los fenómenos mediante la observación, explorando la realidad.

En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes. Existen diferentes criterios para clasificar la investigación no experimental, adoptaremos la dimensión temporal, es decir de acuerdo con el número de momentos o puntos en el tiempo en los cuales se recolectan los datos (Cortés & León, 2004).

Este estudio según el alcance temporal, se define como transversal, lo cual no se analizó la información en diferentes tiempos, es decir que los datos obtenidos en la muestra, se obtuvieron en un tiempo definido. Esta investigación permitió una valorización puntual sobre el mal manejo de los residuos sólidos en el municipio y los impactos negativos que se están dando en el entorno, así como tan bien el impacto paisajístico en la zona.

La investigación de tipo transversal se recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Este tipo de investigaciones es como una fotografía en un momento dado del problema que se está estudiando y puede ser: descriptiva o de correlación, según el problema en estudio (Cortés & León, 2004).

Según el enfoque filosófico, nuestra investigación es cuantitativa, lo cual encaja en el paradigma positivista y el paradigma interpretativo. En primer lugar, utilizamos el paradigma positivista, porque abordamos estudios técnicos como es la caracterización de los residuos sólidos, así como también el análisis in situ de las propiedades físicas del suelo (textura, porosidad, permeabilidad, etc.), estas se realizaron mediante la observación y la obtención de datos ponderables. De igual manera utilizamos el paradigma interpretativo en cuanto al análisis del marco jurídico ambiental en Nicaragua, en base a una comprensión puntual, la cual se buscó conocer su alcance y aplicación en cuanto a los residuos sólidos.

Cesar Bernal (2010), plantea que el método cuantitativo o método tradicional, se fundamenta en la medición de las características de los fenómenos sociales, lo cual supone derivar de un marco conceptual pertinente al problema analizado, una serie de postulados que expresen

relaciones entre las variables estudiadas de forma deductiva. Este método tiende a generalizar y normalizar resultados (pág. 58).

El enfoque cuantitativo que representa, como dijimos, un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis (Sampieri et al., 2010).

El conocimiento positivista busca la causa de los fenómenos y eventos del mundo social, formulando generalizaciones de los procesos observados. El rigor y la credibilidad científica se basan en la validez interna. Por ello los procedimientos usados son el control experimental, la observación sistemática del comportamiento y la correlación de variables; se adopta la generalización de los procesos, con los que se rechazan aspectos situacionales concretos, irrepetibles y de especial relevancia para la explicación de los fenómenos y situaciones determinadas, enseguida se muestran algunos rasgos centrales del paradigma positivista (Godínez, 2013).

El paradigma interpretativo emerge como: “...alternativa al paradigma racionalista, puesto que en las disciplinas de ámbito social existen diferentes problemáticas, cuestiones y restricciones que no se pueden explicar ni comprender en toda su extensión desde la metodología cuantitativa. Estos nuevos planteamientos proceden fundamentalmente de la antropología, la etnografía, el interaccionismo simbólico, etc. Varias perspectivas y corrientes han contribuido al desarrollo de esta nueva era, cuyos presupuestos coinciden en lo que se ha llamado paradigma hermenéutico, interpretativo-simbólico o fenomenológico.” (Godínez, 2013).

11. Área de estudio

Figura 1
Mapa de macro y micro localización



El municipio de San Juan de Limay es un municipio del departamento de Estelí en la República de Nicaragua. Fue fundado el 4 de diciembre de 1891, se encuentra ubicado a una distancia de 195 kilómetros de la capital de Managua. Con una Altitud: 284 m s. n. m., una Superficie: 427.6 km², de igual manera con una Latitud: 13° 10' 0" N y Longitud: 86° 37' 0" O. Limita al norte con los municipios de Pueblo Nuevo y San José de Cusmapa, al sur con el municipio de Achuapa, al este con los municipios de Condega y Estelí y al oeste con los municipios de San Francisco del Norte y Villanueva. El casco urbano de San Juan de Limay tiene una población actual de 15,300 habitantes. De la población total, el 50.5% son hombres

y el 49.5% son mujeres. Casi el 33.3% de la población vive en la zona urbana (Yanci et al., 2015).

La planta de tratamiento de residuos sólidos en el municipio de San Juan de Limay, estará localizada en el mismo terreno, donde está actualmente el vertedero municipal. Cuenta con todas las condiciones técnicas reglamentadas en la NTON 05 013-01 como la dirección del viento, distancias de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, distancia de poblados, De igual manera se construirá el relleno sanitario en la parte alta del terreno, para poder trasladar por medio de gravedad a los lixiviados que se producen en el interior del relleno sanitario, teniendo en cuenta las curvas de nivel y poder desviar las aguas pluviales del lugar, para evitar afectaciones futuras hacia el relleno sanitario.

12. Población y selección de la muestra

12.1.1. Población

En la presente investigación, se analizó la generación parcial de los residuos sólidos en el casco urbano de San Juan de Limay, según datos de la alcaldía, es de 96 m³ de residuos sólidos por semana, por lo cual se analizó cierta cantidad de residuos sólidos.

12.1.2. Muestra.

En la selección de la muestra de residuos sólidos es de 435 kg, se utilizó un muestreo por conveniencia debido a las limitaciones de acceso, se conformó por cierta cantidad de residuos sólidos, generados en los cuatro sectores del casco urbano de San Juan de Limay. La cual se analizó de acuerdo con el uso del método de cuarteo, que consistió en mezclar la muestra y homogenizarla, para posteriormente dividirla en cuatro partes iguales, luego se seleccionó los residuos por tipo y se obtuvo un peso específico por cada uno, verificándose que residuos se genera más en el municipio.

Se comenzó por separar cada residuo sólido por sus características físicas, luego se colocó en bolsas separadas, la cual se rotulo con el tipo de residuos que contenía, lo mismo hicimos

con cada residuo presente. Así mismo se comenzó a pesar cada residuo y se utilizó una tabla de campo, para anotar el peso de cada uno, para luego hacer uso del programa Excel donde se procesó los datos y se representó por medio de graficas, analizando el predominio de cada residuo en el casco urbano y las alternativas viables para su disminución.

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

12.2.1. Técnicas aplicadas

Las técnicas aplicadas en esta investigación nos permitieron obtener información confiable, precisa y veraz, sobre la gestión actual de los residuos sólidos urbanos, se utilizarón las siguientes técnicas tales como método de cuarteo, entrevista, encuesta, prueba visual de suelo y análisis documental (Instrumentos en anexos).

La técnica de método de cuarteo permitió conocer la identificación de cada residuo y conocer el volumen con el fin de generar un manejo adecuado de los residuos municipales, este proceso nos permitió seleccionar cada residuos de acuerdo a su tipo y composición física ,para conocer de forma representativa ,cuantos residuos se generan en una zona, para luego dar algunas alternativas de solución, los cuales generan una problemática ambiental que rompe con el equilibrio ecológico y dinámico del ambiente. Esta técnica se utilizó para poder dar alternativas de solución, desde el punto clave de la sensibilización poblacional, hasta una reducción del volumen total de los residuos sólidos desde su origen (Leyva, 2018).

La técnica de entrevista nos permitió recolectar informacion veraz y verídica, la cual se pretendió conocer la situación actual, y la manera en que se recolectan los residuos sólidos urbanos. Así mismo como las principales instituciones podrían integrarse en crear una gestión sostenible de los residuos sólidos dentro del municipio. Por otro lado, se verificó los vacíos dentro de la municipalidad para poder fortalecerlos y así buscar las posibles alternativas de solución para el mejoramiento de la actual gestión.

Según Mariela Torrez (2010), la entrevista es un instrumento más importante de la investigación. Así mismo además de obtener los resultados previamente del entrevistado acerca de las preguntas del cuestionario, se puede observar el entorno y verificar la

información. Este instrumento permitirá conocer la realidad que vive la zona urbana, en base a la gestión de los residuos sólidos en la localidad (pág. 16).

La técnica de encuesta permitió conocer y recopilar datos directos sobre la percepción, conocimiento y nivel de satisfacción de los pobladores ante la gestión actual de los residuos sólidos urbanos, abordando la problemática desde un énfasis social y redactada con preguntas abiertas y cerradas, con el fin de recolectar información que nos permitió conocer la participación ciudadana, identificando las deficiencias del servicio de recolección y transporte. Esta técnica permitió hacer una relación de las diferentes opiniones, mediante el uso de gráficos que nos facilitó procesar y analizar la información.

La encuesta la define el Profesor Fernando García como “una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación, con el fin de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población”. Este instrumento nos permite obtener información puntual en cuanto a la gestión de los residuos sólidos en el casco urbano de San Juan de Limay (García, 1993).

La prueba visual del suelo, permitió conocer las condiciones actuales para la instalación de la planta de tratamiento de residuos sólidos en conjunto con un relleno sanitario, conociendo la estructura, textura, color, moteado y permeabilidad del recurso suelo, se obtuvo una muestra de suelo en forma de un cuadrado y se deposita sobre una lámina, para posteriormente hacer la valoración física, mediante un instructivo sobre evaluación visual del suelo, según programa de Nicaragua Catholic Relief Services(2019), se conoció la condición del suelo y permitió monitorear su estado actual de forma práctica, realizada in situ (pág. 4).

Como segunda etapa de la guía visual del suelos, se realizó un prueba de infiltración in situ en el vertedero de San Juan de Limay, debido a que fue elegido como sitio donde se construirá toda la planta de tratamiento de residuos sólidos, se realizó mediante la colocación de un

recipiente colocado en el suelo introducido a 3 centímetros, luego se colocó agua dentro del recipiente y se midió el tiempo en el que el agua se infiltra al suelo durante 15 minutos, este procedimiento se realizó por 5 veces seguidas para el tiempo promedio, posteriormente se realizó los cálculos pertinentes (Gómez & Reyes, 2022).

Los principales métodos se centran en describir los agregados del suelo, la porosidad (relacionado con el almacenamiento y transporte de agua). Estos indicadores están estrechamente relacionados con la estructura, ya que ésta es un indicador genérico. Como ya hemos mencionado anteriormente, Para proceder a evaluar la calidad del suelo, hemos primero de diferenciar los suelos con diferentes prácticas. Así mismo de utilizan indicadores de calidad de suelo para poder establecer las condiciones en la cual se encuentra este recurso (Corbí, 2021).

La técnica de análisis documental se utilizó como propósito de analizar el marco legal ambiental de Nicaragua. Esta técnica permitió recolectar y analizar la información de documentos oficiales, normativas ambientales y decretos actualizados, la cual se integra dentro de la propuesta técnica legal, contribuyendo una percepción de la teoría a la práctica, permitió interpretar resultados en cuanto a las aplicaciones técnicas de rellenos sanitarios y planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos.

Según Aranda et al., (2024), plantea que el análisis documental, a partir de un procedimiento sistemático de revisión de documentos escritos, principalmente, busca generar nueva información o encontrar la respuesta a una interrogante de forma coherente y argumentada. No es sólo la búsqueda de documentos y extracción de ideas, sino la construcción y representación del conocimiento de una forma distinta, para generar un nuevo documento, encontrar aquello que no es evidente o dar una nueva interpretación (p. 3).

12.2.2. Instrumentos específicos

Los instrumentos utilizados fueron seleccionados previamente, para recolectar la información para desarrollar la propuesta, de esta manera pudimos dar respuesta a la problemática que vive actualmente el municipio de San Juan de Limay, en cuanto a la gestión de residuos sólidos, a continuación, se describe cada técnica, instrumento y la descripción del mismo.

Tabla 2*Técnicas e instrumentos específicos*

Técnica	Instrumento	Descripción del instrumento
Método de cuarteo	Guía de método de cuarteo	Mediante esta guía se pudo identificar el tipo de residuos que llegan al vertedero de San Juan de Limay, así como también se conoció el volumen promedio de estos residuos.
Entrevista	Guía de entrevista semiestructurada	Mediante una guía de entrevista semiestructurada, se obtuvo información valiosa en cuanto a los residuos sólidos, la cual fue dirigida hacia a la encargada del área de administración tributaria.
Encuesta	Guía de encuesta	Mediante una guía de encuesta a la población conocimos que acciones realizan la municipalidad para a minimización de los residuos sólidos en el municipio.
prueba de suelo	Guía de prueba visual de suelo	Mediante pruebas in situ de suelo, se determinó las propiedades físicas del suelo como estructura, textura, moteado, color y pruebas de infiltración del agua en el suelo.
Análisis documental		Mediante un guía de análisis documental, Se realizó una revisión

Guía de Análisis documental	del marco legal de Nicaragua en la Gaceta Diario oficial, resaltando las leyes, normas y decretos en cuanto a la gestión de residuos sólidos en Nicaragua.
-----------------------------	--

Nota: La tabla detalla técnicas, instrumentos y descripción de los instrumentos Fuente: elaboración propia

12.2.3. procedimiento de recolección de datos

Desde la etapa de planificación se comenzó por elaborar las diferentes guías, que fueron el soporte para recolectar la información sobre residuos sólidos, en el municipio de San Juan de Limay, la cual se determinó a quienes va a ir dirigidas estos instrumentos. De igual manera cada instrumento se diseño de acuerdo al grado de percepción o nivel académico de la población y de más actores de donde obtuvimos la información.

Método de cuarteo

En esta técnica se recolectaron los datos mediante una guía de método de cuarteo que nos facilitó, conocer la identificación y el volumen de los residuos sólidos del municipio de San Juan de Limay. Primeramente, se seleccionaron una muestra por conveniencia obteniendo un total de 435 kg de residuos que llegan al vertedero, los días martes y viernes, para poder usar estos datos de manera referencial de los cuatro sectores del casco urbano del municipio, con el fin de conocer que tipos y su volumen de residuos generan parcialmente. Una vez los residuos sólidos, posicionados en una pieza de plástico negro, se colocaron una cantidad de residuos, para luego separarlo según el tipo, así mismo se pesan y anotamos el dato. Para

obtener la densidad, colocamos cada uno de los residuos; y se comienza a compactar a medida que vallamos depositando cada residuo. Al final tendríamos el tipo y volumen de residuos sólidos que se generan en el casco urbano de San Juan de Limay.

Entrevista

Esta técnica se realizó mediante una guía de entrevista semiestructurada a la funcionaria Xóchilt Meza, la cual se encarga del área de administración tributaria, Por lo tanto, se buscó conocer a fondo la realidad que viven los pobladores día con día, sobre la gestión de los residuos sólidos que la municipalidad está brindando al respecto. De igual manera se indago sobre datos de recolección y transporte de los residuos sólidos, la capacidad y cantidad de camiones recolectores, la cobertura total, la tasa de crecimiento poblacional y la producción percapita que genera cada habitante del casco urbano. Toda esta información nos permitió analizar la situación actual y analizar las mejoras en cuanto a una gestión eficiente de los residuos sólidos urbanos.

Encuesta

En esta técnica se utilizó una guía de encuesta, validada por 3 expertos en la temática, elaborada a partir de una escala de Likert y validada mediante el coeficiente de Cronbach, esta se destinó hacia a la población en general, la cual se pretendió encontrar información fidedigna del servicio de recolección de los desechos sólidos. Este instrumento permitió conocer la percepción, nivel de participación y la satisfacción de los pobladores ante la gestión actual de los residuos sólidos urbanos. Se aplicaron 20 encuestas distribuidas equitativamente por conveniencia, en los 4 sectores del municipio de San Juan de Limay, con el fin de garantizar una información veraz, la cual la selección se realizó de manera aleatoria, mediante la disponibilidad de cada poblador a encuestar.

Prueba de suelo

Esta técnica, se realizó mediante una guía de prueba visual de suelo, la cual se determinaron que las propiedades físicas del suelo como estructura, color, moteado; y la textura se realizará al tacto para conocer el tipo de suelo. De igual manera se midió la infiltración del agua en el sitio de construcción del relleno sanitario, colocando un recipiente metálico y colocando cierta cantidad de agua, la cual se midió el tiempo del líquido que viaja a través del suelo, esto se realizó cada 15 minutos, teniendo como equivalente 5 mediciones para luego hacer un promedio y calcular la infiltración en mm por hora. Esto en relación a la posible infiltración de lixiviado hacia las fuentes subterráneas; para tener un conocimiento del suelo donde se va a implementar el proyecto, es importante para decidir los materiales a utilizar para proteger al medio ambiente.

Análisis documental

Mediante una guía de análisis documental se pretendió revisar en el marco legal ambiental de Nicaragua, las leyes que protegen y conservan el medio ambiente, así como también las normas que rigen en cuanto a las disposiciones de rellenos sanitarios y plantas de tratamientos, el análisis de los decretos también es importante enfatizar en ellos, antes de los posibles cambios que se dan en la normativa, en estas podemos encontrar desde orientaciones para elegir el terreno donde se construirá el relleno sanitario hasta que distancias deben tener las fuentes de agua con respecto a ellos. La normativa se analizó desde la revisión de la Gaceta Diario oficial.

12.3. Confiabilidad y validez de los instrumentos

En esta investigación se determinó que la confiabilidad y validez de los instrumentos son muy importantes, para adaptar nuestro estudio a la realidad que vive el municipio de San Juan de Limay, con respecto a los residuos sólidos. En el cual se aplicaron entrevistas, encuestas, pruebas de suelo, análisis documental y se aplicó el método de cuarteo para caracterizar los residuos sólidos en la zona urbana del municipio, la cual fue revisada por el

Doctor en ciencias ambientales Kenny Benavides López, el Ingeniero en Ciencias Agrarias Luis Andrés Pérez Díaz y Msc en ciencias ambientales Karen Elizabeth Velásquez Meza.

La confiabilidad nos aseguró que, mediante la entrevista, consiguiéramos parte de la información relevante, en cuanto a la gestión de la alcaldía, y a la problemática que enfrenta el municipio de San Juan de Limay. Así mismo la encuesta dirigida hacia los pobladores, se realizó en la escala de Likert y se comprobó la consistencia con el coeficiente de Cronbach, la cual se obtuvo como resultado un 0.78, es decir una consistencia muy aceptable, se mantuvo la consistencia en cuanto al orden de las preguntas, para abordar la situación actual que viven por la gestión de residuos sólidos, por lo tanto, la aplicación de estos instrumentos, se aseguró que los resultados fueran reales con la observación directa al entorno. El método de cuarteo se realizó en el vertedero de San Juan de Limay, para poder tener una percepción real del tipo y cantidad de residuos. De igual manera se realizó la prueba de infiltración y se aplicó una guía de prueba de suelo, para conocer la estructura densidad, humedad y porosidad del suelo.

En cambio, la validez de la información requerida, fue diseñada de tal manera, que la entrevista y la encuesta pudiéramos obtener la información relevante para nuestro estudio, con preguntas específicas de la gestión de los residuos sólidos. Así mismo mediante la aplicación del método de cuarteo y las pruebas de suelo, se aplicaron in situ para tener resultados más aceptables para nuestra Investigación. De esta manera se indagó que los instrumentos de investigación se recolectaran la información clave y que midieran lo que se requiere analizar, asegurando datos fiables para la continuación de nuestra propuesta técnica legal.

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

Tabla 3

técnicas, instrumentos y procedimientos de datos

Técnica	Instrumento	Procedimiento	Tipo	Aplicación
Método de cuarteo	Guía de método de cuarteo	Separación de residuos sólidos según su tipo y características físicas.	Cuantitativo	Conocer tipo y volumen de residuos sólidos generado en el casco urbano

Entrevista	Guía de entrevista	Se realizó la entrevista la encargada de administración tributaria con preguntas específicas respecto a la gestión de los residuos sólidos de la municipalidad.	cualitativo	Recolectar información de la gestión de residuos sólidos
Encuesta	Guía de encuesta	La guía de encuesta fue aplicada a pobladores de San Juan de Limay.	Cualitativo	Conocer el manejo que los pobladores le dan a sus residuos sólidos
Prueba de suelo	Guía de prueba visual de suelo	Se realizó prueba de infiltración de suelo in situ, de igual manera se conoció la estructura, textura, color,	cuantitativo	Conocer el tiempo en que los fluidos se infiltran en el suelo y así mismo conocer qué tipo de

		moteado, porosidad del suelo.		suelo existe en el vertedero.
Análisis documental	Guía de análisis documental	Se analizó la normativa vigente en Nicaragua en cuanto a leyes ambientales, normas y decretos que rigen el país, de acuerdo a la gestión de residuos sólidos.	Cualitativo	Mediante la guía, se analizó la normativa con respecto a rellenos sanitarios y plantas de residuos sólidos urbanos, así como también la implementación de la misma.

Nota: La tabla detalla técnicas, instrumentos, procedimiento, tipo y aplicación de los instrumentos
Fuente: Elaboración propia

13. Análisis y discusión de resultados

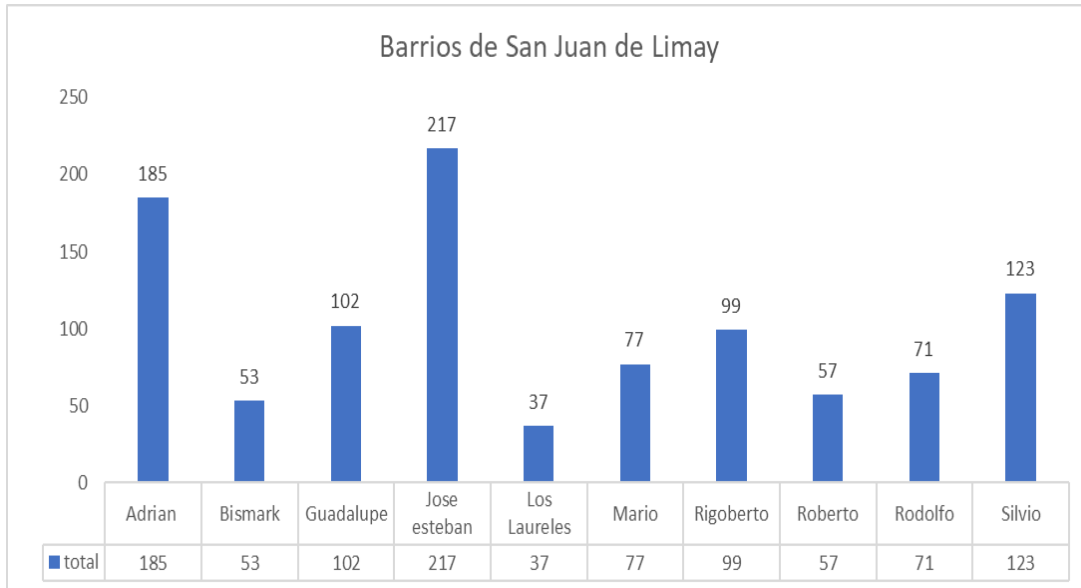
13.1. Caracterización de residuos sólidos

El casco urbano del municipio de San Juan de Limay, habitan 15,300 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional del 3 %. Cabe recalcar que la recolección de los desechos sólidos, no abarca ciertas casas, por lo cual los ciudadanos optan por quemar los desechos para poder eliminarlos. los tipos de desechos más comunes son: plásticos, restos de vegetales, vidrio,

cartón, bolsas plásticas, envases. Este municipio cuenta con un vertedero a cielo abierto, en el cual, para poder minimizar los desechos sólidos, lo hacen mediante el uso del fuego.

Figura 2

Barrios con número de casas del casco urbano de San Juan de Limay



Según figura número 1, la cantidad de casas del casco urbano de San Juan de Limay la componen los barrios Adrián con 185 casas, Bismark 53, Guadalupe 102, José esteban 217, Los laureles 37, Mario 77, Rigoberto 99, Roberto 57, Rodolfo 71, Silvio 123, para un total de 1021 casas en todo el casco urbano de San Juan de Limay, esto datos fueron recolectados en la alcaldía del municipio, en el área de administración tributaria.

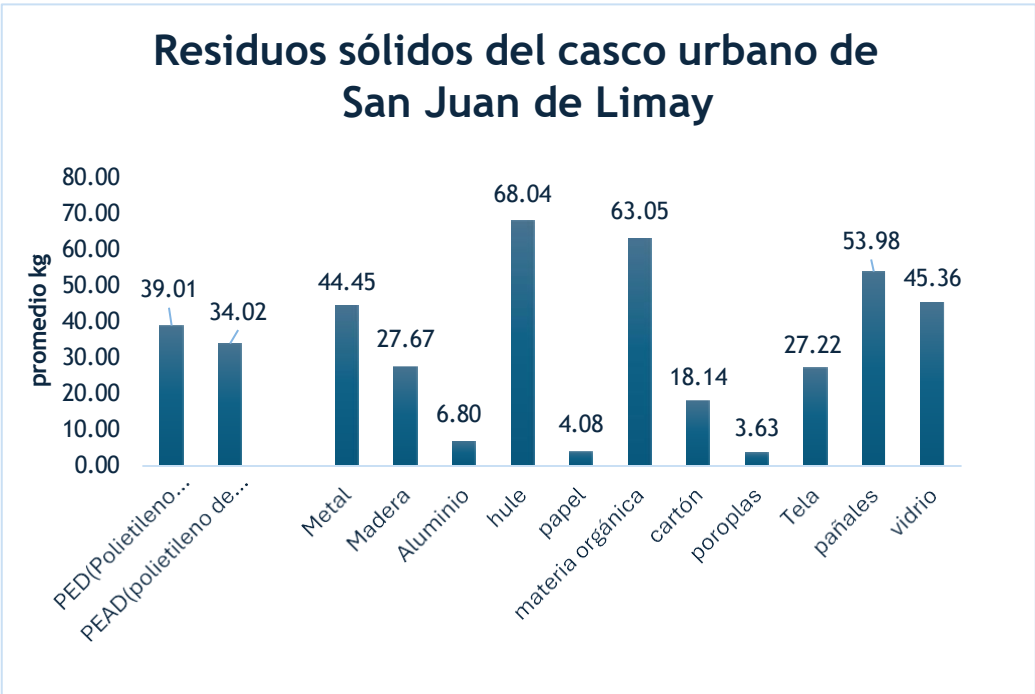
En el casco urbano de San Juan de Limay, se obtuvo como información veraz de la entrevista en el área de administración tributaria, que la municipalidad cuenta con solo dos camiones para la recolección de desechos sólidos, un compactador y un volquete, por lo cual la recolección se hace los días martes y viernes de la semana, dividido en los cuatro sectores que comprende el casco urbano. San Juan de Limay cuenta con 10 barrios en total, se divide en cuatro sectores y los camiones recolectan en los sectores 1 y 2, los días martes 5 barrios y el día viernes cinco barrios más en los sectores 3 y 4. Cabe señalar que el actual vertedero a

cielo abierto, no reúne las condiciones para el tratamiento de estos residuos, ocasionado impactos negativos al medio ambiente, otra de las afectaciones es el ámbito paisajístico, ya que parte de los desechos plásticos debido al viento, se encuentran puestos en los árboles y arbustos de esta zona.

De acuerdo con la información proporcionada por la funcionaria del área de administración tributaria, por cada sector se recolectan 96 m³ por semana, con un volumen total de 192 m³ de desechos sólidos por mes. La disposición final de los desechos sólidos en este municipio es un vertedero de cielo abierto, donde se depositan los desechos y son tratados mediante el uso del fuego, para minimizar su volumen.

Mediante el método de cuarteo en el vertedero de San Juan de Limay, se realizó con una muestra por conveniencia, tomando los residuos de los días martes y viernes, que son los días que recolectan los desechos sólidos de los sectores 1,2,3 y 4 del casco urbano de San Juan de Limay, obteniendo los siguientes resultados:

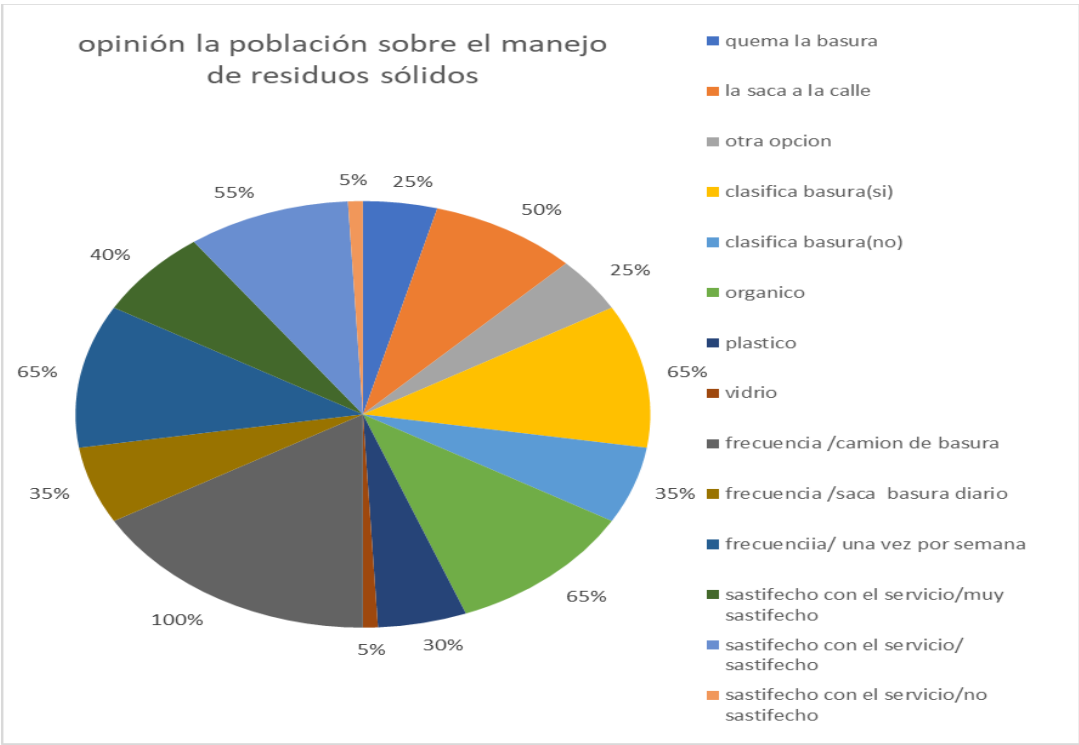
Figura 3
Datos del método de cuarteo del casco urbano de San Juan de Limay



Según figura 2 (Datos del método de cuarteo del casco urbano de San Juan de Limay) la información obtenida del método de cuarteo, en el casco urbano de San Juan de Limay ,se caracterizó 435 kg de residuos sólidos , la cual se genera 68.4 kg de hule o llantas de diferentes vehículos que llegan al vertedero, seguidamente de materia orgánica con 63.05 kg en esto se incluye mayormente restos de hojarasca, que los pobladores sacan de sus patios y los colocan en sacos para su posterior recolección, otra cantidad que podríamos reducir su volumen desde su origen, son los plásticos de baja densidad con 39.01 kg y alta densidad con 34.02 kg que sumados obtendría 79.03 kg el lugar número uno de generación de residuos.

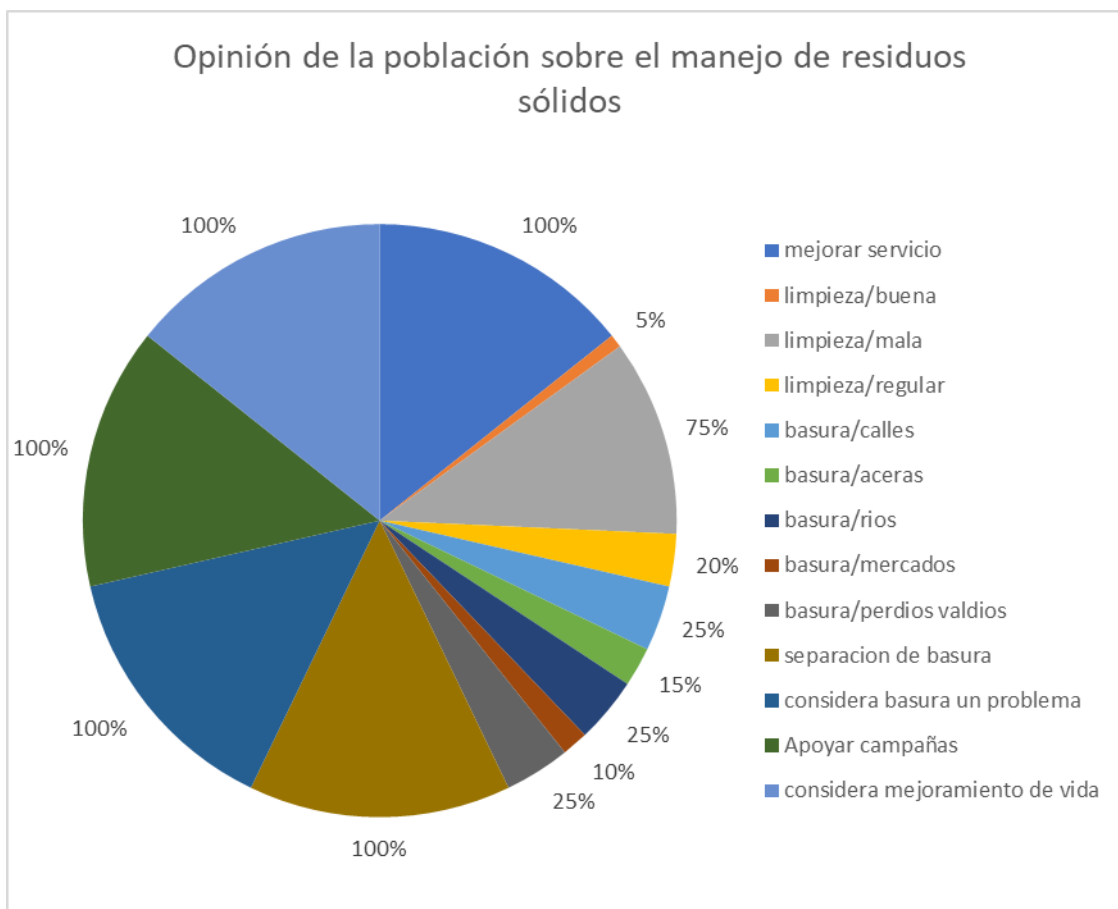
Los pañales con 53.98 kg es otros residuos de gran cantidad de regeneración, seguidamente del vidrio con 45.36 kg, metal con 44.45 kg, madera con 27.67 kg, tela con 27.22 kg, cartón con 18.14kg y un dato significativo, es la generación de aluminio con 6.80 kg, que llegan pocas cantidades al vertedero, debido a que algunos pobladores hacen la recolección para su venta, el papel con 4.08 kg y el poroplas con 3.63 kg son los residuos de menor generación el casco urbano de San Juan de Limay.

Figura 4
Resultados de encuestas



Según figura 3 (resultados de encuestas), aplicada en los cuatro sectores de San Juan de Limay, las 20 personas encuestadas dijeron que en cuanto al manejo de la basura el 50 % la quema y el otro 50 % la saca a la calle para su recolección. De igual manera dentro de las repuestas de clasificación de la basura, el 57 % clasifica la basura y el 43 % no la clasifica, por lo tanto, podemos mencionar que el 65 % separa la basura orgánica, el 30 % el plástico y el 5 % el vidrio, en cuanto a la recolección de la basura el 100 % de los encuestados aducen que el camión pasa una vez por semana. Cabe señalar que, en cuanto a la frecuencia de sacar la basura, el 65 % sacan la basura con frecuencia y el 35 % sacan la basura diariamente, por lo tanto, a la satisfacción con la recolección; y el 55 % aducen que está satisfecho con la recolección de la basura, el 40 % está muy satisfecho y el 5 % no está satisfecho.

Figura 5
Resultados de encuestas



Según figura 4 (Resultados de encuestas) Con respecto al servicio que brinda la municipalidad el 100 % aduce que se debe mejorar el servicio de recolección de la basura .Mientras tanto según la calificación que los encuestados acerca de la limpieza en el municipio de San Juan de Limay, el 75 % la considera muy limpia ,el 20 % regular, y el 5 % muy limpia , dentro de las respuestas más significativas sobre, donde se observan mayor concentración de basura los encuestados el 60 % las observan en las aceras y el 40 % en el mercado. De igual manera el 100 % de los encuestados estarán dispuestos clasificar la basura en diferentes bolas , el 100 % de los encuestados considera la acumulación de la basura como un problema del casco urbano de San Juan de Limay, mientras tanto el 100 % está dispuesta a participar en campañas de sensibilización para un buen manejo de la basura, por lo cual el 100 % aduce que mediante una buena gestión de los residuos sólidos mejorará las condiciones de vida de los pobladores de San Juan de Limay.

13.2. Propiedades físicas del suelo

El suelo es parte esencial para la vida en el planeta tierra, segmentado en horizontes, que se han formado durante miles de años, posee ciertas propiedades físicas que podemos determinarlas mediante pruebas de laboratorio y pruebas de campo tales como la estructura, textura, permeabilidad, entre otros. Determinamos el tipo de suelo que existe en el vertedero de San Juan de Limay con el propósito de conocer la aptitud del suelo ante instalaciones de residuos sólidos, en este caso la de un relleno sanitario.

13.2.1. Prueba visual del suelo

Mediante la realización de la prueba visual del suelo, se determinó qué las propiedades físicas como la estructura, la cual presenta un 50 % de terrones densos, presencia de partículas grandes, medianas y finas, la cual se consideró una condición moderada número 1 con presencia de contaminación. En cuanto a la textura, se desarrolló mediante el tacto y se determinó que, mediante la realización de una figura poco circular, demostrando que contiene el 20% al 25 % de limo más arcilla. Por lo tanto, otra propiedad como el color resultó claro,

así mismo el moteado, que es un buen indicado de aireación del suelo, se determinó en una condición 1 con motas pequeñas y medianas de color naranja. De igual manera al comparar los niveles de porosidad, se observó con pocos microporos, han disminuido significativamente, las cuales están en una condición número 1.

Infiltración del suelo

Como segunda etapa de la prueba visual de suelos, se realizó una prueba de infiltración, la cual se determinó en un punto del vertedero de San Juan de Limay, el día viernes 5 de septiembre del año 2025. Cabe aclarar que es el sitio propuesto para un relleno sanitario, esta prueba hace la referencia del tiempo en que los lixiviados pueden infiltrarse al suelo y posteriormente a las aguas subterráneas.

Tabla 4

Datos de campo de infiltración in situ San Juan de Limay

Medición	Tiempo (min)	Descenso del agua(cm)
1	15	5
2	15	4
3	15	4
4	15	4
5	15	3.50
total	1:15 hora/min	

Tasa promedio de infiltración: 0.27 cm/min

Equivalente a cm / h: 16.2 cm/ h

Equivalente a cm/h: 162 mm/h

Tabla 5

valores de infiltración de suelo

Tipo se suelo	Tasa de infiltración
---------------	----------------------

Arcilloso	< 10 mm/h
Franco arcilloso	10-20 mm/ h
franco	20-50 mm/h
Franco-arenoso	50-100 mm/h
Arenoso	>100 mm/h (muy rápido)

Nota: estos valores hacen referencia al tiempo en que el agua se infiltra en el suelo
fuente: (Almeida et al., 2018).

Según la tabla 4 (Datos de campo de infiltración in situ) nuestros datos obtenidos de 162 mm/h, y haciendo una comparación con la tabla 5(Valore de infiltración de suelo) nos posicionan en un suelo franco arenoso o arenoso, como sugerencia en este tipo de suelo, utilizaremos una capa de arcilla compactada de 30 cm de espesor, al 95 % Proctor modificado, quedando como resultado el suelo predominante, los 30 cm de arcilla y la geomembrana de 2 mm de espesor , para evitar el punzonamiento de piedra hacia la geomembrana .De igual manera se utilizara un geotextil de 3.5 mm entre la capa de arcilla y la geomembrana. Así mismo para impedir el paso de los lixiviados, se construirán canales en forma de espina de pescado colocando tubos perforados de PVC de 4 pulgadas, rellenos con piedras o gravas, dirigidas hacia una pileta de recolección de lixiviados. Se colocarán chimeneas a cada 30 metros con tubos PVC de 6 pulgadas, rellenos de piedras, para captar el gas que producen los residuos dentro del relleno sanitario.

13.3. Marco legal

Mediante un análisis documental sobre el marco legal ambiental de Nicaragua, se dedujo que existen excelentes leyes ambientales que rigen en el país, sin embargo muchas de estas quedan sin ser aplicadas debido a falta de un enfoque principal antes estas problemáticas existentes, como es la generación de residuos sólidos, las cuales las leyes contemplan un sinnúmero de tratamiento y disposición final de estos residuos, así como también su aprovechamiento mediante el reciclaje, la reutilización y reducir desde la fuente de

origen, por lo cual se realizó un análisis documental sobre la leyes ambientales enfocado a residuos sólidos y su gestión sostenible. Se realizo la revisión del marco legal ambiental de Nicaragua, enfatizado en gestión de los residuos sólidos, primeramente, hacemos mención de la constitución, después de los decretos y por último de las normas técnicas obligatorias nicaragüenses, es necesario antes de realizar cualquier proyecto realizar un análisis documental sobre el nombre del proyecto a desarrollar, por lo cual podemos saber los pasos a tomar ante cualquier problemática, a continuación, se refleja mediante una tabla el análisis realizado.

Tabla 6
Análisis del marco legal ambiental

Leyes	Artículos	contenido
		Las y los nicaragüenses tienen derecho de habitar en un ambiente saludable, así como la

Constitución política de Nicaragua Art 60

obligación de preservar el medio ambiente y proteger los derechos de la Madre Tierra. establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran

Art 1

sobre Proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro al ambiente o a los recursos naturales establece que estos permisos eran emitidos por el MARENA.

Ley N°. 217-Ley general del medio ambiente y los recursos naturales

Art 25

Art 21 Las actividades que afecten a la salud por su olor, ruido o falta de higiene serán normados y regulados por el Ministerio de Salud

Art 30

sugiere el estado fomentara y estimulara el reciclaje de desechos domésticos y comerciales.

Art 129

Las alcaldías operarán sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos del Municipio.

Art 131

toda persona que maneje residuos peligrosos deberá saber las propiedades físicas y químicas de las sustancias.

Art. 25

sugiere que el Sistema de Evaluación Ambiental será administrado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales establece que, para el desarrollo municipal, se deberá contar con una evaluación ambiental previamente.

Art 26

Ley N°. 647 Ley de reformas y adiciones a la ley N°. 217, ley general del medio ambiente y los recursos naturales

Art 27

sugiere que se debe de contar con un permiso para la construcción en este caso de un relleno sanitario por partes de las autoridades competentes.

Art 33

sugiere que se debe contar con una Fianza ambiental, por cualquier contaminación que se pudiese hacer durante la ejecución del proyecto.

Art 7

Ley N.ª 40, ley de municipios

Establece que el municipio tiene el deber de promover la limpieza, la salud e higiene en la zona, así como también la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos

sólidos. Realizando limpieza en el drenaje y la eliminación de charcas. Hacer campañas para mantener la limpieza

Art. 16.

Son derechos y obligaciones de los pobladores del Municipio los siguientes:

- 1) Participar en la gestión de los asuntos locales
- 2) Contribuir económicamente a las finanzas municipales
- 3) Integrarse a las labores de protección del medio ambiente y de mejoramiento de las condiciones higiénicas

Decretos ejecutivos

Art 1

El objeto de estudios es establecer las disposiciones que regulan el sistema de evaluación ambiental de Nicaragua.

Art 17

se refiere a los proyectos, obras con un alto impacto ambiental, en la categoría II tenemos los rellenos sanitarios con un nivel de producción superior al 500,000 kg/día. Lo posiciona en el puesto número 52 de la lista.

Decreto ejecutivo N°. 76-2006
sistema de evaluación ambiental

Arto 22

Plazo Categoría II. El MARENA y en las Regiones Autónomas los Consejos Regionales dispondrán de un plazo máximo de diez días hábiles para la revisión preliminar de los documentos recibidos para los proyectos Categoría Ambiental II.

Arto 25	Certificación de Evaluadores Ambientales. Los Estudios de Impacto Ambiental serán elaborados por personas naturales o jurídicas debidamente certificadas por la Dirección General de Calidad Ambiental de MARENA
Arto 26	Proyectos Categoría Ambiental II. Se realizará por las Delegaciones Territoriales del MARENA y/o a las SERENAS de los Consejos Regionales autónomos, en coordinación con las Unidades de Gestión Ambiental y los municipios, en su caso. Los proyectos a los que se haya otorgado permiso ambiental que no sean ejecutados en un
Arto 28	plazo de dieciocho meses perderá su validez el
.-	Permiso Ambiental.
Arto 30.	El Permiso Ambiental otorgado a una Obra, Proyecto, Industria o Actividad, podrá ser objeto de cesión de derechos, previa autorización de MARENA.
Art 1	El presente Decreto tiene por objeto establecer las normas reglamentarias de carácter general para la gestión ambiental y el uso sostenible de los recursos naturales en el marco de la Ley N°. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.
Decreto ejecutivo N°. 9-96 Reglamento de la ley general del medio ambiente y los recursos naturales	

Art 25

El Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales dará a conocer a las Municipalidades involucradas, las condiciones bajo las cuales se otorga cada permiso ambiental, en un plazo máximo de 7 días hábiles después de emitido.

Art 62

El MARENA propondrá las normas fijando los valores de calidad de cada recurso, los cuales determinarán a su vez, los valores permisibles para vertidos y emisiones, considerando la capacidad de carga del ecosistema.

Art 81

La función de inspección ambiental estará a cargo de los inspectores ambientales debidamente acreditados por MARENA

Art 97

Establece que MARENA en coordinación con las alcaldías promoverá el reciclaje, la utilización y el reuso de los desechos sólidos no peligrosos.

Normas técnicas

Norma técnica N° NTON 05 013-01 Norma técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos

objeto

ámbito

aplicación

de

Establece que MARENA en coordinación con las alcaldías promoverá el reciclaje, la utilización y el reuso de los desechos sólidos no peligrosos.

La presente normativa será de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional, y para personas naturales y jurídicas, que realizan el

Criterios específicos	<p>manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos en rellenos sanitarios.</p>
	<p>Para la ubicación de todos los rellenos sanitarios se considerará la existencia de aguas superficiales, subterráneas.</p>
	<p>No se permitirá la ubicación de relleno sanitarios en suelos areno-gravosos.</p>
	<p>El sitio propuesto debe estar a una distancia mínima de 1,000 metros de las fuentes destinadas al abastecimiento de agua potable.</p>
	<p>La ubicación del terreno debe estar a una distancia no, menor de los 1,000 metros del perímetro de la ciudad o poblado.</p>
Criterios diseños	<p>de Previamente al diseño se deben realizar los estudios y diagnósticos de la situación actual y pronóstico de la situación futura.</p>
	<p>La producción per cápita (ppc) en el municipio y la densidad de los desechos, será analizado por el diseñador dependiendo de cada localidad y se tomará como parámetro de diseño.</p>
	<p>todo relleno sanitario debe contar con un Área de 20% como mínimo para estructuras adicionales tales como: vías de penetración, caseta de control, instalaciones sanitarias, sistemas de drenaje pluvial, caseta de pesaje,</p>

patio de maniobras, y rea para el tratamiento de los lixiviados.

El cálculo de la mano de obra requerida en la operación manual o mecanizada del relleno sanitario para conformar la celda deberá determinarse en función de la cantidad de desechos sólidos a disponer, el tipo y la disponibilidad del material de cobertura.

Todo relleno sanitario debe contar de una cerca perimetral y de seguridad, como mínimo a 1.70 m de alto, a partir del nivel del suelo.

Para drenar las aguas pluviales, se diseñarán las obras requeridas para los drenajes periféricos, drenajes internos, en función del tipo de celdas a utilizar a fin de minimizar (la producción de lixiviados.

Se debe garantizar la evacuación de los gases a través de chimeneas colocadas a una distancia entre ellas de 20 a 50 metros.

En el relleno sanitario con poblaciones urbanas mayores de 80,000 habitantes se instalará un sistema de pesa con báscula para los equipos de recolección.

Operación del MARENA a la operación del relleno sanitario, le daría seguimiento, verificando si el Relleno

procedimiento es correcto y los orientará en casos de mala operación.

El encargado del relleno sanitario indicará la vía de circulación de los vehículos recolectores.

Llevar un registro de pesaje o estimación de volumen.

Llevar el libro de registro de monitoreo y realizar un monitoreo ambiental, evaluando anualmente si el entorno no ha sufrido cambios drásticos.

En caso de que existan anomalías con los desechos y/o con los generadores se informará de inmediato a la Municipalidad y al MARENA.

Para los análisis de los desechos sólidos no peligrosos en el relleno sanitario y sus efluentes, se tomarán muestras representativas que permitan verificar las propiedades físicas y químicas de los mismos.

Se deben mantener en buenas condiciones las redes del drenaje pluvial y superficie del relleno.

Mantenimiento
del relleno

Recolectar los desechos llevados por el viento y disponerlos en las celdas para mantener limpias las Áreas adyacentes al relleno sanitario.

		<p>Se debe mantener las chimeneas en posición vertical, a medida que se eleva el nivel del relleno.</p> <p>Se deben limpiar los drenajes internos de los lixiviados.</p> <p>La cantidad de material de cobertura a utilizarse en una semana, debe disponerse en un sitio cercano al relleno.</p> <p>Se debe dar mantenimiento al relleno sanitario una vez finalizado su vida útil, teniendo cuidado con el asentamiento debido a la descomposición de los desechos.</p> <p>Antes de la clausura del actual relleno sanitario se debe contar con el nuevo relleno sanitario.</p> <p>Antes de proceder al cierre o clausurarse someter con anticipación de 2 años la propuesta del Gobierno Municipal.</p> <p>Las actividades de clausura deberán de iniciarse a los 30 días después de recibida la última cantidad de desechos sólidos no peligrosos.</p> <p>Establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento</p>
<p>Norma técnica N°. NTON 05 014-02-</p> <p>Norma técnica ambiental para el objeto</p> <p>manejo, tratamiento y disposición</p>	<p>Criterios</p> <p>generales para el</p> <p>cierre o clausura</p> <p>de los rellenos</p>	

final de los desechos sólidos no-peligrosos

y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente. Esta norma es de aplicación 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.

El servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, estará a cargo de las municipalidades.

Ámbito de aplicación

En los casos que la municipalidad no prestara el servicio de recolección, transporte y tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos a las industrias, estas deben realizar su propio manejo.

Responsabilidades del manejo de los desechos sólidos

El manejo de los desechos sólidos no peligrosos, debe obedecer a un programa establecido y cumplido por la municipalidad.

Entrenamiento y capacitación constante al personal que realiza el manejo de los desechos para una mejor prestación del servicio y cumplimiento de las medidas de seguridad que debe observar.

Tratamiento o procesamiento

Los tratamientos o procesamientos deben realizarse con el fin de proteger la salud y el

		<p>medio ambiente, así como reducir los volúmenes de los desechos, sin perjuicio de recuperar materiales reutilizables y generar subproductos: Biogás, compost, humus, energía, Otros de interés.</p> <p>Los desechos sólidos no peligrosos que se utilicen para la realizar el reciclaje no deben poner en riesgo la salud y el ambiente.</p> <p>Para realizar el proyecto de reciclaje, reutilización y aprovechamiento de los desechos sólidos no peligrosos, se debe realizar un análisis, evaluando los siguientes aspectos:</p> <p>Volumen y tipo de desecho sólido que se desea reciclar.</p> <p>Aspectos ambientales a considerar y cumplir.</p> <p>Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento del sistema de reciclaje.</p>
<p>Norma técnica N°. NTON 05 015-02- Norma técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos</p>	<p>Objeto</p>	<p>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.</p>

	En toda instalación donde se realice tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos debe existir un área de almacenamiento temporal.
critérios para el almacenamiento temporal	<p>Estar separada de las áreas: de producción, servicio, oficinas y de almacenamiento de materias primas.</p> <p>Estar techada, ventilado y ubicada donde no haya riesgo de inundación y que sea de fácil acceso.</p>
disposición final de residuos sólidos peligrosos	<p>Estar dotada con extintores según lo establezca la normativa del ente regulador.</p> <p>Contar con muros de contención lateral y posterior con una altura mínimo de 50 cm para detener derrames.</p> <p>Cada tipo de residuos sólidos peligrosos deberá ser almacenado en contenedores separado, debidamente tapados y rotulados</p> <p>El acceso al área de almacenamiento solo se permitirá al personal responsable de estas actividades</p> <p>Tener una capacidad mínima de siete veces el volumen promedio de residuos sólidos peligrosos.</p>

Disposiciones

para la recolección y transporte

En las rutas de transporte de residuos sólidos peligrosos deben evitarse las vías de mayor tránsito.

Aceptar residuos cuya recepción no esté asegurada por una planta de tratamiento y/o disposición final.

solo podrán recolectarse los residuos que cumplan con el etiquetado o rotulado.

El cajón del camión debe cerrarse con llave, manteniéndose esta condición durante su transporte.

Los residuos sólidos peligrosos no deberán ser compactados durante su recolección y transporte.

Los residuos sólidos peligrosos Biológico Infecciosos y de origen industrial deberán ser recolectados y transportados por separados.

14. Propuesta técnica legal

14.1. Sistema de recolección y transporte

El sistema de recolección y transporte en cuanto a macro; y microruteo deberá de considerar abarcar nuevos barrios del casco urbano de San Juan de Limay, teniendo algunas consideraciones o criterios técnicos como es el caso del Macroruteo, que se deberá el primer paso es dividir el casco urbano de acuerdo con los mapas actuales del municipio, por lo tanto, se deberá hacer pruebas para corroborar el tiempo y el tipo de zona, topografía; y el tipo de residuos que generan durante una semana, se deberá trabajar en un plano para uso de los conductores de los camiones de recolección.

De acuerdo al microruteo se deberá tener en cuenta la frecuencia del viaje hacia el vertedero de San Juan de Limay, con el fin de que estos residuos no permanezcan mucho tiempo en los sitios de espera, se deberá considerar la topografía de lugar, cantidad de los residuos, caminos en mal estado, se deberá minimizar las vueltas en u, el tipo de contenedor, deberá ser ligero para su posterior almacenamiento en el camión. Los camiones compactadores deberán revisar periódicamente para evitar la acumulación de residuos sólidos en aceras y en sitios baldíos, tener en consideración un camión de reserva para la recolección semanal de los residuos sólidos en San Juan de Limay.

Con respecto a los equipos de recolección y transporte, se sugiere que, siempre que sea factible (por las características físicas y poblacionales de la localidad), se empleen vehículos con carrocerías de gran capacidad, provistos de compactadoras para abatir los costos de recolección. Se debe tener presente que no siempre es adecuado el uso de vehículos especializados para la recolección de los residuos sólidos, ya que no en todos los casos el trazo urbano brinda las facilidades de acceso, penetración, maniobrabilidad y pendiente, requeridas para la utilización y máximo aprovechamiento de tales vehículos (Vuelvas & Medina, 2004).

Figura 6

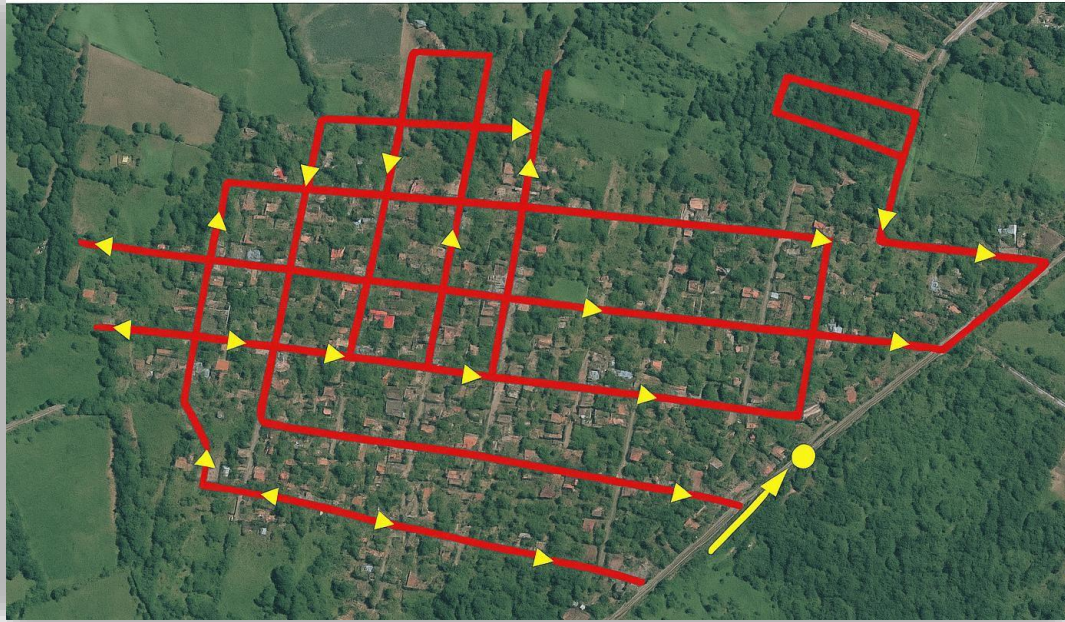
Mapa de macro ruteo del casco urbano de San Juan de Limay



En la figura 5 (mapa de macro ruteo del casco urbano de San Juan de Limay) se plantea a cobertura al 100 % del casco urbano de San Juan de Limay, dejando como resultado los días martes de recolección y transporte de residuos sólidos los sectores 1 y 2. De igual manera los sectores 4 y 3 se recolectarán los días viernes hacia el vertedero municipal. Con esta propuesta se hace una integración de todos los barrios del casco urbano, para la minimización de impactos negativos ambientales.

Figura 7

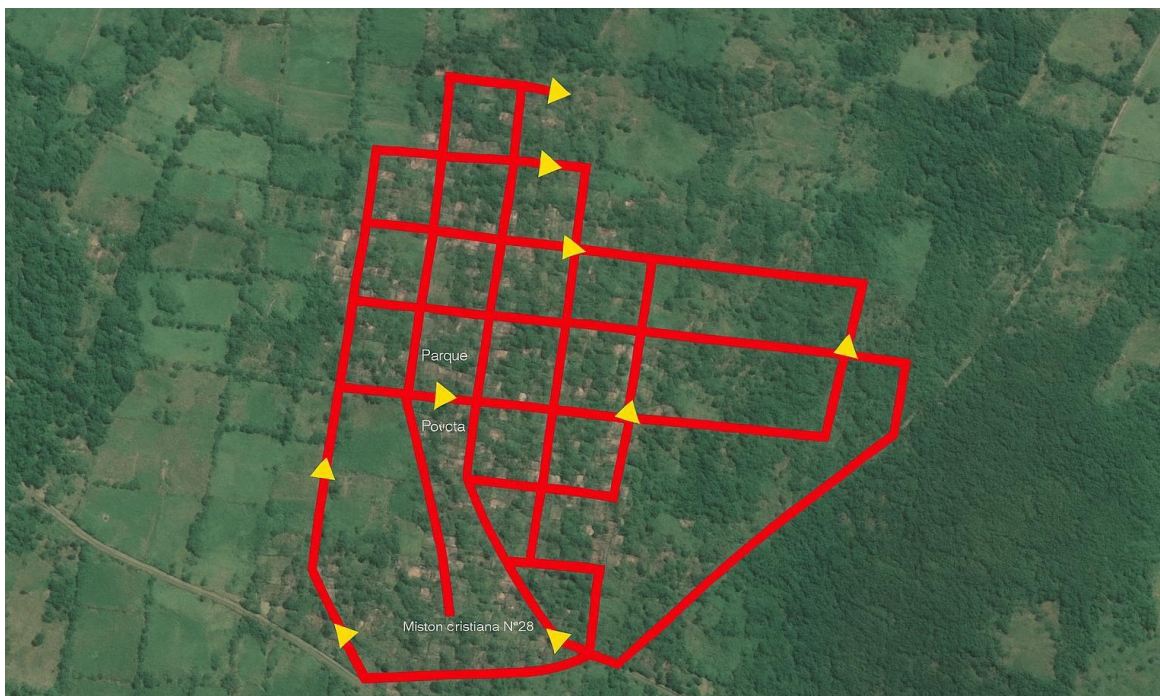
Mapa de micro ruteo 3 Y 4 del casco urbano de San Juan de Limay



En la figura 7 (mapa de micro ruteo del casco urbano de San Juan de Limay) se muestran las rutas de recolección de los residuos sólidos dentro del casco urbano de San Juan de Limay. Las vías fueron definidas a partir de un estudio a partir de una propuesta de microruteo, considerando la cantidad de casas existentes en los sectores 3 y 4, se consideró el tipo de vía y volumen promedio de generación de residuos, por otra parte, se estudió la parte de accesibilidad para los camiones recolectores, cada tramo recorrido fue analizado para minimizar tiempo, ahorrar combustible y asegurar la cobertura total de los sectores.

Figura 8

Mapa de micro ruteo de los sectores 1 y 2 del casco urbano de San Juan de Limay



En la figura 8 (mapa de micro ruteo del casco urbano de San Juan de Limay) representa la recolección óptima de los camiones relectores dentro del área urbana de San Juan de Limay. El diseño de rutas considera la movilización vial, puntos críticos de la recolección de residuos, la distancia del vertedero hacia las frecuencias de recolección, todo este resultado permitirá una gestión más eficiente dentro del plan municipal y sostenible dentro del área urbana.

14.2. Planta de tratamiento de residuos sólidos

El diseño de la planta de tratamiento de residuos sólidos, en el casco urbano de San Juan de Limay, la cual el objetivo principal es reducir el volumen de residuos sólidos que llegara al relleno sanitario, logrando así aumentar la vida útil. Esta dimensionada para albergar residuos durante 20 años, tomando en cuenta el aumento de la población, se realizó un ajuste de las áreas de la planta en un aumento del 3 % de los residuos sólidos .De igual manera poder reutilizar los residuos que puedan ser seleccionados, para un aprovechamiento posterior como es el plástico, papel y cartón, por lo tanto, estos se podrán reutilizar en la elaboración

de nuevos productos, que no solo minimizaran los impactos ambientales negativos, sino que también serán de un alto valor económico, que podrá ser utilizado para la operación a futuro de dicha planta.

La planta contará con tres zonas distribuidas para una mayor operación, tendremos una zona de residuos con un área de 1660 m², zona administrativa con 325 m², zona de servicio 655 m², zona verde con 3000 m² y zona de almacenamiento 225 m². Posteriormente una disposición final como la construcción de un relleno sanitario para los desechos no aprovechables. A continuación se describe el proceso dentro de la zona de residuos de la planta de residuos sólidos urbanos.

14.2.1. Área de zona de residuos

Recepción y descarga

se habilitará un área de recepción y descarga de 200 m², donde serán descargados los residuos sólidos del casco urbano de San Juan de Limay, dicha área se calculó tomando en cuenta la cantidad de residuos que se recolectan por cada sector, la cual es de 48 m³, por lo tanto, se tendrá un volumen de 96 m³ por los cuatro sectores del casco urbano, determinándose una altura de 6 m, esta será el primer ambiente dentro de la zona de residuos. Se propone esta área de acuerdo a la cantidad de residuos que se aumentará en un periodo de 20 años, la cual está diseñada para permitir la descarga y maniobra eficiente de los camiones recolectores. En esta área los residuos sólidos urbanos son depositados mediante el uso de un pequeño tractor hacia una banda giratoria o triaje primario.

Área de preselección

Esta tendrá un área de 100 m², luego de pasar por el área de recepción y descarga, todos los residuos del casco urbano, se procederá a su preselección manualmente, es decir se realizará la identificación de residuos más grandes y peligrosos, lo cual los operarios apartarán previamente antes de llegar a esta área de clasificación. En esta etapa se puede separar

materiales como baterías, ramas, electrodomésticos, envases agroquímicos que puedan dañar a la planta y estos eran transportados mediante una banda giratoria o triaje primario, que es el primer paso de la preselección, de igual manera se trabajará iniciando la separación básica de elementos orgánicos, reciclables y no reciclables.

Área de clasificación

Esta área tendrá 300 m², esta dimensión está relacionada al uso de la misma por más de 20 años, una vez hayan ingresado los residuos del área de preselección, la cual será transportada por una cinta o mesas de trabajos, donde los operarios de la planta las separaran manualmente de acuerdo a su composición, ya sea orgánico o inorgánicos, aprovechable o no aprovechable, mediante la iniciación del proceso, se procede a darle una segunda vida útil a los diferentes residuos que ingresan a la planta. En esta cabina de triaje primario, se sitúan diferentes operarios que van separando o clasificando los diferentes residuos, y a través de tolvas los van clasificando según su composición como material PET(plásticos de baja densidad), cartón, polietileno o polipropileno.

Una vez que estos residuos salen del triaje primario avanzan hacia una criba giratoria llamada trómel, la cual tiene diferentes agujeros de maya de 80 mm, con diámetros diferenciados, y lo que hace es separar la materia orgánica que traen estos residuos y esta se destina luego hacia el área de compostaje. Tendremos en esta etapa un equipo de clasificación automática de residuos, para obtener una mejor clasificación, en esta podemos clasificar los PET (plásticos de baja densidad), cuando el detector infrarrojo detecta que hay un envase PET (plástico de baja densidad) como botellas de agua, gaseosa, jugos, envases de producto de limpieza, al final de esta cinta se encuentran unas válvulas soplantes, que absorben estos materiales y son transportados hacia otras cintas.

El siguiente proceso de estos residuos, después de pasar por la cabina de triaje primario, en el cual se sitúan diferentes operarios que van separando o clasificando los diferentes residuos, y a través de tolvas los van clasificando según su composición como material PET (plástico

de baja densidad), cartón, polietileno o polipropileno. Luego estos residuos pasan por un electroimán que extrae los materiales férricos como aluminio, envases de contenedores metálico pequeños. Después de pasar por el triaje secundario, estos residuos pasan por un separador de inducción o también llamado Foucault, donde se separan los metales no férricos para su posterior reciclaje.

Área de tratamientos reciclables

En esta área de 200 m² los residuos sólidos de gran tamaño que se separan en el área de clasificación, como cartón de gran tamaño, bolsas plásticas grandes, los cuales son llevados hacia las prensas que minimizaran su volumen, formando pacas en formas de cuadros para ser transportadas fácilmente. Los electrodomésticos son separados debido a su alta peligrosidad por contener gases u otros químicos, los cuales a estos después de pasar un tratamiento de separación de estos materiales peligrosos, son tratados mediante una trituradora que los convierte prácticamente en polvo, que luego este material será depositado en el relleno sanitario.

Todos los films, los cuales son láminas delgadas de plástico que pueden estar hecha de cualquier tipo de polímero, entre los más comunes tenemos: PEBD (polietileno de baja densidad), los PEAD (plásticos de alta densidad), los PP (polipropileno) y los PVC (Policloruro de Vinilo) o PET (plásticos de baja densidad). Estos residuos son transportados hacia las prensas para su posterior comercialización. Cabe aclarar que las plantas de tratamiento de residuos no son 100 % eficaces, debido a que es difícil la separación de todos estos residuos, por lo cual la clasificación desde los domicilios o fuentes, es necesario la clasificación de residuos hacia los diferentes contenedores, para que una vez son descargados en las plantas de tratamiento, pueda haber un mejor proceso con más eficacia.

Área tratamientos no reciclables

Esta área contara con un área de 160 m² lo cual los residuos que no han sido clasificados ni por el imán, operarios o foucault, pasan otra vez por otro óptico, para recuperar materiales que no se hayan podido sacar desde los otros procesos, estos pueden pasarse hasta unas tres

veces, porque al final mientras menos residuos transportemos hacia el relleno sanitario, mejor será la eficiencia de la planta y tendremos menos impacto negativo hacia el medio ambiente. Cabe recalcar que teniendo un plan de manejo de residuos sólidos urbanos y una aplicación rigurosa de las leyes que regulan la disposición de los residuos sólidos peligrosos o no peligrosos, estaremos minimizando en gran porcentaje la utilización de la planta de tratamiento, la cual es impacto económico para el municipio de San Juan de Limay.

Área de tratamiento orgánico (compost)

Esta área con una superficie de 400 m² llegan los restos de fracción que pasan a través del tromel, las cuales son depositadas mediante pilas que duran hasta una semana en la subárea de pilas de compost, luego pasan a los pasillos de volteo, las cuales se están removiendo constantemente para su debida oxigenación. Posteriormente este se pasa por diferentes cribas para retirar más materiales impropios o que no pertenecen a la parte orgánica, en la subárea de material estructurante, la cual se tamiza para su comercialización en abonos agrícolas. Los demás materiales restantes del proceso de compostajes son transportados hacia el relleno sanitario.

Área de almacenamiento

En esta área de 300 m², son depositadas las distintas pacas de residuos reciclados para su posterior comercialización, entre ellas tenemos las pacas de acero y aluminio, pacas de PET (plásticos de baja densidad), pacas de plástico de diferentes mezclas, es decir formado por diferentes plásticos como poliestireno, polipropileno, PVC (Policloruro de Vinilo) u otros tipos de plástico. En las pacas de PEAD (plásticos de alta densidad), que son plásticos de alta densidad, una vez transportadas, son envidas con las etiquetas de los envases, los tapones y diferente suciedad. Todas estas pacas se fijan con un alambre para su transporte.

14.2.2. Tecnologías utilizadas en Zona de residuos sólidos

La maquinaria utilizada en la planta de tratamiento de San Juan de Limay, ha sido previamente preseleccionada de acuerdo al tipo y volumen de residuos del casco urbano, así como también un sobredimensionamiento por el aumento poblacional, lo que evitara la

descarga de residuos sólidos en sitios no autorizados, contando con una aceptación de residuos que se lleguen de lugares aledaños.

A continuación presentamos el orden de las maquinarias a utilizar en la planta de tratamiento de residuos sólidos en el municipio de San Juan de Limay, cada una presenta el recorrido que harán los residuos sólidos dentro de la planta y como estos se irán seleccionando de acuerdo a sus características de cada residuo, plástico de alta y baja densidad, cartón, madera, metal, papel, aluminio, cada uno de ellos representa un valor comercial y el resto que no haya sido seleccionado durante este proceso se llama rechazo y este va directo al relleno sanitario.

Cintas transportadoras

En la planta de tratamiento se utilizará las cintas transportadoras a lo largo de casi toda la instalación, con el fin de transportar los residuos sólidos hacia las distintas áreas de lugar, agilizando el proceso de preselección. Estas son de gran importancia y uniendo casi todas las maquinarias a utilizar, dirigiendo a los residuos a los diferentes procesos en el interior de la planta.

Cabina de clasificación

Es utilizada para la separación manual de los residuos sólidos, clasificándolos en reciclables y no reciclables, se pueden contener hasta 8 operarios en conjunto de cintas transportadoras, que el material seleccionado será reutilizado para su posterior comercialización.

trómel

Posteriormente usaremos un trómel, maquinaria utilizada para separar materia orgánica de los demás residuos, este cuenta con distintas ranuras o diámetros, la cual por medio de vibración separa la mayor parte de la parte orgánica contenida en el conjunto de residuos en general. Son maquinarias de menos costos y son de gran ventaja al integrarlas al sistema dentro de la planta de tratamiento, sus cribas giratorias cuentan con un diseño excepcional, con parámetros como su inclinación, apertura de sus orificios y se usa la fuerza de gravedad para separar residuos de gran tamaño, mientras las partículas finas pasan por sus aberturas, las cuales este residuo orgánico pasa al área de compostaje.

Separador óptico

Su principal función es separar residuos como envases, vidrio, madera, cartón, gran parte de los residuos que no son calificados en la cabina, se pueden recuperar con este separador de luz infrarroja, que utiliza sensores que identifican los residuos.

Electroimán

Los electroimanes son colocados en la cinta transportadora, separando acero y aluminio, estos desempeñan un papel mu crucial en la planta de tratamiento de residuos sólidos maximizando su potencialidad y rentabilidad contribuyendo significativamente a la gestión sostenible de los materiales.

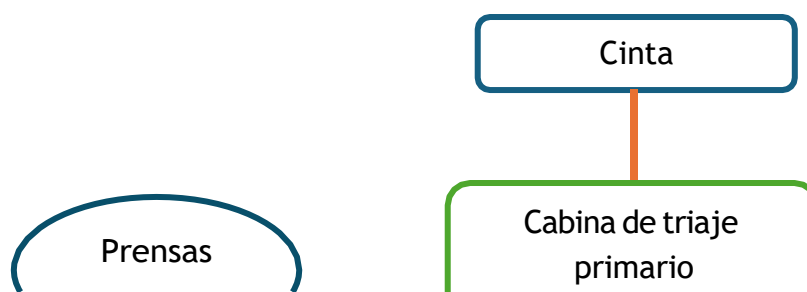
Separador por inducción o también llamado Foucault

Este separa los metales no férricos del resto de los residuos sólidos, consiste en un tambor inductor que gira a velocidad, cuando el residuo pasa por este, mediante un efecto de repulsión es separado de los demás residuos del ante del tambor de foucault. Puede separar el aluminio, latón. zinc y el cobre, este efecto hace que estos residuos salten por los campos magnéticos inducidos.

Prensas o compactadoras

Las prensas son utilizadas para reducir el volumen de los materiales como plástico, papel y cartón, son útiles para todo tipo de plástico como PET, HDPE, film, plástico rígido o plásticos mezclados. Son de gran importancia en una planta de residuos sólidos, por que permiten la compactación de cada residuo, la cual se necesitará una compactadora por cada tipo de residuos que se seleccione dentro de la planta.

14.2.3. Diagrama de planta de tratamiento de residuos sólidos





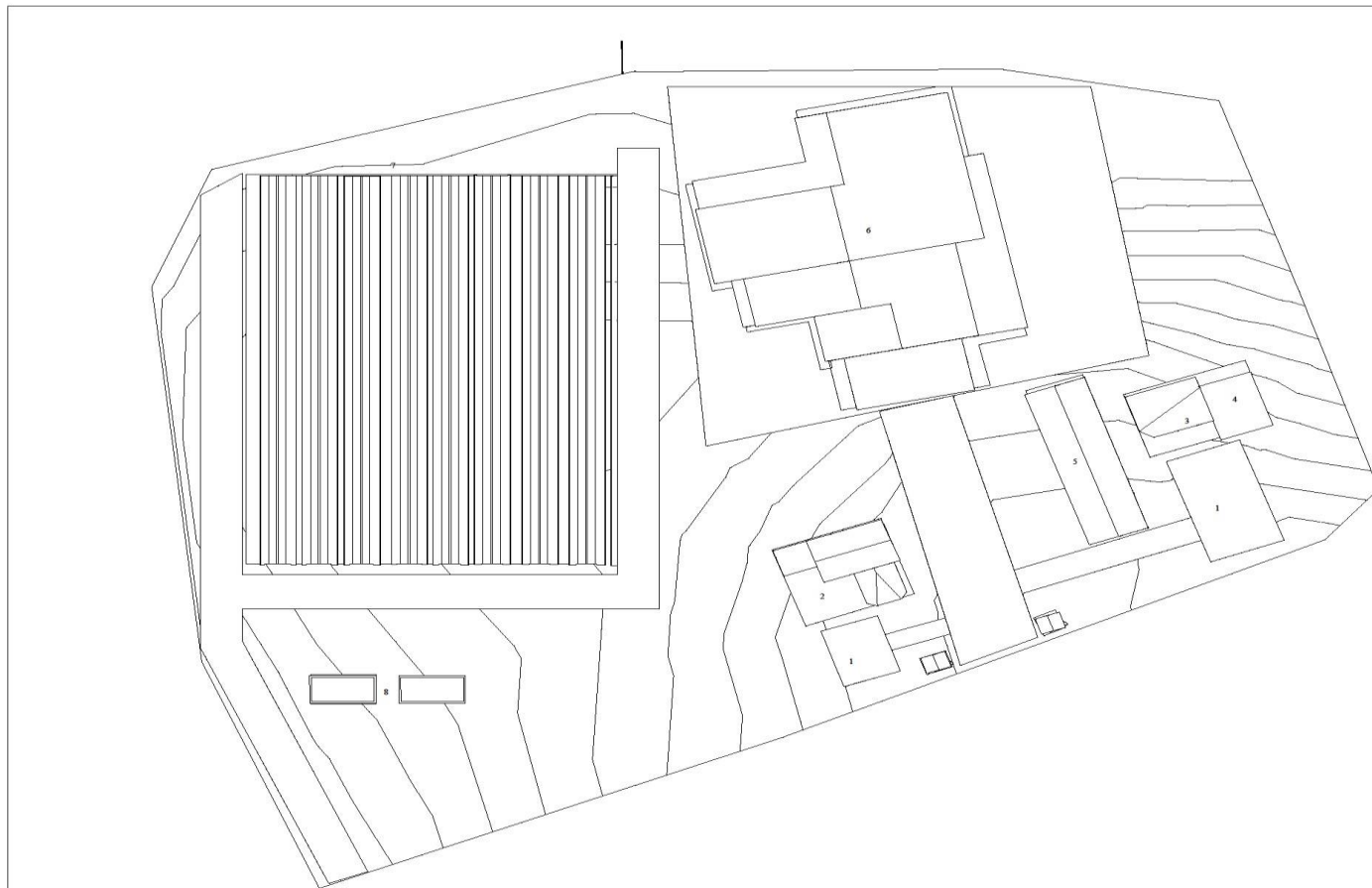
Prensas
(aluminio)

Relleno sanitario

Tabla 7
programa arquitectónico de planta de tratamiento

PROGRAMA ARQUITECTÓNICO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS					
ITEM	ZONA	AMBIENTE	CANTIDAD	ÁREA	UNIDAD DE MEDIDA DEL ÁREA
1	ZONA DE RESIDUOS	ÁREA DE RECEPCIÓN Y DESCARGA	1	200	m ²
		ÁREA DE PRESELECCIÓN	1	100	m ²
		ÁREA DE CLASIFICACIÓN	1	300	m ²
		ÁREA DE TRATAMIENTOS ORGANICOS (COMPOST)	1	600	m ²
		ÁREA DE TRATAMIENTOS RECICLABLES	1	200	m ²
		ÁREA DE TRATAMIENTOS NO RECICLABLES	1	160	m ²
		ÁREA DE ALMACENAMIENTO	1	300	m ²
2	ZONA ADMINISTRATIVA	ESTACIONAMIENTO VEHICULAR (ÁREA ADMINISTRATIVA)	1	250	m ²
		OFICINA DE ADMINISTRACIÓN + BAÑO PRIVADO	1	25	m ²
		OFICINA DE SECRETARIA + BAÑO PRIVADO	1	25	m ²
		SALA DE CONFERENCIAS	1	45	m ²
		OFICINA DE RECURSOS HUMANOS + BAÑO PRIVADO	1	25	m ²
3	ZONA DE SERVICIO	COMEDOR	1	150	m ²
		SERVICIOS SANITARIOS	1	90	m ²
		VESTIDORES	1	90	m ²
4	ZONA VERDE	ÁREAS VERDES (25% DE ÁREA DEL TERRENO)	1	3000	m ²
5	ZONA DE MANTENIMIENTO	ÁREA DE MANTENIMIENTO (UNA POR CADA ZONA)	1	40	m ²
		ÁREA DE LIMPIEZA (UNA POR CADA ZONA)	1	15	m ²
		BODEGA (UNA POR CADA ZONA)	1	20	m ²
		ÁREA GENERAL DE P.E (AISLADA)	1	50	m ²
		ÁREA DE CUARTO DE BOMBAS Y CISTERNAS	1	50	m ²
		ÁREA DE MAQUINARIAS	1	50	m ²

14.2.4. Plano de conjunto- planta de desechos sólidos San Juan de Limay



PLANO DE CONJUNTO A ESCALA DE GRISES
ESCALA: 1 : 350

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA, MANAGUA, NICARAGUA CUR-Esteli	CARRERA Y AÑO:
	INGENIERIA AMBIENTAL V

NOTAS:
 NOTAS GENERALES. ESTOS PLANOS ESTÁN PROTEGIDOS POR LA LEY DEL COPYRIGHT VIGENTE EN NICARAGUA Nº 31, LA CUAL PROHIBE LOS DERECHOS DE AUTOR DE LOS INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO Y DISEÑO DE ESTE PROYECTO ARQUITECTÓNICO. ESTOS PLANOS NO SE PUEDEN AL TERZAR, COPIAR, ROBAR, SIN PERMISO ESCRITO DEL PROPIETARIO.

NOTAS DE DISEÑO: EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS, EN EL CANTÓN URBANO DE SAN JUAN DE LIMAY, LA CUAL SU OBJETIVO PRINCIPAL ES REDUCIR EL VOLUMEN QUE LLEGARA AL RELLENO SANITARIO, LOGRANDO ASÍ AUMENTAR LA VIDA ÚTIL, ESTA DIMENSIONADA PARA ALBERGAR RESIDUOS DURANTE 20 AÑOS, TOMANDO EN CUENTA EL AUMENTO DE LA POBLACION, SE REALIZO UN ANÁLISIS DE LAS ÁREAS DE LA PLANTA EN UN AUMENTO DEL 30% DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE SIGUIENTE MANERA PODEMOS REUTILIZAR LOS RESIDUOS QUE SE PUEDAN SER RE-CONSUMIDOS PARA UN APROVECHAMIENTO POSTERIOR COMO ES EL CASO DE LOS PAPELES Y CARTONES POR LO TANTO, ESTOS SE PODRAN REUTILIZAR EN LA ELABORACION DE NUEVOS PRODUCTOS, QUE NO SOLO MENORZAN LOS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS, SINO QUE TAMBIÉN SERÁN DE UN ALTO VALOR ECONOMICO, QUE PODRA SER UTILIZADO PARA LA OPERACION Y FUTURO DE DICHA PLANTA.

LEGENDA:
 ZONIFICACION DE ESTACIONAMIENTO
 AREA ADMINISTRATIVA
 1. CERRADOR
 4. VENTILADORES Y SERVICIOS SANITARIOS
 5. AREA DE MANTENIMIENTO
 6. PLANTA CENTRAL DE TRATAMIENTO
 7. TERRETERAS
 8. CANAL DE LLEVADORS

PROYECTO:
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

CONTENIDO:
 PLANTA DE CONJUNTO ARQUITECTONICA

DISEÑANTES:
 LUIS MOISES HERNÁNDEZ PORTILLO
 DANY JOSÉ BENAVIDEZ PÉREZ

REVISOR:
 DR. VERONICA LISBETH RUIZ
 ARQ. EDUARDO JESÚS PARRALES C.
 ING. OSCAR RAFAEL LANUZA LANUZA
 ING. MARLA KAROLINA CORRALES V.
 ING. LUIS MIGUEL VELÁZQUEZ B.

UBICACION:
 ESTELI - SAN JUAN DE LIMAY

COMPONENTE:
 INTEGRADOR IX

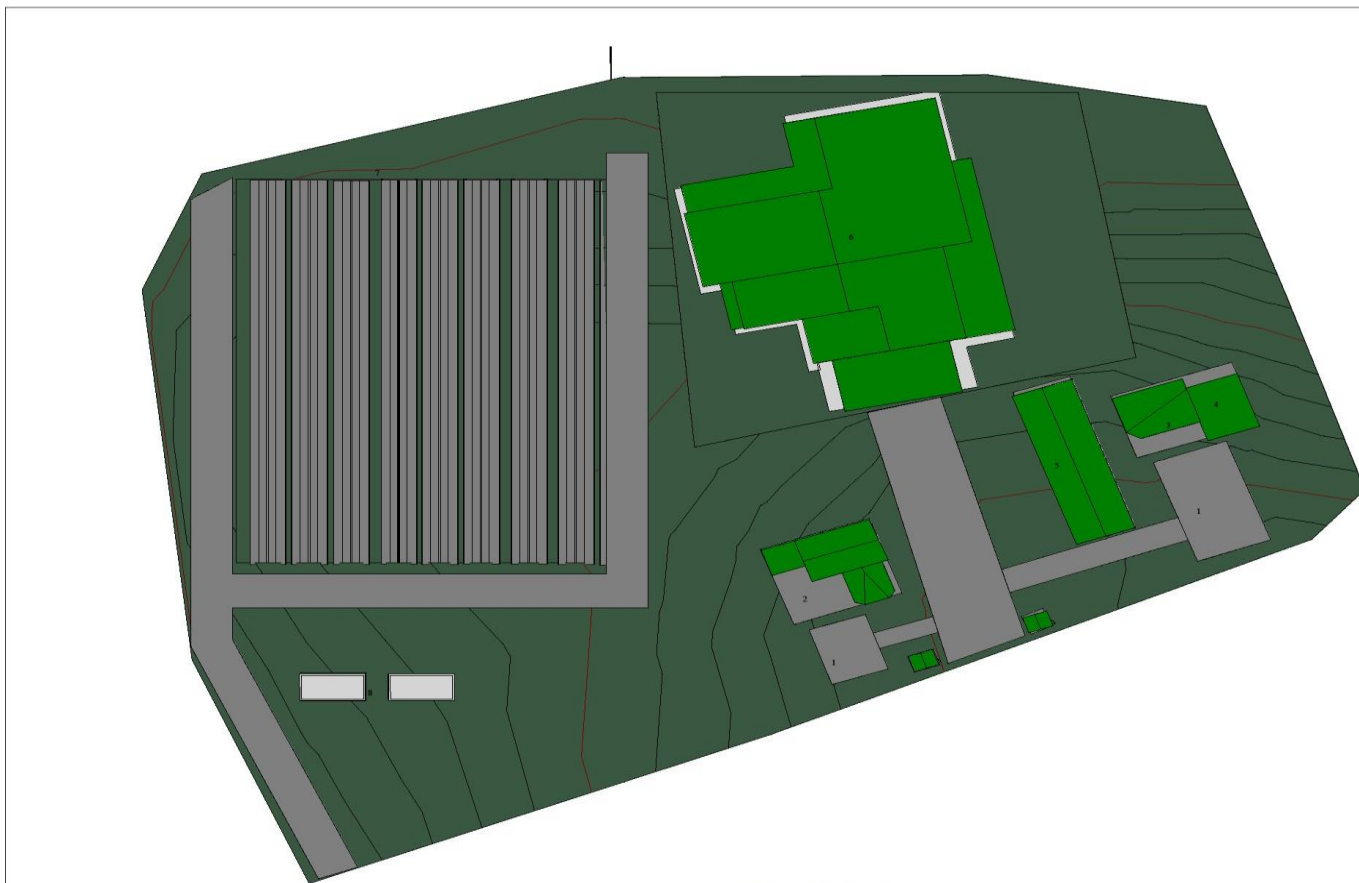
ESCALA:
 1 : 350

FECHA:
 08 DE JUNIO 2025


GRUPO:
 #3

A101
 A107

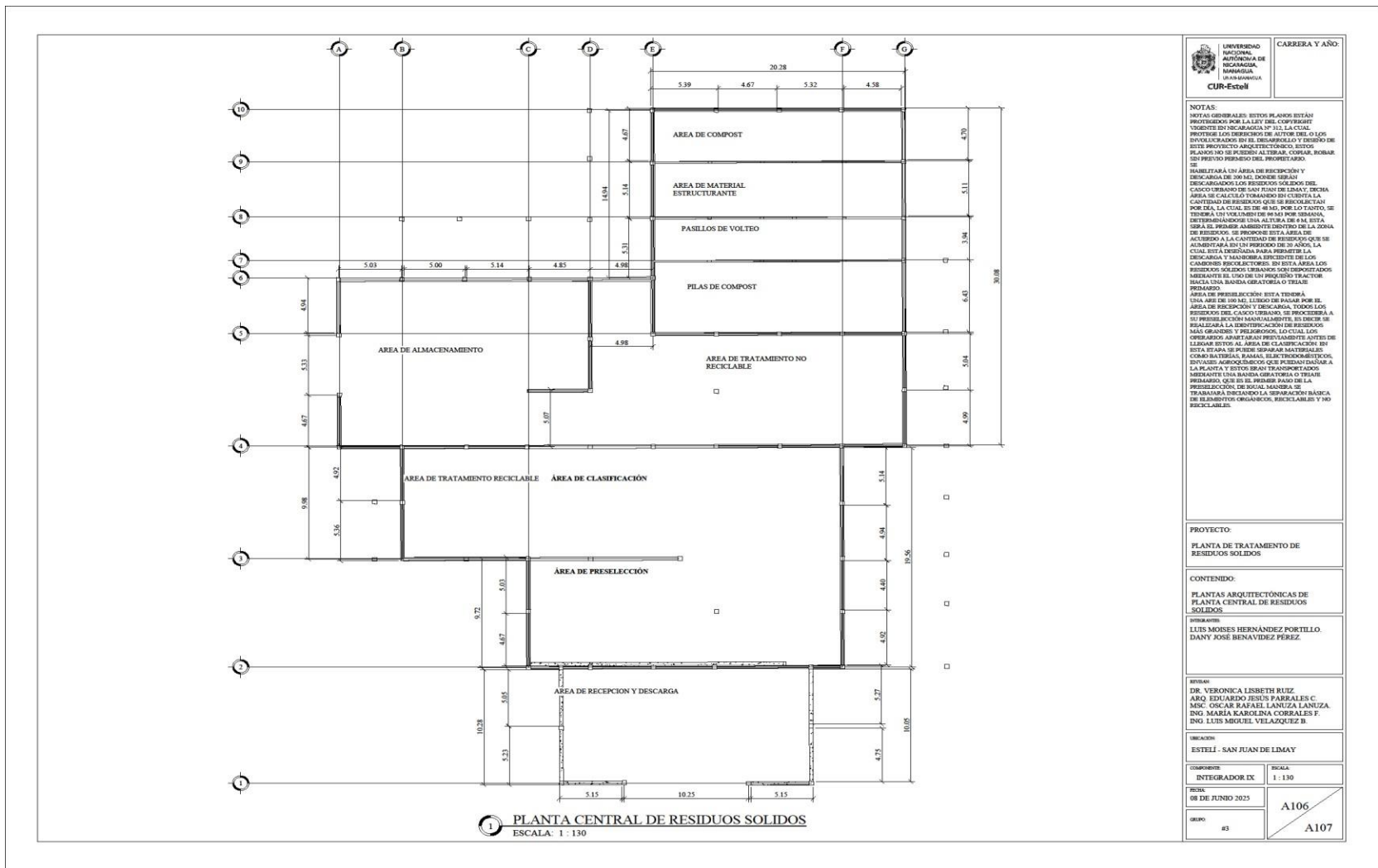
14.2.5. Plano de conjunto- planta de desechos sólidos San Juan de Limay



1 PLANO DE CONJUNTO
ESCALA: 1 : 350

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA BOGOTÁ COLOMBIA CUR-Estel	CARRERA Y AÑO:
	INGENIERIA AMBIENTAL V
NOTAS: NOTAS GENERALES: ESTOS PLANOS ESTÁN PROTEGIDOS POR LA LEY DEL COPYRIGHT PROTEGIENDO LOS DERECHOS DE AUTOR DEL O LOS INVALIDANDO EN EL DISEÑO, LO Y DISEÑO DE ESTE PROYECTO. LA REPRODUCCIÓN DE ESTOS PLANOS NO SE PUEDE REALIZAR, COPIAR, ROBAR, ENTREVISTAR NI PLAGIAR AL PROPIETARIO.	
NOTAS DE DISEÑO: EL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS, EN EL CASO URBANO DE SAN JUAN DE LIMAY, LA CUAL SU OBJETIVO PRINCIPAL ES DE REDUCIR EL VOLUMEN QUE SE LLEGA AL RELLENO SANITARIO, LA GRAN PARTE DE LA VIDA ÚTIL. ESTA DIMENSIONADA PARA ALBERGAR RESIDUOS DURANTE 20 AÑOS, TOMANDO EN CUENTA EL ALZAMIENTO DE LA POBLACIÓN, SE REALIZÓ UN AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA EN UN ALZAMIENTO DEL 1% DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA MANERA COMO SE REUTILIZAN LOS RESIDUOS QUE PUEDAN SER SELECCIONADOS PARA EL APROVECHAMIENTO POR TENER COMO USOS PLANTA Y PAPEL, TAMBÉN POR LO TANTO, ESTOS SE PODRÁN REUTILIZAR EN LA ELABORACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS, QUE NO SOLO MENOSABAN LOS IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS, SI NO QUE TAMBIÉN SERÁN DE UN ALTO VALOR ECONÓMICO, QUE PODRÁ SER UTILIZADO PARA LA OPERACIÓN A FUTURO DE DICHA PLANTA.	
LEGENDA DE 1. ESTACIONAMIENTO 2. AREA ADMINISTRATIVA 3. CORREDOR 4. VISITADORES Y SERVICIOS SANITARIOS 5. AREA DE MANTENIMIENTO 6. PLANTA CENTRAL DE TRATAMIENTO 7. TRINCHERAS 8. CANAL DE LIXIVIADOS	
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS	
CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO DE Techo	
OTROS AUTORES: LUIS MOISES HERNÁNDEZ PORTILLO DANY JOSE BENAVIDEZ PEREZ	
REVISOR: DR. VERONICA LISBETH RUIZ ABO. EDUARDO JESUS PARRALES C. MSc. OSCAR RAFAEL LANUZA LANUZA ING. MARIA KAROLINA CORRALES F. ING. LUIS MIGUEL VELAZQUEZ B.	
UBICACION: ESTELI - SAN JUAN DE LIMAY	
CONDOMINIO: INTEGRADOR IX	ESCALA: 1 : 350
FECHA: 08 DE JUNIO 2025	A102 A107
GRUPO: #3	

14.2.6. Plano de planta central de residuos - planta de desechos sólidos San Juan de Limay



Plano de área Administrativa

El plano del área administrativa, contempla una oficina de secretaria más baños con 25 m², la cual está diseñada para la colocación de mobiliarios fijos y móviles, archivadores, estantes, libreros y cuenta con la debida circulación del personal que laborara en esta sección. De igual manera cuenta con una oficina de recursos humanos más baños con un área de 25 m², con capacidad para dos personas, incluyendo capacidad de sillas, escritorios y se utilizará para recibir a los obreros que laboraran en la planta de tratamiento de residuos sólidos. Por otro lado, tenemos a la oficina de administración más baño con un área de 25 m², la cual contara con dos escritorios, mobiliario, máquinas, archivadores, y estas tres áreas contarán con servicios sanitarios únicamente para el personal del área, con capacidad para cuatro personas.

De igual manera contara con un auditorio contando con área de 45 m², con capacidad para 40 personas, destinadas para estudiantes, universitarios, población y autoridades municipales que visitaran la planta de tratamiento, con el fin de brindar charlas sobre el tratamiento de dichos residuos y conocer a detalle las diferentes áreas que contempla la planta. Además, contara con servicios sanitarios en la parte posterior del área administrativa, destinada únicamente para visitantes. Cabe señalar que la distribución de estas áreas está diseñada a partir de la capacidad de obreros que trabajaran en la planta, además contara con un parqueo únicamente para albergar los vehículos de los visitantes. Además, contara con un estacionamiento vehicular propio para esta área de 250 m².

Plano de área de servicios

El plano de áreas de servicios detalla con exactitud un comedor amplio de 150 m² en conjunto con una cocina. Cabe resaltar que el área de comedor será exclusivamente para todo el personal de la planta y para los visitantes; y la cocina está colocada en un sitio perfecto para distribuir los alimentos, evitando contaminación del exterior, diseñado a partir de proteger la salud del personal, que a su vez contempla al lado posterior con un vestuario y servicios sanitarios con 180 m². De igual manera contara con un parqueo para utilización de los obreros y personal de cocina.

Cada espacio en el interior de esta área, la cual estará distribuido, con el fin de garantizar la funcionalidad, higiene y seguridad de los obreros, diseñando un espacio para mujeres y otro espacio para hombres, asegurando que los flujos de trabajo sean eficientes y que cumplan con los requerimientos de espacios según normativas de diseño. También contará con un estacionamiento vehicular para los obreros con 250 m².

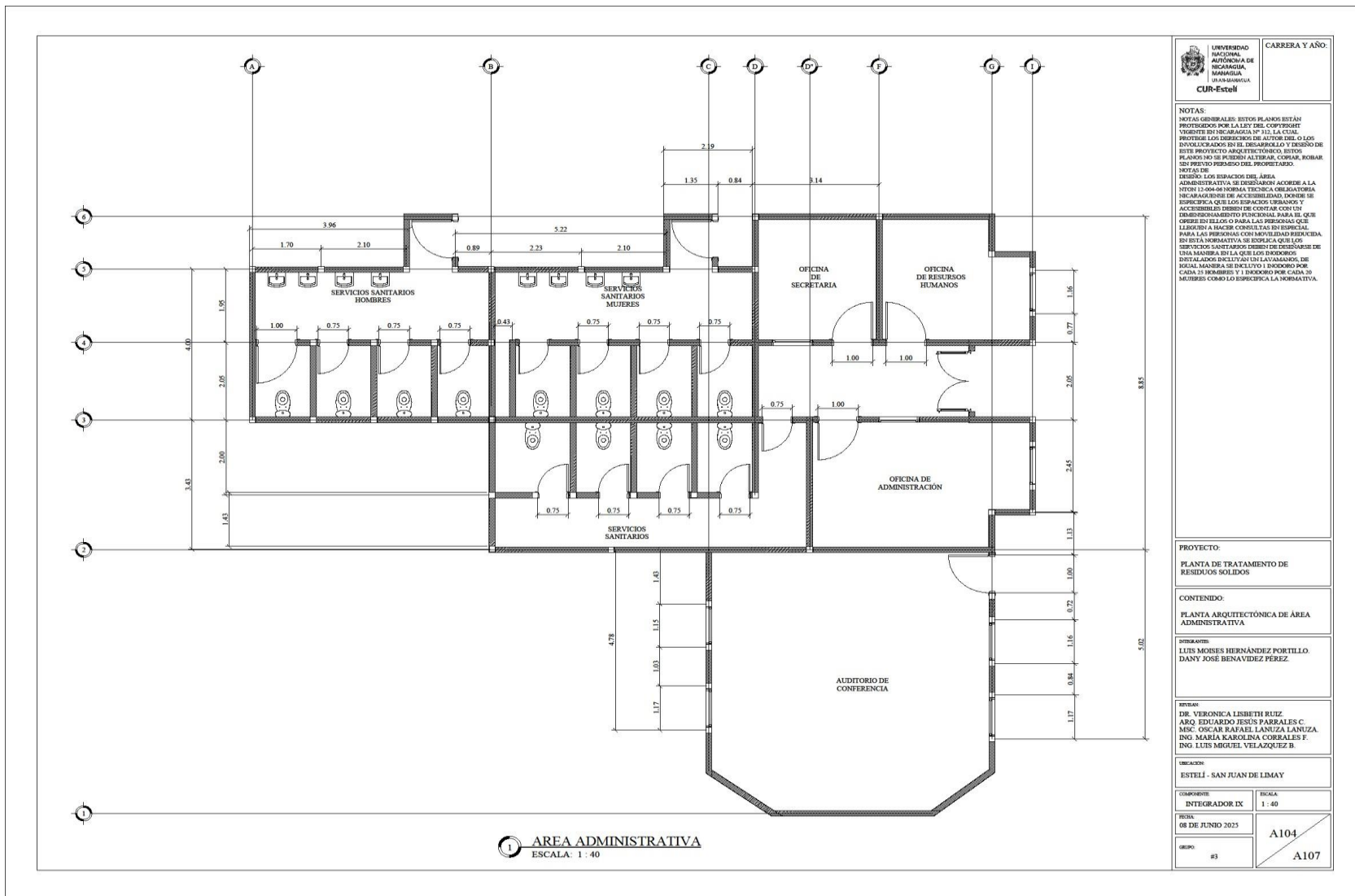
Plano de área de paneles eléctricos


El plano de paneles eléctricos contará con 4 áreas, la primera de paneles eléctricos la cual representa la destrucción de tableros, sistemas de alimentación, conexiones eléctricas principales y el control de las maquinarias en el interior de la zona central de residuos sólidos, contando con un área de 50 m². De igual manera contamos con una segunda área de bodega con 20 m², la cual servirá para albergar material de limpieza y distintos materiales que se utilizarán para manteniendo dentro y fuera de la planta.

Cabe señalar como tercera área de bombas y cisternas, con 50 m², la cual albergará las conexiones de los sistemas de diferentes instalaciones hidráulicas dentro de la planta destinados a la distribución y almacenamiento del agua. Esta área garantizará el abastecimiento del agua hacia las distintas operaciones del sistema, además permite asegurar el debido funcionamiento de las bombas instaladas. Como última área tenemos a la de mantenimiento con 40 m², destinado a la reparación y conservación de la maquinaria de la planta, es de esencial en cuanto a su función porque permite realizar labores preventivas y correctivas, con el fin de asegurar el buen funcionamiento de los equipos utilizados para la gestión y operación del sistema.

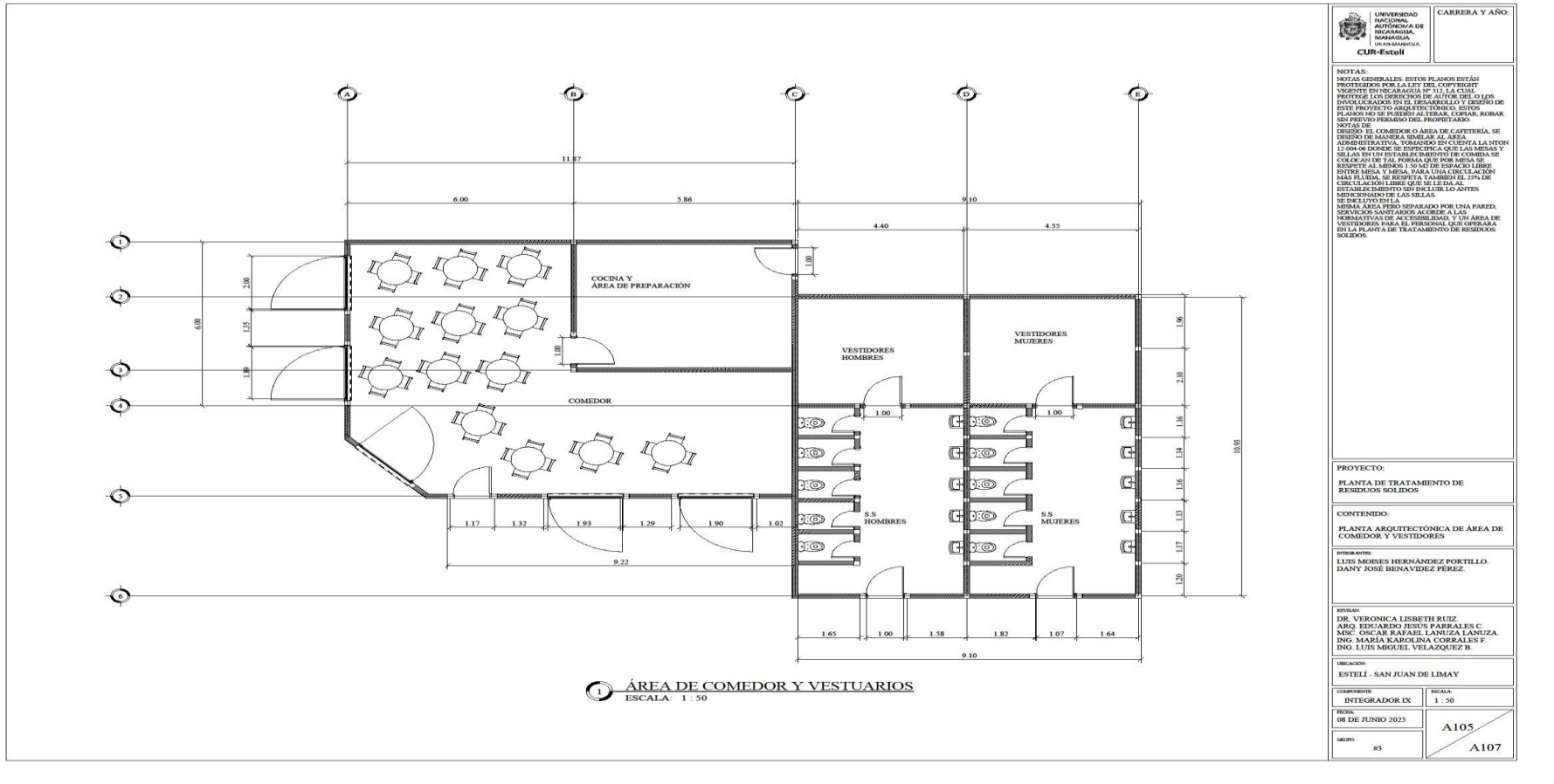
Asimismo, tendremos un área de limpieza con 15 m² y área de maquinaria de 50 m², el diseño permite la distribución eficaz, la cual ha permitido planificar la distribución del equipo técnico y capital humano, facilitando una eficiente gestión del espacio y circulación interna, la cual permitirá una infraestructura técnica, asegurando la función de cada componente, con puntos clave de ventilación, drenaje, iluminación y seguridad.

14.2.7. Plano de área administrativa - planta de desechos sólidos San Juan de Limay

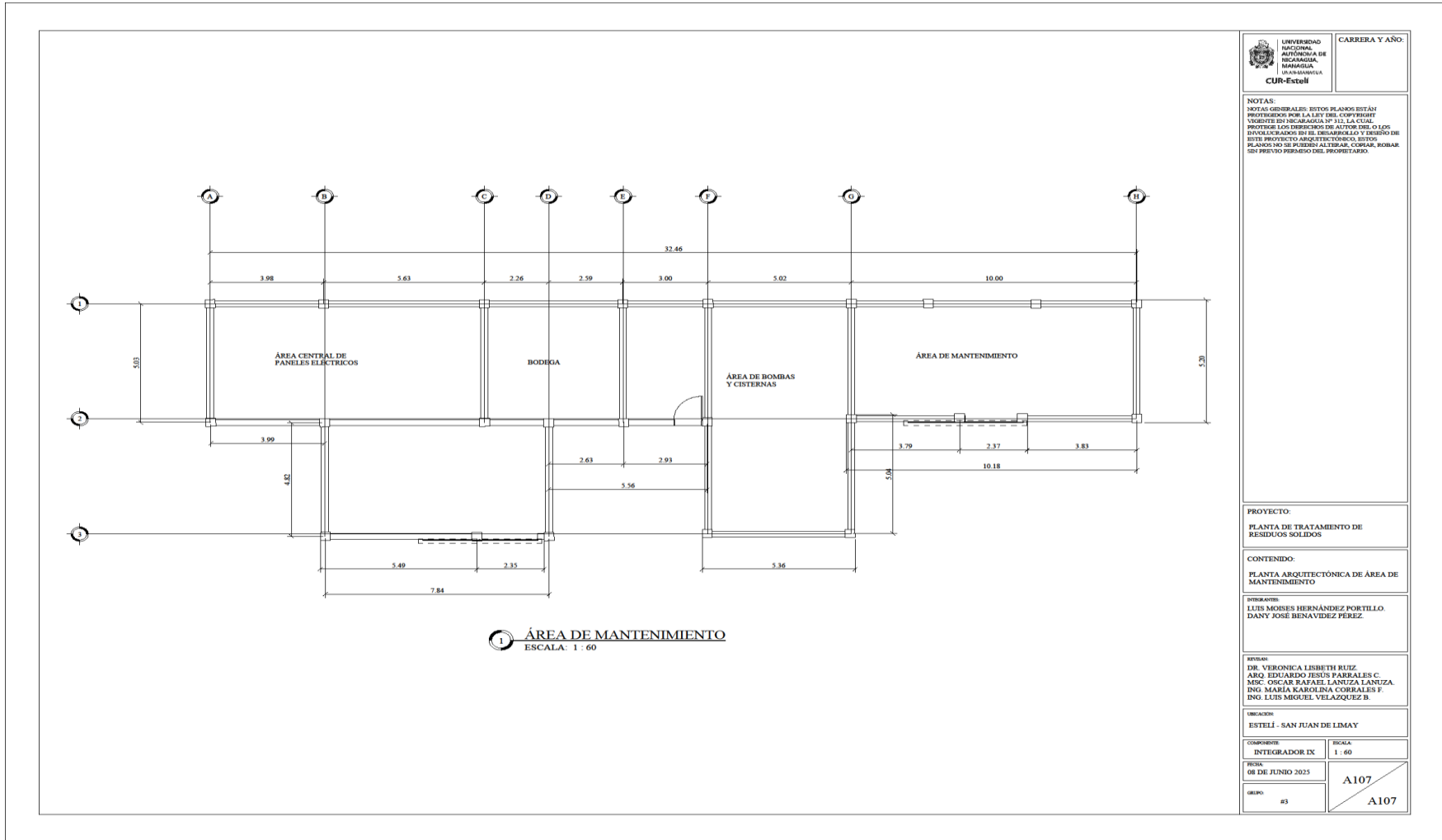


 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA MANAGUA CUR-Esteli	CARRERA Y AÑO:
	NOTAS: NOTAS GENERALES: ESTOS PLANOS ESTÁN PROTEGIDOS POR LA LEY DEL COPYRIGHT. PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ALGUNO DE LOS INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO Y DISEÑO DE ESTE PROYECTO. QUICUIER USAR ESTOS PLANOS SIN EL CONSENTIMIENTO DEL PROPIETARIO, SERÁ PROSECUIDO LEGALMENTE. NOTAS DE: DEBEN LOS ESPACIOS DEL ÁREA ADMINISTRATIVA SE DISEÑARON ACORDE A LA LEY 1304-98 SOBRE TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE DE ACCESIBILIDAD, DONDE SE ESPECIFICA QUE LOS ESPACIOS, PASAJOS Y ACCESIBLES DEBEN DE CONTAR CON UN DIMENSIONAMIENTO MINIMAL PARA EL QUE OBEDE EN ELLOS O PARA LAS PERSONAS QUE LLEGAN A HACER USO DE LOS ESPACIOS PARA LAS PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA. EN ESTA NORMATIVA SE ESPECIFICA QUE LOS SERVICIOS SANITARIOS DEBEN DE DISEÑARSE DE TAL MANERA EN LA QUE LOS INODOROS ESTALADOS ENCLAVAN UN LAVAMANOS DE SEÑAL MANERA EN INCLAVO 1 INODORO POR CADA 33 HOMBRES Y 1 INODORO POR CADA 20 MUJERES COMO LO ESPECIFICA LA NORMATIVA.
PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS	
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTÓNICA DE ÁREA ADMINISTRATIVA	
DISEÑANTES: LUIS MOISES HERNÁNDEZ PORTILLO DANY JOSE BENAVIDEZ PÉREZ	
REVISOR: DR. VERÓNICA LISBETH RUIZ ARO. EDUARDO JESUS PARRALES C. MSC. OSCAR RAFAEL LANUZA LANUZA ING. MARÍA KAROLINA CORRALES F. ING. LUIS MIGUEL VILAZOQUEZ B.	
UBICACIÓN: ESTELI - SAN JUAN DE LIMAY	
COMPONENTE: INTEGRADOR IX	ESCALA: 1 : 40
FECHA: 08 DE JUNIO 2025	A104
GRUPO: #3	A107

14.2.8. Plano de área de servicios - planta de desechos sólidos San Juan de Limay



14.2.9. Plano de área de paneles eléctricos - planta de desechos sólidos San Juan de Limay



14.3. Presupuesto detallado de la planta de tratamiento de residuos sólidos

Presupuesto detallado de la Zona
 Proyecto : planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio San Juan de Limayde residuos sólidos
 Ubicación : VePunto de inicio: Zona de residuos sólidos
 verteredero actual del municipio de San Juan de Limay

Etapa	sub	Descripción	U/M	Cantidad	Costo unitario	Materiales	Mano de obra	Transporte	Maquinaria	subcontrato	total
10		Preliminares	m ²								
	1	Limpieza	m ²	1,660.00	150.00	-	2,500.00	5,000.00	-	-	256,500.00
	2	Desmante	m ²	1,660.00	125.00	-	2,545.00	-	-	-	210,045.00
	3	Trazo para niveles	m ²	1,660.00	100.00	-	3,000.00	-	-	-	169,000.00
	4	Nivelación	m ²	1,660.00	100.00	-	2,300.00	-	-	-	168,300.00
		Rotulo de 1.22 x 2.44 m (metálica y zinc liso)	c/u	1.00	7,000.00	1,800.00	3,500.00	300.00	-	-	12,600.00
		Instalar rotulo	c/u	1.00	1,500.00	-	1,500.00	-	-	-	1,500.00
20		Movimiento de tierra	m ³								
	1	Descapote	m ³	2,158.00	150.00	-	8,500.00	-	-	-	332,200.00
	2	Corte y relleno	m ³	2,158.00	250.00	-	7,500.00	-	-	-	547,000.00
21		Maquinaria y equipo	m ³			-			803,845.00	-	-
	1	Relleno y compactación con equipo	m ³	2,345.00	115.00	-	2,500.00	-	-	-	272,175.00
	2	Botar material sobrante de excavación	m ³	2,345.00	120.00	-	2,500.00	-	-	-	283,900.00
	3	Explotación de banco con tractor	m ³	60.00	95.00	-	2,200.00	-	-	-	7,900.00
	4	Acarreo de material selecto	m ³	60.00	95.00	-	2,200.00	-	-	-	7,900.00
22		Fundaciones	m ³								
	1	Acero de refuerzo de 3/8	las	67.00	1,490.00	-	5,000.00	-	-	-	104,830.00
	2	alambre de amarre	las	50.00	800.00	-	-	-	-	-	40,000.00
	3	Acero de refuerzo liso de 1/4 estribos	las	32.00	1,185.00	-	-	-	-	-	37,920.00
	4	Formaletas vigas	m ²	110.00	180.00	-	2,500.00	-	-	-	22,300.00
	5	Formaletas columnas	m ²	110.00	180.00	-	2,500.00	-	-	-	22,300.00
	6	concreto estructuras 3000 psi	m ³	65.00	75.00	-	7,000.00	-	-	-	11,875.00
23	10	Mampostería	m ²								
	1	Paredes de bloque de 0.15*0.20*0.40	m ²	60,000.00	12.00	-	-	400.00	-	-	720,400.00

24		Techos y fascias	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Estructura de Acero	m ²	1,909.00	2.03	-	3,200.00	450.00	-	-	7,525.27
	2	cubiertas de laminas de zinc cal 26	m ²	1,909.00	500.00	-	2,400.00	600.00	-	-	3,000.00
	3	Cumbrera de zinc liso cal 26	ml	48.90	400.00	-	1,800.00	450.00	-	-	2,250.00
	4	Canales	ml	73.00	900.00	-	2,200.00	300.00	-	-	2,500.00
	5	Fascia de Plycem	ml	54.00	1,099.00	-	2,400.00	350.00	-	-	2,750.00
24		Paredes	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Acabados	m ²	1,660.00	60.00	-	2,500.00		-	-	102,100.00
	2	Piqueteo	m ²	1,660.00	30.00	-	2,500.00	600.00	-	-	52,900.00
	3	Repello	m ²	1,660.00	55.00	-	2,500.00		-	-	93,800.00
	4	Fino corriente arenillado	m ²	1,660.00	50.00	-	2,500.00	400.00	-	-	85,500.00
	5	esqueleto metálico	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	forro de plywood	m ²	1,660.00	450.00	557.00	3,000.00	400.00	-	-	750,000.00
		empastado	m ²	1,660.00	678.00	84.00	2,500.00	-	-	-	59,452.00
25	1	pisos	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	conformacion y compactacion	m ²	1,660.00	150.00		2,500.00	500.00	-	-	252,000.00
	3	casquete de concreto 2000 psi	m ²	1,660.00	100.00		2,400.00	400.00	-	-	168,800.00
	5	puertas	c/u	1,660.00	1,800.00	20.00	2,300.00	350.00	-	-	38,650.00
	6	puerta de madera solida	c/u	1,660.00	2,300.00	8.00	2,000.00	350.00	-	-	20,750.00
	7	portones metalicos	c/u	1,660.00	7,600.00	5.00	2,300.00	350.00	-	-	40,650.00
26		obras metalicas	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	barabdales y verjas	m ²	1,660.00	3,400.00	15.00	2,600.00	400.00	-	-	54,000.00
		Drenaje	ml	-	1,700.00	34.00	1,889.00	300.00	-	-	59,989.00
27		tuberia y accseorios	ml	-	1,200.00	20.00	3,000.00	400.00	-	-	27,400.00
		rejas	ml	-	1,100.00	23.00	2,000.00	350.00	-	-	27,650.00
28		Electricidad	ml	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	canalizacion	ml	2,284.00	344.00	965.00	3,400.00	300.00	-	-	335,660.00
	2	alambrado	ml	2,449.00	130.00	360.00	4,000.00	300.00	-	-	51,100.00
	3	Lamparas y accesorios	c/u	1,660.00	455.00	230.00	2,500.00	300.00	-	-	107,450.00
	4	Paneles	c/u	1,660.00	2,300.00	5.00	3,000.00	600.00	-	-	15,100.00
29		pintura	m ²	1,410.00	3,200.00	81.00	3,200.00	300.00	-	-	262,700.00
30		limpieza final	Gl	1,660.00	-	-	4,000.00	-	-	-	-
		valor en córdobas	-	-	-	-	126,334.00	14,450.00	803,845.00	-	5,852,321.27

Presupuesto detallado de la área administrativa
 Proyecto : planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio San Juan de Limay
 Ubicación : Vertedero actual del municipio de San Juan de Limay
 Punto de inicio: Área administrativa

Etapa	sub	Descripción	U/M	Cantidad	Costo unitario	Materiales	Mano de obra	Transporte	Maquinaria	subcontrato	total
10		Preliminares	m ²								
	1	Limpieza	m ²	120.00	130.00	-	2,200.00	800.00	-	-	18,600.00
	2	Desmonte	m ²	120.00	110.00	-	2,400.00	-	-	-	15,600.00
	3	Trazo para niveles	m ²	120.00	90.00	-	2,350.00	-	-	-	13,150.00
	4	Nivelación	m ²	120.00	90.00	-	2,100.00	-	-	-	12,900.00
20		Movimiento de tierra	m ³								
	1	Descapote	m ³	16.20	110.00	-	6,700.00	-	-	-	8,482.00
	2	Corte y relleno	m ³	16.20	150.00	-	6,470.00	-	25,450.00	-	8,900.00
21		Maquinaria y equipo	m ³			-		-	85,700.00	-	60,250.00
	1	Relleno y compactación con equipo	m ³	16.20	105.00	-	2,300.00	-	-	-	4,001.00
	2	Botar material sobrante de excavación	m ³	16.20	110.00	-	2,350.00	-	-	-	4,132.00
	3	Explotación de banco con tractor	m ³	16.20	80.00	-	2,000.00	-	-	-	3,296.00
	4	Acarreo de material selecto	m ³	16.20	90.00	-	2,100.00	-	-	-	3,558.00
22		Fundaciones	m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Acero de refuerzo de 3/8	las	1.23	1,490.00	-	4,500.00	-	-	-	6,332.70
	2	alambre de amarre	las	5.00	800.00	-	-	-	-	-	4,000.00
	3	Acero de refuerzo liso de 1/4 estribos	las	23.00	1,185.00	-	-	-	-	-	27,255.00
	4	Formaletas vigas	m ²	71.00	180.00	-	2,000.00	-	-	-	14,780.00
	5	Formaletas columnas	m ²	50.00	180.00	-	2,100.00	-	-	-	11,100.00
	6	concreto estructuras 3000 psi	m ³	35.00	55.00	-	5,000.00	-	-	-	6,925.00
23	10	Mampostería	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Paredes de bloque de 0.15*0.20*0.40	m ²	434.00	12.00	-	-	350.00	-	-	5,558.00

24		Techos y fascias	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Estructura de Acero	m ²	16.20	2.03	-	3,200.00	450.00	-	-	3,682.89
	2	cubiertas de laminas de zinc cal 26	m ²	77.62	500.00	-	2,400.00	600.00	-	-	3,000.00
	3	Cumbrera de zinc liso cal 26	ml	13.00	602.00	46.00	1,500.00	450.00	-	-	29,642.00
	4	Canales	ml	29.00	900.00	-	2,000.00	350.00	-	-	2,350.00
	5	Fascia de Plycem	ml	43.00	300.00	15.00	2,200.00	300.00	-	-	7,000.00
24		Paredes	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Acabados	m ²	38.54	50.00	-	2,300.00		-	-	4,227.00
	2	Piqueteo	m ²	38.54	20.00	-	2,100.00	500.00	-	-	3,370.80
	3	Repello	m ²	38.54	45.00	-	2,200.00		-	-	3,934.30
	4	Fino corriente arenillado	m ²	38.54	40.00	-	2,250.00	400.00	-	-	3,791.60
	5	esqueleto metálico	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	forro de plywood	m ²	38.54	450.00	13.00	3,000.00	300.00	-	-	20,343.00
		empastado	m ²	38.54	118.00		2,500.00	-		-	2,500.00
25	1	pisos	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	conformacion y compactacion	m ²	38.54	150.00		2,500.00	500.00	-	-	8,781.00
	3	casquete de concreto 2000 psi	m ²	38.54	100.00		2,400.00	400.00	-	-	6,654.00
	5	puertas	c/u	38.54	1,500.00	17.00	2,000.00	300.00	-	-	27,800.00
	6	puerta de madera solida	c/u	38.54	3,000.00	1.00	2,000.00	350.00	-	-	5,350.00
	7	portones metalicos	c/u						-	-	-
26		obras metalicas	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	barabdales y verjas		8.40	1,800.00	4.00	2,300.00	300.00	-	-	9,800.00
		Drenaje	ml	38.54	1,200.00	13.00	2,000.00	350.00	-	-	17,950.00
27		tuberia y accseorios	ml	38.54	900.00	10.00	2,500.00	350.00	-	-	11,850.00
		rejias/ventanas	ml	-	1,000.00	6.00	1,500.00	300.00	-	-	7,800.00
28		Electricidad	ml	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	canalizacion	ml	130.40	600.00	44.00	3,000.00	300.00	-	-	29,700.00
	2	alambrado	ml	294.00	110.00	170.00	3,000.00	300.00	-	-	22,000.00
	3	Lamparas y accesorios	c/u	-	300.00	9.00	2,500.00	350.00	-	-	5,550.00
	4	Paneles	c/u	-	1,500.00	8.00	2,500.00	400.00	-	-	14,900.00
29		pintura	m ²	326.00	1,800.00	18.00	3,000.00	300.00	-	-	35,700.00
30		limpieza final	Gl	81.50	-	-	3,000.00	-	-	-	
		valor en córdobas	-	-	-	-	104,420.00	9,000.00	111,150.00	-	516,496.29

Presupuesto detallado de la área servicios
 Proyecto : planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio San Juan de Limay
 Ubicación : Vertedero actual del municipio de San Juan de Limay
 Punto de inicio: Área de servicios

Etapa	sub	Descripción	U/M	Cantidad	Costo unitario	Materiales	Mano de obra	Transporte	Maquinaria	subcontrato	total
10		Preliminares	m ²								
	1	Limpieza	m ²	330.00	100.00	-	2,300.00	4,000.00	-	-	39,300.00
	2	Desmante	m ²	330.00	90.00	-	2,400.00	-	-	-	32,100.00
	3	Trazo para niveles	m ²	330.00	90.00	-	2,500.00	-	-	-	32,200.00
	4	Nivelación	m ²	330.00	80.00	-	2,000.00	-	-	-	28,400.00
20		Movimiento de tierra	m ³								
	1	Descapote	m ³	33.00	150.00	-	8,000.00	-	-	-	12,950.00
	2	Corte y relleno	m ³	165.00	200.00	-	6,700.00	-	-	-	39,700.00
21		Maquinaria y equipo	m ³			-		-	132,000.00	-	-
	1	Relleno y compactación con equipo	m ³	198.00	100.00	-	2,400.00	-	-	-	22,200.00
	2	Botar material sobrante de excavación	m ³	198.00	120.00	-	2,500.00	-	-	-	26,260.00
	3	Explotación de banco con tractor	m ³	165.00	95.00	-	2,200.00	-	-	-	17,875.00
	4	Acarreo de material selecto	m ³	84.00	4,500.00	14.00	2,000.00	-	-	-	65,000.00
22		Fundaciones	m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Acero de refuerzo de 3/8	las	178.60	1,490.00	-	4,000.00	-	-	-	270,114.00
	2	alambre de amarre	las	8.03	800.00	-	-	-	-	-	6,424.00
	3	Acero de refuerzo liso de 1/4 estribos	las	1,543.00	1,185.00	-	-	-	-	-	1,828,455.00
	4	Formaletas vigas	m ²	192.00	160.00	-	2,300.00	-	-	-	33,020.00
	5	Formaletas columnas	m ²	96.00	160.00	-	2,300.00	-	-	-	17,660.00
	6	concreto estructuras 3000 psi	m ³	26.80	55.00	-	5,000.00	-	-	-	6,474.00
23	10	Mampostería	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Paredes de bloque de 0.15*0.20*0.40	m ²	4,125.00	12.00	-	-	300.00	-	-	49,800.00

24		Techos y fascias	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Estructura de Acero	m ²	22.20	1.50	-	3,000.00	400.00	-	-	3,433.30
	2	cubiertas de laminas de zinc cal 26	m ²	330.00	500.00	63.00	2,300.00	300.00	-	-	34,100.00
	3	Cumbrera de zinc liso cal 26	ml	22.00	400.00	-	1,800.00	450.00	-	-	2,250.00
	4	Canales	ml	74.00	900.00	-	2,000.00	300.00	-	-	2,300.00
	5	Fascia de Plycem	ml	74.00	1,099.00	25.00	2,400.00	350.00	-	-	30,225.00
24		Paredes	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Acabados	m ²	412.50	45.00	-	2,200.00		-	-	20,762.50
	2	Piqueteo	m ²	412.50	25.00	-	2,300.00	400.00	-	-	13,012.50
	3	Repello	m ²	412.50	55.00	-	2,400.00		-	-	25,087.50
	4	Fino corriente arenillado	m ²	412.50	45.00	-	2,350.00	350.00	-	-	20,912.50
	5	esqueleto metálico	m ²	330.00	25.00	-	2,300.00	-	-	-	10,550.00
	6	forro de plywood	m ²	495.00	450.00	167.00	3,000.00	400.00	-	-	78,550.00
		empastado	m ²	412.50	340.00	50.00	2,400.00	-		-	19,400.00
25	1	pisos	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	conformacion y compactacion	m ²	330.00	130.00		2,200.00	300.00	-	-	45,400.00
	3	casquete de concreto 2000 psi	m ²	330.00	100.00		2,300.00	300.00	-	-	35,600.00
	5	puertas	c/u	330.00	1,500.00	5.00	2,000.00	300.00	-	-	9,800.00
	6	puerta de madera solida	c/u	330.00	1,200.00	2.00	2,000.00	300.00	-	-	4,700.00
	7	portones metalicos	c/u						-	-	-
26		obras metalicas	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	barabdales y verjas	m ²	330.00	2,600.00	4.00	2,300.00	350.00	-	-	13,050.00
		Drenaje	ml	-	1,200.00	12.00	1,000.00	300.00	-	-	15,700.00
27		tuberia y accseorios	ml	-	1,000.00	25.00	2,300.00	350.00	-	-	27,650.00
		rejjas	ml	-	900.00	5.00	2,000.00	300.00	-	-	6,800.00
28		Electricidad	ml	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	canalizacion	ml	50.00	300.00	150.00	2,800.00	300.00	-	-	48,100.00
	2	alambrado	ml	150.00	90.00	240.00	2,500.00	300.00	-	-	24,400.00
	3	Lamparas y accesorios	c/u	67.00	500.00	160.00	2,350.00	300.00	-	-	82,650.00
	4	Paneles	c/u	1,660.00	2,000.00	2.00	2,340.00	600.00	-	-	6,940.00
29		pintura		412.50	3,000.00	19.00	3,000.00	300.00	-	-	60,300.00
30		limpieza final	Gl	1,660.00	-	-	4,000.00	-	-	-	
		valor en córdobas	-	-	-	-	108,140.00	11,550.00	132,000.00	-	3,169,605.30

Presupuesto detallado de la area de paneles
 Proyecto : planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio San Juan de Limay
 Ubicación : Vertedero actual del municipio de San Juan de Limay
 Punto de inicio: Área de paneles

Etapa	sub	Descripción	U/M	Cantidad	Costo unitario	Materiales	Mano de obra	Transporte	Maquinaria	subcontrato	total
10		Preliminares	m ²								
	1	Limpieza	m ²	175.00	90.00	-	2,320.00	3,000.00	-	-	21,070.00
	2	Desmante	m ²	175.00	115.00	-	2,240.00	-	-	-	22,365.00
	3	Trazo para niveles	m ²	175.00	90.00	-	2,300.00	-	-	-	18,050.00
	4	Nivelación	m ²	175.00	90.00	-	2,100.00	-	-	-	17,850.00
	1	Descapote	m ³	26.25	140.00	-	7,300.00	-	-	-	10,975.00
	2	Corte y relleno	m ³	87.50	200.00	-	7,000.00	-	-	-	24,500.00
21		Maquinaria y equipo	m ³			-		-	79,335.00	-	-
	1	Relleno y compactación con equipo	m ³	87.50	90.00	-	2,350.00	-	-	-	10,225.00
	2	Botar material sobrante de excavación	m ³	87.50	90.00	-	2,250.00	-	-	-	10,125.00
	3	Explotación de banco con tractor	m ³	87.50	80.00	-	2,200.00	-	-	-	9,200.00
	4	Acarreo de material selecto	m ³	87.50	90.00	-	2,200.00	-	-	-	10,075.00
22		Fundaciones	m ³	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Acero de refuerzo de 3/8	las	89.00	1,490.00	-	3,400.00	-	-	-	136,010.00
	2	alambre de amarre	las	27.00	800.00	-	-	-	-	-	21,600.00
	3	Acero de refuerzo liso de 1/4 estribos	las	8.00	1,185.00	-	-	-	-	-	9,480.00
	4	Formaletas vigas	m ²	92.00	180.00	-	2,350.00	-	-	-	18,910.00
	5	Formaletas columnas	m ²	72.00	180.00	-	2,000.00	-	-	-	14,960.00
	6	concreto estructuras 3000 psi	m ³	12.00	75.00	-	7,500.00	-	-	-	8,400.00
23	10	Mampostería	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Paredes de bloque de 0.15*0.20*0.4	m ²	175.00	12.00	4,000.00	-	400.00	-	-	48,400.00

24		Techos y fascias	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Estructura de Acero	m ²	175.00	2.03	-	3,000.00	400.00	-	-	3,755.25
	2	cubiertas de laminas de zinc cal 26	m ²	175.00	500.00	73.00	2,400.00	600.00	-	-	39,500.00
	3	Cumbrera de zinc liso cal 26	ml	27.00	300.00	-	1,600.00	400.00	-	-	2,000.00
	4	Canales	ml	53.34	900.00	-	2,250.00	400.00	-	-	2,650.00
	5	Fascia de Plycem	ml	53.34	898.00	108.00	2,100.00	300.00	-	-	99,384.00
24		Paredes	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	Acabados	m ²	320.00	45.00	-	2,450.00		-	-	16,850.00
	2	Piqueteo	m ²	320.00	20.00	-	2,350.00	400.00	-	-	9,150.00
	3	Repello	m ²	320.00	45.00	-	2,300.00		-	-	16,700.00
	4	Fino corriente arenillado	m ²	320.00	35.00	-	2,350.00	300.00	-	-	13,550.00
	5	esqueleto metálico	m ²	175.00	60.00		2,300.00	-	-	-	12,800.00
	6	forro de plywood	m ²	175.00	450.00	108.00	2,500.00	400.00	-	-	81,250.00
		empastado	m ²	175.00	400.00	67.00	2,400.00	-		-	29,200.00
25	1	pisos	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	conformacion y compactacion	m ²	175.00	110.00		2,200.00	350.00	-	-	21,800.00
	3	casquete de concreto 2000 psi	m ²	175.00	90.00		2,300.00	300.00	-	-	18,350.00
	5	puertas	c/u	175.00	1,400.00	2.00	2,200.00	350.00	-	-	5,350.00
	6	puerta de madera solida	c/u	175.00	1,200.00	8.00	2,000.00	300.00	-	-	11,900.00
	7	portones metalicos	c/u	175.00	4,600.00	3.00	2,150.00	400.00	-	-	16,350.00
26		obras metalicas	m ²	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	barabdales y verjas	m ²	175.00	2,300.00	10.00	2,200.00	350.00	-	-	25,550.00
		Drenaje	ml	-	1,400.00	12.00	2,000.00	350.00	-	-	19,150.00
27		tuberia y accseorios	ml	-	1,200.00	45.00	2,460.00	300.00	-	-	56,760.00
		rejas	ml	-	1,250.00	12.00	1,800.00	300.00	-	-	17,100.00
28		Electricidad	ml	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	canalizacion	ml	80.00	300.00	500.00	2,800.00	350.00	-	-	153,150.00
	2	alambrado	ml	107.00	110.00	320.00	3,400.00	300.00	-	-	38,900.00
	3	Lamparas y accesorios	c/u	1,660.00	240.00	90.00	2,450.00	350.00	-	-	24,400.00
	4	Paneles	c/u	1,660.00	1,800.00	6.00	2,450.00	350.00	-	-	13,600.00
29		pintura	m ²	320.00	3,000.00	60.00	3,500.00	300.00	-	-	183,800.00
30		limpieza final	Gl	175.00	-	-	4,000.00	-	-	-	
		valor en córdobas	-	-	-	-	113,420.00	11,250.00	79,335.00	-	1,345,144.25

Tabla 8

presupuesto general de la planta de tratamiento de residuos sólidos

Presupuesto general					
Planta de tratamiento de residuos solidos					
Área administrativa			Área de mantenimiento		
Área	superficie	Costo estimado		superficie	Costo estimado
Oficina de administración + baño privado	25 m ²		Área de mantenimiento	40 m ²	
Estacionamiento vehicular	250 m ²		Área de limpieza	15 m ²	
Oficina de administración + baño privado	25 m ²		Bodega	20 m ²	
Auditorio de conferencia	25 m ²		Área general de paneles	50 m ²	
Oficina de Recursos Humanos + baño privado	25 m ²		Cuarto de bombas y cisternas	50 m ²	
			Área de maquinarias	50 m ²	
			Estacionamiento vehicular (pavimento)	250 m ²	
			Áreas verdes	3000 m ²	
total C\$		516,496.29	total C\$		1,345,144.25
Área de residuos			Área de servicios		
Área	superficie	Costo estimado	Área	superficie	Costo estimado
Área de recepción y descarga	200 m ²		Comedor	150 m ²	
Área de preselección	100 m ²		Servicios sanitarios	90 m ²	
Área de clasificación	300 m ²		Vestidores	90 m ²	
Área de tratamientos orgánicos	600 m ²		total C\$		3,169,605.30
Área de tratamientos reciclables	200 m ²		costo total de construcción de áreas de la planta de tratamiento	Total: C\$	
Área de tratamientos no reciclables	160 m ²			10,883,567.11	
Área de almacenamiento	300 m ²			\$	
Total C\$		5,852,321.27			
397,250,199.37					

según la tabla 8 (presupuesto general) se da a conocer una estimación de lo que podría costar la construcción de toda la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de San Juan de Limay. El presupuesto general es importante dentro de la relevancia económica, para conocer la factibilidad del proyecto total, dentro de un análisis económico.

Tabla 9
presupuesto general de la maquinaria

Presupuesto general de maquinaria de planta de residuos sólidos del casco urbano de San Juan de Limay	
Maquinaria	estimado
cinta transportadora	\$7,500
Cabina de triaje (6 operarios)	\$ 23,000
Abre bolsas	\$ 18,000
trommel	\$ 16,000
Separador balístico	\$ 42,000
Separador óptico	\$ 140,000
Electroimán	\$ 7,000
Separador inducción foucault	\$ 25,000
cinta transportadora adicional	\$ 18,000
total	\$278,500

Según tabla 9(presupuesto general de maquinaria) integra precios de las diferentes maquinas que se utilizaran en la zona de residuos, dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos, la cual se dan precios actuales en dólares según el mercado actual, la cual los siguientes daros serán necesarios para el análisis económico.

14.4. Diseño de relleno sanitario

En el municipio de San Juan de Limay, según datos de la alcaldía de producen por semana 96 m³ de residuos sólidos, por lo tanto, se diseñará un relleno sanitario manual, tipo ya que no excede en su totalidad los requerimientos en cuanto a volumen de residuos recolectados, ya que es una pequeña población que por la cantidad y el tipo de residuos que producen menos de 13.7 m³/día , se puede utilizar un pequeño tractor de orugas para mejor

compactación en menos tiempo, al no poder adquirir este equipo , esta actividad se realizará mediante una pequeña cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas como un barril metálico relleno de arena.

Se construirá el relleno sanitario, en el mismo lugar donde se depositan actualmente los residuos sólidos urbanos de este municipio, ya que cuenta con todos los factores económicos, en cuanto a caminos de acceso, posibilidad de expansión de terreno, cuenta con una distancia buena en cuanto a la procedencia de los residuos. De igual manera tomando en cuenta factores ambientales como la proximidad de áreas habitadas, el nivel de las capas freáticas se encuentran a 7 metros, no existe áreas protegidas cerca del lugar, los pozos para cultivo se encuentran a más de 1000 metros de distancias, según requerimientos de la NTON norma técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos N° NTON 05 013-01.

El viento predominante de esta zona es a sotavento, es decir las corrientes de aire circulan en dirección contraria al municipio, según datos topográfico como curvas de nivel, se encuentra las condiciones para poder evacuar los lixiviados que se producirán en este relleno sanitario, no existen aguas superficiales alrededor el sitio y tampoco se encuentran áreas protegidas cercanas, por lo cual en condiciones ambientales reúne todos los requerimientos para poder implementar el proyecto.

El material para la capa de cobertura de los residuos sólidos urbanos del municipio, utilizaremos lo que se extraiga del corte para construir la primera celda, en cuanto al volumen de los residuos se hará uso de clasificación antes de llegar al relleno, para poder alargar la vida útil del proyecto. Este municipio el tipo de suelo que predomina son los vertisoles, estos suelos se caracterizan por tener altos niveles de arcilla que se hinchan y encogen con la humedad, lo cual es una buena característica principal, para que los lixiviados no contaminen las fuentes hídricas subterráneas.

14.4.1. Cálculos de las dimensiones de las trincheras del relleno sanitario

Población Urbana Inicial = 15, 300 habitantes

Densidad de Basura Compactada = 450 Kg /M³

Densidad Estabilizada = 650 Kg / Mts³

Volumen Estabilizado = 0.75

Factor de Amplitud = 30%

Producción Percapita de basura = 0.25

Profundidad de trinchera= 4 metros

Población a servir (habitantes): 15,300 hab

ppc (kg/hab/día): 0.25

Cobertura del servicio (%): 1

densidad basura suelta (kg/m³): 300 kg/m³

Cantidad de desechos sólidos producidos

Dsp= Pob x ppc

Dsp= 15,300 hab x 0.25 kg/hab/día = 3,825 Kg/ día

produc. Diaria en m³= 300 kg/m³ / 3,825 Kg/ día = 12.75 m³ / día

Cantidad de desechos sólidos recolectados

Dsr= Dsp x Cob.

Dsr= 3,825 Kg/ día x 1 = 3,825 Kg/ día

Volumen de la zanja

Datos:

'Material de cobertura (%) = 1.20

Vida útil (días)= 365 días

'Densidad (kg/m³) (Drsm)= 450 kg/m³

'Vz= t*Dsr*MC/Drsm (m³) = 3,825 Kg/ día x 365 días x 1,20 x 450 kg/m³

'Vz= 3,723 m³

Es decir que, para depositar los desechos sólidos de un día, se requieren excavar 3,723 m³/ 365 días

Igual a 10.20 m³/ día.

Sección trapezoidal

Datos:

talud de entrada: (metros) = 6 m

talud del fondo: (metros) = 4 m

largo inferior: (metros) = 155.13 m

ancho superior: (metros) = 6 m

ancho inferior: (metros) = 4 m

talud lateral izquierdo: (metros) = 1 m

talud lateral derecho: (metros) = 1 m

profundidad: (metros) = 1 m

área trapecio: (metros cúbicos): 3,102 m

área triangulo mayor: (metros cúbicos): 60 m

volumen de trinchera: metros cúbicos: 3,202 m

Coefficiente de abundamiento = 1.40 m

Rendimiento teórico maquinaria (m³/hora) = 92 m

Rendimiento real maquinaria (m³/hora) = 75.60 m

Tiempo a emplear (h) = 5.30

Vrelleno = ppc * N * 365 * t/p: 4,653 m

Dimensiones de la zanja

Datos

Profundidad (metros): 4 metros

Ancho (metros): 6 metros

Largo = Vz/hz*a (metros): 155.13

Largo + talud de entrada + talud fondo = 172.63

Calculo y diseño de la celda diaria

Datos

Días de la semana= 7 días

Días laborales= 6 días

Cobertura (%) = 1

$D_{srs} = D_{sp} * (7/6) =$

$D_{srs} = 3,825 \text{ Kg/ día} \times (7/6) = 4462.50 \text{ Kg}$

Llegará al relleno (100%) cobertura=

$D'_{srs} = D_{srs} \times 1$

$D'_{srs} = 4462.50 \text{ Kg} \times 1 = 4462.50 \text{ Kg}$

Volumen de la celda diaria

$V_c = (D'_{srs} / D_{rsm}) * MC \text{ (m}^3 \cdot \text{dia. lab.)} = 4462.50 \text{ Kg}$

cálculo de canal de lixiviados

'largo de la superficie inferior: (metros)= 155.13

'ancho: (metros) = 0.60

profundidad: (metros) = 0.60

total, metros cúbicos= 111.69

cálculo de drenaje pluvial

largo de talud de entrada: (metros) = 15 m

largo de talud del fondo: (metros) = 3 m

largo de la superficie inferior: (metros) = 155.13 m

ancho superior: (metros)

total, metros lineales= 372.25

total, metros cúbicos= 59.36 m

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

ancho: (metros) = 0.90 m

largo: (metros) = 15 m

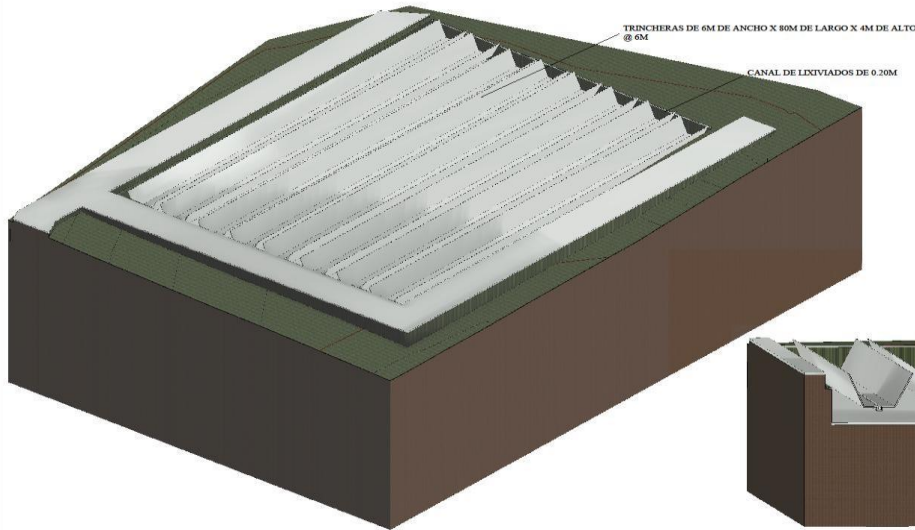
profundidad (metros) = 3.70 m

total, metros cúbicos= 49.95 m

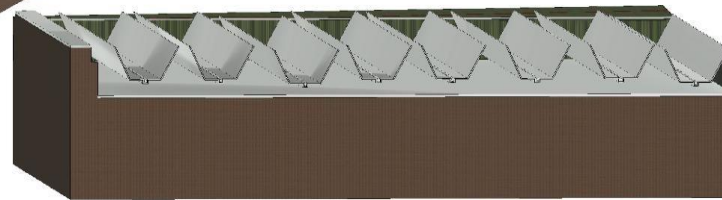
14.4.3. Detalles de sección de relleno sanitario en San Juan de Limay



1 **DETALLE EN SECCIÓN DE TRINCHERAS**
ESCALA: 1 : 105



2 **DETALLE 3D DE CONJUNTO DE TRINCHERAS**
ESCALA:



3 **DETALLE EN CORTE 3D DE CONJUNTO DE TRINCHERAS**
ESCALA:

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA MANAGUA FACULTAD DE INGENIERÍA CUR-Estuln	CARRERA Y AÑO:
	INGENIERÍA AMBIENTAL V

NOTAS:
 NOTAS GENERALES: ESTOS PLANOS ESTÁN PROTEGIDOS POR LA LEY DEL COPYRIGHT VIGENTE EN NICARAGUA Y SU LA CUAL PROHIBE LOS DERECHOS DE AUTOR DE LOS DICHOS PLANOS DE EL DISEÑADOR Y DISEÑO DE ESTE PROYECTO. TODAS LAS COPIAS DE ESTOS PLANOS NO SE PUEDE ALTERAR, COPIAR, ROBAR SIN PREVIOS PERMISOS DEL PROPIETARIO.
 NOTAS DE DISEÑO: LAS TRINCHERAS SE DISEÑARON A CORTE A UNA HOJA DE CALCULO EN MICROSOFT EXCEL, DENTRO EL DIMENSIONAMIENTO DE ESTAS ES DE 4 METROS DE ANCHO Y 80 METROS DE LONGITUD Y UNA ALTURA DE 4 METROS. ESTAN UBICADAS A UNA 1 METRO DE DISTANCIA CONTIGUOS UN TURNO DE 6° EL CUAL TIENE LA FUNCIÓN DE DRENAR LAS AGUAS PLUVIALES HACIA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

PROYECTO:	
PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS	
CONTENIDO:	
DETALLE EN SECCIÓN Y DETALLE 3D DE TRINCHERAS	
INTERVENIENTES:	
LUIS MOJES HERNÁNDEZ PORTILLO, DANY JOSÉ BENAVIDEZ PÉREZ	
REVISAR:	
DR. VERÓNICA LISBETH RUIZ, ARG. EDUARDO JESÚS PARRALES C., MSC. OSCAR RAFAEL LANUZA LANUZA, ING. MARÍA KAROLINA CORRALES F., ING. LUIS MIGUEL VELÁZQUEZ B.	
UBICACION:	
ESTELI - SAN JUAN DE LIMAY	
COMPONENTE:	ESCALA:
INTEGRADOR IX	1 : 105
FECHA:	A103
08 DE JUNIO 2025	
GRUPO:	A107
#3	

15. Evaluación de impacto ambiental

15.1. Beneficios ambientales

La planta de tratamiento de residuos sólidos en el casco urbano de San Juan de Limay, tratará de manera efectiva sus residuos domiciliarios, como residuos que se generen de las actividades de los ciudadanos dentro del casco urbano, impactará de manera positiva en el aspecto paisajístico de la zona, y esto traerá consigo una sensación de bienestar para la población dentro de los parques y zonas de recreación, minimizaran vectores como moscas, ratas, ratones, que puedan propagarse debido a la presencia de residuos dentro del casco urbano , impactando significativamente en la salud de los ciudadanos.

De igual manera estas plantas disminuyen el volumen de residuos que llegaran al relleno sanitario, lo cual ayuda a prevenir un aumento en la cantidad de lixiviados que estos producen, también se minimizaran la contaminación hacia fuentes subterráneas y superficiales dentro de la zona. Esto ayuda a que lleguen menos gases de efecto invernadero hacia la atmosfera, entre menos residuos dispongamos a los rellenos sanitarios, menor será el impacto en los recursos suelo, agua y atmosférico. A si mismo impacta de manera significativa a la economía de la zona, generando nuevos empleos directos e indirectos.

Con la construcción de una planta de tratamiento de residuos sólidos estaremos dando solución, a una grave problemática que atraviesa el medio ambiente, con el uso desmedido de sus recursos , los cuales al no ser reciclados , estaríamos extrayendo más materia prima y contaminando con los residuos que estos producen, por eso se buscan las alternativas más viables, como la reutilización de estos materiales una vez que ya no están en uso, disponerlos para crear nuevos productos mediante una economía circular, que permite ya no disponer de nuevos recursos naturales, sino que colocar en movimiento los mismo materiales.

Todo esto se logrará con la implementación de un plan de gestión de residuos sólidos, antes que una planta o relleno sanitario, con esto se busca la minimización de los recursos que llegan a estos lugares, la generación de residuos producidos en sectores urbanos es la problemática a solucionar ya que es un continuo sin fin la generación de residuos de todo orden para nuestro caso los sólidos se han denominado basura y por ser un estorbo “contaminante”, de agua, suelo y aire es necesario deshacerse de ellas, para poder conseguir

esto se han inventado una serie de procedimientos que tienen ciertos efectos secundarios como por ejemplo la quema de basura (pirólisis) produciendo ceniza y su posterior disposición y altos costos del sistema lo han hecho impracticable al menos en los países en desarrollo, en rellenos sanitarios han hecho que el sistema se vuelva inmanejable.

El incorrecto manejo de los residuos sólidos urbanos, es uno de los impactos negativos socioambientales que destruyen cada vez más el planeta tierra y sus recursos naturales, como es la biodiversidad que en él se desarrolla y la vida humana. Por lo tanto, para darle una solución a esta grave crisis, la implementación de infraestructuras de rellenos sanitarios, son unos de los métodos más usados en todo el mundo para la disposición final de los desechos domésticos generados por la actividad humana. Sin embargo, al enterrar estos residuos, minimizamos enfermedades causando impacto positivo a la salud pública, pero tenemos que analizar que estaríamos generando gases que van directo a nuestra atmósfera, la cual incrementa los gases de efecto invernadero.

Se necesitará crear condiciones de construcción dentro del relleno sanitario, que nos ayuden a minimizar estos gases que se producen dentro de las celdas de disposición, como es el uso de chimeneas con ciertos reductores de partículas sólidas hacia la atmósfera, teniendo en cuenta los valores permisibles de contaminación. De igual manera colocar una geomembrana para proteger al suelo y las aguas subterráneas de los lixiviados que estos producen y tratar estos de manera efectiva dentro de la instalación, con la construcción de una planta de aguas residuales para tratarlas.

8.2 Medidas de mitigación

El objetivo principal de todo relleno es el de almacenar la basura en áreas o terrenos grandes lejos de las ciudades, disponiéndolos en capas de determinado espesor, las cuales se van cubriendo con ciertos materiales aptos para esto, como puede ser, por ejemplo, arcilla o hule polietileno con ciertas características específicas para este uso, sobre todo para lograr tener un adecuado manejo de los olores y gases que se generan después de cubrir dichos residuos.

En el caso de la construcción del relleno sanitario del casco urbano de San Juan de Limay, se realizará en el mismo lugar que han usado como un basurero, con el fin de no alterar el suelo y los ecosistemas de otro sitio, además no solo obtendremos un beneficio ambiental, sino que minimizamos el costo económico de adquirir otro sitio. A si mismo dentro de cada celda se

construirá chimeneas cada 30 metros, con el fin de extraer todos los gases originados de la desintegración de los residuos sólidos y evitar que haya un incendio en el interior del mismo. Estas chimeneas tendrán alrededor piedras y una maya para proteger al tubo, de igual manera estos tendrán reductores de partículas en el interior, para lograr llegar a los valores permisibles de emisiones de gas.

Se impermeabilizará con una geomembrana todo el suelo de la celda, para que no entre en contacto con el recurso suelo, debido a la posible infiltración de lixiviados que podrían contaminar las fuentes de aguas subterráneas, la cual se construirá un canal en la parte baja de la celda, con un tubo de 6 pulgadas con perforaciones a lo largo del tubo.

Evaluación de impacto ambiental de la planta de tratamiento y relleno sanitario

El área a utilizar en la construcción de la planta de tratamiento de residuos sólidos y el relleno sanitario, será realizado en el actual vertedero del municipio de San Juan de Limay , em conjunto con una ampliación de terreno , la cual será necesario la limpieza inicial de lugar talando algunos arboles , arbustos .Las actividades de Desmonte, (corte de malezas y tumba de árboles) durante el desarrollo de las actividades de preparación del terreno, para la apertura de las primeras trincheras, obras de drenaje de aguas pluviales, aumentaran los riesgos de erosión del suelo (García et al., 2004).

Con el pasar constante de la maquinaria encargada de la Apertura de las distintas vías de acceso internas y externas al relleno, el suelo del área del relleno experimentara, los siguientes problemas: una fuerte y severa compactación del suelo, disminución de la capacidad de infiltración del agua y de la capacidad de intercambio catiónico Durante las obras de corte y nivelación del terreno (rellenos), se producirán movimientos de tierras los cuales afectarán la geomorfología del sitio, la cual hemos desarrollado la siguiente matriz de Leopold relacionado al impacto ambiental que causará estas alteraciones.

16. Evaluación de impacto ambiental de la planta de tratamiento y relleno sanitario

Tabla 11

Matriz de Leopold-evaluación de impacto ambiental

Construcción de planta de tratamiento de residuos sólidos y relleno sanitario en el casco urbano de San Juan de Limay		Acciones										Afectaciones		Total	Impacto del agregado							
		alteraciones de la cobertura vegetal del suelo	Ruido y vibraciones	Modificación del hábitat	corte y relleno	excavación de la superficie	relleno sanitario	Emisión de chimeneas	Paisajismo	Reciclaje de residuos	Eliminación de basura											
		component	Factores	+	-																	
tierra	suelos	-8 3	-5 1	-9 3	-5 3	-5 3	-9 3	-8 3	-1 1	9 3	10 3	2	8	10	-81							
	Formas del terreno	-5 3	-5 1	-9 6	-5 6	-6 6	9 6	-1 2	-1 3	-5 4	-5 6	1	9	10	-141							
Agua	agua subterránea	-8 6	-1 1	-9 3	-6 3	-5 2	-5 6	-1 1	-4 1	9 6	9 6	2	8	10	-31							
	calidad del agua	-9 6	-1 1	-9 6	-6 1	-9 1	-9 6	-5 3	-1 2	9 6	10 6	2	8	10	-81							
Atmosfera	calidad del aire	-1 1	-5 1	-9 6	-1 1	-1 1	-9 6	-10 3	9 3	9 6	9 6	3	7	10	-11							
flora	arboles	-8 6	-1 1	-9 6	-9 3	-2 2	-5 6	-1 2	6 3	5 3	6 3	3	7	10	-115							
Interés estético y humano	Diseño del paisaje	8 5	-1 1	6 3	6 3	4 3	9 6	-9 5	8 6	9 6	9 5	8	2	10	243							
Aspectos culturales	salud y seguridad	8 3	-9 1	6 5	-6 4	-7 1	10 6	-7 3	8 6	10 6	10 6	6	4	10	221							
	Empleo	4 1	-2 1	8 4	6 4	9 4	8 6	1 1	5 3	10 6	10 6	9	1	10	278							
facilidades y actividades	Manejo de residuos	-4 1	-1 1	-5 1	-2 1	-2 1	10 6	-4 3	-4 2	10 6	10 6	3	7	10	146							
Afectaciones												39	61	100	428							
												7	10		61							
Total												10	10	10	10							
impacto del agregado												-126	-31	-195	-81	-36	81	-151	138	418	411	428

Según tabla 11 (Matriz de Leopold-evaluación de impacto ambiental) se detallan las alteraciones por la construcción de la planta de tratamiento y el relleno sanitario, en relación a los factores con una puntuación de -195 causaríamos un impacto negativo hacia la modificación del habita, seguido por la emisión de chimeneas del relleno sanitario, que es necesario extraer del interior, la cual con la expulsión de estos gases causamos afectaciones al recurso aire, por la cual hemos propuesto chimeneas con mayor retención de residuos. Así mismo con un valor de -126 tenemos afectaciones hacia la cobertura del suelo, la cual será necesario plantas algunos árboles después de la construcción. Por lo tanto, en impactos positivos tenemos al empleo con 278 de puntuación, logrando crear nuevas fuentes de trabajo hacia los pobladores del municipio, como también a un impacto positivo hacia el paisajismo de la zona y en salud de la población.

Tabla 12

valores para la matriz de Leopold de evaluación de impacto ambiental

Impactos positivos					
Magnitud			importancia		
intensidad	afectación	calificación	Duración	influencia	calificación
Baja	Baja	+1	Temporal	puntual	+1
Baja	Media	+2	Media	puntual	+2
Baja	alta	+3	Permanente	puntual	+3
Media	Baja	+4	Temporal	local	+4
Media	Media	+5	Media	local	+5
Media	alta	+6	Permanente	local	+6
Alta	Baja	+7	Temporal	Regional	+7
Alta	Media	+8	Media	Regional	+8
Alta	alta	+9	Permanente	Regional	+9
Muy alta	alta	+10	Permanente	Nacional	+10

Según tabla 12 (valores para la matriz de Leopold de evaluación de impacto ambiental) se registran los datos en magnitud e importancia, según consideraciones de afectaciones en el entorno, estas son positivas, las cuales podrían presentar una alta magnitud em relación a una baja importancia, así mismo la determinación de estas son basadas en el criterio profesional.

Tabla 13*valores negativos de la matriz de Leopold de evaluación de impacto ambiental*

Impactos negativos					
Magnitud			importancia		
intensidad	afectación	calificación	Duración	influencia	calificación
Baja	Baja	+1	Temporal	puntual	-1
Baja	Media	+2	Media	puntual	-2
Baja	alta	+3	Permanente	puntual	-3
Media	Baja	+4	Temporal	local	-4
Media	Media	+5	Media	local	-5
Media	alta	+6	Permanente	local	-6
Alta	Baja	+7	Temporal	Regional	-7
Alta	Media	+8	Media	Regional	-8
Alta	alta	+9	Permanente	Regional	-9
Muy alta	alta	+10	Permanente	Nacional	-10

Calificación negativa		
Irrelevantes	0	-25
Moderados	-25	-50
severos	-50	-75
críticos		>-75

Según tabla 13 (valores negativos de la matriz de Leopold de evaluación de impacto ambiental) se determinan los impactos negativos de las alteraciones hacia el medio ambiente, podemos observar los valores en cuanto a la magnitud que causa el impacto negativo como alteraciones al suelo, ecosistemas y recursos naturales, las magnitudes que estas podrían abarcar, mediante una duración e influencia , de igual manera tenemos una tabla de calificación la cual nos sugiere cuanto ha impactado negativamente las alteraciones al sitio.

16.1. Plan de implementación

Tabla 14

plan de implementación en el casco urbano de San Juan de Limay

Plan de implementación				
objetivo general	Desarrollar un plan de implementación sobre aprovechamiento de residuos solidos para minimizar su volumen			
Campañas de sensibilización				
objetivo	Estrategia	acciones	responsables	indicadores
sensibilizar a la población sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos para minimizar el impacto negativo hacia el medio ambiente y la salud humana	uso de medios de información como radios y televisoras dentro del municipio, reflejando la importancia de el aprovechamiento de los residuos solidos generados en el municipio	Realización de campañas dentro de los centro de estudios dentro	Alcaldía municipal	cantidad de personas capacitadas
		Diseño de materiales impresos como afiches y pancartas	Estudiantes universitarios	conocimiento sobre la temática
		charlas sobre el aprovechamiento de los residuos dentro del mercado municipal	Organización no gubernamental líderes comunitarios	numero de afiches distribuidos
Talleres y capacitaciones				
objetivo	Estrategia	acciones	responsables	indicadores
organizar talleres de capacitación dirigidas a la comunidad para la clasificación de los residuos solidos	Análisis de las necesidades de la población	realizar entrevistas a representantes de los barrios	autoridad municipal	asistencia esperada
	Aprendizaje participativo	contar con dinámicas y juegos ,para la realización de un taller ma	universidades	cantidad de lideres de barrios
	certificación de participación	aplicar evaluaciones antes y después de los talleres		
	alianza con instituciones	contar con contenidos reflejando la problemática	instituciones educativas	número de participantes
	capacitación para varios sectores	identificar lideres para que guíen a los barrios		
	Aprendizaje participativo	otorga certificados de participación	promotores ambientales	número de talleres
	Formación de agentes multiplicadores	conectar actividades con ferias ambientales universitarias		
inclusión de tecnologías				
Involucramiento ciudadano				
objetivo	Estrategia	acciones	responsables	indicadores
Elaborar estrategias para el involucramiento ciudadano claves para la minimización de residuos solidos	reación de grupos ambientales por barrio	elección de lideres ambientales	alcaldía municipal	cantidad de comités realizados
	participación de los habitantes de los barrios	elección de voluntarios ambientales	líderes de los barrios	cantidad e propuesta ciudadanas
	voluntarios ambientales por barrio	impulsar charlas ciudadanas	responsables del mercado	voluntarios activos ambientales
	integración de lideres como responsable ambientales	formar brigadas de monitoreo	rganización no gubernamenta	satisfacción ciudadana

16.2. Participación comunitaria y educación ambiental

Tabla 15
participación comunitaria

Participación comunitaria y educación ambiental			
Objetivo	Evaluar la participación ciudadana en las actividades sobre los impactos de los residuos sólidos en el municipio		
Campañas de sensibilización			
objetivo	acciones	responsables	indicadores
Fomentar la participación de cada uno de los ciudadanos de los barrios de San Juan de Limay	Difusión materiales alusiones a la problemática amb	líderes de los barrios	Numero de campañas en ellos barrios
	difusión en redes sociales	organismos del medio ambiente	numero de personas involucradas
	difusión en radio y televisoras	grupos ambientales	
	involucramiento de líderes de los barrios	organismos no gubernamentales	voluntarios ambientales
	organización de charlas en cada barrio		
Talleres y capacitaciones			
Objetivo	acciones	responsables	indicadores
Brindar información fiable sobre residuos sólidos y su aprovechamiento	capacitación a ciudadanos de los barrios sobre clasificación de residuos sólidos	Alcaldía municipal	números de barrios alcanzados
	Elaboración de guías técnicas para clasificación de residuos sólidos	organizaciones no gubernamentales	nivel de aprendizaje
		líderes comunitarios	
capacitación hacia los líderes comunitarios	voluntarios ambientales	números de ciudadanos colaboradores	
Involucramiento ciudadano			
Objetivo	Acciones	responsables	indicadores
Evaluación de las capacidades de cada ciudadano para intervenir en el proceso de clasificación de residuos sólidos	Formación de comités por barrio	líderes de barrios	números de ciudadanos capacitados
	elaboración de guías a cada líder	voluntarios ambientales	cantidad de voluntarios capacitados
	creación de participación ciudadana en cuanto a acciones a tomar en el futuro		
	elección de voluntarios ambientales	Alcaldía municipal	cantidad de reportes de ciudadanos

16.3. Monitoreo, evaluación y ajustes

Tabla 16
monitoreo evaluación y ajuste

Monitoreo, evaluación y ajustes			
objetivo general	analizar la implementación de cada plan mediante un monitoreo ambiental		
Indicadores de desempeño			
objetivo	acciones	responsables	indicadores
Evaluar de manera cualitativa y cuantitativa la gestión de residuos sólidos en el municipio	Analizar datos sobre la gestión de residuos sólidos	Alcaldía municipal	cantidad de residuos reciclados
	Realizar indicadores sobre la recolección ,separación y reciclaje de residuos sólidos	unidad ambiental	clasificación de residuos sólidos
	elaborar informes par autoridades municipales		frecuencia de recorrido de camiones recolectores
	elaborar informes mensuales sobre la gestión de residuos sólidos	Dirección de planificación y estadística municipal	separación desde la fuente
	Realizar indicadores de eficacia de la disposición final de los residuos sólidos		
Auditorías ambientales			
Objetivo	Acciones	Responsable	indicadores
proponer acciones correctivas que garanticen la mínima contaminación en cuanto valores permisibles	Desarrollar auditorias técnicas en el tratamiento y disposición final de residuos sólidos	Empresas auditoras privadas	cantidad de autorías realizadas
	revisar la normativa ambiental para implementación de las indicaciones de construcción	comité de vigilancia municipal	cumplimiento de la normativa ambiental
	aplicar auditorias en cuanto a valores permisibles d emisiones de gases y lixiviados	unidad ambiental de la alcaldía del municipio	corrección de falla corregidas observaciones detectadas
Ajustes y mejoras			
objetivo	acciones	Responsable	indicadores
Analizar los datos obtenidos mediante las autorías realizadas con el fin de resolver los problemas en todo el proceso	revisar los indicadores en los resultados obtenidos con el fin de mejorar	autoridades municipales	Reducción de volumen de residuos solidos
	aplicar correcciones en la recolección de residuos solidos	comité de cada barrios	cantidad de mejoras realizadas
	capacitación del personal nuevo en la planta de tratamiento	coordinación técnica de la planta de residuos sólidos	satisfacción ciudadana
	innovar con tecnologías para mejorar la gestión de residuos solidos		
	aplicar correcciones en el relleno sanitario	actores sociales	Recomendaciones aplicadas

17. Monitoreo ambiental

Tabla 17
monitoreo ambiental

Plan de seguimiento ambiental del relleno sanitario			
objetivo general			
Implementar un plan de seguimiento para los recursos agua, suelo y aire, con el fin de reducir impactos negativos			
Recurso Agua	parámetros	Frecuencia	Métodos
objetivo	pH	Durante los 3 primeros meses y después durante cada año	muestréos en los pozos cercanos
Analizar los parámetros fisicoquímicos del recurso agua para conocer los impactos negativos del relleno sanitario	temperatura		
	turbidez		
	DBQO		
	DQO		
	metales pesados		Análisis en laboratorio
	nitratos		
	fosfatos		
	coliformes fecales		muestréos en aguas superficiales cercanas
	coliformes totales		
	conductividad		
	densidad		
	OD		
	solidos disueltos		
	alcalinidad		
Recurso suelo	parámetro	Frecuencias	métodos
objetivo			Análisis de laboratorio
Determinar la posible infiltracion de lixiviados para preveir el degradacion de este recuso	textura	cada 6 meses y depues cada 1 ano	muestréos de nivel de fondo
	estrucctura		
	compactación		
	densidad aparente		
	pH		
	materia orgánica		
	metales pesados		
	hidrocarburos total nutrientes		muestréos de detalle
Recurso aire	parámetro	frecuencias	métodos
objetivo			
Evaluar las emisiones de las chimeneas del relleno sanitario para la minimización del impacto negativo	Material particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5})	cada 6 meses al iniciar el proyecto y cada año después del uso	muestreo con tubo absorbente
	Dióxido de azufre (S)		
	Monóxido de carbono (CO)		
	Óxidos de nitrógeno (NOx)		Muestreo con Impactado
	Compuestos orgánicos volátiles (COV)		
	Velocidad y dirección del viento		Muestreo con Filtro

18. Conclusiones

Mediante una propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos para la mitigación de impactos ambientales antropogénicos en el municipio de San Juan de Limay, se determinó que la actual gestión de los residuos sólidos en el municipio es ineficiente en cuanto a planificación, monitoreo sanitario y la aplicación del marco ambiental existente en Nicaragua.

En respecto con la caracterización de residuos sólidos, se determinó que los residuos más predominantes son los plásticos, hule (llantas) y materia orgánica, lo que significa la necesidad de llevar a cabo un proceso de separación, reutilización, compostaje y valorización, devolviéndolo a una economía circular, dentro de los procesos de la planta de tratamiento, minimizando el impacto ambiental negativo.

En la prueba visual de suelo con respecto a las propiedades físicas (textura, estructura, color, moteado) realizado in situ , se dedujo que el suelo presenta características idóneas para la instalación de un relleno sanitario, sin embargo dentro de la prueba de infiltración se determinó que el suelo es limo arenoso o arenoso, por lo tanto es aceptable dentro de la NTON 05 013-01 Norma técnica para el control de relleno sanitario, además de la implementación sugerida para condicionar el suelo , colocando 30 cm de arcilla compactada al 95 % Proctor compactado, en conjunto con un geotextil para proteger a la geomembrana de punzonamientos de 3.5 mm de espesor y una geomembrana de 2 mm.

En cuanto con el análisis documental del marco legal ambiental de Nicaragua, se estableció una conexión de la problemática con leyes, normas técnicas y decretos, todo esto relevante a una eficiente gestión integral de los residuos sólidos, determinándose que existe excelentes criterios técnicos, aunque no son aplicados en la actualidad por las municipalidades.

La propuesta técnica engloba una planta de tratamiento en conjunto con un relleno sanitario, la cual han sido diseñados para minimizar los impactos ambientales, su ejecución permitirá una eficiente transporte, recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, en conjunto con la participación de instituciones, población y alcaldía.

19. Recomendaciones

Se recomienda un monitoreo regular de los residuos sólidos urbanos en cuanto a la generación, volumen y tipo de residuos, con el fin de ajustar el sistema de recolección y transporte para dar una cobertura al 100 % y evitar vertederos clandestinos y disposiciones en lugares no autorizados.

Se recomienda la inspección periódica de la calidad de las características físicas del suelo, al fin de evitar futuras contaminaciones, así mismo evitar que los lixiviados afecten la calidad del agua superficial y subterránea del municipio de San Juan de Limay.

Se recomienda aplicar el marco ambiental en cuanto a leyes, normas y decretos, aplicando las condiciones técnicas de rellenos sanitarios y las debidas sanciones en cuanto al inadecuado manejo de los residuos sólidos en el municipio.

Con relación a nuestra propuesta técnica del un sistema de tratamiento de desechos sólidos, se recomienda dirigirse hacia las instituciones ambientales y Alcaldía, para gestionar los recursos financieros para la implementación de la planta de tratamiento y el relleno sanitario, así como también es importante la participación de la comunidad.

Se recomienda integrar la propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos en el municipio de San Juan de Limay, dentro del plan de desarrollo ambiental como base de una gestión integral de los residuos sólidos, técnica y legalmente viable para el desarrollo sostenible del municipio.

20. Referencias

- Acurio, G., Rossin, A., & Zepeda, P. F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://doi.org/10.18235/0010235>
- al, M. e. (24 de marzo de 2014). Alternativas actuales del manejo de lixiviados. *vol 9*, pp. 37-47. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93330767005>
- Benítez, C. S. (2013). La gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos es fundamental para el medio ambiente. *revista científica*.
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/43784>
- Blázquez, M. d. (1995). *Legislación sobre los residuos urbanos y asimilables*. Universitaria Ramón Areces. <https://studylib.es/doc/7119836/los-residuos-agr%C3%ADcolas-y-de-origen-animal>
- Brady, H., & Nyle, B. y. (1991). *Naturaleza y propiedades de los suelos: Texto de edafología para enseñanza* (4ª reimpresión ed.). ciudad de México: UTEHA – Editorial Limusa (México, D.F.).
https://books.google.com/books/about/Naturaleza_y_propiedades_de_los_suelos.html?id=Ack7YAAACAAJ
- Calero, C. A. (2016). *Marco Jurídico legal en materia de higiene y seguridad laboral de Nicaragua, Honduras y el Salvador*. Repositorio institucional, Managua.
<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/7769/1/t872.pdf>
- Cavalcanti, R. N. (2002). *Congreso de Gestión Ambiental para el Desarrollo Sostenible*. UNESCO. <https://1library.co/document/ydvwd2ey-ii-curso-internacional-aspectos-geologicos-proteccion-ambiental.html>
- Chamán, A. B. (2019). *Manejo de la basura y su clasificación*. trabajo académico / informe / monografía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades.
https://www.biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_1989.pdf
- Cruz, C. (2007). Variabilidad morfogenética de los suelos en México y su relación con el modelo fisiográfico nacional. *XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. <https://www.redalyc.org/journal/573/57375131045/>
- Cruz, J. (2001). *Memoria del Diagnóstico Medioambiental de la Agenda 21*.
<https://www.carmona.org/ciudad21/BloqueII/Bloque22/Bloque2213.pdf>

- Díaz, R. M. (2007). *Propiedades físicas del suelo*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Echeverri, S. M. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Línea de investigación: Bioprocesos. Semillero de Investigación sobre Materia Orgánica SISMO, volumen I*.
<https://repository.unilasallista.edu.co/items/6b6fa0c2-d778-4077-be68-e5df29b14c0d>
- Espejo Serrano, R. (2016). *La Agricultura de Conservación, herramienta para potenciar el papel del suelo*. Agricultura de Conservación.
https://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/STs%202016/1998972102_doc_REspejo.pdf
- Espinoza, V. M., & Benavidez, J. S. (2020). *Estudio de manejo integral ,tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en el municipio de San Juan de Limay, departamento de Estelí año 2019(para optar al título de ingeniero civil)*. Repositorio institucional, Estelí. <http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/3502>
- Ferrando, G. (1993). *Definición de encuesta*. Universidad Rafael Landívar.
<https://www.studocu.com/es-mx/document/benemerita-universidad-autonoma-de-puebla/estadistica-descriptiva/teoria-de-la-encuesta/8423286>
- Garzón, S. a., & Mejía, E. (2009). *Propuesta del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos procedentes de la Planta de Manufactura de la Embotelladora Nacional S.A. (ENSA), situada en la ciudad deManagua, Nicaragua en el período de Septiembre a Diciembre del 2007*. Trabajo Final de Seminario para optar al Título de Ingeniero industrial y de sistemas , Managua.
<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/9556/>
- Gloria, N. C. (2010). *Estrategias para la adecuada gestión de los residuos sólidos en el area urbana del municipio de sahadun , departamaneto de córdoba*. Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería Industrial, Cartagena de Indias.
<https://hdl.handle.net/20.500.12585/2489>
- González, J. G. (22 de noviembre de 2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. pp. 7-28.
<https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionregion/article/view/149>
- Grand, A., & Michel, V. (2004). *Materia orgánica del suelo*. Documento técnico.
<https://orMATERIA%20ORGA%CC%81NICA%20DEL%20SUELO.pdf>
- Herrera, H. R. (2012). *Gestión Integral de residuos sólidos*. Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/518>

- Javier Miner. (1994). *Sustratos. Propiedades y caracterización*. Ediciones Mundi-Prensa.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65de02ecb766d82b18fbc084>
- Jofré, J. M. (1999). *Metodología de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos y Bases Para el Desarrollo de un Laboratorio*. Tesis Para Optar al Grado de Ingeniero Constructor, Pontificia univesidad de val paraíso.
<https://repositorio.pucv.cl/tesis/jaime-munoz-1999.pdf>
- Leyva, L. L. (2018). Metodología para la caracterización de los desechos sólidos municipales. *Académica Iberoamericana Local-Global, Vol 11 No 33*.
<file:///C:/Users/HPs/desechos-solidos-municipales.pdf>
- Martínez, j. (2005). *Guia para la gestion integral de los residuos peligrosos*. Montevideo: Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe.
https://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/centers/proj_activ/stp_projects/08-03.pdf
- Núñez, L. C. (2009). *Propuesta de un plan de separación y reciclaje de los residuos sólidos domiciliarios, dentro del conjunto habitacional Puerta de Alcalá, municipalidad de La Florida*. Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el Título de Ingeniero de Ejecución en Ambiente., Universidad de Santiago.Chile, Santiago.
<https://chatgpt.com/#:~:text=Tesis%20acad%C3%A9mica%5D.%20eLibro.-,https%3A//elibro.net/es/ereader/unanmanagua/108292%3Fpage%3D2,-%C2%BFQuieres%20que%20te>
- Oficial, L. G.-D. (6 de Junio de 1996). Ley n°.217 -Ley general del medio ambiente y de los recursos naturales. Managua, Nicaragua.
- Oficial, L. G.-D. (5 de noviembre de 2002). Norma tecnica NTON 05 015-02 ,Norma tecnica para el manejo y eliminación de los residuos sólidos peligrosos. Managua, Nicaragua.
- Oficial, L. G.-D. (22 de abril de 2002). NTON Norma tecnica 05 013-01 Norma tecnica obligatoria nicaraguense para el contro ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos. Managua, Nicaragua.
- Oficial, L. G.-D. (21 de noviembre de 2005). Ley n° 559-Ley especial de delictos contra el medio ambiente y los recursos naturales. Managua, Nicaragua.
- Oficial, L. G.-D. (3 de abril de 2008). Ley n° 647-Ley de reformas y adiciones a la ley n° 217 .Ley general del medio ambiente. Managua, Nicaragua.

- Oficial, L. G.-D. (14 de Febrero de 2013). Texto de la ley n° 40 ,ley de municipios con reformas incorporadas. Managua, Nicaragua.
- Oficial, L. G.-D. (24 de mayo de 202). Norma tecnica NTON 05 014-02, Norma tecnica ambiental para el manejo,tratamientoy disposicion final de los desechos solidos no peligrosos. Managua, Nicaragua.
- Oficial, L. G.-D. (27 de septiembre de 2023). Decreto ejecutivo n° 9-96 reglamento de la ley general del medio ambiente y de los recursos naturales. Managua, Nicaragua.
- Oficial, L. G.-D. (18 de Febrero de 2025). Texto integro de la constitucion politica de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- Ortega, J. L., & Castillo, L. E. (2019). *Propuesta de manejo de los desechos sólidos alcaldía San Rafael del Sur año 2019*. Repositorio institucional, Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3601/1/22250.pdf>
- Pimentel, O., Acosta, G., Acuña, J., & Bustos, E. (2020). Estimulación eléctrica para el incremento en la germinación y crecimiento de cucumis sativus en suelo antrosol empleando electrodos modificados con óxidos de metales de transición(Tesis de maestria). <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/442>
- Pinedo, J. A. (2018). *Impacto del manejo de residuos solidos en la salud de la poblacion del distrito de San Juan Bautista,periodo 2017(Tesis para optar al grado de doctor en ciencias empresariales,Facultad de ciencias economicas y de negocios)*. tesis, Repositorio institucional, Iquitos. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5472>
- Porta, J. (2003). *Edafología: Para la Agricultura y el Medio Ambiente* (3.ª edición ed.). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. <https://mundiprensa.mx/catalogo/9788484761488/edafologia-para-la-agricultura-y-el-medio-ambient>
- Rendón, A. F. (13 de Agosto de 2012). Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno ACTIVA*, 67-72. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/34>
- Rivera, M. Á., Altamirano, J. P., Barahona, W. E., & Costales, J. H. (mayo de 2022). suelos caracterización e importancia. *Grupo de investigación , innovación y tecnologia* . <https://doi.org/https://doi.org/10.55204/pmea.7>
- Rodríguez Guerra, A., & Baca Cajas, K. A. (mayo de 2021). Generación de residuos sólidos urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, págs. 35-40.
- Rosário, J. B. (2017). *Procedimiento para la gestión del reciclaje de residuos sólidos urbanos en el municipio de Cabinda, República de Angola*. Universidad Central

- “Marta Abreu” de Las Villas (Cuba).
<https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/91439?page=1>
- Sánchez, I. R. (2022). *Contaminación ambiental por disposición final de residuos sólidos y aguas residuales en la localidad de Lucre-Huacarpay, provincia de Quispicanchi – región Cusco – 2018*. Tesis Para optar el Grado Académico de: Doctora en Biología Ambiental, Universidad nacional de San Aguatín de Arequipa, Arequipa.
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/15031>
- Sanz Gaspar, A. T. (2021). *Guía técnica para la clasificación de los residuos*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). España: MITERD.
<https://cpage.mpr.gob.es/producto/guia-tecnica-para-la-clasificacion-de-los-residuos>
- Sbarato, D. (2009). *Aspectos generales de la problemática de los residuos sólidos urbanos (1.ª ed.)* (Primera edición (1ª ed.) ed.). cordoba: Encuentro Grupo Editor; Editorial Brujas (co-edición). <https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/76574?page=26>
- Sostenible, M. d. (2023). *Aprender de los residuos: La gestión integral e inclusiva de los residuos y su impacto socio-ambiental. Una selección de fuentes y recursos para trabajar en las aulas*. <https://www.educ.ar/recursos/158671/aprender-de-los-residuos-la-gestion-integral-e-inclusiva-de->
- Toro, E. R., Narea, M. S., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://hdl.handle.net/11362/40407>
- Toro, E. R., Narea, M. S., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Naciones unidas Cepal.
<https://hdl.handle.net/11362/40407>
- Torres, M. (2010). Métodos de recolección de datos para una investigación. *Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Boletín ecológico No.03*, 16.
https://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-primero/boletin03/URL_03_BAS01.pdf
- Ubierno, A. (2015). *La gestión integral de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Santa Fe*. Ediciones UNL-Universidad Nacional del Litoral.
<https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/78504?page=2>
- Villalobos, F. (2010). *Mecánica de suelos* (segunda edición ed.). Concepción, Chile: Univesidad de la santísima concepción.
https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/196179?as_all=suelo&as_all_op=unaccent_icontains&prev=as

- Villarés, V. V., & Yáñez, S. A. (junio de 2023). Gestión de residuos hospitalarios. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato - Ecuador, vol 10*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33789/talentos.10.1.184>
- Zambrano, A. R. (julio de 2023). Manejo de desechos sólidos y sostenibilidad ambiental. *vol 8(84)*. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i7>
- Zapata, R. B. (2022). *Erodabilidad en suelos Andisoles, Mollisoles y Vertisoles de la región del Pacífico de Nicaragua, 2021 – 2022*. Tesis, Universidad Nacional Agraria, Managua. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/4570>
- Zeledón, J. L. (2019). *Propuesta de manejo de los desechos sólidos alcaldía San Rafael del Sur año 2019*. Repositorio institucional, Managua, Nicaragua.
<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3601/1/22250.pdf>

21. Anexos

21.1. Validez de los instrumentos

21.1.1. Carta de solicitud para validación de instrumentos

Estelí, 15 de septiembre 2025

Dr. Kenny

López

Benavides

Su Despacho

Estimado doctor

Con el mayor de los respetos y estima, me dirijo a usted.

Mediante la presente, le informo que curso el V año de la carrera de Ingeniería Ambiental en el ciclo 2021–2025 de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), en el Centro Universitario Regional (CUR-Estelí). Actualmente, me encuentro elaborando mi trabajo de tesis como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Ambiental.

En virtud de lo anterior, me permito acudir a usted, reconociendo su trayectoria profesional y nivel académico, para solicitar de manera atenta su colaboración en la revisión y valoración experta de los instrumentos metodológicos, que forman parte de mi trabajo de investigación. Estos incluyen: guía de entrevista, guía de encuesta, guía de prueba visual de suelo, guía del método de cuarteo y guía de análisis documental. La finalidad de esta revisión es determinar la validez de contenido de dichos instrumentos, los cuales serán empleados para recopilar información esencial de mi tesis titulada *“Propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos del municipio de San Juan de Limay”*.

La validación de los instrumentos tiene como propósito asegurar la coherencia entre los objetivos del estudio, las categorías, subcategorías y el contenido de las preguntas, mediante la evaluación de criterios como presentación, pertinencia, congruencia, redacción, claridad de instrucciones, adecuación del lenguaje, entre otros aspectos que usted considere relevantes. Su valoración experta permitirá identificar observaciones y sugerencias que contribuirán a mejorar y ajustar los instrumentos, hasta alcanzar una versión metodológicamente sólida que garantice la recolección de información precisa y pertinente para el desarrollo de la investigación. Para facilitar esta tarea, se adjunta una matriz que relaciona los objetivos con las preguntas del instrumento, así como una constancia de evaluación, a través de la cual usted podrá emitir su juicio técnico.

Agradeciendo su valioso aporte como experto.

Atentamente

Luis Moisés Hernández Portillo

Dany José Benavidez Pérez

21.1.2. Constancia de juicio de experto

Yo, Kenny López Benavides, Doctor en Ciencias Ambientales; por medio de la presente hago constar que he leído y revisado, con fines de validación, el instrumento de investigación: *guía de entrevista, guía encuesta, guía método de cuarteo, guía prueba visual de suelo y guía análisis documental*, que será aplicado en el desarrollo del estudio: *“Propuesta técnica de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos del municipio de San Juan de Limay”* por *Luis Moisés Hernández portillo y Dany José Benavidez Pérez*.

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

Nº	Indicadores	Valores				
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
1	El instrumento esta lineado con el problema de investigación				x	
2	El instrumento refleja claramente el problema a resolver				x	
3	El instrumento se relaciona adecuadamente con los objetivos y preguntas del estudio				x	
4	El instrumento utiliza un lenguaje apropiado				x	
5	La redacción de las preguntas es clara y apropiada para cada dimensión				x	
6	El contenido del instrumento es relevante				x	

7	El instrumento facilita un manejo eficiente de la información				x	
8	La estructura de los instrumentos es completa				x	

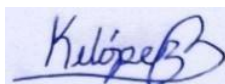
Evaluación de los instrumentos:

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

Observaciones:

Debería de disminuir el número de instrumentos, quedar con dos máximos, los que más le aporten al tema y profundizar.

Para que conste a los efectos oportunos, extiendo la presente en la ciudad de **Estelí**, a los **15** días del mes de **septiembre** del año dos mil veinticinco.



Kenny López Benavides

Nombre y

Firma del

experto

Constancia de juicio de experto

Yo, Ing. Luis Andrés Pérez Díaz, con título académico Ingeniero en Ciencias Agrarias, por medio de la presente hago constar que he leído y revisado, con fines de validación, el instrumento de investigación: *guía de entrevista, guía encuesta, guía método de cuarteo, guía prueba visual de suelo y guía análisis documental*, que será aplicado en el desarrollo del estudio: *"Propuesta técnica legal de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos del municipio de San Juan de Limay"* por *Luis Moisés Hernández portillo y Dany José Benavidez Pérez*.

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

Evaluación de los instrumentos:

Nº	Indicadores	Valores				
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
1	El instrumento esta lineado con el problema de investigación				X	
2	El instrumento refleja claramente el problema a resolver				X	
3	El instrumento se relaciona adecuadamente con los objetivos y preguntas del estudio				X	
4	El instrumento utiliza un lenguaje apropiado				X	
5	La redacción de las preguntas es clara y apropiada para cada dimensión				X	
6	El contenido del instrumento es relevante				X	
7	El instrumento facilita un manejo eficiente de la información				X	
8	La estructura de los instrumentos es completa				X	

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

Observaciones: El documento de estudio se efectuó con la problemática encontrada en el municipio San Juan de Limay, Agregando componentes importante como es la reutilización para aprovechar en la parte agropecuaria.

Para que conste a los efectos oportunos, extiendo la presente en la ciudad de **Estelí**, a los **15** días del mes de **octubre** del año dos mil veinticinco.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Andrés Pérez Díaz', with a large, stylized flourish above the name and a horizontal line extending to the right.

Ing. Luis Andrés Pérez Díaz

Nombre y Firma del experto

21.1.3. Guías de instrumentos de investigación



Guía de entrevista

(semiestructurada)

La entrevista es una técnica de gran utilidad en la investigación cualitativa para recabar datos; se define como una conversación que se propone un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico que adopta la forma de un diálogo coloquial. Canales la define como “la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto”. La entrevista es muy ventajosa principalmente en los estudios descriptivos y en las fases de exploración, así como para diseñar instrumentos de recolección de datos, la entrevista en la investigación cualitativa, independientemente del modelo que se decida emplear, se caracteriza por los siguientes elementos: tiene como propósito obtener información en relación con un tema determinado (Laura Díaz-Bravo, 2013)

Nosotros como estudiantes del Centro Universitario Regional (CUR-Esteli) perteneciente al departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud, el propósito de nuestra visita es realizar una entrevista dirigida a la señora Xóchilt Castellón, quien trabaja en el área administración tributaria, para identificar las acciones de gestión de los residuos sólidos que realizan en el casco urbano en el municipio de San Juan de Limay.

1. ¿Cómo es la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el casco urbano de San Juan de Limay?

2. ¿Cuánto es el crecimiento poblacional?
3. ¿Cuántos volúmenes de desechos sólidos se recoge por semana?
4. ¿Cuántos viajes hace el camión por días?
5. ¿Hacen clasificación de los desechos sólidos?
6. ¿Qué desecho sólido predomina más?
7. ¿Cuántos camiones recolectores cuenta el casco urbano?
8. ¿Qué manejo les dan a los desechos sólidos en el vertedero?
9. ¿Cada cuánto hacen incineraciones de los desechos sólidos en el vertedero?
10. ¿cuánto mide el área del vertedero donde se depositan los desechos sólidos actualmente?
11. ¿Con qué frecuencia recoge la basura en el casco urbano?

12. ¿A cuánto está ubicado el casco urbano del basurero?

13. ¿Qué tipos de apoyo necesitan en el municipio para mejorar la gestión de los residuos sólidos?

14. ¿Dan charlas para mejorar el manejo de la basura?

15. ¿Cuáles son las principales problemáticas que enfrenta actualmente el casco urbano en cuanto al manejo de los residuos sólidos?

¡Muchas gracias por su colaboración!



Guía de Encuesta a pobladores

Dimensión socio-ambiental

I. INTRODUCCION

La encuesta es una técnica de recogida de datos, o sea una forma concreta, particular y práctica de un procedimiento de investigación. Se enmarca en los diseños no experimentales de investigación empírica propios de la estrategia cuantitativa, ya que permite estructurar y cuantificar los datos encontrados y generalizar los resultados a toda la población estudiada. Permite recoger datos según un protocolo establecido, seleccionando la información de

interés, procedente de la realidad, mediante preguntas en forma de cuestionario (su instrumento de recogida de datos). Se trata de un tipo de investigación interdisciplinario por excelencia, debido a su amplitud, a los requisitos que tiene que cumplir toda investigación de campo y al análisis estadístico de datos (Kuznik et al., 2010).

La encuesta como sistema de recolección de datos permite acumular información en poco tiempo. Nosotros como estudiantes del Centro Universitario Regional Estelí (CUR), perteneciente al departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud, realizamos esta encuesta con el objetivo de analizar las acciones de gestión sobre los residuos sólidos que realizan en el municipio de San Juan de Limay, la cual nos servirá de base para nuestro tema de tesis de grado titulado como “propuesta técnica legal de un sistema de tratamiento de desecho sólidos urbanos en el municipio de san juan de Limay”, por lo tanto se propondrá mejoras en la gestión de residuos sólidos.

¿Cómo maneja la basura en su casa?

- La quema
- La saca a la calle para la recolección del camión
- Otra opción (especifique)

¿Conoce sobre la clasificación de la basura?

- Sí
- No

¿Clasifica la basura?

- Sí
- No

¿Qué tipo de residuos separa?

- Orgánico
- Plástico
- Vidrio
- Papel
- Metal

¿Cada cuánto pasa el camión recolectando la basura?

- Diariamente
- Una vez por semana
- Dos veces por semana

¿Con qué frecuencia saca la basura de su casa?

- Diariamente
- Una vez Por Semana

¿Está satisfecho con el servicio de la recolección de su basura?

- Muy satisfecho/a
- Satisfecho/a
- Insatisfecho/a

¿Cree que el municipio podría mejorar la recolección de la basura?

- Sí
- No

¿Cómo calificaría la limpieza en el municipio de San Juan de Limay?

- Buena
- mala
- Regular

¿Dónde se observa la mayor problemática de la acumulación de la basura en el casco urbano de San Juan de Limay?

- Calle
- Aceras
- Ríos o quebradas
- Mercado
- Predios baldíos

¿Está dispuesto a separar la basura en diferentes bolsas si se lo solicitaran?

- Sí
- No

¿Por qué considera que es importante esta acción de clasificación de basura?

- Para mejorar la calidad de vida
- Para minimizar la contaminación

- Para evitar enfermedades
- Las tres opciones

¿Considera que la acumulación de la basura es un problema en el casco urbano? ¿justifique su respuesta?

- Sí
- No

¿Está dispuesto a participar campañas de concienciación para un buen manejo de la basura?

- Sí
- No

¡Muchas gracias por su colaboración!



Guía de método de cuarteo

Caracterización de los residuos sólidos Urbanos

Esta guía de Caracterización de los residuos sólidos Urbanos, la realizamos estudiantes del Centro Universitario Regional Estelí (CUR), perteneciente al departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud, V año de Ingeniería ambiental, con el fin de hacer una caracterización de los residuos sólidos en el casco urbano de San Juan de Limay, la cual se utilizará una guía de método de cuarteo en nuestro trabajo de tesis con el tema” Propuesta técnica legal de un sistema de tratamiento de desechos sólidos urbanos en el municipio de San Juan de Limay”.

El método de cuarteo nos sirve para conocer la composición de residuos que entraran al relleno de una ruta específica. podemos conocer la composición de un estrato específico, el porcentaje de material orgánico que puede salir de las plazas de mercado, la fracción de material inorgánico que no está siendo aprovechado, la cantidad de material inservible que produce una ciudad. Con la muestra los residuos sólidos se comienzan a separar en orgánicos, vidrio, papel y cartón, metales, plásticos, textiles y otros, como pañales, toallas y papel

higiénico. Posteriormente, cada uno de estos residuos se pesa, y la suma total de los residuos dará la totalidad de la muestra (Rendón, 2012).

La caracterización es un proceso importante en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, el método de cuarteo se realizará visitando directamente el vertedero y se realizará una muestra por conveniencia de los cuatro sectores que integran el casco urbano. Así mismo las visitas se realizarán los días martes y viernes, las cuales el camión recolector hace su recorrido en el sector 1 y 2(día martes) y sector 3 y 4 (día viernes).

I. Objetivos

General

caracterización de los residuos sólidos en el casco urbano de San Juan de Limay

Específico

- Identificar diferentes tipos de residuos sólidos provenientes del casco urbano de San Juan de Limay
- Analizar los componentes haciendo uso del método de cuarteo durante la caracterización de residuos sólidos.

II. Materiales e instrumentos utilizados para los muestreos

Tabla de campo.

Balde

Hojas de registro para composición física de residuos sólidos

Balanza de reloj con capacidad máxima de 40 lb.

Pliego de plástico 4X2

Bolsas plásticas

Guantes

Escobas

Cámara digital

Mecate

Cinta métrica

Palas

Rastrillos

Mascarillas

Palas

Rastrillos

Carretillas

III. Método de cuarteo para caracterizar los residuos sólidos

Actividad I

Este método consiste en la caracterización de los residuos sólidos y minimizar la muestra del material(residuos). Esta técnica consiste en separar los residuos en 4 partes pequeñas iguales, para poder separar con mayor rapidez los residuos sólidos. Este método abarcara una muestra por conveniencia de los cuatro sectores del casco urbano de San Juna de Limay, la cual está compuesto por cinco etapas complementarias que conformaron las fases de campo las cuales serán descritas a continuación:

Recolección: En esta fase, se realizó el vertedero de San Juan de Limay, se caracterizará los residuos sólidos del día martes, la cual es la recolección de residuos sólidos de los sectores 1 y 2 del casco urbano, cabe señalar que la cantidad de residuos recolectados es de 7 días, se colocará el plástico de 4x2 metros, sobre el suelo, colocando una muestra de los residuos sólidos para su posterior caracterización. De igual manera se realizó el mismo proceso el día

viernes, la cual es la recolección del sector 3 y 4, se pudo realizar la cobertura de los 4 sectores con la identificación y caracterización de los residuos sólidos generados en el casco urbano.

Separación por componente: Esta fase consistirá en separar el conjunto de residuos sólidos en componentes individuales, de acuerdo a sus características físicas.

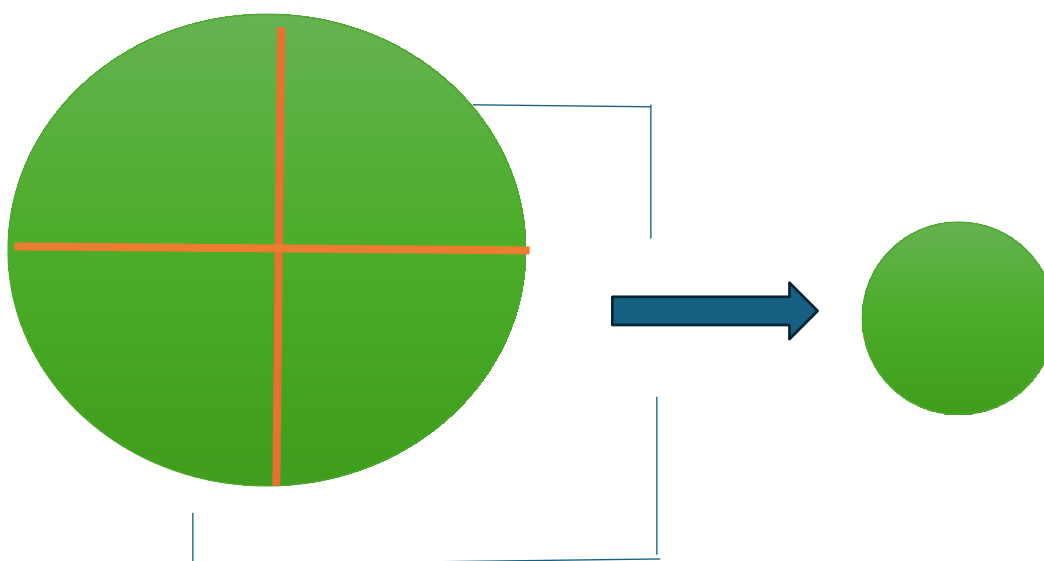
Pesado: Facilitará la medición de los residuos sólidos generados en los sectores de San Juna de Limay, por lo cual se realizó por medio de una balanza de reloj.

Peso por componente: Teniendo una vez los componentes separados en bolsas, se pesaran para conocer el peso exacto de cada uno de estos.

Actividad II

Procedimiento para la preparación de la muestra

Del total de residuos generados de los residuos sólidos del casco urbano de San Juna de Limay, se obtiene una muestra correspondiente a la cuarta parte del total vaciándolo en un plástico negro para evitar que la muestra se contamine.



Clasificar y registrar el peso de todos los residuos por tipo:

Materia orgánica.

Papel

Papel de baño

Metal

Aluminio.

Polietileno de baja densidad / LDPE (film adhesivo, las bolsas de la compra, el plástico de burbujas, botellas más flexibles, bolsas de suero).

Tereftalato de polietileno / PET o PETE (botellas de bebidas como refrescos o agua, paquetes de comida chatarra, botes de crema y otros usos farmacéuticos).

Polipropileno / PP (tapones de botellas, las pajitas, neveras, piezas de automóviles, tupper, las neveras portátiles, piezas de automóviles, alfombras, lonas e incluso pañales o material médico como jeringuillas).

Poliestireno / PS (vaso para bebidas calientes, envases para yogur, cubiertos de plástico, poroplas, hueveras, rellenos para embalaje, bandejas de comida, aislantes, piezas de electrodomésticos y juguetes).

Cartón.

Vidrio

Tela

Otros

Actividad III

Cálculo de la Densidad Volumen del

$$\text{Barril} = \pi * h * r^2$$

altura del barril

r^2 : radio del barril

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = \text{PB lleno (kg)} - \text{PB vacío (kg)} / \text{VB (m}^3\text{)}$$

PB Lleno = Peso Barril Lleno

PB Vacío = Peso Barril Vacío

VB = Volumen del Barril = 0.2 m³ (Constante)

PPC: Producción Per Cápita

PPC (kg/Hab/Día) = Cantidad total de residuos sólidos recolectados (kg/día) / población atendida por el servicio de recolección (hab./día)

IV. Procedimiento para la caracterización de residuos sólidos

- Recolección de muestras

A primeras horas del día se realiza la recolección posterior de la muestra de residuos sólidos en el vertedero de san Juan Limay

- Colocar el plástico de 4x2 sobre el suelo para depositar los residuos sólidos

Una vez colocado el plástico, se deposita todos los residuos sólidos en forma de montículo y se divide en 4 partes, posterior a su clasificación.

- Clasificación de los residuos por propiedades físicas (plásticos, vidrios, papel, cartón)

Se realiza la separación de los diferentes tipos de residuos sólidos, según cada característica que presentan.

- Peso por cada residuo sólidos

Se realiza el pesaje de cada residuo según sus características físicas ejemplo, plástico, metal. Vidrio.

- Determinación de la altura y diámetro del barril

Se mide la altura del barril seleccionado y su diámetro, para utilizar estos datos en los cálculos.

- Peso del barril vacío

Se pesa el barril vacío, este dato lo utilizaremos para restarle al del peso del barril lleno.

- Compactación de los residuos sólidos dentro del barril

Se compacta los residuos dentro del barril para minimizar su volumen y obtener la densidad.

- Peso del barril lleno

A este se le debe restar el peso del barril vacío, para obtener un dato real.

- Cálculos de volumen

Se procede con las daos obtenidos a realizar los cálculos que se verán posteriormente.

- Resultados

V. Tabla de registro de residuos sólidos urbanos

Tabla de registro de residuos sólidos urbanos		
Lugar:		Fecha:
Muestra / día:		Peso total de la muestra:
Peso de los residuos comunes por componente.		
Tipo de residuo	Peso lb	Peso kg
Materia orgánica		
Papel		
Hierro		
Metal		
Aluminio		
Polietileno de baja densidad / LDPE		
Tereftalato de polietileno / PET o PETE		
Policloruro de vinilo / PVC		
Polietileno de alta densidad / HDPE		
Polipropileno / PP		
Cartón		
Vidrio		
Tela		
Otros		



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

CUR-Estelí

Guía de prueba visual de suelo

El suelo es parte vital para la vida en el planeta tierra, cuidarlo es nuestra responsabilidad, Nosotros como estudiantes del Centro Universitario Regional Estelí (CUR), perteneciente al departamento de Ciencias Tecnológicas y Salud, V año de Ingeniería ambiental, realizamos una prueba visual de suelo en el vertedero de residuos sólidos de San Juan de Limay, como parte de nuestra investigación de tesis *Propuesta técnica legal de un sistema de tratamiento de residuos sólidos urbanos en de municipio de San Juan de Limay* , la cual esta guía de prueba visual del suelo ,se podría utilizar como referencia en una posible instalación de un relleno sanitario en el casco urbano de San Juan de Limay .

I. Objetivos

General

Determinar visualmente las propiedades físicas del suelo en el vertedero de San Juan de Limay para aptitud de instalación de planta de tratamiento.

Específicos

Identificar características físicas sobre la aptitud del suelo para ser utilizado como base de un relleno sanitario

Realizar prueba de infiltración del suelo en el vertedero de San Juan de Limay

Analizar la información obtenidas durante la inspección del sitio

II. Materiales a utilizar

- Una pala plana recta
- Un balde plástico
- Una bolsa plástica quintalera o saco macen

- Una cinta métrica.
- Un cuchillo.
- Una botella de plástico
- Guía de campo del método de Evaluación Visual de Suelos
- Tarjetas de calificación para anotar la puntuación o calificación

III. Selección del sitio

El sitio de muestreo de las propiedades físicas del suelo se realizó en el vertedero de san juan de Limay, municipio de la ciudad de Esteli, mediante esta guía visual del suelo se observó la estructura, porosidad, color, moteado, cobertura, profundidad y permeabilidad del suelo. Estos datos nos servirán de referencia ante la construcción de un relleno sanitario.

IV. Procedimiento

1. Identificación del sitio de muestreo

Se selecciono el sitio en el vertero de san juan de Limay para conocer la aptitud del suelo ante la construcción de un relleno sanitario.

2. Excavación del perfil del suelo

Se realiza un hueco de 50 cm de profundidad para observar las propiedades físicas del suelo, se toma una muestra de suelo y se analiza.

3. Extracción de muestra

Se extrae una porción de 20 cm de ancho por 20 cm de profundidad, se debe limpiar antes el sitio de donde se tomará la muestra, de cualquier material grueso que este en el lugar, es decir follaje o maleza.

4. Análisis de la muestra

Se coloca la muestra de suelo sobre un plástico para hacer un análisis visual de las características físicas del suelo como:

- ✓ Color
- ✓ Textura
- ✓ Estructura
- ✓ Moteado
- ✓ Porosidad
- ✓ Infiltración

5. Evaluación de indicadores

Proceder a evaluar cada uno de los ocho indicadores, auxiliándose de la tarjeta de calificación de indicadores. Ver que esta tarjeta asigna valor o calificación visual para cada indicador (0= condición pobre; 1= condición moderada; 2= condición buena), comparando la tierra puesta en la bolsa plástica o saco macen con las imágenes que se muestran en este instructivo para cada indicador.

Análisis de la estructura

En esta fase analizaremos el tipo de suelo que existe en el vertedero de San Juan de Limay, las cuales puede entrar en las categorías como arcilla, limo o arenosos. Para medir los agregados en la estructura del suelo, se distribuye la muestra sobre un plástico y se analiza según la siguiente condición y se marca en la ficha de registro.



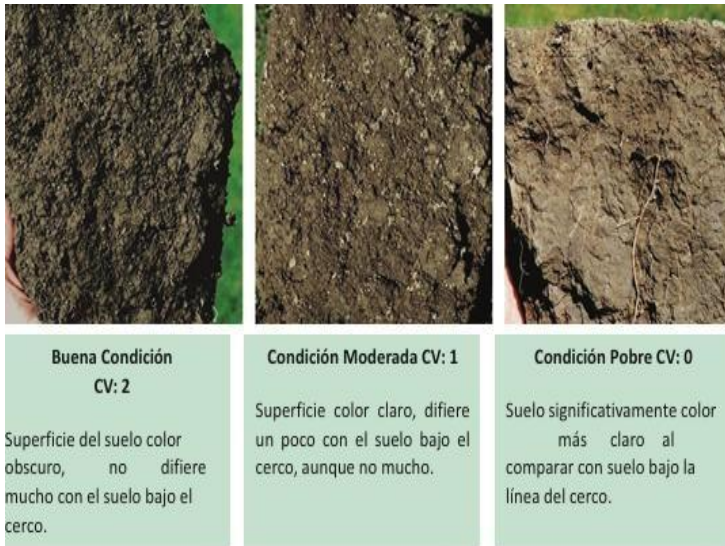
Análisis de la Porosidad del suelo

La porosidad es el conjunto de espacios vacíos en el suelo, que permiten la infiltración del agua, por lo cual la porosidad depende de la estructura, estructura. De igual manera los suelos arenosos presentan poros gruesos, en cambio los limosos o arcillosos presentan poros más pequeños. Se extrae una porción de suelo y se compara con las siguientes condiciones.



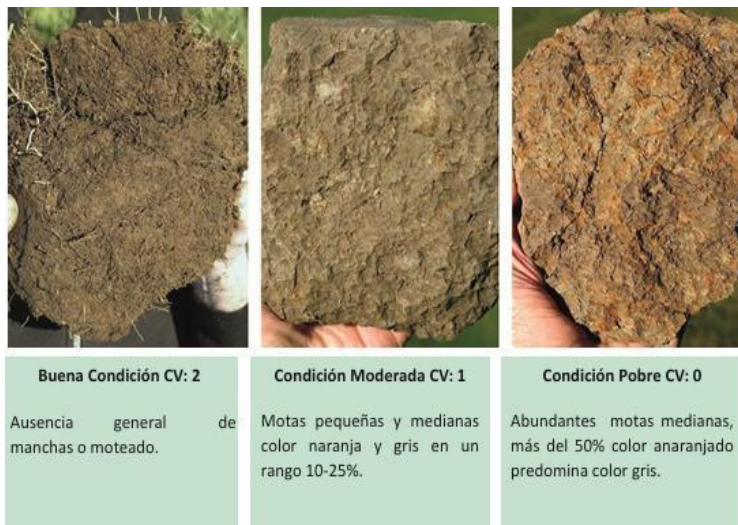
Análisis del color del suelo

El color del suelo, es un indicador clave del estado en que se encuentra y que medidas se puede tomar para su restauración. El color oscuro del suelo está relacionado con la productividad y su potencialidad, se hace la relación del suelo con las siguientes condiciones, para registrarlo en la tabla.



Análisis de moteado del suelo

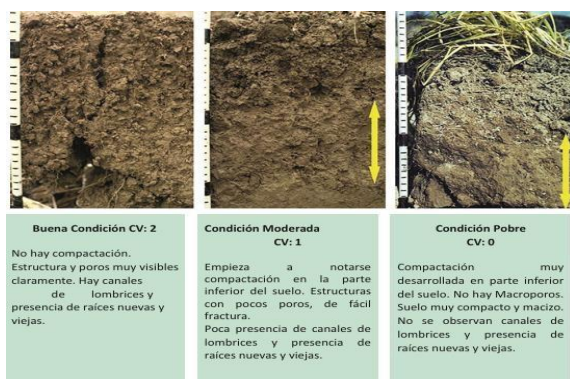
El moteado del suelo, es la cantidad de manchas esparcidas de otro color de suelo que predomina, por lo cual el número, tamaño y color del moteado de la tierra es un buen indicador del grado de aireación de la tierra. Se hace la comparación según las condiciones registradas y se anota en la ficha de registro.



Análisis de la estructura del suelo

En la estructura del suelo, un problema que toma relevancia es la compactación del suelo, que impacta directamente en el incremento de la densidad y resistencia mecánica. De igual

manera disminuye la macro porosidad, se realiza la comparación con las siguientes condiciones.



Determinación de la textura al tacto

La estimación de la textura por simple tacto de la muestra de tierra presenta indudables ventajas: es fácil, rápido, se puede llevar a cabo en el campo o en el laboratorio. Este método no tiene la precisión que tiene otros métodos granulométricos, pero puede aportar una información útil en el campo.

Se humedece una porción de suelo hasta alcanzar el punto de adherencia, se estira por compresión y rodamiento y luego se Crear pequeños círculo (argollas) con la muestra de suelo para determinar el tipo de textura que presenta(Rodríguez & Aramendía, 2024).

Datos para considerar

Suelos arenosos: no se logra formar la figura circular, da entender que tiene menos del 20% de limo más arcilla.

Suelos limo-arenosos: Al intentara crear la figura circular, no lo permite ya que se rompe fácilmente, evidenciando que contiene entre 20 y 25% de limo más arcilla.

Suelos limosos: pueden formarse las figuras circulares, pero presentan pequeñas fisuras a punto de romperse, indicando que contiene entre el 25 y 35% de limo más arcilla.

Suelos arcillosos: pueden hacerse perfectamente las figuras circulares. Demostrando que contiene más del 60% de limo más arcilla.

V. Tabla de registro

Evaluación visual del suelo						
Tarjeta de calificación						
indicadores de calidad del suelo						
uso del suelo						
comunidad		municipio				
Lote/parcela		finca:		fecha:		
tipo de suelo (marcar con una x)						
textura	arenoso		arcilloso		franco	
humedad	seco		ligeramente húmedo		húmedo	
estación	invierno		verano		canícula	
indicadores visuales	calificación			factor	calificación de indicador	
estructura y consistencia				x3		
porosidad				x2		
color				x2		
moteado y abundancia				x1		
textura				x1		
suma de indicadores						
calificación	0=condición pobre	1=condición moderada	2=condición buena			
interpretación de calidad del suelo				puntos		
suelo pobre				menos de 10		
suelo moderado				10 a 25		
suelo bueno				mas de 25		

Fuente: (Espinoza,

2019).

Infiltración del suelo

Esta prueba se realizó en el vertedero de San Juan de Limay, el día viernes 5 de septiembre del año 2025, se utilizó una guía de prueba de suelo en dos puntos del área total de vertedero, con el fin de conocer el grado de infiltración del agua en el sitio propuesto para un relleno sanitario, esto hace la referencia del tiempo en que los lixiviados pueden infiltrarse al suelo y posteriormente a las aguas subterráneas causan un impacto grave al recurso hídrico y a la población que habita el lugar.

Objetivo

Conocer el grado de infiltración del agua en el vertedero de San Juan de Limay

Materiales

- Cinta métrica
- Una lata con capacidad de 1,5 litros o más, sin tapa ni base
- Un martillo
- Una tabla de madera
- Una regla
- Un balde, un frasco o una botella para colocar de 1 a 2 litros de agua
- Un reloj
- Un trozo de 10 cm de cinta adhesiva o cinta aisladora
- Un lápiz y papel para anotar resultados

Procedimiento

- Se limpia la parte de suelo donde se excavará para extraer la muestra de suelo
- Se excava unos 50 cm de profundidad del suelo
- Se coloca la lata sin tapa ni base y se coloca sobre el suelo
- Se coloca el trozo de madera sobre la lata y se golpea hasta que se profundice 2 cm
- Una vez colocado la lata, se procede a colocar una bolsa de plástico en el interior para que el agua no se infiltre rápidamente
- Se depositan en el interior de la lata el agua, hasta llenar la superficie de la misma

- Se retira la bolsa plástica que está en el interior de la lata
- Con el uso del cronometro se comienza a medir el tiempo, la cual será con intervalos de 15 minutos
- Pasado los 15 minutos, se mide cuanto la altura, de cuanto se ha infiltrado de agua
- Se vuelve a rellenar de agua y se vuelve a medir en intervalos de 15 minutos
- Este proceso de aplicar en los 5 intervalos de tiempo
- Una vez obtenido los datos, se comienzan a realizar los cálculos

Fórmula para calcular la tasa de infiltración

$$\text{Tasa de infiltración: } \frac{\text{descenso del agua}}{\text{Tiempo}}$$

Valores de infiltración de suelo

Tipo de suelo	Tasa de infiltración
Arcilloso	< 10 mm/h
Franco arcilloso	10-20 mm/h
franco	20-50 mm/h
Franco-arenoso	50-100 mm/h
Arenoso	>100 mm/h (muy rápido)

Fórmula de infiltración del agua

$$\text{Tasa de infiltración: } \frac{\text{descenso del agua}}{\text{Tiempo}}$$

Resultados:

$$\text{Tasa de infiltración: } \frac{5 \text{ cm}}{15 \text{ min}} = 0.33 \text{ cm/ min}$$

$$\text{Tasa de infiltración: } \frac{4 \text{ cm}}{15 \text{ min}} = 0.27 \text{ cm/ min}$$

Tasa de infiltración: 4 cm: 0.27 cm/ min
15 min

Tasa de infiltración: 4 cm: 0.27 cm/ min
15 min

Tasa de infiltración: 3.50 cm: 0.23 cm/ min
15 min

Promedio: $0.36 + 0.27 + 0.27 + 0.27 + 0.23$: 1.37 cm: 0.27 cm /min *60: 16.2 cm /h
5 5

Equivalente a 162 mm/h

Nota: como futuros ingenieros ambientales consideramos que un relleno sanitario entra directamente a la etapa de construcción, por lo cual se estudia el suelo para conocer el tipo de suelo que existe en el vertedero de San Juan de Limay y así brindar la posible solución dependiendo de las propiedades físicas del suelo en el sitio.



CUR-Estelí

Guía de Análisis documental

La presente guía de Análisis documental del marco jurídico Ambiental de Nicaragua, se ha elaborado mediante la técnica de análisis documental, que permite extraer ciertos escritos importantes interpretarla y analizarlas, primeramente, se cita la constitución política de Nicaragua, seguido de leyes que promulgan la conservación y protección de los recursos

naturales y se realiza un análisis de leyes sobre residuos sólidos urbanos, la cual fue sistematizada mediante una tabla de análisis documental, la cual era utilizada en nuestro tema de tesis *Propuesta técnica legal de un sistema de tratamiento de residuos sólidos urbanos del municipio de San Juan de Limay.*

I. Objetivos

General

Elaborar una guía de análisis documental sobre el marco jurídico ambiental de Nicaragua

Específico

Clasificar las leyes ambientales según pirámide de Kelsen relativo a residuos sólidos urbanos

Analizar cada ley correspondiente a la generación de residuos sólidos urbanos

II. Metodología de análisis documental

La metodología empleada para esta guía será de carácter cualitativo, se realizó una examinación de las leyes ambientales vigentes en el país de acuerdo a la gestión de residuos sólidos urbanos, reflejando el año de publicación instituciones responsable, objetivo de la ley, ámbito de aplicación y demás que serán analizados según la siguiente tabla de análisis estructurada.

jerarquía	especificación
Nombre del documento legal	Título de la ley o norma
fecha de publicación en la Gaceta-Diario oficial	Fecha de entrada en vigencia
Institución responsable	Entidad de hacer cumplir la ley
Ámbito de aplicación	Zona geográfica donde se aplica
Objetivo de la ley	propósito principal que busca alcanzar una norma jurídica
Artículos clave	artículos relacionados a la problemática
sujetos obligados	cualquier persona natural o jurídica,
sanciones	medida correctiva que una autoridad impone
Obligaciones	deberes y responsabilidades legales

III. Procedimiento

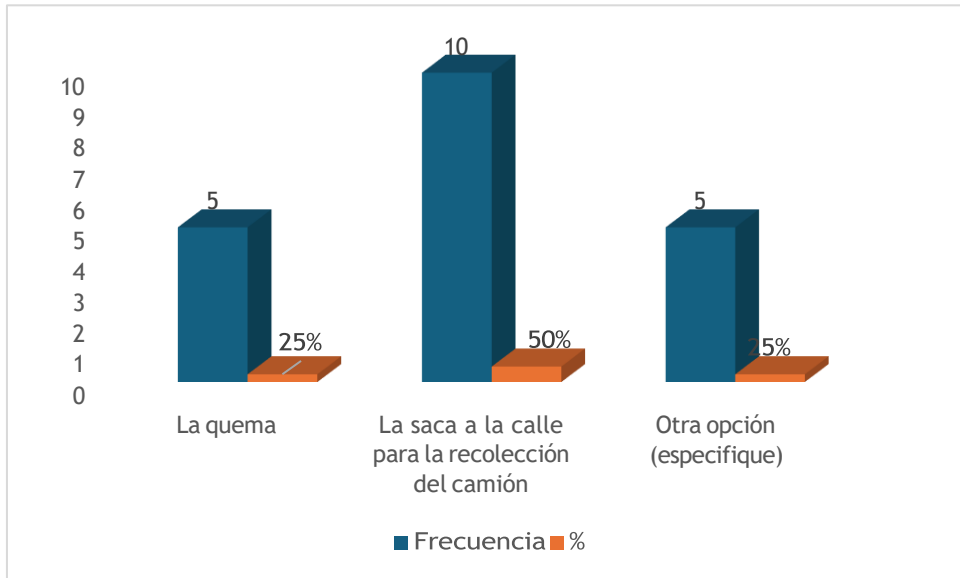
- Como primer paso, mencionamos a nuestra constitución política de Nicaragua porque es la base de todo el marco jurídico en cualquier país
- Segundo paso, comenzamos a analizar las leyes, norma y decretos relacionados a nuestro tema de investigación sobre *Propuesta técnica legal de residuos sólidos urbanos en el municipio de San Juan de Limay*
- Tercer paso, comenzamos a jerarquizar según pirámide de Kelsen las leyes, normas y decretos
- Cuarto paso, realizamos lectura analítica sobre los artículos relacionado a nuestro tema de interés y anotamos los que se relacionan más a nuestra temática de investigación
- Quinto paso, completamos la plantilla de Guía de análisis documental sobre el marco jurídico de Nicaragua, para luego anexarlo a nuestra investigación.

IV. Tabla de Análisis Documental

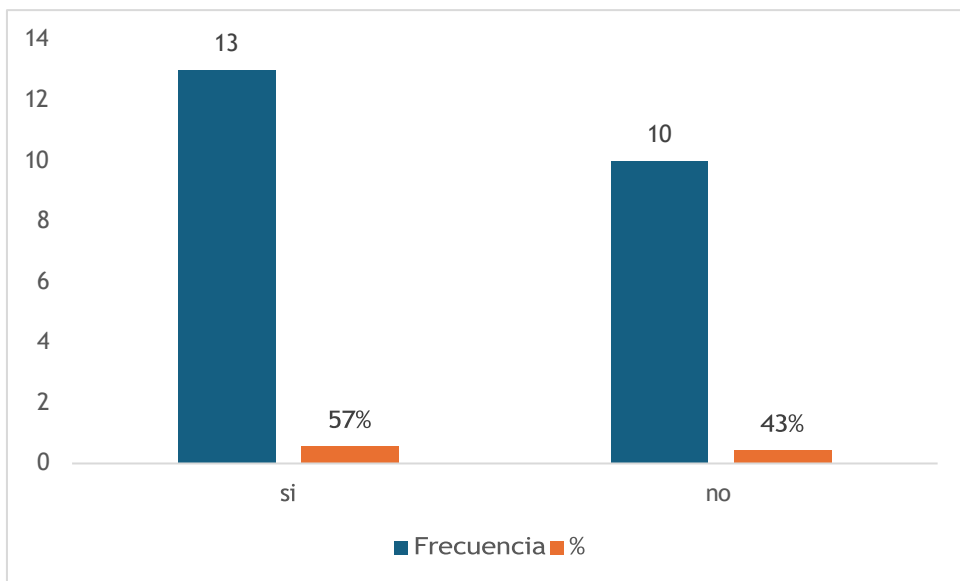
Guía de Análisis documental		
leyes		
Nombre de la Leyes	código	articulo
constitución política de Nicaragua		art 60
Ley general del medio ambiente y los recursos naturale	Ley N°. 217	Art 1,22,25,129,131,132
ley de reformas y adiciones a la ley N°. 217, ley general del medio ambiente y los recursos naturales	Ley N°. 647	Art 25,26,33,61,63
ley de municipios	Ley N.º 40	Art 7 182
Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales	Ley N.º 559	Art 1 ,2,6,7 ,8 ,38,42

Tabulación de las encuestas

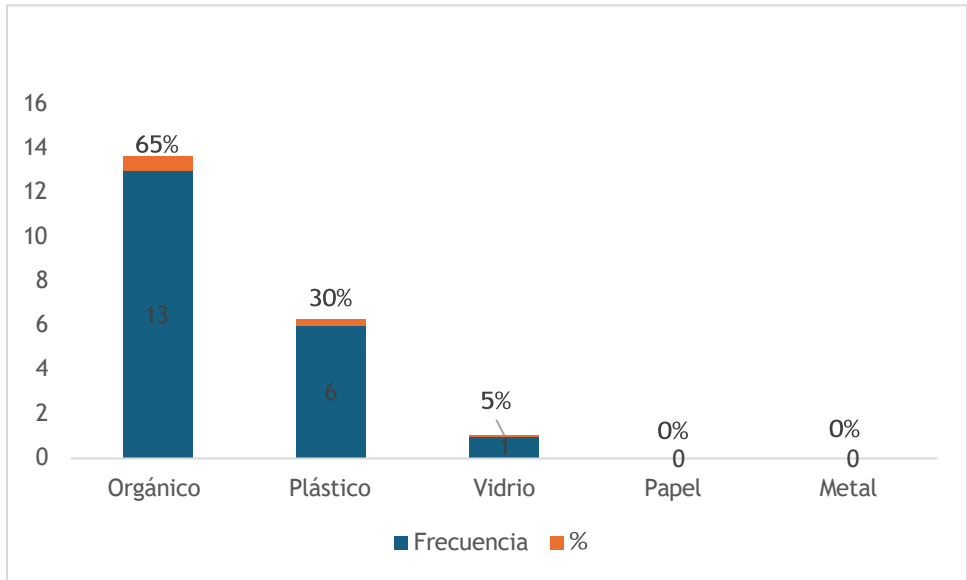
¿Cómo maneja la basura en su casa?



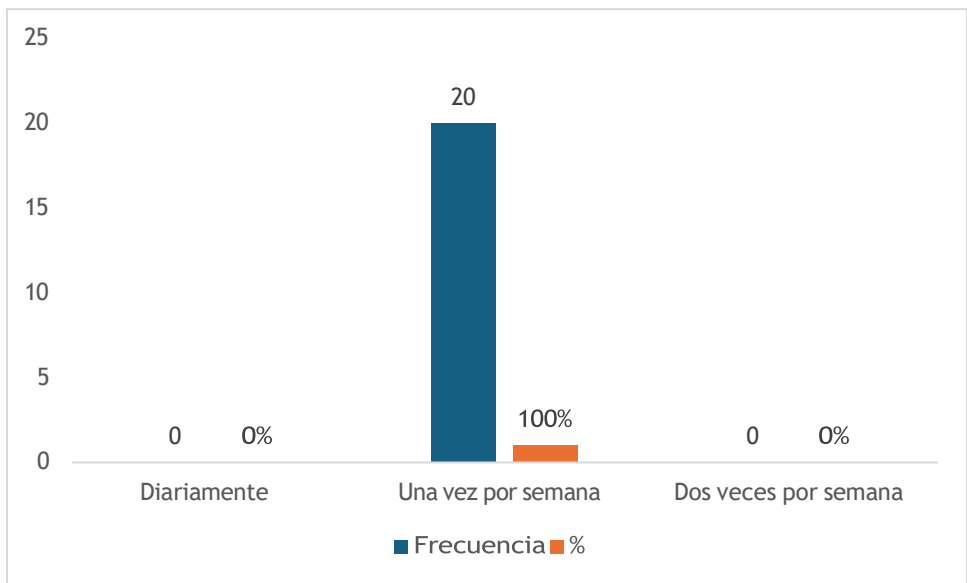
¿Clasifica la basura?



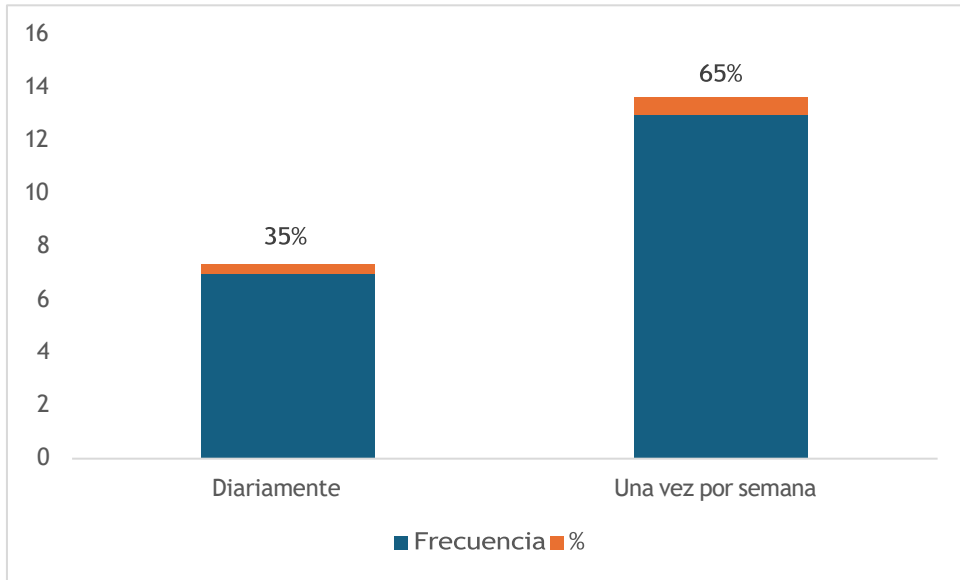
¿Qué tipo de residuos separa?



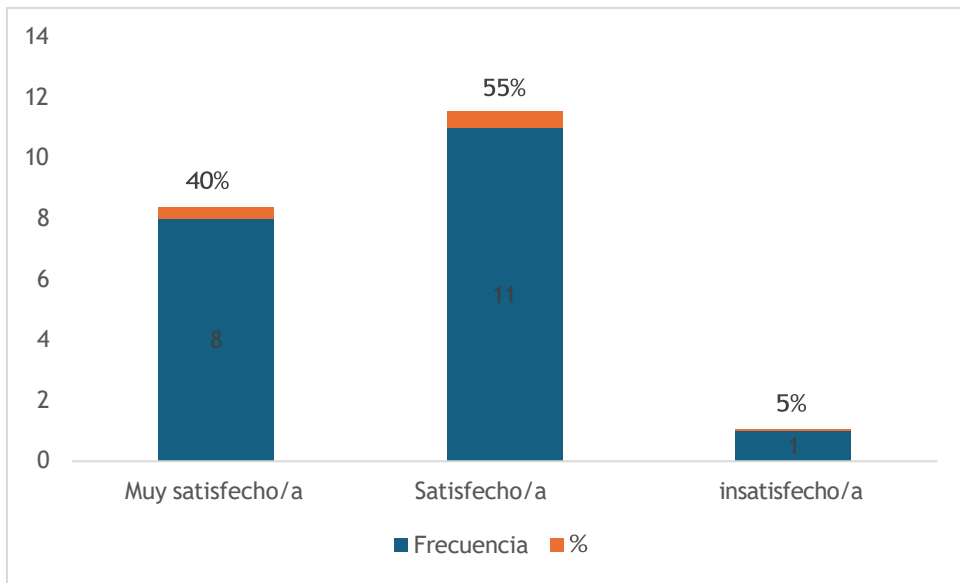
¿Cada cuánto pasa el camión recolectando la basura?



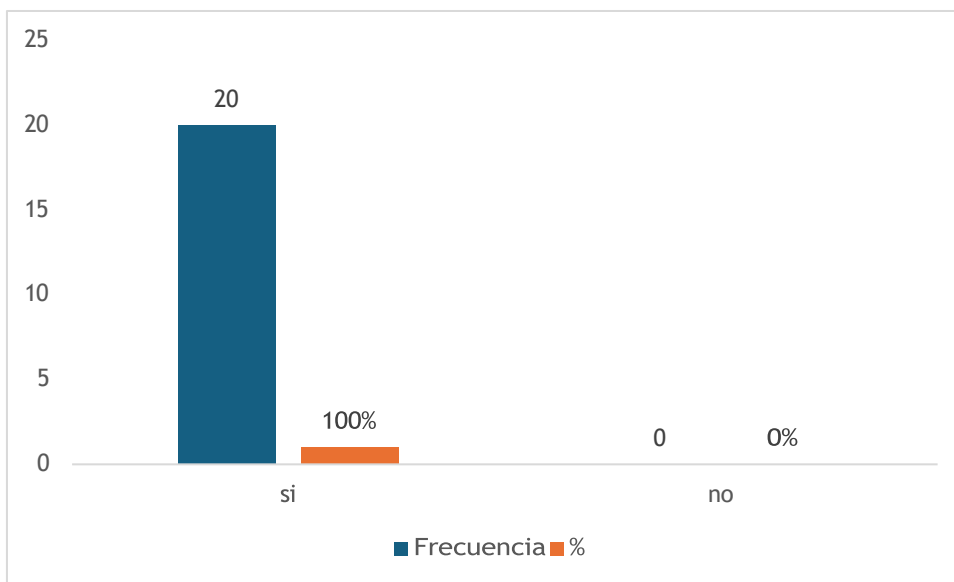
¿Con qué frecuencia saca la basura de su casa?



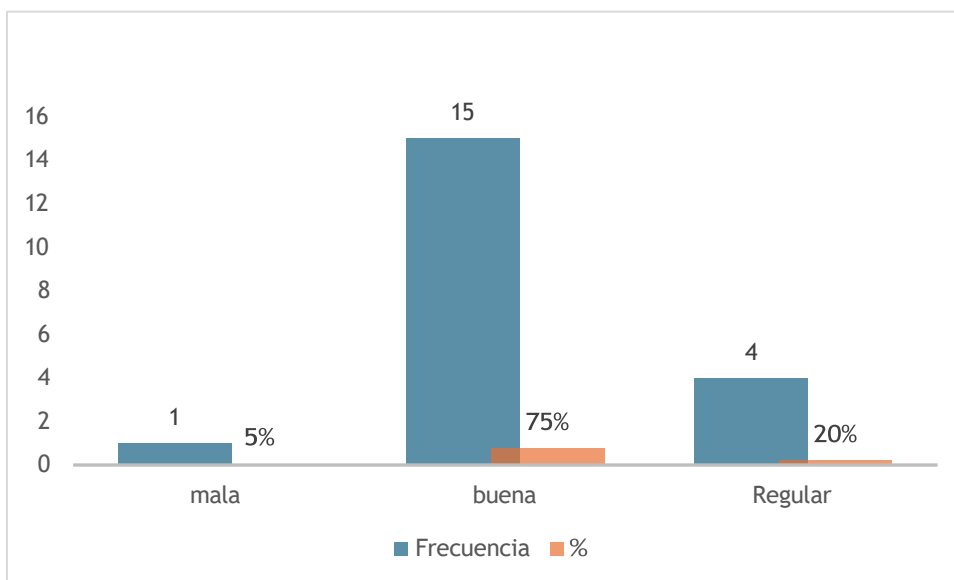
¿Está satisfecho con el servicio de la recolección de su basura?



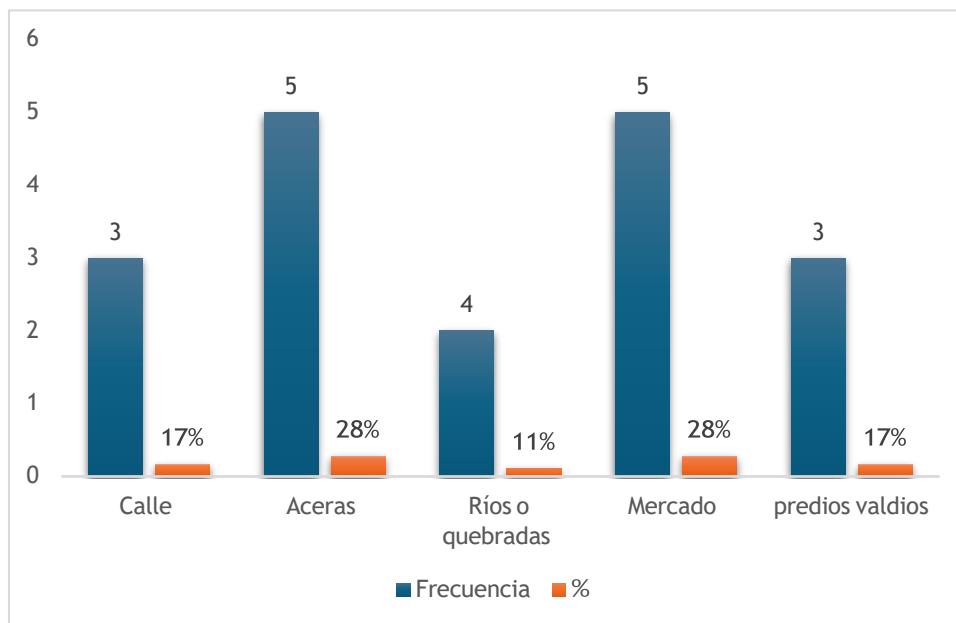
¿Cree que el municipio podría mejorar la recolección de la basura?



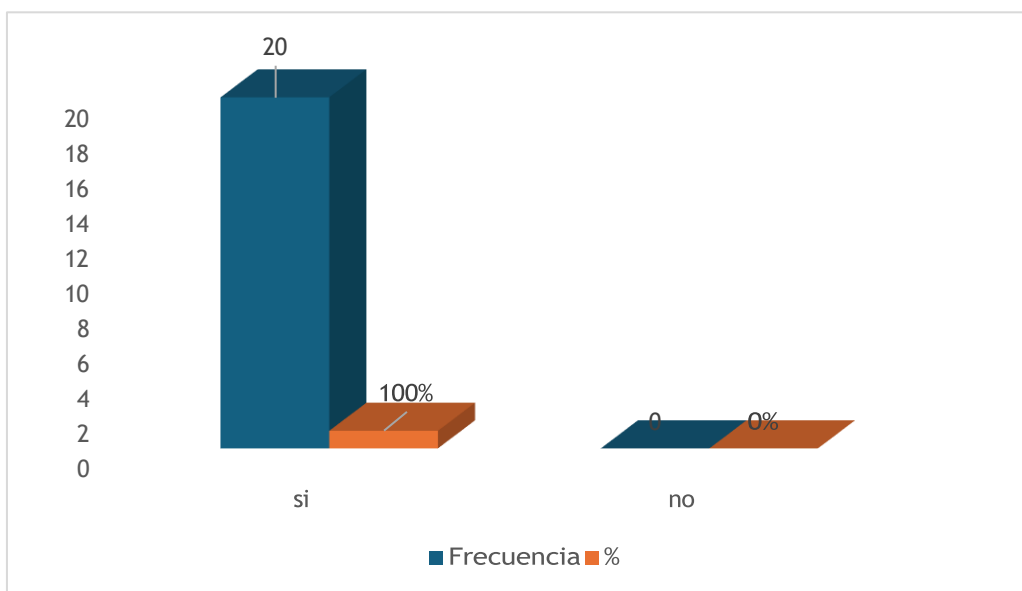
¿Cómo calificaría la limpieza en el municipio de San Juan de Limay?



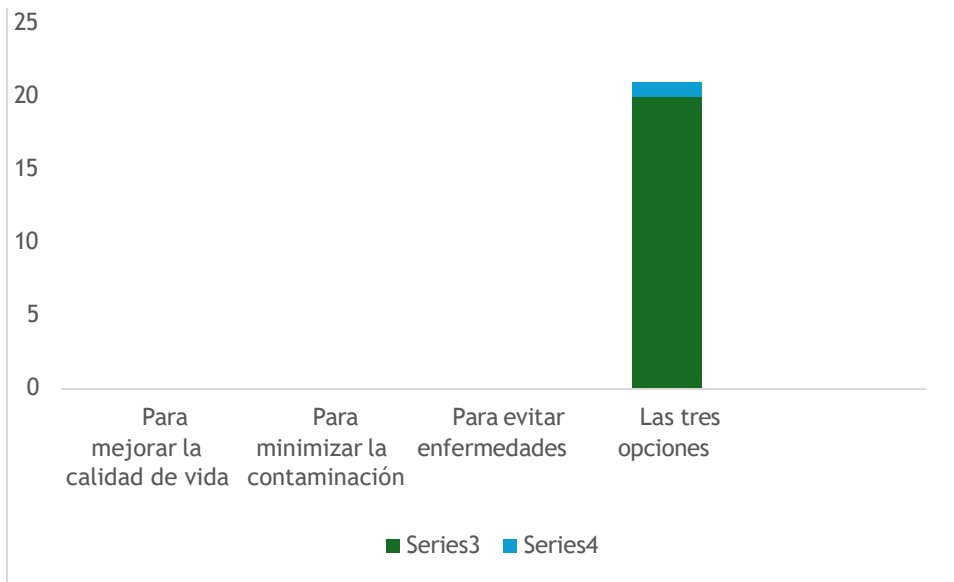
¿Dónde se observa la mayor problemática de la acumulación de la basura en el casco urbano de San Juan de Limay?



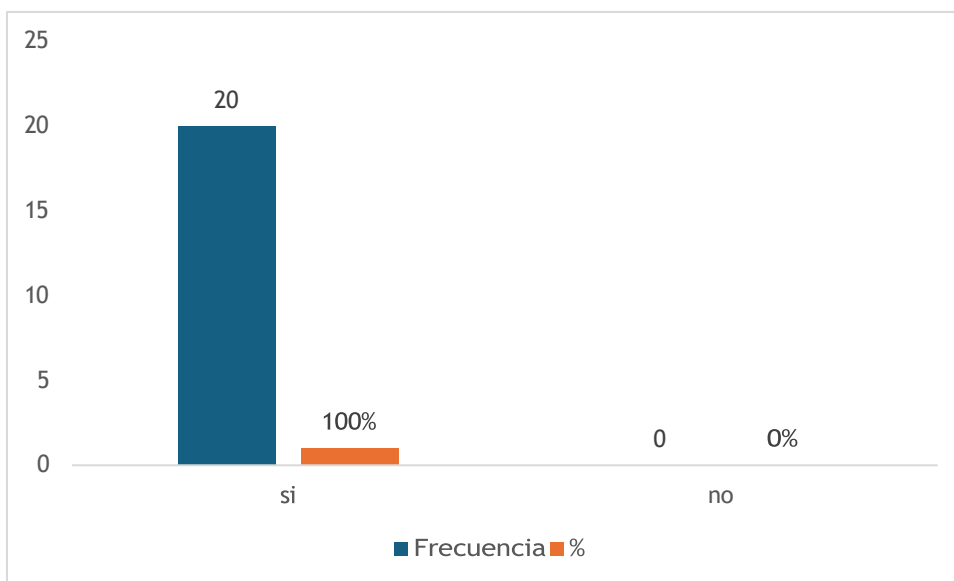
¿Está dispuesto a separar la basura en diferentes bolsas si se lo solicitaran?



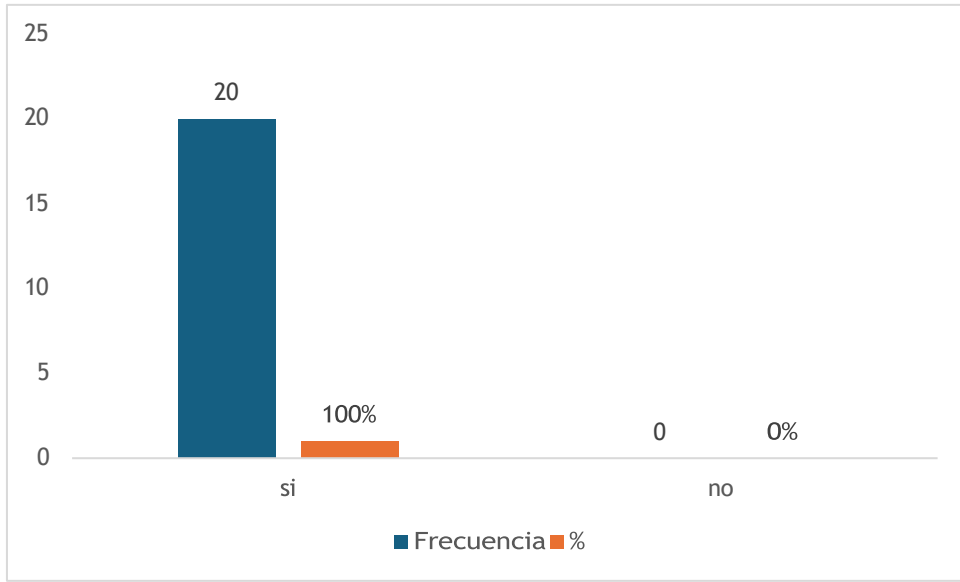
¿Por qué considera que es importante esta acción de clasificación de basura?



¿Considera que la acumulación de la basura es un problema en el casco urbano?



¿Está dispuesto a participar campañas de concienciación para un buen manejo de la basura?



Anexo B

21.2. Fotografías

21.2.1. fotografías de aplicación de encuestas



Encuestas a pobladores de San Juan de Limay

21.2.2. fotografías de aplicación del método de cuarteo



Método de cuarteo en el vertedero de San Juan de Limay



Pesaje de residuos sólidos



Pesaje de residuos sólidos

21.2.3. Fotografía de Actual vertedero del municipio de San Juan de Limay



Actual vertedero de San Juan de Limay

21.2.4. Transporte de residuos sólidos en el vertedero de San Juan de Limay



Transporte de residuos sólidos

21.2.5. Fotografías de Prueba visual del suelo



Aplicación de prueba de infiltración



Aplicación de prueba al tacto del suelo



¡Universidad del Pueblo y para el Pueblo!



