Universidad Nacional de Ingeniería

Área de conocimiento de Arquitectura y Construcción

Propuesta de plan de manejo de desechos sólidos en el municipio de Dolores, Carazo – Nicaragua

Informe de proyecto de graduación para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Roberto Alexander Zúniga Potosme 2015-0664U

Br. Mario José Ramos Ramírez 2020-0481I

Br. Claudia Odily Rugama Mora 2004-20386

Tutor:

Dr. Heimdall Verónica Hernández Hidalgo

27 de abril de 2026

Managua, Nicaragua

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 6
2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL 9
   2.1. Antecedentes del manejo de los desechos sólidos 9
   2.2. Marco legal relacionado a los desechos sólidos 11
      2.2.3. Análisis del marco institucional 17
   2.3. Referentes de autores internacionales relacionados a los desechos sólidos 18
3. OBJETIVOS 20
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 21
   4.1. Tipología del proyecto 21
   4.2. Localización del proyecto y contexto socioeconómico 21
5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES 26
   5.1. Fundamentos del sistema de manejo de desechos sólidos 26
      5.1.1. Desechos Sólidos 26
      5.1.2. Clasificación de los desechos sólidos 27
      5.1.3. Desechos sólidos municipales 28
      5.1.4. Plan de manejo de desechos sólidos 30
6. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN 36
   6.1. Proceso metodológico para determinar los criterios teóricos, técnicos y legales relacionados al plan de manejo de los desechos sólidos 36
   6.2. Proceso metodológico para el diagnóstico de la situación actual del manejo de los desechos sólidos 37
   6.3. Metodología para la elaboración de la propuesta del plan de manejo de los desechos sólidos 40
   6.4. Síntesis del procedimiento metodológico – Esquema metodológico 41
7. RESULTADOS 42
   7.1. Diagnóstico del sistema de manejo de desechos sólidos del municipio de Dolores, Carazo 42
      7.1.1. Levantamiento de Datos 42
      7.1.2. Análisis del sistema técnico operativo actual 52
   7.2. Propuesta del plan de manejo de desechos sólidos del municipio de Dolores, Carazo .. 58
      7.2.1. Introducción 58
      7.2.2. Definición de las Líneas de Acción 60

7.2.3. Programa de educación y sensibilización 87
7.2.4. Plan de implementación 95
7.2.5. Monitoreo y Evaluación del Plan de Manejo de Desechos Sólidos 103
8. CONCLUSIONES 106
9. RECOMENDACIONES 108
10. REFERENCIAS 110
11. ANEXOS 114

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los desechos sólidos constituye uno de los principales desafíos ambientales, sanitarios y administrativos que enfrentan los municipios, particularmente en países en desarrollo donde el crecimiento poblacional, la urbanización acelerada y los cambios en los patrones de consumo han incrementado significativamente la generación de desechos. La ausencia de sistemas técnicos adecuados para su manejo repercute directamente en la salud pública, la calidad ambiental y la imagen urbana, generando impactos negativos sobre el suelo, el agua y el aire.

En Nicaragua, la problemática del manejo de desechos sólidos se manifiesta con mayor intensidad en los municipios que presentan limitaciones técnicas, financieras e institucionales para garantizar un servicio eficiente de recolección, transporte y disposición final. A pesar de la existencia de un marco legal amplio, que incluye la Constitución Política de Nicaragua, la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley No. 217), la Ley de Municipios (Ley No. 40) y las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON), persisten debilidades en la planificación y operación de los sistemas municipales de manejo de desechos sólidos.

Asimismo, el fortalecimiento de la gestión ambiental municipal se vincula directamente con los lineamientos establecidos en el Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano, el cual promueve la mejora de las condiciones de vida de la población mediante el acceso a servicios básicos de calidad, la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible de los territorios. Dentro de sus ejes estratégicos, se reconoce la importancia del saneamiento ambiental, la salud pública y el fortalecimiento de las capacidades institucionales municipales como elementos fundamentales para reducir la pobreza y las desigualdades sociales. En este sentido, un sistema eficiente de manejo de desechos sólidos contribuye directamente a estos objetivos, al mejorar el entorno urbano, prevenir enfermedades y dignificar las condiciones de vida de la población.

El municipio de Dolores, ubicado en el departamento de Carazo, no es ajeno a esta realidad. El diagnóstico técnico–operativo realizado evidencia limitaciones en la cobertura y frecuencia del servicio de recolección, insuficiencia de equipos, almacenamiento inadecuado en la fuente y disposición final en un vertedero a cielo abierto sin control ambiental, lo cual representa un riesgo significativo para la salud de la población y para los ecosistemas circundantes.

En este contexto, el presente Proyecto de Graduación titulado **Propuesta de plan de manejo de desechos sólidos en el municipio de Dolores, Carazo – Nicaragua**, tiene como finalidad prevenir, reducir y gestionar de manera segura, técnica y sostenible los desechos generados, en la búsqueda de la protección de la salud pública y el medio ambiente al minimizar la contaminación, teniendo como base el cumplimiento de normativas legales de Nicaragua y los criterios técnicos de ingeniería sanitaria. La propuesta se orienta a fortalecer la organización y capacidad operativa del sistema municipal existente, mejorar la cobertura y eficiencia del servicio, y establecer lineamientos técnicos que contribuyan a la protección de la salud pública, la higiene ambiental y el desarrollo sostenible del municipio.

El proyecto adopta un enfoque técnico–aplicado, sustentado en el diagnóstico y análisis del sistema actual, la evaluación de parámetros como producción per cápita, densidad y volumen de desechos generados, y el dimensionamiento de los componentes operativos del sistema, estableciendo una propuesta técnicamente viable y acorde con las condiciones socioeconómicas locales.

Para finalizar, la estructura del presente trabajo se articula de forma que permita una transición lógica desde la fundamentación técnica hasta la propuesta operativa en el territorio. Inicialmente, se determinan los criterios teóricos, técnicos y legales necesarios para sustentar científicamente las variables que integran un plan de manejo de desechos sólidos. Posteriormente, se desarrolla un diagnóstico exhaustivo de la situación actual en el municipio de Dolores, identificando las variables críticas que condicionan la eficiencia del sistema vigente. Finalmente, el estudio culmina con el establecimiento de los lineamientos y estrategias de gestión integral, los cuales incorporan criterios de eficiencia ambiental y social,

con el fin de optimizar el servicio municipal y garantizar la protección de la salud pública y el entorno urbano.

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

El presente epígrafe expone el contexto general de la gestión de desechos sólidos, abordando los antecedentes históricos a nivel global, regional, nacional y local, definido este último por el municipio de Dolores. Asimismo, se describe el marco legal vigente en Nicaragua que regula la gestión de los desechos sólidos, identificando las principales leyes, reglamentos y normas técnicas que orientan la responsabilidad institucional y la protección de la salud pública y el medio ambiente.

2.1. Antecedentes del manejo de los desechos sólidos

La gestión de desechos sólidos ha sido un desafío constante para la humanidad. En los primeros asentamientos humanos los desechos consistían en restos orgánicos y materiales inservibles que se acumulaban cerca de los hogares, ampliando su diversidad a desechos industriales a partir de la Revolución industrial. Con el crecimiento de la población y la urbanización hubo un aumento considerable en la generación de desechos, haciendo de su manejo un asunto crítico para la salud pública y el medio ambiente.

A pesar de los avances tecnológicos, se estima que a nivel mundial al menos el 33% de los desechos se gestionan mal, terminando en vertederos no regulados o siendo incinerados de manera informal, especialmente en países en desarrollo (World Bank, 2018). A nivel global se estima que se generan aproximadamente 2,240 millones de toneladas de desechos sólidos urbanos cada año, y se proyecta que esta cifra aumente a 3,880 millones de toneladas para 2050 (World Bank, 2022).

En América Latina y el Caribe, la gestión de desechos sólidos enfrenta desafíos similares. La cobertura del servicio de recolección varía significativamente entre países: por ejemplo, en Nicaragua alcanza aproximadamente el 58.13%, mientras que en Uruguay llega al 100% (BID,2023). El crecimiento acelerado de las áreas urbanas, junto con la deficiencia en infraestructura y una baja participación de la población en la separación y el reciclaje de los

desechos, intensifican esta problemática, lo que hace necesario la formulación de planes de manejo con los recursos locales.

En Nicaragua, la gestión de los desechos sólidos tiene impactos negativos en la salud y el ambiente. Vertederos no controlados y botaderos ilegales, han generado problemas de contaminación y riesgo para la población en general. Estudios nacionales han mostrado la deficiencia significativa en la recolección y tratamiento de desechos, y resaltan la necesidad de planes para mejorar la gestión municipal (World Bank, 2024; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2023).

Aunque hay disposición política para aplicar el Programa de Manejo de Desechos Sólidos, persisten debilidades en la coordinación entre autoridades locales y sociedad civil, así como en los niveles de educación ambiental. Además, la cobertura del servicio de limpieza pública se ve limitada por factores financieros, a pesar de contar con recursos humanos que podrían ser potenciados para mejorar la situación (Vega, 2020).

A nivel local, el municipio de Dolores, en el departamento Carazo, ha sido objeto de diversos estudios técnicos y trabajos aplicados relacionados con el manejo de desechos sólidos. En este contexto, Cerda (2020), en su monografía, identificó deficiencias en la cobertura del servicio de recolección, insuficiencia de infraestructura y limitada participación comunitaria. Su estudio propuso medidas organizativas y técnicas, como la instalación de contendores públicos y la implementación de estrategias de educación ambiental, orientada a mejorar la gestión local de los desechos sólidos. Así también Gutiérrez (2025), en su tesis de maestría Plan de gestión integral de desechos sólidos en el municipio de Dolores, Carazo, evidenció una baja conciencia ambiental en la población, lo cual resalta la necesidad de implementar acciones integrales y articuladas entre la sociedad y el estado. El autor propuso un plan de gestión integral y participativo que involucre activamente a la comunidad y a las instituciones locales.

En conjunto, estos antecedentes evidencian avances significativos en el diagnóstico y la formulación de propuestas técnicas; sin embargo, también revelan vacíos en la actualización

y consolidación de un plan integral que responda a la realidad actual del municipio, lo que justifica la realización de la presente investigación.

2.2. Marco legal relacionado a los desechos sólidos

El marco jurídico internacional y nacional vigente en materia de desechos sólidos es fundamental para garantizar una gestión integral, sanitaria y ambientalmente segura que proteja la salud pública y el medio ambiente. Permite identificar las responsabilidades, su regulación desde la generación hasta la disposición final y el compromiso técnico-ambiental por parte de las municipalidades. A continuación, se presenta el marco legal internacional y nacional relacionado con los desechos sólidos y su manejo.

2.2.1. Marco legal internacional

Dentro de las normas desarrolladas por la International Organization for Standardization (ISO), la serie ISO 14000 es un conjunto de normas internacionales de gestión ambiental, que proporcionan herramientas para que organizaciones de cualquier tipo gestionen sus responsabilidades ambientales, reduzcan costes y mitiguen su impacto en el medio ambiente. El objetivo principal de esta norma es ayudar a las empresas a implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para identificar, gestionar y reducir los impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios. Se basa en el ciclo Planificar, Hacer, Verificar, Actuar (PHVA), para la mejora continua del sistema de gestión.

Los componentes claves de la familia ISO 14000 son:

- ISO 14001: Define los requisitos de un SGA y es la única norma certificable.
- ISO 14004: Guía general sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo.
- ISO 14020-14024: Normas de etiquetado ambiental (ecoetiquetas).
- ISO 14040-14044: Gestión del ciclo de vida del producto.
- ISO 14067: Cuantificación de la huella de carbono de productos.

Las normas ISO de la serie 14000, facilita la integración con otras normas ISO como la familia ISO 9001: norma internacional de Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) y la serie ISO 45000: para gestionar la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), cuyo objetivo principal es prevenir lesiones, enfermedades laborales y muertes, promoviendo entornos de trabajo seguros y saludables. La norma insignia, ISO 45001:2018, establece los requisitos para sistemas de gestión de SST, permitiendo a las organizaciones mejorar proactivamente el desempeño de seguridad.

Es fundamental precisar que la inclusión de estándares internacionales en esta propuesta no responde a una imposición coercitiva, sino a una estrategia de excelencia técnica y mejora continua. A diferencia de las leyes nacionales, las normas internacionales aquí descritas operan bajo un esquema de adopción voluntaria, sirviendo como una hoja de ruta para elevar la calidad de la gestión municipal en Dolores, Carazo.

2.2.2. Marco legal nacional

La Constitución Política de Nicaragua, actualizada en 2025, establece en su artículo 54, el derecho de la población a habitar en un ambiente saludable y la obligación de su preservación y conservación. Este principio constitucional es esencial para la gestión ambiental y la regulación de los desechos sólidos en el país.

La Ley No. 217, ley general del medio ambiente y los recursos naturales (Asamblea Nacional, 2020), tiene como objetivo normar la conservación, protección y restauración del medio ambiente. En relación con los desechos sólidos, asigna a las alcaldías la responsabilidad de la recolección, tratamiento y disposición final de los desechos no peligrosos, conforme a las normas emitidas por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y el Ministerio de Salud (MINSA). Además de fomentar la práctica del reciclaje, regula el manejo de los desechos peligrosos, prohíbe la importación de desechos tóxicos y establece las condiciones para su exportación cuando no existan procedimientos adecuados en el país.

La Ley No. 290, Ley de organización, competencias y procedimientos del poder ejecutivo (1998), establece las funciones del Ministerio de Salud en materia de saneamiento ambiental, asignándole la responsabilidad de formular normas, supervisar su cumplimiento y promover campañas de higiene y salud ambiental relacionadas con el manejo de desechos sólidos.

La Ley No. 559, Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos Naturales (2005), tipifica como delito el vertido de desechos en lugares no autorizados cuando estos causen daños o riesgos graves a la salud y al ambiente, fortaleciendo el componente sancionador del marco jurídico ambiental.

La Ley No. 40, Ley de municipios, y su reforma la Ley No. 261 (1997), atribuyen a los gobiernos municipales la competencia de promover la salud e higiene de la población, incluyendo la limpieza pública, la recolección, el tratamiento y la disposición final de los desechos sólidos, así como la ejecución de campañas de educación sanitaria.

La Ley No. 423, Ley general de la salud (2002), establece que el MINSA debe desarrollar programas de salud ambiental y emitir normativas técnicas para el manejo de desechos sólidos, en coordinación con entidades públicas y privadas, remitiendo su regulación específica ambiental y municipal vigente.

La Ley No. 168, Ley que Prohíbe el Tráfico de Desechos Peligrosos y Sustancias Tóxicas (1994), tiene como propósito principal prohibir y regular el tránsito, transporte y movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y sustancias tóxicas, protegiendo de la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de estas sustancias.

El Decreto Ejecutivo No. 9-96, Reglamento de la Ley 217 (1996), complementa estas disposiciones, atribuyen al MARENA, en coordinación con el MINSA y las municipalidades, la emisión de normas ambientales para el manejo de desechos sólidos y la regulación de botaderos y rellenos sanitarios. Asimismo, promueve el reciclaje, la reutilización y el reúso de desechos no peligrosos, y regula la incineración y exportación de desechos tóxicos.

El Decreto Ejecutivo No. 71-98 (1998), reglamento de la Ley 290, detalla las funciones de las direcciones especializadas. La Dirección de Salud Ambiental y Sustancias Tóxicas del MINSA regula y supervisa el tratamiento y disposición de desechos, mientras que la Dirección General de Calidad Ambiental de MARENA controla el manejo de desechos sólidos municipales, comerciales, industriales y agrícolas, promoviendo alternativas de reciclaje y reducción.

El Decreto Ejecutivo No. 394, disposiciones sanitarias (1988), regula las actividades higiénico-sanitarias en los centros de trabajo y otorga al MINSA la competencia para establecer normas técnicas sobre el tratamiento de desechos sólidos domiciliares e industriales.

El Decreto Ejecutivo No. 52-97 (2021), reglamento de la Ley de municipios, faculta a los consejos municipales para establecer normar relativas al tratamiento de desechos sólidos y líquidos, especialmente en mercados y espacios públicos, conforme a las disposiciones sanitarias básicas.

El Decreto Ejecutivo No. 47-2005 (2005), tiene por objeto establecer la política nacional para manejo integral de desechos sólidos en Nicaragua, tanto peligroso como no peligrosos. Es una normativa que define principio, lineamientos, acciones y estrategias para organizar el manejo adecuado de los desechos solidos

El Decreto Ejecutivo No. 25-2001 (2001), establece la política ambiental y aprueba el plan ambiental de Nicaragua 2001-2005 y tiene por objetivo preservar, mejorar y recuperar la calidad de vida, bienestar y desarrollo integral de los nicaragüenses.

El Decreto Ejecutivo No. 22-2006 (2006), establece la política nacional de producción más limpia y tiene por objeto promover el cambio de tecnologías y prácticas ineficientes hacia otras que minimicen la contaminación y el uso de recursos.

El Decreto Ejecutivo No. 22-2007 (2007), establece la política nacional de mitigación y adaptación al cambio climático y crea el Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático (SNRCC), con el objetivo de definir acciones ante este fenómeno.

El Decreto Ejecutivo No. 20-2017 (2017), establece el sistema de evaluación ambiental de permisos y autorizaciones para el uso sostenible de los recursos naturales en Nicaragua. El artículo 16 establece que esta categoría comprende los proyectos, planes, programas, obras, industrias y actividades que pueden causar impactos ambientales moderados.

Este artículo fue modificado recientemente por el Decreto Presidencial No. 06-2025 (Reforma al Decreto 20-2017). Bajo esta nueva reforma, el Artículo 16 ahora divide la Categoría III en dos subgrupos:

- Categoría III A: Proyectos con impactos moderados que requieren Valoración Ambiental y Programa de Gestión Ambiental.
- Categoría III B: Proyectos que, por su naturaleza, requieren únicamente una Declaración Notarial de Compromiso Ambiental.

Finalmente, las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON) complementan el marco legal:

La NTON 05 013-01, Norma Técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no-peligrosos (2002), tiene por objeto establecer los criterios generales y específicos, parámetros y especificaciones técnicas ambientales para la ubicación, diseño, operación, mantenimiento y cierre o clausura de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos en rellenos sanitarios.

La NTON 05 014-02, Norma Técnica Ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos (2002), tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de

manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente.

La NTON 05 015-02, Norma técnica para el manejo y eliminación de desechos sólidos peligrosos (2002), tiene por objeto establecer los requisitos técnicos ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales establecimientos que presten atención médica, tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios y centros antirrábicos.

Además de ello, el Ministerio del Trabajo (MITRAB) y sus normativas establecen obligaciones claras sobre seguridad e higiene ocupacional para proteger la salud, integridad y bienestar de los trabajadores en los centros de trabajo. Esta regulación está contenida principalmente en el Código del Trabajo y en la Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo (Ley 618), implementada y supervisada a través del MITRAB y sus direcciones especializadas.

El Código del Trabajo de Nicaragua obliga a los empleadores a:

- Adoptar medidas preventivas necesarias y adecuadas para proteger la vida y salud de los trabajadores.
- Acondicionar instalaciones físicas seguras y proveer el equipo de trabajo necesario para reducir o eliminar los riesgos profesionales.
- Implementar medidas higiénicas, provisión de medicinas básicas para accidentes y fomentar capacitación para el uso seguro de herramientas, equipos y sustancias peligrosas.

Estas medidas aplican a todas las actividades productivas —industriales, agrícolas, comerciales, construcción, servicios públicos y privados— sin importar el sector.

El MITRAB se encarga de aplicar y supervisar las normas de seguridad e higiene ocupacional que tienen como objetivo principal proteger la salud y seguridad de los trabajadores en Nicaragua. A través del Código del Trabajo, la Ley 618 y sus reglamentos. El Ministerio define obligaciones claras para empleadores y trabajadores, promueve la prevención de riesgos, el desarrollo de comisiones mixtas y la capacitación, y realiza inspecciones para asegurar el cumplimiento de la normativa.

2.2.3. Análisis del marco institucional

La gestión integral de los desechos sólidos requiere la articulación de múltiples actores públicos. A continuación, se detalla el rol de cada institución en relación con la propuesta de gestión:

- **MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales)**

Es el ente regulador principal en materia ambiental. Su rol incluye:

- Emitir normas ambientales para el manejo de desechos y regular rellenos sanitarios.
- Controlar el manejo de desechos municipales, comerciales e industriales a través de la Dirección General de Calidad Ambiental.
- Promover alternativas de reciclaje, reducción y producción más limpia.

- **MINSA (Ministerio de Salud)**

Su enfoque es la protección de la salud pública a través del saneamiento:

- Formular normas sanitarias y supervisar campañas de higiene ambiental.
- Regular el tratamiento y disposición de desechos a través de la Dirección de Salud Ambiental y Sustancias Tóxicas.
- Establecer disposiciones higiénico-sanitarias en centros de trabajo y entornos domiciliares.

- **Alcaldías Municipales**

Son las ejecutoras directas del servicio. Sus responsabilidades son:

- Garantizar la recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos.
- Establecer normativas locales para mercados y espacios públicos.
- Fomentar la educación ambiental y la participación comunitaria, identificada como una debilidad actual en Dolores.

- **ANA (Autoridad Nacional del Agua) y ENACAL**

Aunque su rol es indirecto en la gestión de los de desechos sólidos, son cruciales para la sostenibilidad de la propuesta:

- ANA: Supervisa que los sitios de disposición final (rellenos o vertederos) no contaminen los acuíferos o fuentes de agua superficial, cumpliendo con las zonas de exclusión técnica.
- ENACAL: Gestiona el alcantarillado sanitario; la mala disposición de desechos sólidos suele obstruir estos sistemas, por lo que la gestión de la alcaldía debe coordinarse para evitar impactos en la infraestructura de saneamiento líquido.

- **MITRAB (Ministerio del Trabajo)**

Garantiza la seguridad de los operarios del sistema:

- Supervisa el cumplimiento de la Ley 618 sobre higiene y seguridad laboral.
- Asegura que los trabajadores cuenten con equipo de protección personal (EPP) y medidas preventivas ante riesgos biológicos y físicos.

2.3. Referentes de autores internacionales relacionados a los desechos sólidos

La problemática actual de la gestión de desechos puede comprenderse de manera más integral a la luz de los fundamentos teóricos establecidos por la bibliografía clásica de la ingeniería ambiental.

La obra de Tchobanoglous, Theisen y Vigil, Desechos sólidos: Principio de ingeniería y administración (1982), en la cual define la gestión de desechos sólidos como un sistema integrado compuesto por las etapas de generación, almacenamiento, recolección, transporte, procesamiento, recuperación y disposición final. Los autores señalan que la gestión de los desechos sólidos debe concebirse como un sistema completo, en el cual cada una de sus etapas se encuentra interrelacionada y debe ser planificada de manera coordinada para proteger la salud pública y el ambiente. El enfoque de estos autores representa un aporte central de la literatura clásica, al establecer que el manejo de desechos no puede limitarse a la disposición final, sino que requiere una visión integral del proceso.

Desde una perspectiva institucional y ambiental más amplia, Ferrara, Torres, Buroz y Lairet en el libro Fundamentos de Ingeniería Ambiental (2019), reconoce que el manejo inadecuado de los desechos sólidos constituye uno de los problemas ambientales más relevantes en los contextos urbanos. En esta obra se indica que los desechos sólidos generados en los centros poblados representan un problema de alto impacto ambiental, cuya solución requiere la aplicación de criterios técnicos, normativos y administrativo integrados. Este texto amplía el enfoque clásico al destacar la necesidad de considerar no solo lo aspectos técnicos del manejo de desechos, sino también las capacidades institucionales y los marcos regulatorios que condicionan su gestión.

También se tiene como referencia documental dos tesis de maestría, propuestas para el municipio de Dolores, Carazo, por Cerda (2020) y Gutiérrez (2025), relacionadas con la gestión de desechos sólidos. Dichos proyectos incluyen encuestas directas a la población y a instituciones locales, análisis de rutas y frecuencia de recolección, tipos de equipos, y estimaciones de producción per cápita de desechos sólidos mediante el método de cuarteo, proporcionando información detallada, confiable y representativa para el municipio.

En conjuntos estas obras coinciden en que la gestión de desechos sólidos debe sustentarse en principios de ingeniería, planificación y administración. La literatura especializada establece como objetivos prioritarios la protección de la salud pública, la reducción de impactos ambientales y las eficiencias operativas de sistemas, constituyendo la base teórica sobre la cual se desarrollan los modelos de gestión sostenible de desechos sólidos.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar el plan de manejo para los desechos sólidos en el municipio de Dolores, localizado en el departamento de Carazo, Nicaragua, que permita la organización y optimización del servicio municipal, para la mejora de la salud pública, la higiene ambiental y su imagen urbana.

Objetivos Específicos

1. Determinar los criterios teóricos, técnicos y legales relacionados a un plan de manejo de los desechos sólidos que permita la sustentación de las variables que lo integran.
2. Realizar el diagnóstico de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Dolores, identificando las variables presentes, determinantes para su análisis.
3. Establecer los lineamientos y estrategias para la gestión integral de los desechos sólidos incorporando criterios de eficiencia ambiental y social, en correspondencia con los lineamientos de la norma ISO 14000, que contribuyan a la protección de la salud pública y la mejora de la imagen urbana.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. Tipología del proyecto

El presente proyecto es de carácter técnico–ambiental dirigido directamente a la gestión municipal de los desechos sólidos en el municipio de Dolores, Carazo. Su finalidad es proponer una herramienta técnica y operativa que permita mejorar la organización, eficiencia y sostenibilidad del servicio de recolección y manejo de desechos sólidos municipales con enfoque integral.

4.2. Localización del proyecto y contexto socioeconómico

El proyecto se desarrolla en el municipio de Dolores, ubicado a 45 km de distancia de Managua, capital de la república de Nicaragua. Limita al norte, sur y este con el municipio de Jinotepe, y al oeste con el municipio de Diriamba (ver Figura 1). Ubicado entre las coordenadas 11°51´ latitud Norte y 86°13´ longitud oeste, a una altura de 583 m.s.n.m. Posee una topografía regular plana, y cuenta con una superficie de 2.62 km^2 y una población de 9,029 habitantes. (Instituto Nacional de Información de Desarrollo, [INIDE], 2023, p. 56).

De acuerdo con la caracterización municipal de Dolores (Alcaldía de Dolores, 2012, p. 30), la delimitación territorial oficial del municipio —establecida a partir de los cambios administrativos ocurridos en 1995— comprende un total de diez barrios: Sandino, Guadalupe, Cristo Rey, Santa Ana, Dolores Central, Alfonso Pascual, San Sebastián, Héroes y Mártires, Colonia Tres de Mayo y Los Ramos. La distribución espacial de estos barrios se presenta en la Figura 2, donde se identifican los límites y localización de cada unidad territorial dentro del casco urbano.

Asimismo, como resultado de dichas modificaciones en la división político-administrativa del país, el municipio de Dolores no cuenta jurisdiccionalmente con comarcas ni comunidades rurales, configurándose como un territorio de carácter predominantemente urbano. No obstante, en la gestión administrativa y operativa municipal se incluyen

adicionalmente los barrios San Antonio, San Ramiro, y 19 de Julio, los cuales, aunque no forman parte de la delimitación territorial original, son atendidos por la Alcaldía debido a que corresponden a asentamientos poblacionales promovidos y desarrollados en años posteriores. Estos barrios también se encuentran representados en la Figura 2, a fin de considerar su integración dentro del sistema de planificación municipal.

Por ende, el municipio de Dolores considera la totalidad de la población como urbana, con niveles de ingreso medios y bajos, donde una parte significativa de la población depende de actividades informales y del comercio local. La municipalidad cuenta con recursos económicos y técnicos limitados, lo que incide directamente en la cobertura, frecuencia y calidad del servicio de recolección de desechos sólidos.

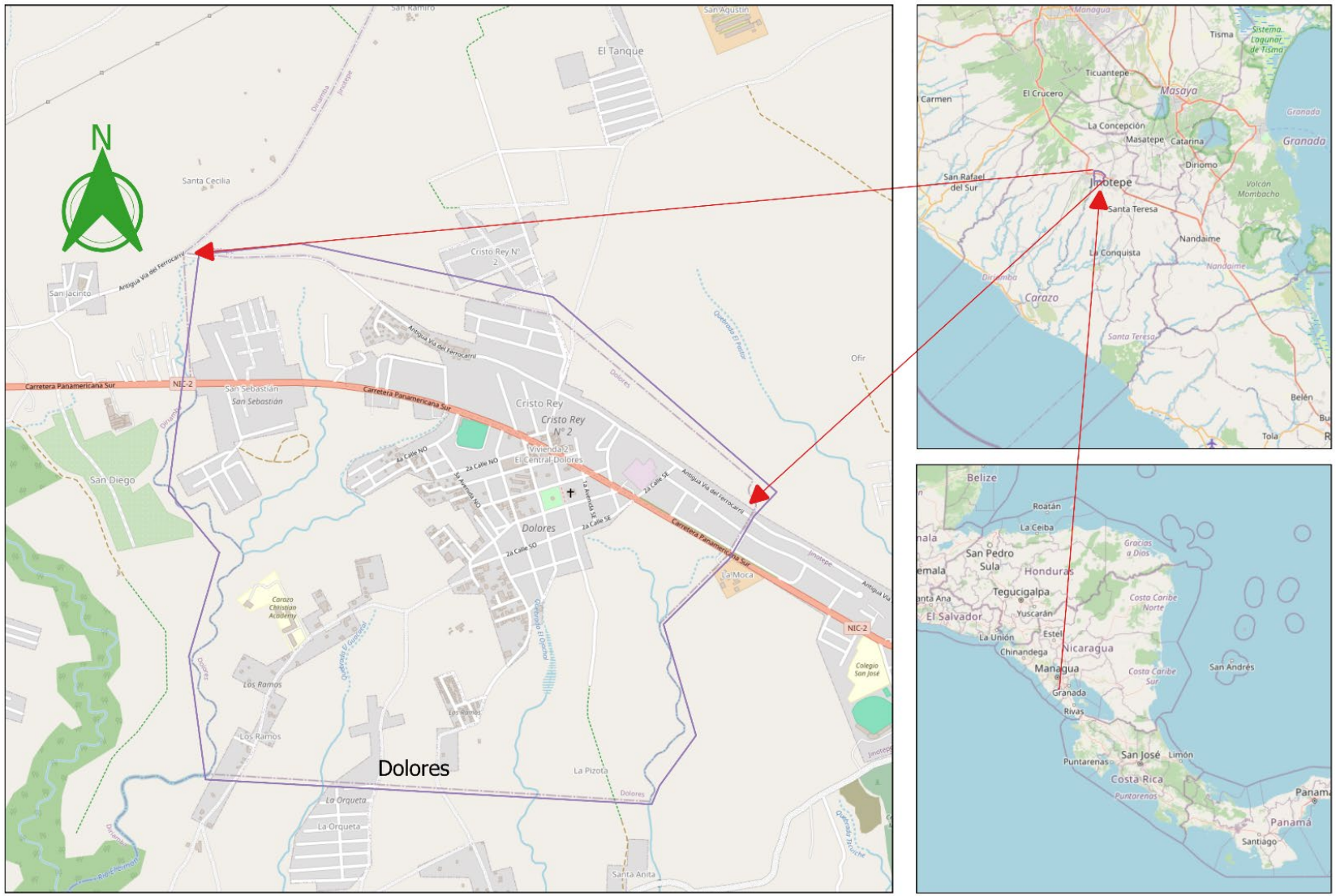
Los destinatarios directos del proyecto son las autoridades municipales del municipio de Dolores, específicamente la oficina de Dirección de Servicios comunitarios que se encarga del saneamiento y los servicios públicos, quienes podrán utilizar la propuesta de Plan de Manejo de Desechos Sólidos como una herramienta técnica para fortalecer la planificación, organización y optimización del servicio municipal de manejo de desechos.

De manera indirecta, el proyecto beneficiaría a la población del municipio: hogares, comercios, instituciones públicas y privadas, al contribuir a la mejora de las condiciones de salud pública, higiene ambiental y limpieza urbana. Asimismo, se consideran protagonistas indirectos a las organizaciones comunitarias, centros educativos, trabajadores del servicio de recolección y otros actores locales, cuya participación resulta fundamental para la adopción de prácticas adecuadas de manejo de desechos sólidos y para la sostenibilidad de las acciones propuestas.

El proyecto contempla el análisis descriptivo del sistema actual de manejo de desechos sólidos del municipio de Dolores, a partir del uso de información proveniente de fuentes oficiales, documentos normativos, estudios previos y registros institucionales. Con base en dicho análisis, se formula una propuesta de plan de manejo de desechos sólidos, que establece lineamientos técnicos, administrativos y sociales orientados a mejorar la eficiencia y

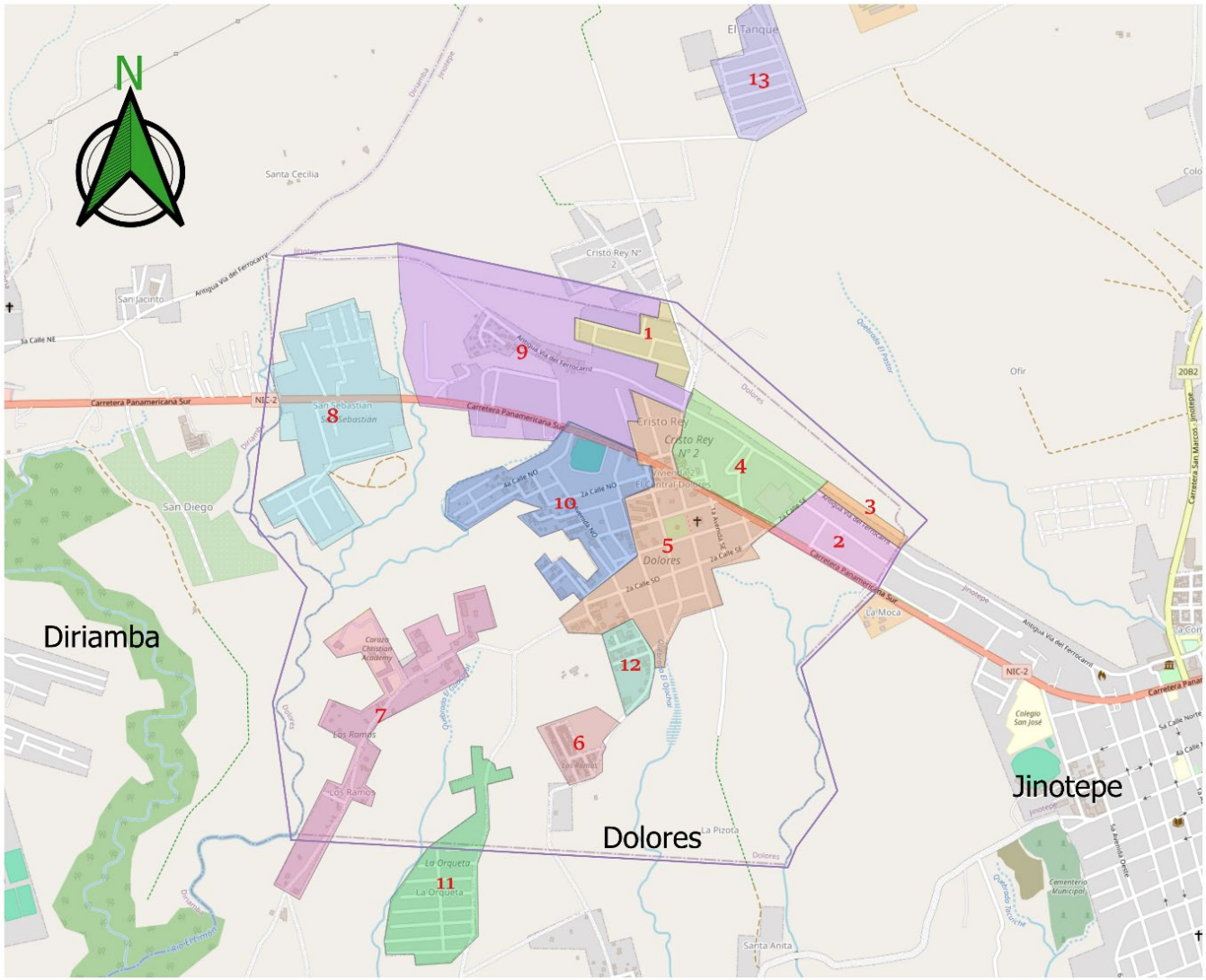
sostenibilidad del sistema municipal, en concordancia con el marco legal vigente en Nicaragua, y sentando las bases para el fortalecimiento institucional, la educación ambiental y la toma de decisiones a nivel local.

Figura 1: Plano de macro y micro localización del municipio de Dolores, Carazo.



Elaboración propia, 2026.

Figura 2: Mapa de barrios del municipio de Dolores.



N°	Barrio	Número de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
5	Distrito Central II	397
6	Tres de Mayo	75
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
9	Cristo Rey	248
10	Alfonso Pascual	488
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
13	San Antonio	194
	Totales	2236

Elaboración propia, 2026.

5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES

A continuación, se presentan los fundamentos técnicos y conceptuales que sustentan el sistema de manejo de desechos sólidos propuesto, abordando definiciones, clasificación, características y parámetros clave para su diseño y operación. Asimismo, se integran los lineamientos normativos nacionales y enfoques metodológicos que orientan la planificación, implementación y mejora del sistema desde una perspectiva técnico–operativa.

5.1. Fundamentos del sistema de manejo de desechos sólidos

El manejo de los desechos sólidos municipales constituye uno de los principales desafíos ambientales, sanitarios y operativos en los municipios, especialmente en países en desarrollo, donde el crecimiento poblacional, la urbanización no planificada y el aumento en los patrones de consumo han incrementado significativamente la generación de desechos. Desde el punto de vista de la ingeniería civil y ambiental, el manejo técnico–operativo de los desechos sólidos comprende el conjunto de operaciones, equipos, infraestructura y procedimientos destinados a garantizar su almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final, de manera eficiente y segura, protegiendo la salud pública y el ambiente.

Este acápite establece los fundamentos técnicos que sustentan la propuesta del plan de manejo de desechos sólidos, enfocándose exclusivamente en el componente técnico–operativo del sistema.

5.1.1. Desechos Sólidos

Diversos autores y organismos han formulado el concepto de desechos sólidos desde una perspectiva técnica operativa. Tchobanoglous, et al. (1982, p. 1) considera a los desechos sólidos como todos aquellos materiales procedentes de actividad humana y de animales que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles e indeseados. Por su parte la NTON 05 014-02 (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, 2002) indica que los desechos

sólidos no peligrosos son aquellos desechos que por su naturaleza, composición o cantidad no presentan características de peligrosidad que impliquen riesgos para la salud o el ambiente cuando se manejan adecuadamente. De igual manera, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2013, p.1), define a los desechos sólidos como subproductos inevitables de las actividades humanas, las cuales abarcan una amplia variedad de materiales según su origen.

En conjunto, estos conceptos permiten comprender que los desechos sólidos son materiales generados inevitablemente por las actividades humanas, que al perder su utilidad son descartados, que pueden proceder de un origen variado y se presentan en su mayoría en estado sólido.

5.1.2. Clasificación de los desechos sólidos

La clasificación de los desechos sólidos constituye un aspecto fundamental para el diseño y operación de los sistemas de manejo, ya que permite establecer estrategias diferenciadas de almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final. Según Tchobanoglous et al. (1982), los desechos sólidos pueden clasificarse según su fuente de generación en:

- Residenciales: generados en viviendas unifamiliares y multifamiliares.
- Comerciales: generados en establecimientos comerciales como tiendas, restaurantes y mercados.
- Institucionales: generados en escuelas, oficinas públicas y centros de salud.
- Industriales: generados en procesos de manufactura y producción.
- Áreas públicas: generados en calles, parques y espacios públicos.
- Agrícolas: generados en actividades agrícolas y pecuarias.

Asimismo, Brown et al. (2003, p. 18), señala que, según su composición física, los desechos sólidos municipales pueden clasificarse en: desechos orgánicos e inorgánicos. Los desechos orgánicos incluyen materiales de descomposición rápida, como restos de alimentos, papel y desechos de poda, así como materiales de descomposición lenta, como textiles y cuero. Por su parte, los desechos inorgánicos corresponden a materiales no biodegradables tales como vidro, aluminio, chatarra y latas. Esta clasificación permite identificar el potencial de aprovechamiento y definir las alternativas técnicas de manejo más adecuadas.

5.1.3. Desechos sólidos municipales

Los desechos sólidos municipales de acuerdo el Banco Mundial (2009), son los desechos de origen doméstico, desechos sólidos no peligrosos de establecimientos industriales, comerciales e institucionales (incluyendo hospitales), desechos de mercados, limpieza de campos, parques, zonas verdes y de calles.

Al respecto Ferrera de Giner et al., hace referencia a los desechos municipales como los generados en los espacios urbanos y extraurbanos de la municipalidad que se esté considerando, los que incluyen los residenciales, comerciales, industriales, institucionales y centros de atención a la salud, mercados populares, áreas verdes y limpieza de calles, entre otros.

Cabe destacar que la clasificación de tipos de desechos de Tchobanoglous et al., y de Brown et al., vienen a concentrar lo que el Banco Mundial y Ferrara de Giner et al., vienen a llamar como desechos municipales.

Características técnicas de los desechos sólidos municipales. La caracterización de los desechos sólidos es un estudio básico que ofrece parámetros tales como producción per cápita, densidad, cantidad y calidad de desechos sólidos generados sobre los cuales se puede actuar para el control de la generación de desechos sólidos.

A partir de ellos se elaboran los instrumentos de control y gestión de las distintas etapas del proceso de manejo integral de los desechos sólidos. De este estudio se decide los sistemas de pre - recogida, recogida y tratamientos finales de recuperación o eliminación.

Para el manejo de los desechos sólidos, según la NTON 05 014-02 (MIFIC, 2002), se toma en cuenta lo siguiente:

- Producción per cápita

La producción per cápita representa la cantidad de desechos generados por habitante en un período determinado, generalmente expresada en kilogramos por habitante por día (kg.

/hab./día). Este parámetro permite estimar la generación total de desechos en el municipio y dimensionar los sistemas de recolección, transporte y disposición final.

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$PPC = G / P$$

Donde:

PPC = Producción per cápita (kg/hab./día)

G = Cantidad total de desechos generados por día (kg/día)

P = Población (habitantes)

- Generación total de desechos sólidos

Este valor constituye el principal parámetro para el diseño del sistema de manejo. La generación total diaria de desechos sólidos se calcula mediante la ecuación:

$$G = PPC \times P$$

Donde:

G = Generación total (kg/día)

PPC = Producción per cápita (kg/hab.*día)

P = Población (habitantes)

- Densidad de los desechos sólidos

La densidad de los desechos sólidos representa la relación entre el peso y el volumen que ocupan, y se expresa en kg/m³. Este parámetro es fundamental para el diseño de contenedores, vehículos de recolección y sitios de disposición final.

Se calcula mediante la ecuación:

$$D = M / V$$

Donde:

D = Densidad (kg/m³)

M = Masa de los desechos(kg)

V = Volumen de los desechos(m³)

5.1.4. Plan de manejo de desechos sólidos

Según la NTON 05 014-02 (MARENA, 2002), el manejo de desechos sólidos comprende el conjunto de actividades que incluyen: almacenamiento, recolección, limpieza urbana, transferencias, transporte, tratamiento o procesamiento, reciclaje, reutilización, aprovechamiento y disposición final. Estas etapas constituyen la base estructural del sistema municipal. Además, establece que el manejo de los desechos sólidos deberá obedecer a un programa establecido y cumplido por la municipalidad.

El programa debe incluir los aspectos siguientes:

- Establecimiento de rutas y horarios para la recolección de los desechos, los que serán dados a conocer a todos los usuarios.
- Mantenimiento de los vehículos y equipos destinados a la recolección y disposición sanitaria de los desechos.
- Entrenamiento y capacitación constante al personal que realiza el manejo de los desechos.
- Actividades de desarrollo en caso de incidentes ocurridos por cualquier circunstancia, que dificulte, restrinja o impida la presentación del servicio de aseo.
- Mecanismos de información a los usuarios sobre, el almacenamiento y entrega de los desechos, en cuanto a localización, tamaño, capacidad y calidad de los recipientes y otros aspectos relacionados con la correcta presentación del servicio.

También considera:

- **Para el almacenamiento de desechos**, los usuarios deben utilizar, recipientes desechables, que sean de color opaco, impermeables y resistentes a la humedad, resistentes a la tensión ejercida por el peso de los desechos y la manipulación del recolector, no debe generar emisiones toxicas por descomposición, combustión o transformación y deben cerrarse por medio de un nudo o algún dispositivo de amarre fijo.

  Recipientes reusables o retornables, con peso y dimensiones que faciliten su manipulación durante la recolección, no mayores de 75cm de altura y 60cm de diámetro, construidos de materiales impermeables, de fácil limpieza con protección

contra la corrosión, deberán tener tapas bien ajustables que no permitan la entrada de agua, insectos, roedores, ni el escape de líquidos por sus paredes o fondos, con bordes y esquinas redondeados, con capacidad no mayor a un volumen de 30kg por peso para manipulación manual.

Los usuarios comerciales, institucionales y de mercado que utilizan contendores, deben solicitar al prestador del servicio que disponga los mismos en cantidades suficientes de acuerdo con los volúmenes producidos por cada generador.

- **Para la recolección de desechos**, la responsabilidad se le asigna a la municipalidad, y se realizara de acuerdo con lo planificado en cuanto a cantidad de desechos recolectados, frecuencia de recolección que al menos debe ser dos veces por semana, espacio físico cubierto y equipos disponibles. Además, determinara la ruta de recolección más idónea.
- **Transporte de los desechos**: los vehículos destinados al trasporte de desechos sólidos se seleccionarán tomando en consideración la cantidad de los desechos trasportados, condiciones climatológicas y topográficas del área, desarrollo de proyecto de reciclaje impulsados por la municipalidad, la mano de obra para el mantenimiento de los vehículos y las condiciones económicas del municipio.
- **Limpieza urbana**: comprende las labores de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, la frecuencia debe ser la necesaria para que las vías y las áreas estén siempre limpias. Se deben colocar recipientes para almacenamiento exclusivo de desechos producidos por transeúntes, en número y capacidad de acuerdo con la intensidad del tránsito peatonal y automotor.
- **Tratamiento o procesamiento**: Los desechos deben ser procesados o tratados mediante la ejecución de métodos físicos, químicos y biológicos tales como trituración y compactación, incineración, pirolisis, compostaje, vermicompostaje y rellenos sanitarios.
- **Reciclaje, reutilización y aprovechamiento**: La municipalidad deberá establecer programas para fomentar el reciclaje, evaluando previamente los mecanismos de implementación, dado que la calidad y composición de los desechos son diferentes entre una ciudad y otra. El programa debe fomentar la separación en la fuente de generación, establecer la participación comunitaria, disminuir en lo posible la

segregación en de reciclables en las aceras, los camiones y en las áreas de disposición final.

- **Disposición final**: los desechos sólidos deben de disponerse en rellenos sanitarios, ubicados en lugares que no causen molestias, ni peligros para la salud y seguridad pública, tampoco perjudique el ambiente durante su operación ni después de suspender su uso.

Por su parte Brown et al. (2003, pp. 5-6), define el manejo integral de desechos sólidos como la aplicación de técnicas, tecnologías y programas para lograr objetivos y metas óptimas para una localidad en particular. Indica además que el plan debe de contener los elementos imprescindibles que componen el manejo de desechos sólidos, los cuales comprende la recolección, el transporte y la disposición final, complementados por estación de transferencia, almacenamiento temporal, separación centralizada o en el punto de origen y compostaje por el municipio

Este autor (2003, p. 8) establece que el plan de manejo integral de residuo sólidos debe incluir una serie de etapas:

- **La planificación**, tiene tres elementos importantes; El diagnostico, el que debe incluir encuestas, caracterización del área de estudio, proyección demográfica, generación de desechos, caracterización de los desechos,(es importante para planificar ampliaciones y mejoras de los servicios y programas de reciclaje), cobertura del servicio, estados de los equipos de recolección, barrido y disposición final, características de los recursos humanos, mercados disponibles para los materiales reciclables y aspectos gerenciales, financieros y administrativo; además del diagnóstico debe de realizarse la selección del sitio de disposición final y el estudio de impacto ambiental.
- **El Diseño y mejoramiento**: Debe incluir el programa de participación pública, el análisis de alternativas para el diseño del sistema de aseo público, inicio del programa de educación comunitaria, selección del sitio de disposición final, cierre de sitios ilegales de disposición, gestión para la compra de terreno para el sitio de disposición fina, diseño final, análisis y diseño de rutas de recolección, establecimiento de nuevas

tarifas, establecimiento de ordenanzas y finalización del estudios de impacto ambiental.

- **Construcción**: esta etapa comprende la fase de continuación de los programas de participación pública, educación comunitaria, establecimiento de nuevos arreglos institucionales, compra de equipo de recolección, construcción de la primera fase del sitio de disposición final y el establecimiento de centros de transferencia de acopio de materiales.
- **La Operación y la evaluación**, en esta etapa de debe clausurar el anterior sitio de disposición, continuar con los programas de participación pública y comunitaria, se debe establecer el programa de reciclaje y se deben realizar evaluaciones periódicas del funcionamiento del sistema.

Estas etapas representan un ciclo que debe repetirse de forma periódica para que exista una revisión y ajuste constante del sistema. Cada etapa deberá contemplar los aspectos técnicos, institucionales, administrativos, legales, de participación de sectores privados, públicos y financieros del manejo de residuo sólidos.

MINAM (2015) define el plan de manejo como un instrumento técnico que organiza las acciones necesarias para garantizar el manejo adecuado de los desechos desde su generación hasta su disposición final. Establece además que el plan debe incluir las siguientes etapas:

- **Etapa de organización y planificación**, corresponde a la preparación inicial, desde las coordinaciones para la organización hasta el momento de la planificación.
- **Etapa de elaboración del diagnóstico**, en la cual se analizar el marco normativo e institucional que debe de regir plan de manejo de desechos, se identificarán las fuentes de obtención de información, se identificará el contexto distrital, indicando los principales actores sociales, el contexto del área de estudio incluyendo aspectos geográficos, ambientales, sociales, económicos, de salud y educativos. Además, se analizarán los aspectos técnicos operativos que comprenden la revisión de resultados del estudio de caracterización de los desechos sólidos del distrito, el conocimiento y análisis de la situación y los métodos y procedimientos que se desarrollan en cada fase del ciclo de vida de los desechos sólidos, que comprende el almacenamiento, la

limpieza de espacios públicos, recolección, trasporte, tratamiento, reciclaje y disposición final. Por último, se analizan los aspectos administrativos, de gestión y financiamiento.

- **Etapa de formulación del plan de manejo de desechos sólidos**, en donde se establecerán las políticas, los alcances, los objetivos, metas y se identificaran y evaluaran las alternativas o líneas de acción del plan de manejo, que darán lugar a la formulación del plan de acción para lograr las líneas de acción.
- **Etapa de ejecución y monitoreo del plan de manejo de los desechos sólidos**, donde se definen los medios de ejecución del plan de acción y se ejecuta el plan de monitoreo.

En síntesis, los fundamentos expuestos demuestran que la NTON establece el marco normativo obligatorio para el manejo de los desechos en Nicaragua, sin embargo, no desarrolla de manera detallada la estructura metodológica para la formulación del plan. Por su parte Brown et al. (2003) y MINAN – Perú (2015), señalan que el desarrollo de un plan de manejo necesita una estructura técnica organizada que permita su adecuada planificación.

En concordancia con lo establecido en la NTON 05 014-02, el presente estudio adopta como complemento metodológico la guía metodológica propuesta por MINAN-Perú (2015), específicamente en lo referente al diagnóstico de los criterios técnicos operativo y a la fase de formulación del plan, por estar directamente vinculados con los requerimientos establecidos en la normativa nacional. Esta integración permite fundamentar el plan bajo un enfoque normativo nacional con soporte técnico especializado.

Además del marco normativo nacional establecido por las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON), el presente estudio retoma como complemento técnico algunos principios establecidos en normas internacionales de gestión ambiental, particularmente las normas de la familia ISO 14000. Estas normas aportan herramientas metodológicas que fortalecen la planificación, implementación y mejora continua de los sistemas de manejo de desechos sólidos.

En primer lugar, se retoma el enfoque del ciclo de vida de los productos, desarrollado en las normas ISO 14040 e ISO 14044, el cual permite analizar los impactos ambientales asociados a un producto o residuo desde su generación hasta su disposición final. Aplicado al manejo de los desechos sólidos municipales, este enfoque permite comprender que los desechos no deben considerarse únicamente como materiales a eliminar, sino como elementos que forman parte de un ciclo que incluye generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final. Esta concepción fortalece el enfoque de manejo integral al promover estrategias de reducción, reutilización y reciclaje dentro del sistema municipal.

Asimismo, la norma ISO 14001, relacionada con los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), aporta un marco metodológico basado en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA), el cual puede aplicarse como herramienta de gestión para la implementación y seguimiento del sistema municipal de manejo de desechos sólidos. Este enfoque permite establecer objetivos ambientales, definir procedimientos operativos, monitorear el desempeño del sistema y aplicar acciones de mejora continua en la gestión del servicio.

De igual manera, las normas de la serie ISO 45000, particularmente la ISO 45001, relacionadas con los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo, complementan el componente operativo del manejo de desechos al establecer criterios para la identificación de riesgos laborales, la prevención de accidentes y la protección de los trabajadores que participan en las actividades de barrido, recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos. Este enfoque resulta coherente con lo establecido en la Ley General de Higiene y Seguridad del Trabajo (Ley 618) y el Código del Trabajo de Nicaragua, los cuales establecen la obligación de garantizar condiciones seguras para los trabajadores.

En conjunto, la incorporación de estos principios internacionales no sustituye el marco normativo nacional, sino que lo refuerza, al aportar herramientas de gestión, planificación y control que permiten mejorar la eficiencia operativa, la seguridad laboral y la sostenibilidad ambiental del sistema de manejo de desechos sólidos municipales.

6. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

El presente proyecto corresponde a un trabajo de aplicación profesional, con enfoque técnico–operativo, orientada al diseño de una propuesta de plan de manejo de los desechos sólidos en el municipio de Dolores, departamento de Carazo, Nicaragua, desarrollado mediante el análisis del sistema actual de manejo de desechos sólidos y la aplicación de criterios técnicos de ingeniería sanitaria, con el fin de proponer mejoras que permitan optimizar la eficiencia operativa del servicio municipal.

El desarrollo metodológico se estructuró en coherencia con los objetivos específicos del proyecto, incorporando procedimientos de revisión documental, levantamiento de información técnica, análisis cuantitativo y dimensionamiento de los componentes del sistema de manejo de desechos sólidos. Como referencia normativa se utilizó la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 05 014-02 para el manejo de desechos sólidos no peligrosos, así como la guía metodológica para el desarrollo del plan de manejo de desechos sólidos, elaborado por MINAM- Perú (2015) y criterios técnicos establecidos en manuales de ingeniería sanitaria para el diseño y operación de sistemas de manejo de desechos sólidos municipales.

6.1. Proceso metodológico para determinar los criterios teóricos, técnicos y legales relacionados al plan de manejo de los desechos sólidos

En correspondencia con el primer objetivo específico, relacionado a los fundamentos técnicos y teóricos relacionados al tema, se realizó una revisión documental de fuentes bibliográficas, técnicas y normativas relacionadas con el manejo de desechos sólidos municipales, con el propósito de establecer los fundamentos teóricos, técnicos y legales que sustentan el desarrollo del proyecto.

Se llevó a cabo la recopilación, análisis e interpretación de información proveniente de las siguientes fuentes:

- Normas técnicas nacionales, principalmente la NTON 05 014-02, relacionada con el manejo de desechos sólidos no peligrosos.
- Documentos técnicos sobre generación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos.
- Libros, artículos científicos y tesis relacionadas con el manejo de desechos sólidos municipales.
- Manuales de ingeniería sanitaria aplicables al dimensionamiento de sistemas de manejo de desechos sólidos.

Para ello se utilizaron las técnicas de revisión bibliográfica de documentos, análisis documentos, técnicas de lectura y técnicas de redacción. Esta etapa permitió establecer las bases teóricas y técnicas que sustentan el desarrollo del diagnóstico y como consecuencia, de la propuesta técnica.

6.2. Proceso metodológico para el diagnóstico de la situación actual del manejo de los desechos sólidos

En cumplimiento del segundo objetivo específico, se realizó el diagnóstico del sistema actual de manejo de desechos sólidos en el municipio de Dolores, tomando en cuenta el procedimiento establecido por MINAM- Perú (2015), mediante, el levantamiento y análisis de los aspectos técnicos operativos, que incluyen:

- Generación y características de los desechos sólidos municipales, donde se debe analizar la información de la cantidad, generación per cápita y densidad de desechos domiciliares, comerciales, institucionales y de barrido de calles.
- Almacenamiento de los desechos sólidos, donde se debe identificar y sugerir las formas más apropiadas de almacenamiento tanto domiciliar como de espacios públicos y la identificación de puntos críticos que incluyen identificar la ubicación, volumen y peligrosidad de los desechos.
- Barrido de calles y espacios públicos donde se debe indicar quien está a cargo del servicio, tecnología utilizada (manual o mecánica), como está organizado el servicio, características del personal a cargo del servicio, horario y frecuencia del servicio,

cantidad y estado del equipamiento, la indumentaria del equipo de protección, cobertura del servicio.

- Segregación, recolección selectiva y reaprovechamiento donde se debe describir si la población separa o reaprovecha los desechos en la vivienda, de será así indicar cómo funciona el sistema.
- Recolección y trasporte, se debe describir tipo de administración, organización del servicio, características del personal a cargo del servicio de recolección, horarios, frecuencias, descripción de vehículo, marca, capacidad, año de fabricación, rendimiento, capacidad, numero de viajes por turno, cantidad de desechos recolectados por día, estado de las unidades de transporte, indumentaria y conocimiento de seguridad e higiene laboral del operario, indicadores de cobertura del servicio, mapa de rutas de recolección, déficit del servicio: demanda total vs cobertura del servicio.
- Tratamiento donde se describir si existe algún tipo de tratamiento.
- Transferencia describir si existen unidades de transferencia.
- Disposición final done se debe describir el tipo de administración, plano de localización del punto, si existen oficinas como están distribuidas y si existe estudio de impacto ambiental.

Al analizar cada aspecto técnico operativo, se consideraron las siguientes interrogantes, ¿Qué sucede?, ¿Cuáles son las causas principales?, ¿Cuáles son las principales consecuencias?, ¿Qué medida se pueden tomar?, ¿Cómo se realiza la deposición final? Así mismo, el levantamiento de la información se realizó mediante la recopilación de datos proporcionados por la Alcaldía Municipal de Dolores, los cuales incluyeron:

- Población actual del municipio
- Producción per cápita de desechos sólidos
- Cantidad total de desechos generados
- Capacidad del vehículo recolector
- Frecuencia de recolección
- Cobertura del servicio
- Ubicación del sitio de disposición final

Asimismo, se utilizaron estudios de caracterización de desechos sólidos previamente realizados en el municipio y encuestas previas aplicadas a la población, que permitieron conocer las condiciones de almacenamiento y manejo de los desechos en la fuente. Además de la revisión de registros técnicos de la Alcaldía Municipal, la observación directa del sistema de recolección y la utilización de software Microsoft Excel para procesamiento y análisis de datos.

Se realizaron cálculos técnicos para determinar los siguientes parámetros:

- Producción per cápita de desechos sólidos, mediante la expresión:

  PPC = Cantidad de desechos generados / Número de habitantes

- Densidad de los desechos sólidos, mediante la expresión:

  Densidad = Peso de los desechos/ Volumen ocupado

- Volumen de desechos generados, mediante la expresión:

  Volumen = Peso / Densidad

Estos cálculos permitieron determinar la cantidad de desechos generados y evaluar la capacidad del sistema actual, esto para cumplir con los aspectos necesarios que debe incluir el programa de manejo de desechos establecidos en la NTON 05 014-02, que incluyen dimensionamiento del sistema de almacenamiento, la frecuencia de recolección y la capacidad de los vehículos para el transporte.

Para esto se realizaron los siguientes procedimientos:

- Cálculo del volumen de desechos sólidos generados
- Determinación de la capacidad operativa del sistema
- Determinación de la frecuencia óptima de recolección
- Dimensionamiento del almacenamiento de los desechos
- Elaboración de la propuesta técnico–operativa

Se aplicó como referencia:

- Norma Técnica Obligatoria NTON 05 014-02

- Criterios técnicos de ingeniería sanitaria
- Parámetros técnicos de generación y densidad de desechos sólidos

Se utilizó el software Microsoft Excel para realizar los cálculos técnicos relacionados con:

- Volumen de desechos generados
- Capacidad del sistema de recolección
- Frecuencia de recolección
- Dimensionamiento del sistema

El análisis de resultados se realizó mediante la comparación entre la generación de desechos sólidos y la capacidad operativa del sistema de recolección, con el fin de identificar deficiencias y determinar la necesidad de mejoras técnicas en el sistema y de este modo proponer soluciones óptimas para el sistema técnico operativo del manejo de los desechos.

6.3. Metodología para la elaboración de la propuesta del plan de manejo de los desechos sólidos

En cumplimiento del tercer objetivo específico, se elaboró la propuesta del plan de manejo de desechos sólidos mediante la aplicación de los criterios de la guía elaborada por MINAM-Perú y los aspectos necesarios indicados en la NTON 05 014-02, considerando los resultados obtenidos en el diagnóstico.

En relación a los criterios de la guía metodológica del MINAN-Perú la etapa de formulación del plan de desechos sólidos debe de diseñar siguiendo los siguientes parámetros:

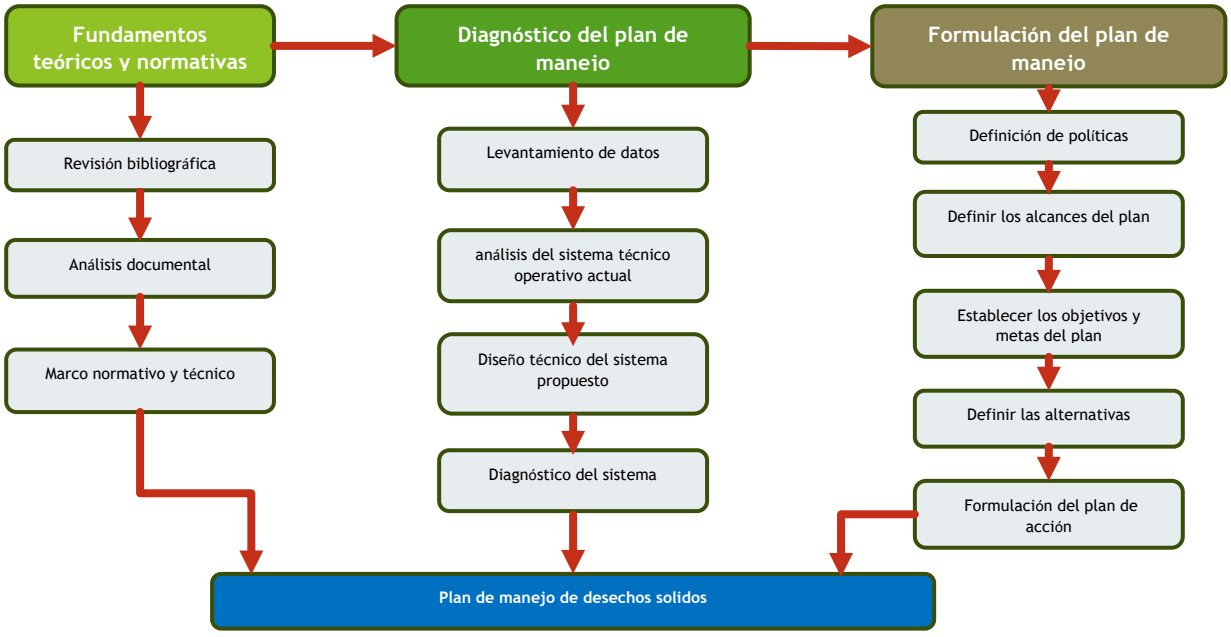
- Establecimiento de las políticas para el plan de manejo de acuerdo con la realidad local de la municipalidad en concordancia con las políticas nacionales especificas del manejo de desechos sólidos.
- Definición de los alcances del plan, donde se identificó el área geográfica y el periodo de planeamiento, se seleccionó los tipos de desechos a ser atendidos en el plan teniendo en cuenta la procedencia, la peligrosidad y el manejo especial por su volumen y características, además del nivel del servicio deseado

- Establecimiento de los objetivos y metas del plan, para resolver los problemas detectados o fortalecer los aspectos positivos, definiendo objetivos generales y específicos del plan, en donde las metas se definieron en correspondencia directa con los objetivos, formulándose de modo que se puedan medir en tiempo, cantidad, calidad y lugar.
- Identificación de las líneas de acción para lograr los objetivos planteados.
- Formulación del plan de acción, planteando las actividades prioritarias a seguir para el logro de cada línea de acción.

6.4. Síntesis del procedimiento metodológico – Esquema metodológico

La metodología aplicada permitió desarrollar el diagnóstico del sistema actual de manejo de desechos sólidos en el municipio de Dolores y diseñar una propuesta de plan de manejo basada en criterios técnicos de ingeniería sanitaria. Tal como se muestra en la Figura 3, el enfoque utilizado garantizó la coherencia entre los fundamentos técnicos, el diagnóstico realizado y la propuesta planteada, asegurando la viabilidad técnica del plan de manejo de desechos sólidos.

Figura 3: Esquema metodológico para el desarrollo del plan de manejo.



Elaboración propia 2026, adaptada de MINAM- Perú (2015).

7. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del diagnóstico, análisis y evaluación del sistema actual de manejo de los desechos sólidos en el municipio de Dolores. Se analizan las condiciones existentes en las etapas de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final, con el propósito de identificar sus principales limitaciones y capacidades operativas. Asimismo, se desarrolla el análisis técnico del sistema, el diseño del sistema propuesto y el plan de manejo de los desechos sólidos, orientados a optimizar la gestión municipal, mejorar la eficiencia del servicio y contribuir a la protección de la salud pública y el ambiente.

En coherencia con la estructura del proceso metodológico (figura 3), se procede a realizar el diagnóstico de la situación actual del sistema de manejo de desechos del municipio de Dolores.

7.1. Diagnóstico del sistema de manejo de desechos sólidos del municipio de Dolores, Carazo

El diagnóstico se realizó tomando en cuenta los siguientes aspectos: levantamiento de datos y análisis del sistema técnico operativo actual. A continuación, el detalle:

7.1.1. Levantamiento de Datos

El diagnóstico del sistema de manejo de desechos sólidos constituye la base técnica para la formulación de un plan de manejo eficiente, ya que permite evaluar las condiciones actuales del sistema y determinar sus principales limitaciones. En el presente estudio, el diagnóstico se enfoca en el componente técnico-operativo del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Dolores, departamento de Carazo, considerando las etapas de generación, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final. La información utilizada fue obtenida a partir de la tesis de Gutiérrez, correspondiente al estudio de caracterización de desechos sólidos (Gutiérrez, 2025).

- **Generación y caracterización de desechos sólidos**

De acuerdo con INIDE (2023, p. 56), la población del municipio de Dolores para el año 2023 se estimó en 9,029 habitantes. Con fines de análisis diagnóstico y planificación, se realizó la proyección poblacional al año 2025, obteniéndose un total estimado de 9,256 habitantes, conforme al procedimiento de cálculo presentado en la Tabla 1.

Tabla 1: Proyección poblacional del municipio al 2025.

Formula de INIDE para proyección de población	Datos
$P_f = P_o \left[1 + \frac{TAC}{100}\right]^n$ Donde P_f = Población final P_o = Población inicial TAC = Tasa Anual de Crecimiento. n = número de años entre el año base y el año proyectado	Población P_O = Año 2023 = 9,029 P_f = Año 2025 =? TAC = 1.25% n = 2025 – 2023 = 2 n = 2 Sustituyendo $P_f = 9{,}029 hab. \left[1 + \frac{1.25}{100}\right]^2$ $P_f = 9{,}029 hab. [1 + 0.0125]^2$ $P_f = 9{,}029 hab. [1.0125]^2$ $P_f = 9{,}029 hab. \times 1.02515625$ $P_f = 9{,}256\ habitantes\ municipales\ al\ 2025$

Elaboración Propia, 2026

Según el estudio de caracterización de desechos realizado por Gutiérrez (2025), la producción per cápita de desechos sólidos domiciliares es de 0.31 kg/hab./día, lo que representa una generación de 2,869.36 kg/día corresponden a desechos domiciliares, constituyendo la principal fuente de generación.

Asimismo, los establecimientos comerciales aportan una cantidad significativa de desechos, destacándose el supermercado Maxi Pali con una generación de 347.00 kg/día y supermercado Ahorra Más con 277.84 kg/día. Por su parte, la empresa Plásticos modernos genera 238.14 kg/día de desechos, mientras que el barrido de calles genera aproximadamente 199.00 kg/día. Los centros escolares contribuyen con 47.00 kg/día, el mercado municipal

genera 20.00 kg/día y los desechos hospitalarios representan 8.00 kg/día. En conjunto, estos aportes representan, una generación total de 4,006.34 kg/día, equivalente a 4.01 toneladas por día, tal como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2: Generación de desechos

Generación de desechos (G)								
Desechos domiciliares kg/día	Maxi Pali kg/día	Ahorra Más kg/día	plásticos mod kg/día	centros escolares kg/día	mercado municipal kg/día	barrido de calles kg/día	Desechos hospitalarios kg/día	Total, kg/día
2,869.36	347.00	277.84	238.14	47.00	20.00	199.00	8.00	4,006.34

Elaboración propia, 2026.

La densidad promedio de los desechos sólidos municipales es de 138.92 kg/m³, siendo la materia orgánica el componente predominante. Este resultado indica que una gran proporción de los desechos generados es biodegradable, lo que representa un potencial para su aprovechamiento mediante procesos de tratamiento como el compostaje. Con base en la generación total y la densidad determinada, se estimó que el volumen diario de desechos generados es de:

Datos:
Generación total: $G = 4{,}006.34$ kg/día
Densidad: $\rho = 138.92$ kg/m³

Fórmula:

$$V = G / \rho$$

Sustitución:
$V = 4{,}006.34$ kg/día / 138.92 kg/m³

Resultado:
$V = 28.84$ m³/día

Este resultado indica que el municipio genera aproximadamente 28.84 m³ de desechos sólidos por día, lo que constituye un parámetro fundamental para el dimensionamiento del sistema de recolección, transporte y disposición final.

- **Almacenamiento de los desechos sólidos**

El almacenamiento de los desechos sólidos en la fuente constituye una etapa fundamental dentro del sistema de manejo de desechos, debido a que influye directamente en la eficiencia de las operaciones de recolección y en las posibilidades de aprovechamiento de los desechos.

Con base en el estudio realizado por Gutiérrez (2025), se determinó que el 82.8 % de los hogares del municipio almacena los desechos de forma conjunta, sin realizar separación según su tipo o composición, lo que evidencia que la separación en la fuente no es una práctica generalizada. Por su parte, el 13.5 % de los encuestados manifestó realizar algún tipo de almacenamiento diferenciado, mientras que el 3.7 % indicó que esta práctica no aplica a su situación particular.

En cuanto al tipo de recipientes utilizados, el 46.6 % de los hogares emplea sacos de nylon y el 35 % utiliza bolsas plásticas, lo que refleja una alta dependencia de contenedores temporales, poco resistentes y no adecuados para garantizar un almacenamiento seguro e higiénico. En menor proporción, algunos hogares utilizan recipientes más resistentes como barriles plásticos o metálicos, así como sacos de yute, cajas de cartón y baldes, cuyo uso es limitado.

- **Barrido de calles y espacios públicos**

La alcaldía para efecto de la limpieza urbana delimita el municipio de Dolores en ocho zonas ubicadas en el área urbana; esta limpieza se realiza de forma manual, mediante carretones, rastrillos, escobas y palas. De acuerdo con la Dirección se Servicios comunitarios, el servicio se brinda de lunes a sábados, en horarios de 7:00 a.m. a 2:00 p.m. La cobertura de este servicio la realiza una totalidad de nueve operarios, distribuidos en las ocho zonas. El Parque Central cuenta con la permanencia de un operario debido a la afluencia de personas. Cada trabajador recibe un equipo que consta de carretón metálico, pala, escoba y rastrillo, además del equipo de protección personal, que consta de: guantes, botas y uniformes, del cual los trabajadores encontrados ninguno hace uso completo del equipo (ver figura 4).

Figura 4. Sistema de limpieza utilizado en el municipio



Fotografías tomadas por: Claudia Rugama, 2026.

Los trabajadores de la limpieza municipal indican, que, a pesar de tener una ruta asignada de recorrido, constantemente se les esta reasignando labores fuera de sus funciones, como labores de seguridad o limpieza de otras áreas no incluidas en su zona de responsabilidad, lo que retrasa el cumplimiento de sus asignaciones previamente establecidas.

- **Segregación, recolección selectiva y reaprovechamiento**

Actualmente en el municipio no existen técnicas relacionadas a la separación en la fuente ni ningún tipo de aprovechamiento controlado de los desechos. Durante la visita al vertedero, se pudo observar en el sitio tres personas que se dedican a actividades de búsqueda y separación de plásticos, como se evidencia en la figura 5. Estos son comercializados directamente por ellos a intermediarios locales y empresas acopiadoras de materiales. La Alcaldía no tiene control sobre los separadores del vertedero, por lo que no tiene registro de la cantidad ni tipo de material recuperado.

Figura 5. Recuperadores informales en el botadero.



Fotografías tomadas por: Claudia Rugama, 2026.

- **Recolección y transporte de los desechos sólidos**

El servicio de recolección y transporte de los desechos sólidos es realizado por la Alcaldía Municipal mediante un camión recolector marca JMC, año 2023, tipo volquete, con una capacidad de 6 m³. A este vehículo se le realiza mantenimiento mecánico con una frecuencia de tres veces al año; el último chequeo fue efectuado en diciembre de 2025, estimándose una vida útil remanente de 4 años. Asimismo, durante la visita de campo se constató que el camión se encuentra en buen estado, tal como se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Camion recolector de basura del municipio de Dolores.



Fotografías tomadas por: Claudia Rugama, 2026.

El horario de la recolección inicia a las 7:00 a.m., y continúa hasta completar su ruta diaria que se cumple al medio día, pero en caso de retrasos el servicio se extiende hasta las 2:00 p.m. Este servicio lo realizan cinco operarios entre conductor y recolectores. Según la Dirección de servicios comunitarios la ruta de recolección está establecida en el Plan municipal de recolección y se ejecuta de lunes a sábados, sin embargo, cada sector del municipio recibe el servicio solo una vez por semana, cubriendo aproximadamente el 80 % del área urbana.

Tabla 3: Cálculo del volumen acumulado de desechos y del número de viajes.

Volumen acumulado el día de la recolección	Numero de viajes
Datos: Volumen diario: V = 28.84 m³/día Número de días: t = 7 días Fórmula: $V_{acumulado} = V\ diario \times t$ Sustitución: $V_{acumulado} = 28.84 \times 7$ Resultado: $V_{acumulado} = 201.87$ m³/semana	Datos: Volumen recolectado el día de la recolección: V = 201.87 m³ Capacidad del camión: C = 6 m³/viaje Fórmula: N = V / C N= número de viajes V= Volumen recolectado C = Capacidad del camión Sustitución: N = 201.87 / 6 Resultado: N = 33.65 viajes Aproximación: N = 34 viajes 34 viajes el día de la recolección.

Elaboración propia, 2026.

Como se muestra en la Tabla 3, considerando que el volumen diario generado es de 28.84 m³ y que la frecuencia de recolección es de una vez por semana se estimó que el volumen total acumulado el día de la recolección es de 201.87 m³/semana, y para atender este volumen de desechos se determinó un total de 34viajes. La disponibilidad de un único vehículo recolector representa una limitación operativa significativa, ya que dificulta la recolección eficiente de los desechos generados y puede ocasionar acumulación de desechos en diferentes sectores del municipio.

- **Tratamiento**

Actual mente no existe ningún tipo de tratamiento a los desechos generados por la municipalidad.

- **Transferencia**

No existen ningún tipo de infraestructura destinada a usarse como unidades de transferencia.

- **Disposición final de los desechos sólidos**

Los desechos sólidos recolectados en el municipio de Dolores son transportados y depositados en un vertedero a cielo abierto, ubicado aproximadamente a 1,000 m del Parque Central, en dirección suroeste, como se muestra en la Figura 7. En este sitio se disponen desechos domiciliares, institucionales, comerciales y no peligrosos provenientes de establecimientos como centros educativos, el centro de salud y empresas locales, sin que estos reciban previamente algún tipo de tratamiento o acondicionamiento.

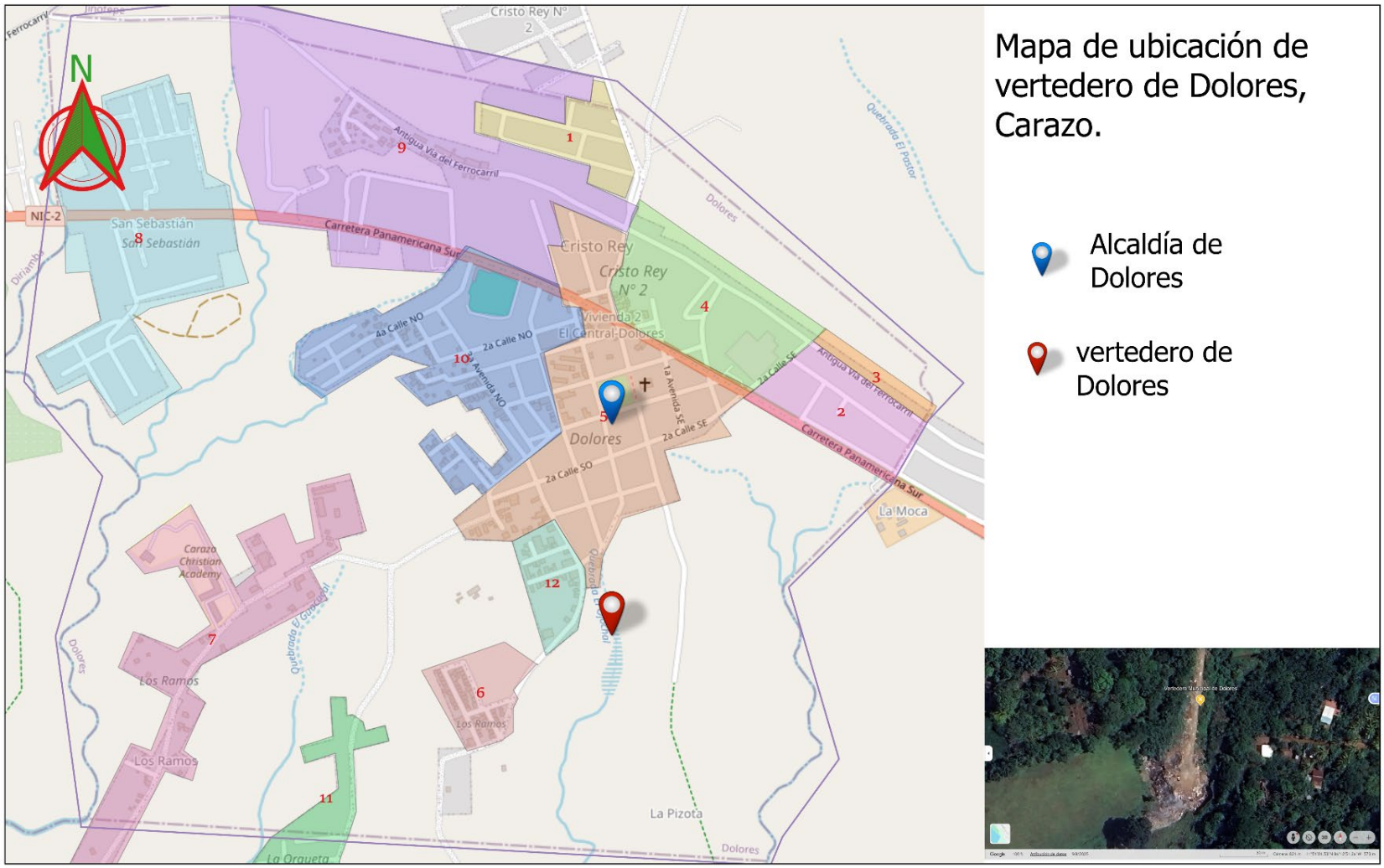
El botadero se encuentra ubicado sobre el margen de la quebrada El Ojochal, la cual presenta caudal permanente, lo que constituye una fuente activa de contaminación ambiental. La infiltración de lixiviados en el suelo y su arrastre hacia el cauce superficial está generando contaminación de las aguas superficiales y potencial afectación a las aguas subterráneas. Esta situación se agrava durante la temporada lluviosa, cuando el incremento del caudal favorece el arrastre de desechos.

Asimismo, debido a que la quebrada El Ojochal es afluente del río Grande de Carazo, el impacto ambiental ya se está extendiendo a zonas ubicadas aguas abajo, como el barrio Los Ramos dentro del municipio, así como a comunidades aledañas como Santa Anita y La Orqueta, donde se han reportado afectaciones, incluyendo inundaciones en patios colindantes con la quebrada. Esta problemática evidencia un daño ambiental en curso que afecta tanto al ecosistema como a la población de estos sectores.

El sitio cuenta con condiciones básicas de acceso, incluyendo un tramo de 600m adoquinado y un camino de 400m de tierra en condiciones transitables, lo que permite el ingreso del camión recolector. Además, se dispone de un vigilante asignado por la Alcaldía Municipal y se observa la presencia de personas que realizan actividades informales de recuperación de materiales reciclables, principalmente plásticos, los cuales son comercializados sin control ni registro por parte de la municipalidad.

En general, la disposición final de los desechos sólidos en el municipio se realiza sin la aplicación de medidas técnicas de control ambiental, lo que evidencia la necesidad de implementar mejoras en el manejo y disposición final, con el fin de reducir los riesgos ambientales y sanitarios asociados a esta práctica.

Figura 7: Ubicación del vertedero municipal, mediante sistema de referencia CRS: EPSG: 3857



Elaboración: Claudia Rugama, 2026.

7.1.2. Análisis del sistema técnico operativo actual

El diagnóstico técnico-operativo del sistema de manejo de desechos sólidos del municipio de Dolores permite identificar las siguientes condiciones:

- Generación total de 4.01 toneladas de desechos sólidos por día.
- Volumen generado de 28.84 m³ por día.
- Cobertura del servicio de recolección del 80 %.
- Disponibilidad de un único camión recolector con capacidad limitada.
- Frecuencia de recolección insuficiente en relación con la generación de desechos.
- Disposición final en un vertedero a cielo abierto sin control técnico.

Estas condiciones evidencian que el sistema actual presenta limitaciones en su capacidad operativa, lo que afecta su eficiencia y sostenibilidad. En este sentido, es necesario desarrollar una propuesta técnica-operativa que permita mejorar el sistema de manejo de desechos sólidos, optimizando los procesos de recolección, transporte y disposición final.

- **Análisis del sistema de almacenamiento de los desechos sólidos.**

El análisis del almacenamiento de los desechos sólidos en el municipio evidencia que esta etapa del sistema presenta debilidades significativas que inciden directamente en la eficiencia operativa del servicio de recolección y en las posibilidades de aprovechamiento de los desechos. La alta proporción de hogares que almacenan los desechos de forma conjunta (82.8 %) refleja la ausencia de una cultura de separación en la fuente, limitando la implementación de programas de reciclaje y valorización.

Igualmente, el uso predominante de sacos de nylon y bolsas plásticas como recipientes de almacenamiento pone en evidencia condiciones inadecuadas desde el punto de vista técnico e higiénico, lo cual puede generar dispersión de desechos, formación de lixiviados y afectaciones al entorno.

En consecuencia, el sistema de manejo de desechos sólidos requiere el fortalecimiento de esta etapa mediante la promoción de prácticas de separación en la fuente, la educación

ambiental y la implementación de recipientes adecuados, conforme a lo establecido en la NTON 05 014-02, a fin de mejorar la eficiencia del servicio y avanzar hacia un manejo más integral y sostenible en el municipio.

- **Análisis del Barrido de calles y espacios públicos**

El servicio de barrido de calles y espacios públicos del municipio de Dolores se encuentra organizado mediante la delimitación de ocho zonas en el área urbana y cuneta con una cobertura de nueve trabajadores, lo que evidencia la existencia de una estructura básica para el cumplimiento de esta actividad, en concordancia con lo establecido en la NTON 05 014-02 en materia de limpieza de vías y áreas públicas.

No obstante, el diagnostico evidencia limitaciones operativas que afectan la eficiencia del servicio, tales como el uso incompleto del equipo de protección personal y la reasignación frecuente de funciones fuera de las rutas establecidas, lo cual genera retrasos en el cumplimiento de las actividades programadas. Esta condición refleja debilidad en la organización operativa y rendimiento del barrido municipal.

En consecuencia, se hace necesario fortalecer la planificación de rutas, la delimitación clara de funciones y el control del uso del equipo de protección, a fin de optimizar la eficiencia del servicio y garantizar condiciones adecuadas de seguridad laboral para el personal.

- **Segregación, recolección selectiva y reaprovechamiento**

El diagnostico evidencia que en el municipio no existe programas formales de separación en la fuente ni mecanismos institucionalizados de aprovechamiento de los desechos sólidos, lo que limita el cumplimiento del enfoque de manejo integral establecido en la NTON 05 014-02.

Aunque en el sitio de disposición final se identifican actividades informales de recuperación de materiales reciclables, estas se realizan sin control, registro ni acompañamiento por parte de la municipalidad, lo que impide conocer los volúmenes recuperados, los tipos de

materiales comercializados y el impacto real de esta práctica en la reducción de desechos dispuesto.

En consecuencia, el sistema actual presenta una oportunidad de mejora mediante la formalización y regulación de las actividades de aprovechamiento, promoviendo programas de separación en la fuente y esquemas organizados de recuperación de materiales que permitan reducir la cantidad de desecho destinados a disposición final.

- **Análisis de capacidad del sistema de recolección y transporte**

El análisis de la capacidad del sistema de recolección y transporte tiene como finalidad evaluar si los recursos disponibles en el municipio de Dolores son suficientes para recolectar y transportar la totalidad de los desechos sólidos generados, considerando el volumen de desechos, la capacidad del vehículo recolector y la frecuencia de recolección existente.

De acuerdo con el diagnóstico realizado, el municipio genera un total de 4,006.36 kg/día de desechos sólidos, equivalente a un volumen de 28.84 m^3/día, lo que representa una generación semanal de 201.87 m^3/el día de recolección.

Actualmente, el municipio dispone de un único camión recolector con una capacidad de 6 m^3 por viaje, el cual realiza la recolección con una frecuencia de una vez por semana. Con base en el volumen generado y la capacidad del vehículo, se determinó que el sistema requiere aproximadamente 34 viajes por semana para recolectar la totalidad de los desechos generados.

Los resultados del análisis evidencian que el sistema actual presenta una capacidad operativa significativamente inferior a los requerimientos reales del municipio. El volumen de desechos generados semanalmente (201.87 m^3) supera ampliamente la capacidad del camión recolector disponible (6 m^3 por viaje), lo que indica que el sistema no tiene la capacidad suficiente para garantizar una recolección eficiente.

Esta limitación técnica puede provocar, acumulación de desechos en los puntos de generación, incremento de riesgos sanitarios, proliferación de vectores, contaminación ambiental, reducción de la eficiencia del sistema. Asimismo, el hecho de contar con un único vehículo recolector representa una alta vulnerabilidad operativa, ya que cualquier falla mecánica podría interrumpir completamente el servicio.

En consecuencia, es necesario rediseñar el sistema técnico-operativo mediante el incremento de la capacidad de recolección, ya sea mediante el aumento del número de viajes, la adquisición de nuevos vehículos o la implementación de vehículos de mayor capacidad, con el fin de garantizar la eficiencia, continuidad y sostenibilidad del sistema de manejo de desechos sólidos municipales.

- **Análisis de tratamiento y unidades de transferencia.**

El diagnostico demostró la ausencia de tratamientos lo que impide la reducción del volumen y peligrosidad de los desechos antes de su disposición, desaprovechando alternativas como el compostaje u otros métodos físicos, químicos o biológicos contemplados dentro del manejo integral establecido en la NTON 05 014-02.

- **Análisis del estado actual del sitio de disposición final.**

El análisis de la disposición final en el municipio de Dolores evidencia que los desechos sólidos son depositados en un vertedero a cielo abierto, sin aplicación de medidas técnicas de control ambiental ni tratamiento previo, lo que contraviene los principios de manejo sanitario establecidos en la NTON 05 014-02, la cual establece que los desechos deben disponerse en rellenos sanitarios que garanticen la protección de la salud pública y del ambiente.

La ubicación del botadero en las proximidades de una quebrada de caudal permanente, afluente del Río Grande de Carazo, incrementa significativamente el riesgo de contaminación de aguas superficiales y subterráneas por lixiviados y arrastre de desechos, especialmente en época lluviosa, lo que amplía el impacto ambiental a zonas aguas abajo.

Si bien el sitio cuenta con acceso vehicular y vigilancia básica, la disposición final se realiza bajo condiciones ambientalmente inadecuadas y con presencia de actividades informales de recuperación de materiales sin regulación municipal. En consecuencia, esta etapa representa la principal debilidad del sistema de manejo de desechos sólidos del municipio, evidenciando la necesidad urgente de implementar soluciones técnicas que permitan una disposición final ambientalmente segura y conforme a la normativa vigente. Se presenta a continuación la Tabla 4, síntesis del diagnóstico, en la cual se resumen los principales hallazgos del estudio, incluyendo la situación actual, los problemas identificados, sus causas y los efectos generados.

Tabla 4: Síntesis del diagnóstico del sistema de manejo de desechos sólidos – Municipio de Dolores, Carazo.

Componente del sistema	Situación actual	Problemas identificados	Causas principales	Efectos/impactos
Generación de desechos sólidos	Generación de 4.01 ton/día (28.84 m³/día). Alta proporción de materia orgánica	No existe reducción en la fuente ni aprovechamiento	Ausencia de programas de minimización y valorización	Incremento del volumen de desechos a disponer
Almacenamiento en la fuente	82.8 % de hogares no separa desechos. Uso de sacos y bolsas plásticas	Inadecuado almacenamiento y falta de segregación	Falta de educación ambiental y recipientes adecuados	Contaminación cruzada, malos olores, dificultad para reciclaje
Barrido y limpieza urbana	Cobertura en 8 zonas con 9 operarios. Trabajo manual	Ineficiencia operativa y uso incompleto de equipo de protección personal	Débil supervisión y mala organización del personal	Retrasos en limpieza, riesgos laborales
Segregación y aprovechamiento	No existen programas formales. Recuperación informal en vertedero	Falta de control y aprovechamiento de desechos sólidos	Ausencia de políticas municipales y organización de recicladores	Pérdida de materiales valorizables y riesgos sanitarios

Componente del sistema	Situación actual	Problemas identificados	Causas principales	Efectos/impactos
Recolección y transporte	1 camión de 6 m³. Frecuencia: 1 vez/semana. Cobertura 80 %	Capacidad insuficiente (requiere 34 viajes/semana)	Limitación de equipos y baja frecuencia	Acumulación de desechos, proliferación de vectores
Tratamiento	No existe tratamiento de desechos	No reducción de volumen	Falta de infraestructura y planificación	Mayor presión sobre el sitio de disposición final
Transferencia	No existen estaciones de transferencia	Ineficiencia en transporte	Limitación de infraestructura	Incremento de costos operativos
Disposición final	Botadero a cielo abierto ubicado en la quebrada Ojochal	Alta contaminación ambiental	Falta de infraestructura adecuada (relleno sanitario)	Contaminación de agua, suelo y aire; afectación a la salud
Gestión operativa	Sistema con limitaciones técnicas y operativas	Baja eficiencia del sistema	Falta de planificación integral	Servicio deficiente y riesgos ambientales

Fuente: Elaboración propia, 2026.

7.2. Propuesta del plan de manejo de desechos sólidos del municipio de Dolores, Carazo

La propuesta de manejo de los desechos sólidos para el municipio de Dolores contiene una estructura en función de la situación actual expuesta en el diagnóstico. Esta estructura clara que guía la toma de decisiones y minimiza la improvisación. Contiene las partes básicas del plan, siendo: Introducción, concentrando los objetivos, el alcance y la política del plan; conformando el marco fundamental para el éxito. Como segundo punto de la estructura, la definición de las líneas de acción del plan, determinando la adquisición de la maquinaria, la optimización de las rutas de recolección, separación en la fuente, el aprovechamiento de los desechos, tratamiento y disposición final segura.

El plan continúa con las partes del programa de educación y sensibilización, la organización de su implementación, diseñando cada formulario o instrumentos para el seguimiento y monitoreo para la evaluación del plan. A continuación, el desglose del contenido de cada parte del plan.

7.2.1. Introducción

El presente Plan de Manejo de Desechos Sólidos establece los lineamientos técnicos, operativos y administrativos orientados a la gestión integral de los desechos sólidos no peligrosos generados en el municipio de Dolores. Su formulación responde a la necesidad de mejorar la eficiencia del sistema de recolección, reducir los impactos ambientales derivados de una disposición inadecuada y garantizar condiciones sanitarias óptimas para la población.

- **Objetivo general**

Implementar un sistema integral y sostenible de manejo de desechos sólidos que mejore la eficiencia operativa, reduzca los impactos ambientales y garantice condiciones sanitarias adecuadas en el municipio de Dolores.

- **Objetivo específicos y metas**

Los objetivos específicos son cinco, cada uno de ellos en cumplimiento parcial del objetivo general. Cada uno de ellos tiene una meta, reflejándose en el resultado final, amplio y a corto plazo que se desea alcanzar, ver tabla 5.

Tabla 5: Objetivos Específicos y Metas

Objetivo Específico	Meta
Mejorar la cobertura y frecuencia del servicio	Alcanzar 100% de cobertura urbana en el año 2
Optimizar la recolección y transporte	Incrementar a 3 frecuencias semanales en el 100% de los sectores en el año 1
Implementar separación en la fuente	Lograr que el 40% de viviendas separen desechos en el año 3
Reducir disposición directa sin control	Implementar sistema de relleno sanitario manual en el año 2
Formalizar recicladores	Organizar al 100% de recicladores identificados en el año 2

Fuente: Elaboración propia

- **Alcance del plan**
  - El plan abarca el casco urbano del municipio de Dolores, Carazo, incluyendo barrios, áreas públicas, comercios e instituciones.
  - Periodo de Planeamiento. Periodo de ejecución propuesto: 5 años (2026–2031)
  - Tipos de Desechos Atendidos
    - Desechos sólidos domiciliarios.
    - Desechos comerciales no peligrosos.
    - Desechos de barrido.
    - Desechos orgánicos predominantes.
    - Desechos reciclables (plásticos, papel, cartón, vidrio, metales).

No se incluyen desechos hospitalarios, los cuales deberán gestionarse bajo normativa específica.

  - Nivel de Servicio Propuesto
    - Cobertura del 100% del casco urbano.
    - Frecuencia: 3 días en la semana.
    - Implementación progresiva de separación en la fuente.
    - Disposición final técnicamente controlada.

- **Política del Plan**

En concordancia con la normativa nacional vigente (NTON 05 014-02) y considerando la realidad operativa del municipio, se establecen las siguientes políticas locales:

- Política de Gestión Integral: Implementar un sistema integral que abarque generación, almacenamiento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final controlada de los desechos sólidos del municipio de Dolores, Carazo.
- Política de Minimización y Aprovechamiento: Promover progresivamente la separación en la fuente y el aprovechamiento de desechos reciclables y orgánicos, generados en el municipio de Dolores, Carazo.
- Política de Protección Ambiental y Sanitaria: Reducir riesgos de contaminación del suelo, agua y aire, mediante la adecuada gestión integral de los desechos sólidos, con énfasis en el control, manejo y disposición final de los desechos en el sitio actual de disposición final del municipio de Dolores, Carazo.
- Política de Inclusión Social: Incorporar de manera progresiva y organizada a los recicladores informales en el sistema municipal de gestión integral de los desechos sólidos, promoviendo su participación en actividades de recolección selectiva, clasificación y aprovechamiento de los desechos sólidos generados en el municipio de Dolores, Carazo.
- Política de Educación y Sensibilización: Fortalecer la cultura ambiental mediante campañas permanentes dirigidas a la población, orientadas a la correcta gestión de los desechos sólidos, incluyendo la reducción, separación en la fuente, reutilización y disposición adecuada de los desechos sólidos en el municipio de Dolores, Carazo.

7.2.2. Definición de las Líneas de Acción

Con base en los resultados obtenidos en el diagnóstico y considerando los objetivos establecidos para el fortalecimiento del sistema de manejo de desechos sólidos, se plantean a continuación las principales líneas de acción que orientan el plan de manejo del municipio de Dolores.

- **Fortalecimiento del Sistema de Recolección**

En cuanto a la cobertura del servicio, la capacidad operativa, y la organización de rutas existentes, con el propósito de mejorar la eficiencia, y cobertura del sistema.

- **Sectorización en 3 zonas operativas.**

Para la efectiva operación del plan de manejo, se divide el territorio en tres zonas, que contienen todos los barrios del municipio, así mismo se indica el número de viviendas a atender (Ver tabla 6).

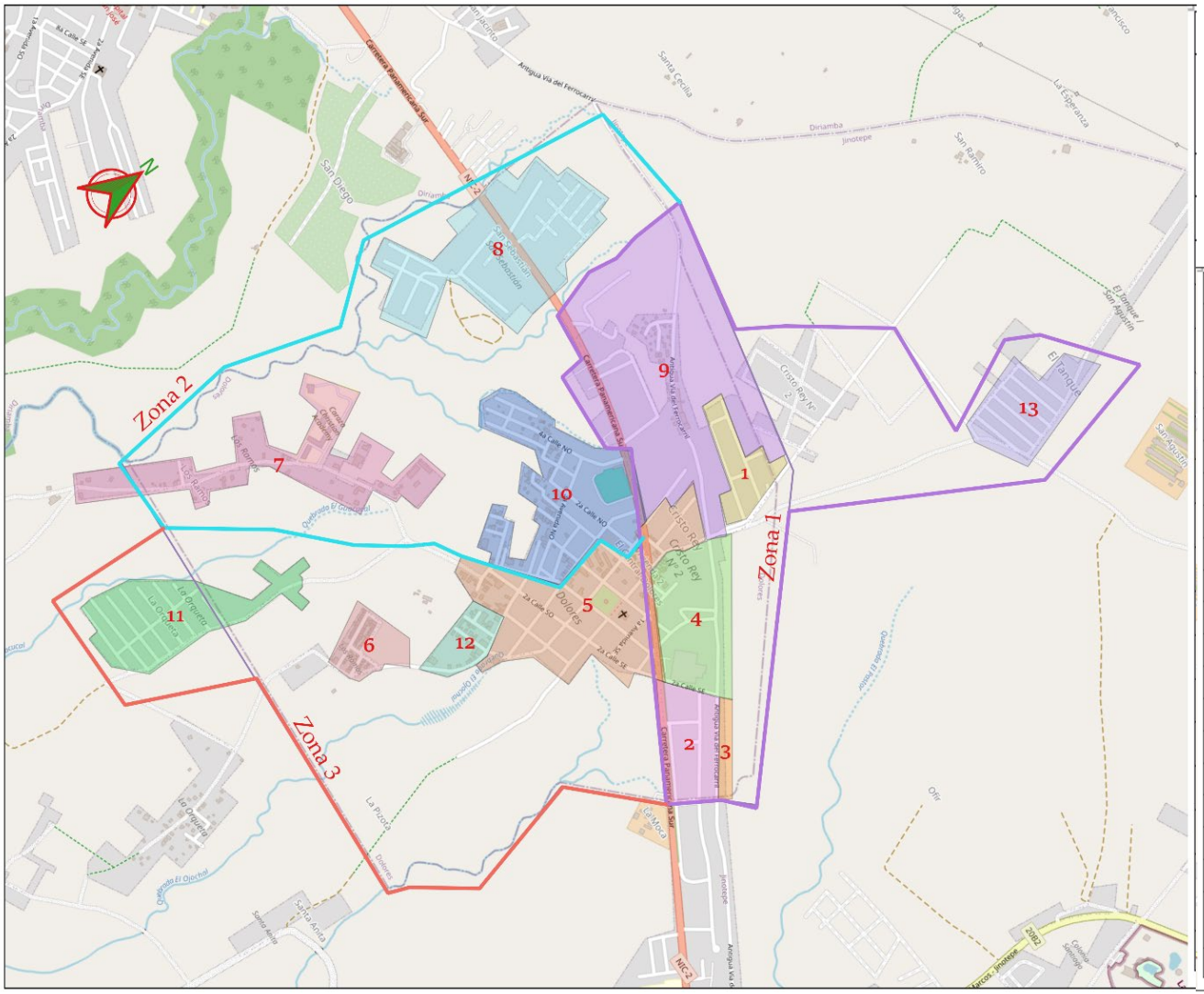
Tabla 6: Distribución de zonas para la ruta de recolección

ZONA 1			ZONA 2			ZONA 3		
N°	**Barrio**	**N° de viviendas**	**N°**	**Barrio**	**N° de viviendas**	**N°**	**Barrio**	**N° de viviendas**
1	Santa Sofia	65	7	Los Ramos	110	5	Distrito Central	397
2	Santa Ana	70	8	San Sebastián	119	6	Tres de Mayo	75
3	Reparto Sandino	82	10	Alfonso Pascual	488	11	19 de Julio	185
4	Guadalupe	146	Total		717	12	Héroes y Mártires	57
9	Cristo Rey	248				Total		714
13	San Antonio	194						
Total		805						

Elaboración propia, 2026

El fortalecimiento del sistema de recolección en el municipio de Dolores contempla la optimización del diseño de rutas mediante la sectorización operativa del territorio, con el propósito de mejorar la eficiencia del servicio, equilibrar la carga operativa, optimizar los tiempos de recolección y fortalecer la capacidad de respuesta del sistema. En este sentido, se propone la división del municipio en tres zonas operativos, como lo muestra la figura 8. La zonificación establecida contribuye a mejorar la eficiencia operativa del sistema de recolección, al reducir desplazamientos innecesarios y garantizar una cobertura equilibrada en todo el municipio.

Figura 8: Zonas de Dolores



ZONA 1		
N°	Barrio	N° de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
9	Cristo Rey	248
13	San Antonio	194
Total		805
ZONA 2		
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
10	Alfonso Pascual	488
Total		717
ZONA 3		
5	Distrito Central	397
6	Tres de Mayo	75
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
Total		714

Elaboración: Claudia Rugama, 2026

Adquisición de camiones de recolección adecuados

Determinación del número de camiones requeridos con base en el diagnóstico realizado, el municipio presenta las siguientes condiciones:

- Población: 9,256 habitantes
- Generación total: 4,006.34 kg/día
- Densidad promedio: 138.92 kg/m³
- Volumen generado: 28.84 m³ / día
- Volumen semanal: 201.87 m³ / semana

Según Tchobanoglous (1982), en climas tropicales la frecuencia recomendada es de 2 a 3 veces por semana.

El municipio de Dolores presenta condiciones climáticas tropicales, por lo que se adopta una frecuencia de recolección de $F = 3\ veces/semana$

El número de viajes requeridos y la cantidad de vehículos necesarios se determinan tomando en cuenta la frecuencia adoptada, la generación de desechos y la capacidad del camión recolector.

De acuerdo con lo anterior se realizan los cálculos en la Tabla 7, donde se determinó que el sistema requiere una frecuencia de recolección de tres veces por semana, con un volumen de 67.29 m³ por jornada. Para transportar este volumen, se requieren 12 viajes por jornada y un total de 3 camiones recolectores de la misma capacidad del actual, para garantiza la cobertura completa del servicio y la operación eficiente del sistema.

Tabla 7. Cálculo de número de camiones

frecuencia óptima de recolección	**número de viajes**	**número de camiones**
Datos Volumen semanal: V = 201.87 m³ Frecuencia de recolección: F = 3 veces / semana Fórmula: $V_{rec} = \frac{V_{TOTAL}}{F}$ Sustitución: $V_{rec} = \frac{201.87}{3}$ Resultado: Vrec=67.29 m³/recolección	Datos Capacidad del camión: C = 6 m³ Volumen de recolección Vrec= 67.29m³/recolección Formula $N = \frac{V_{REC}}{C}$ Número de viajes necesarios: $N = \frac{67.29}{6}$ $N = 11.22 \approx 12 viajes$ Resultado: El sistema requiere 12 viajes por día de recolección.	Datos Un camión puede realizar 4viajes/día Capacidad del camión: C = 6 m³ Capacidad diaria por camión: $Capacidad = Viajes \times C$ $Capacidad = 4 \times 6m^3$ $Capacidad = 24m^3/día$ Número de camiones requeridos: $Nc = \frac{V_{REC.}}{Capacidad}$ $Nc = \frac{67.29}{24}$ $Nc = 2.80$ Se requieren: $Nc = 3 camiones$

Elaboración propia, 2026

No obstante, la implementación de este escenario operativo conllevaría un incremento significativo en los costos, debido a la necesidad de adquirir dos unidades adicionales, así como la contratación de personal operativo, incluyendo conductores y recolectores, además del fortalecimiento del área de mantenimiento y el aumento en los gastos asociados al funcionamiento y conservación de la flota vehicular.

En este contexto, como alternativa se analiza la adquisición de un único camión recolector con capacidad de 15 m³ por viaje, el cual sería operado por el personal actualmente disponible. Esta propuesta permite optimizar los recursos existentes. Asimismo, este tipo de unidad presenta ventajas operativas, tales como la recolección segura de los desechos minimizando la dispersión de desechos durante el transporte y reduciendo el riesgo de liberación de lixiviados, contribuyendo así a una gestión ambientalmente adecuada. (ver tabla 8).

Tabla 8. Análisis del camión compactador de 15m3

Frecuencia óptima de recolección	Número de viajes	Número de camiones
Datos Volumen semanal: V = 201.87 m³ Frecuencia de recolección: F = 6 veces / semana Fórmula: $V_{rec} = \frac{V_{TOTAL}}{F}$ Sustitución: $V_{rec} = \frac{201.87}{6}$ Resultado: Vrec=33.65m³/recolección diaria.	Datos Capacidad del camión: C = 15 m³ Volumen de recolección Vrec=33.65m³/recolección Formula $N = \frac{V_{REC}}{C}$ Número de viajes necesarios: $N = \frac{33.65}{15}$ $N = 2.24 \approx 3 viajes$ Resultado: El sistema requiere 3 viajes por día de recolección.	Datos Un camión puede realizar 4 viajes/día Capacidad del camión: C = 15 m³ Capacidad diaria por camión: $Capacidad = Viajes \times C$ $Capacidad = 4 \times 15 m^3$ $Capacidad = 60 m^3/día$ número de camiones requeridos: $Nc = \frac{V_{REC.}}{Capacidad}$ $Nc = \frac{33.65}{60}$ $Nc = 0.56$ Se requieren: $Nc = 1 camiones$

Elaboración propia, 2026.

Los resultados del cálculo de la tabla 8, evidencian que, para un volumen semanal de 201.87 m³ y una frecuencia de recolección de 6 días a la semana, el volumen a manejar por jornada es de aproximadamente 33.65 m³. Considerando una capacidad unitaria de 15 m³ por camión, se requieren alrededor de tres viajes por día de recolección para cubrir la demanda.

Sin embargo, como se muestra en la tabla 9, al dividir el municipio en tres sectores para realizar los tres viajes supuestos, se atendería un promedio de 746 viviendas en un solo viaje en un periodo equivalente a un tercio de la jornada operativa (110 minutos), el tiempo disponible por vivienda se calcula aproximadamente en 9 segundos. Este valor resulta técnicamente inviable, ya que no permite realizar adecuadamente las actividades básicas de recolección, tales como la detención del vehículo, manipulación y carga de los desechos. Asimismo, no considera tiempos de desplazamiento ni limitaciones de capacidad del equipo, por lo que este escenario se descarta como alternativa operativa viable.

Tabla 9: cálculo del tiempo por vivienda

<table>
<tr><td colspan="2">Viviendas totales del municipio: 805+717+714 = 2236 viviendas
Promedio de viviendas por viaje: 2236/3 = 745.33 ≅ 746</td></tr>
<tr><td>Tiempo disponible de operación
Horario:
De 8:30 a.m. a 14:00 p.m.
Tiempo total:
• 5 horas 30 minutos = 5.5 horas
• En minutos:
5.5 × 60 = 330 minutos
Tiempo disponible por viaje
para trabajar 3 viajes en el tiempo de operación:
$\frac{330}{3} = 110$ minutos
Tiempo disponible: 110 minutos (1 hora 50 minutos) por viaje</td><td>Escenario propuesto: 746 viviendas / viaje
Cálculo del tiempo por vivienda
• Viviendas: 746
• Tiempo total: 110 minutos
$t = \frac{110}{746} = 0.1474$ min/vivienda
Resultado:
• 0.15 minutos/vivienda
• En segundos:
$0.1474 \times 60 = 8.84$ segundos/vivienda ≅ 9seg /vivienda</td></tr>
</table>

Elaboración propia, 2026.

- Análisis técnico y selección de alternativa operativa

Del análisis comparativo de escenarios operativos, se determina que la alternativa más viable para el municipio corresponde al uso de tres camiones recolectores de 6 m³ tipo compactador, en lugar de reducir el número de unidades e incrementar la capacidad por vehículo.

Si bien el uso de un camión de mayor capacidad (15 m³) permite disminuir el número de viajes, esta alternativa presenta limitaciones operativas importantes. En particular, al incrementar el número de viviendas a atender por viaje, alcanzando aproximadamente 746 viviendas en un periodo de 110 minutos, lo que reduce el tiempo disponible por vivienda a aproximadamente 0.15 minutos (≈9 segundos), lo cual resulta técnicamente inviable, tal como se ha demostrado previamente.

Esta limitación operativa implica que, aunque el camión tenga mayor capacidad de carga, no sería posible aprovecharla completamente, debido a restricciones de tiempo en la recolección. En consecuencia, se generaría una operación ineficiente, caracterizada por vehículos parcialmente llenos y sectores del municipio sin cobertura del servicio.

En este contexto, se propone el uso de tres unidades tipo compactador de 6 m³, seleccionando como referencia técnica el modelo: Isuzu 6 m³ como se muestra en la figura 8, según los siguientes criterios técnicos:

- Maniobrabilidad: Su tamaño y configuración 4x2 permiten operar eficientemente en calles urbanas estrechas del municipio.
- Disponibilidad de repuestos: La marca Isuzu cuenta con amplia presencia en Centroamérica, facilitando el mantenimiento preventivo y correctivo.
- Eficiencia operativa: El sistema de compactación hidráulica incrementa la capacidad efectiva de carga, reduciendo la frecuencia de viajes.
- Seguridad ambiental: Minimiza la dispersión de desechos y controla lixiviados, contribuyendo a la salud pública y la imagen urbana.

Figura 9: Camión compactador



Fuente: Pagina de IZUZU,2026

Para el municipio, y en concordancia con sus condiciones actuales, se recomienda que para la puesta en marcha del plan se adquieran dos unidades del tipo compactador previamente recomendado, manteniendo como tercera unidad de apoyo el camión tipo volquete que actualmente realiza las labores de recolección.

De esta manera, se propone que, a partir del cuarto año del periodo de planificación, se adquiera una tercera unidad compactadora, de manera que el sistema de recolección quede operando con tres camiones compactadores, lo que permitirá mejorar la eficiencia, cobertura y continuidad del servicio.

- Análisis de la capacidad del sistema para el periodo de ejecución

Proyección de población para el año 2031

Formula de INIDE para proyección de población

$$P_f = P_o \left[1 + \frac{TAC}{100}\right]^n$$

Datos

Población

PO = Año 2023 = 9,029 hab.

Pf = Año 2026 =?

TAC = 1.25%

n = 2026 – 2023 = 3

Sustituyendo

$$P_f = 9{,}029hab. \left[1 + \frac{1.25}{100}\right]^3$$

$$P_f = 9{,}029hab. [1 + 0.0125]^3$$

$$P_f = 9{,}029hab. [1.0125]^3$$

$$P_f = 9{,}029hab. \times 1.03797$$

$$P_f = 9{,}372\ habitantes\ municipales\ al\ 2026$$

Teniendo la proyección de la población al 2026, se realiza la proyección de población a cinco años que es la duración del plan.

Sustituyendo:

$$P_f = 9{,}372hab. \left[1 + \frac{1.25}{100}\right]^5$$

$$P_f = 9{,}372hab. [1 + 0.0125]^5$$

$$P_f = 9{,}372hab. [1.0125]^5$$

$$P_f = 9{,}372hab. \times 1.0641$$

$$P_f = 9{,}973 habitantes\ municipales\ al\ 2031$$

Con el dato de la proyección de la población al 2031 de 9,973 habitantes, se evalúa si la capacidad del sistema propuesta tendrá capacidad para cubrir el volumen generado para este periodo.

Datos:

Producción per cápita PPC: 0.44 kg/hab – día
Densidad: $\rho = 138.92$ kg/m³

Generación total de desechos:

$$G = PPC * N°hab$$

G = 0.44 kg/hab – día * 9,973 hab
G = 4,376.74 kg/día

Fórmula:

$$V = G / \rho$$

Sustitución:
V = 4,376.74 / 138.92

Resultado:
V = 31.5 m³/día

Comparando capacitada de recolección con el volumen producido resulta
Volumen semanal = 31.5 m³/día * 7 días = 220.54 m³/semanal
Volumen el día de recolección = 220.54/3 =73.51 m³
Capacidad de recolección = 3 x 4 x 6 = 72 m^3

El sistema propuesto presenta una capacidad prácticamente equivalente a la generación proyectada de desechos, operando en condiciones cercanas al equilibrio. No obstante, es importante considerar que a partir del 4 año de puesta en marcha del plan propuestos, las tres unidades de recolección corresponden a camiones compactadores, los cuales pueden incrementar su capacidad efectiva de transporte entre un 50% y un 70% respecto a su volumen nominal, debido a la reducción de volumen que experimentan los desechos al ser compactados.

En este sentido, la capacidad real del sistema de recolección podría superar la capacidad teórica estimada, lo que permitiría cubrir la demanda proyectada durante el horizonte de planificación establecido. Sin embargo, se recomienda la implementación de un sistema de

seguimiento y evaluación periódica, con revisiones anuales, que permita analizar el desempeño operativo del sistema en función de la generación real de desechos, el crecimiento poblacional y las condiciones del servicio.

Dicho monitoreo facilitará la toma de decisiones orientadas a la mejora continua del sistema, tales como la optimización de rutas, el ajuste en la frecuencia de recolección o, en caso necesario, la incorporación de nuevas unidades de transporte, garantizando así la eficiencia, sostenibilidad y cobertura del servicio en el tiempo.

- **Optimización de rutas mediante planificación técnica.**

La definición de las rutas de recolección para el municipio de Dolores se realizó con base en criterios técnicos, tales como la generación de desechos sólidos, la distribución espacial de la población y la eficiencia operativa del servicio.

Datos base del sistema:

- Total de viviendas: 2,236 viviendas
- Frecuencia: 3 veces por semana
- Volumen semanal: 201.6 m³
- Número de camiones: 3
- Capacidad por camión: 6 m³
- Viajes por camión/día: 4 viajes *(según ajuste operativo viable)*
- Tiempo por viaje: 110 minutos

Distribución de viviendas por zonas

- Zona 1: 805 viviendas
- Zona 2: 717 viviendas
- Zona 3: 714 viviendas

Promedio de viviendas por zonas: 746 vivienda

Diseño de rutas:

- Zona 1: Camión 1

- Zona 2: Camión 2
- Zona 3: Camión 3

Distribución operativa:

- Promedio de viviendas por zona: ≈746
- Viajes por camión: 3–4 viajes/día
- Viviendas por viaje (con 3 viajes):

$$746/3 \approx 249 viviendas$$

- Tiempo por vivienda (escenario óptimo)

$$110/249 = 0.44 \text{ min} \approx 26 segundos$$

El cuarto viaje se destinará a la recolección de desechos comerciales, la cual debe realizarse de forma diaria. Para ello, se establece una programación en la que cada camión tendrá asignados dos días a la semana para atender este tipo de generación. La distribución de los días se organiza estratégicamente, evitando asignar el lunes, al camión responsable de la Zona 1, debido a que esta concentra el mayor número de viviendas. En este día, dicho camión debe atender la acumulación de desechos generados durante el domingo, lo que incrementa la carga operativa. (ver tabla 10)

Tabla 10: Programación semanal

Día	Camión 1 (Zona 1)	Camión 2 (Zona 2)	Camión 3 (Zona 3)
Lunes	Barrios 1,2,3 y 4	Barrios 7 y 8 - Comercial	Barrio 5
Martes	Barrios 9 y 13	Barrio 10	Barrios 6, 11 y 12- Comercial
Miércoles	Barrios 1,2,3 y 4 – Comercial	Barrios 7 y 8	Barrio 5
Jueves	Barrios 9 y 13	Barrio 10	Barrios 6, 11 y 12 – Comercial
Viernes	Barrios 1,2,3 y 4	Barrios 7 y 8 – Comercial	Barrio 5
Sábado	Barrios 9 y 13- Comercial	Barrio 10	Barrios 6, 11 y 12
Domingo	Sin servicio	Sin servicio	Sin servicio

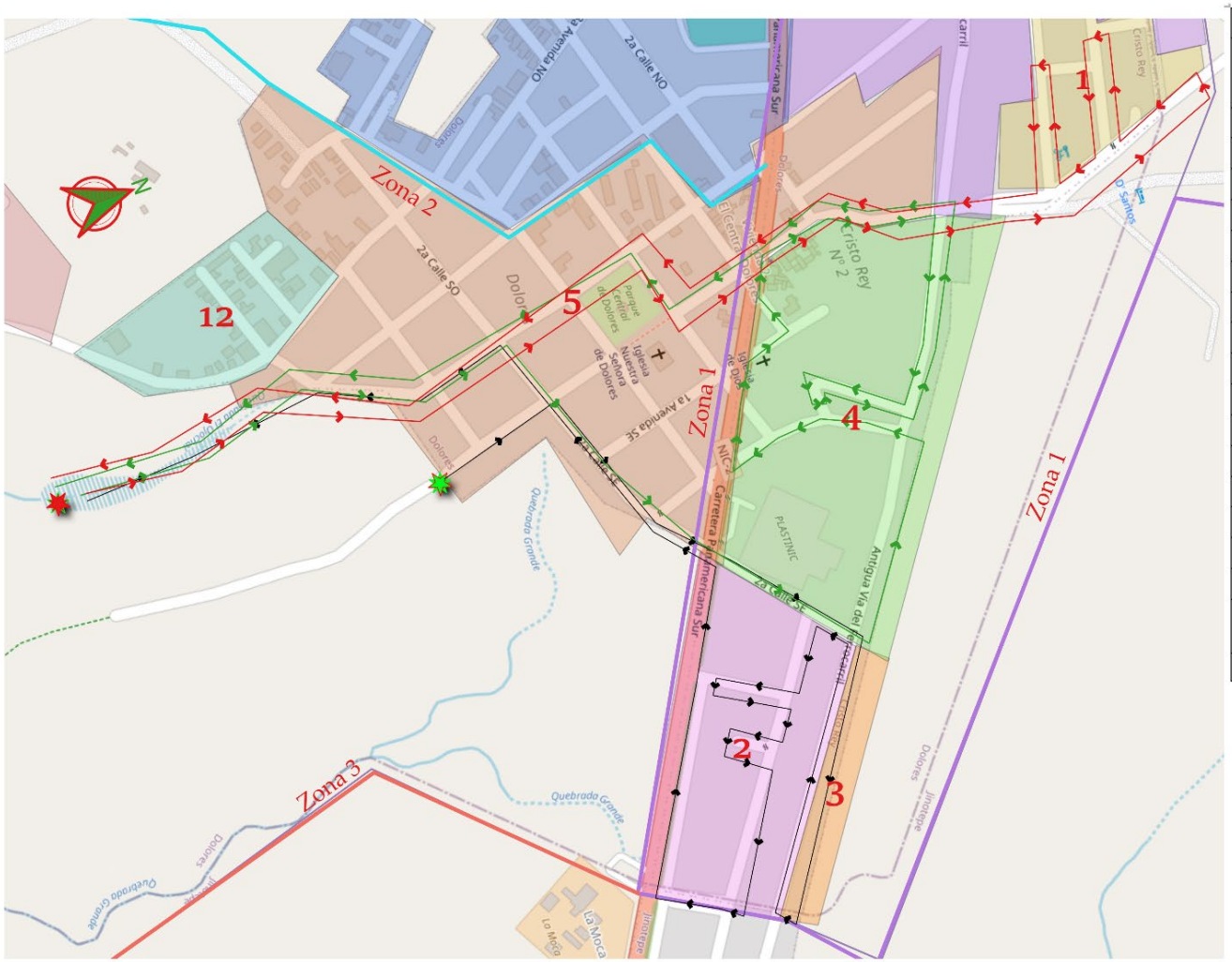
Elaboración propia, 2026.

Con el objetivo de optimizar las rutas, el municipio fue dividido en tres zonas operativas como muestra la tabla 6, agrupando sectores con características urbanas similares que favorecen una adecuada planificación del servicio.

A su vez, cada zona fue dividida en dos subzonas con el objetivo de optimizar la eficiencia del servicio de recolección Esta organización permite reducir la carga operativa por recorrido, mejorar la planificación de las rutas y aumentar el tiempo disponible por vivienda. La distribución de estas subzonas, así como el trazado de las rutas definidas, pueden observarse en las figuras de la 10 a la 15.

De esta forma, esta estrategia contribuye a garantizar la continuidad y cobertura del servicio ante eventualidades, tales como fallas mecánicas, mantenimiento de las unidades o incrementos inesperados en la generación de desechos, permitiendo una mayor flexibilidad operativa y capacidad de respuesta del sistema

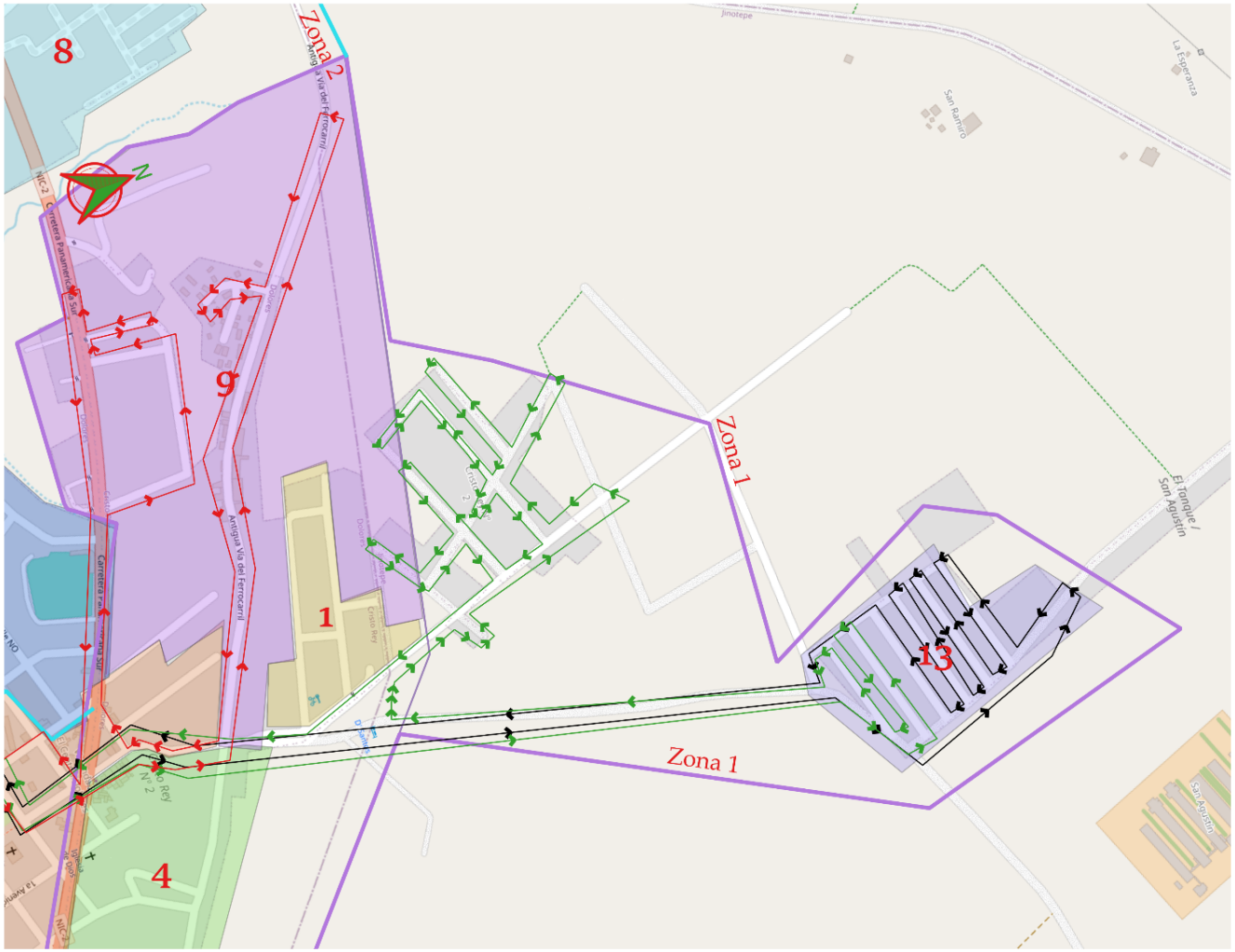
Figura 10: Recorridos del camión # 1 correspondiente a lunes.



ZONA 1		
N°	Barrio	N° de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
9	Cristo Rey	248
13	San Antonio	194
Total		805
ZONA 2		
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
10	Alfonso Pascual	488
Total		717
ZONA 3		
5	Distrito Central	397
6	Tres de Mayo	75
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
Total		714

Elaboración: Claudia Rugama, 2026

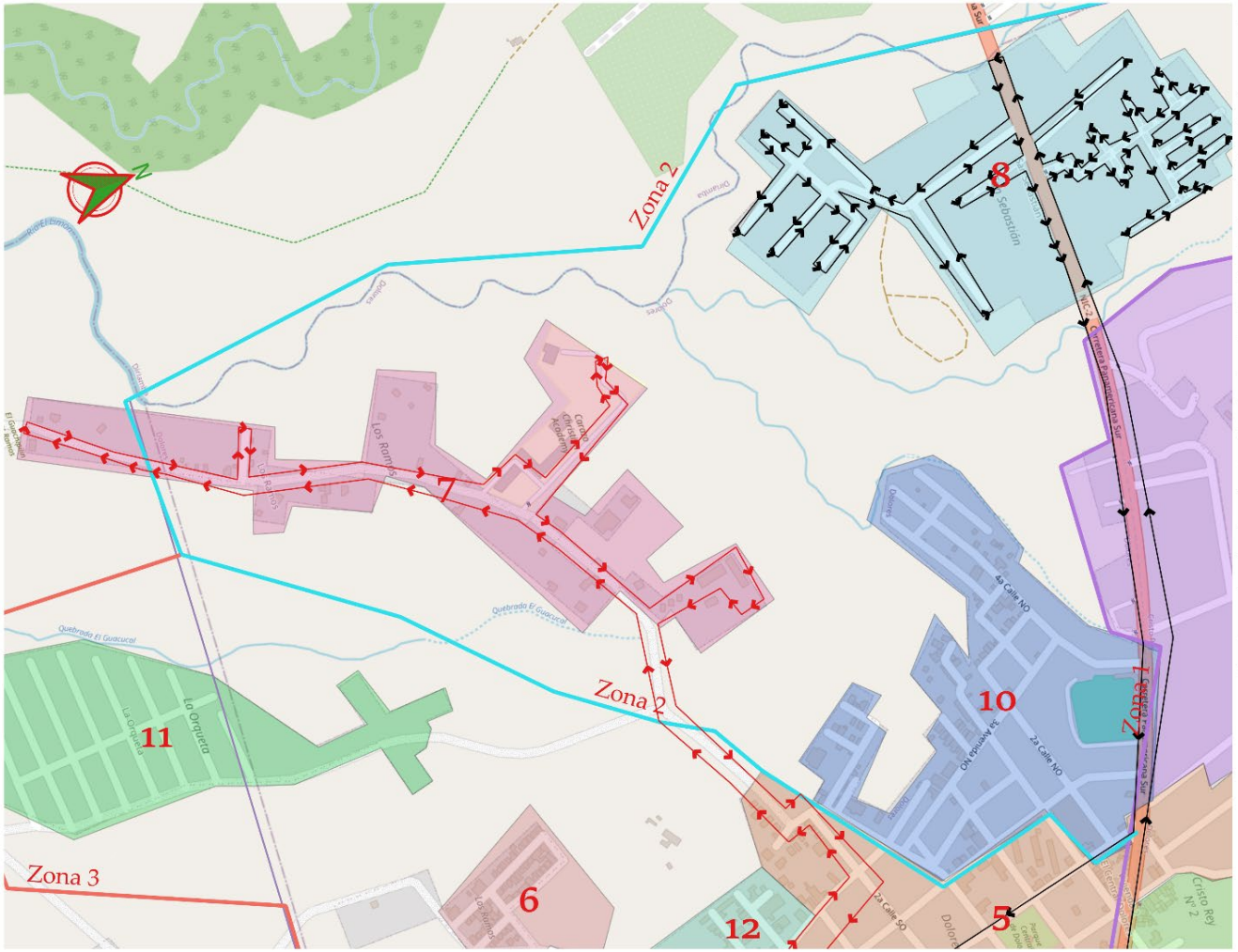
Figura 11: Recorridos del camión # 1 correspondiente a martes.



ZONA 1		
N°	Barrio	N° de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
9	Cristo Rey	248
13	San Antonio	194
Total		805
ZONA 2		
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
10	Alfonso Pascual	488
Total		717
ZONA 3		
5	Distrito Central	397
6	Tres de Mayo	75
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
Total		714

Elaboración: Claudia Rugama, 2026

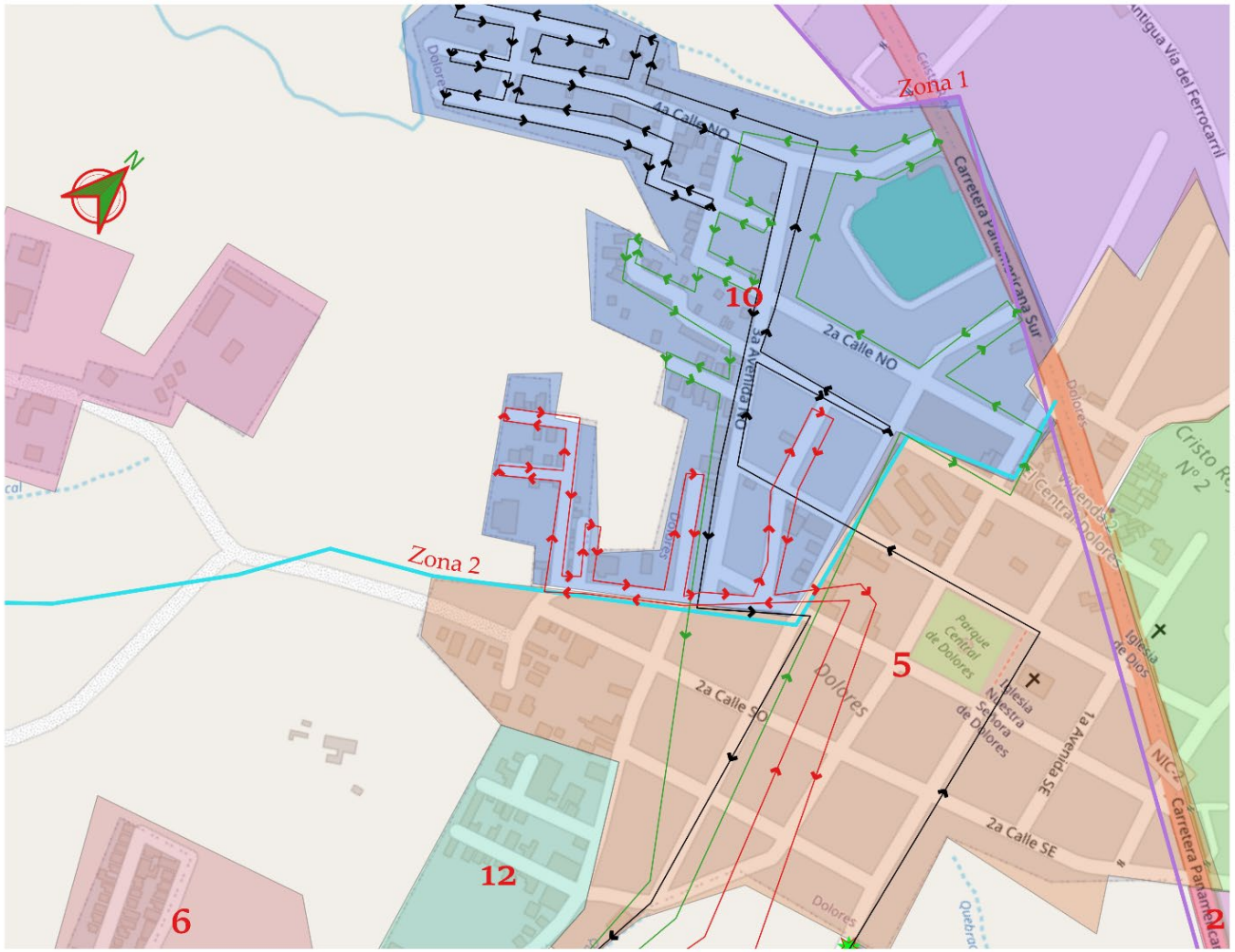
Figura 12: Recorridos del camión # 2 correspondiente a lunes.



ZONA 1		
N°	Barrio	N° de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
9	Cristo Rey	248
13	San Antonio	194
Total		805
ZONA 2		
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
10	Alfonso Pascual	488
Total		717
ZONA 3		
5	Distrito Central	397
6	Tres de Mayo	75
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
Total		714

Elaboración: Claudia Rugama, 2026

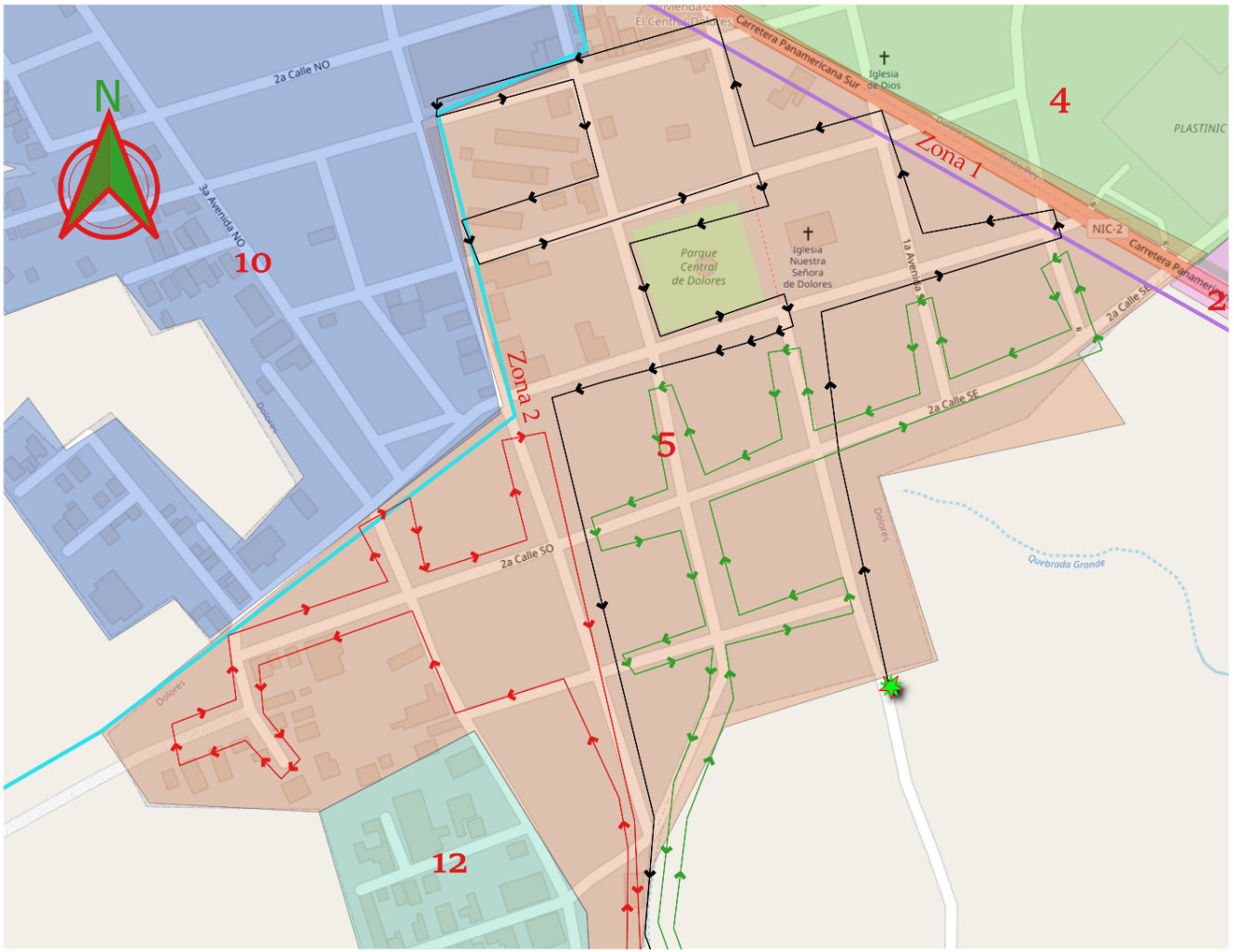
Figura 13: Recorridos del camión # 2 correspondiente a martes.



ZONA 1		
N°	Barrio	N° de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
9	Cristo Rey	248
13	San Antonio	194
Total		805
ZONA 2		
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
10	Alfonso Pascual	488
Total		717
ZONA 3		
5	Distrito Central	397
6	Tres de Mayo	75
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
Total		714

Elaboración: Claudia Rugama, 2026

Figura 14: Recorridos del camión # 3 correspondiente a lunes.



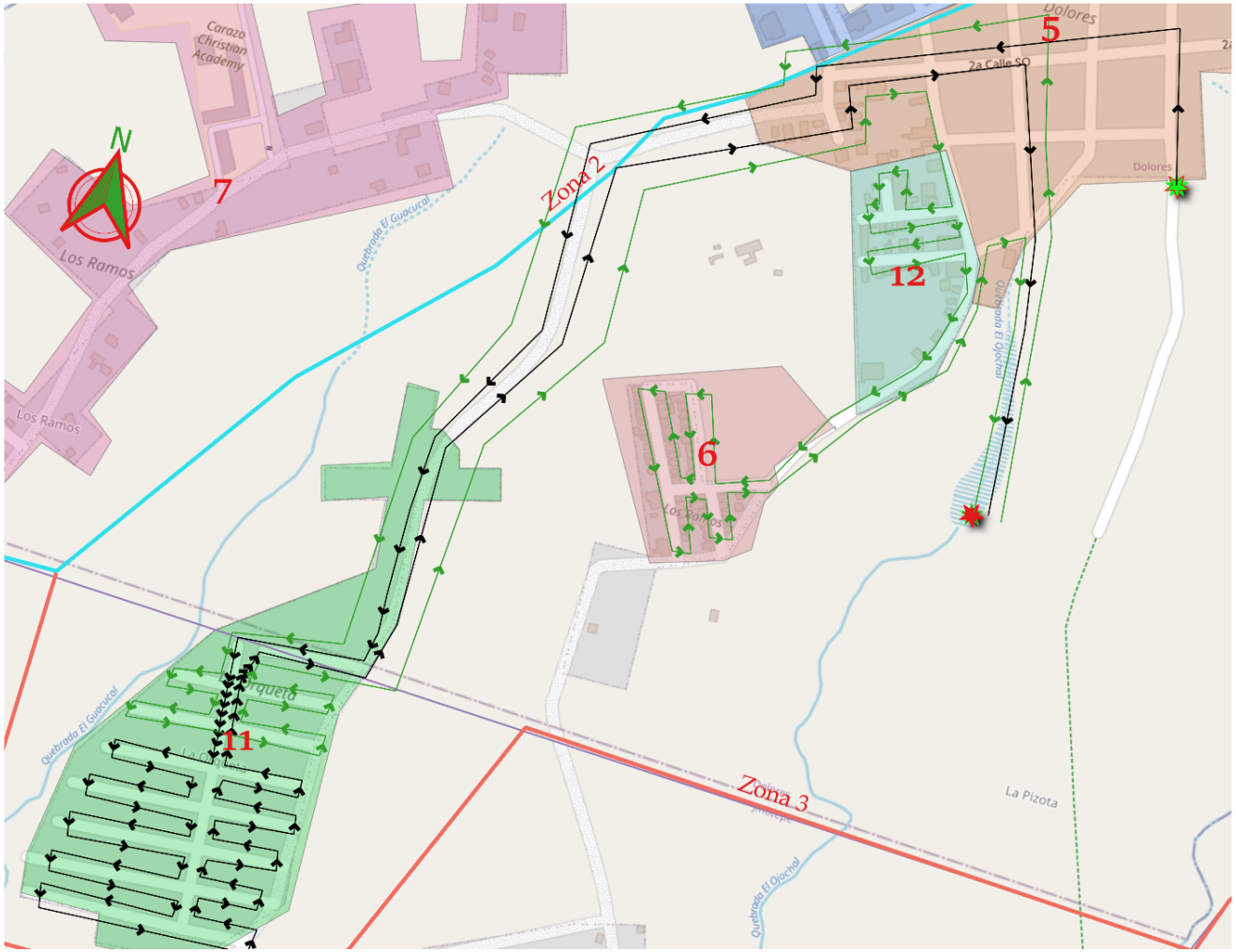
ZONA 1		
N°	Barrio	N° de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
9	Cristo Rey	248
13	San Antonio	194
	Total	805
ZONA 2		
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
10	Alfonso Pascual	488
	Total	717
ZONA 3		
5	Distrito Central	397
6	Tres de Mayo	75
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
	Total	714

Rutas de recoleccion
1
2
3

Simbolos
INICIO
BOTADERO

Elaboración: Claudia Rugama, 2026

Figura 15: Recorridos del camión # 3 correspondiente a martes.



ZONA 1		
N°	Barrio	N° de viviendas
1	Santa Sofia	65
2	Santa Ana	70
3	Reparto Sandino	82
4	Guadalupe	146
9	Cristo Rey	248
13	San Antonio	194
Total		805
ZONA 2		
7	Los Ramos	110
8	San Sebastián	119
10	Alfonso Pascual	488
Total		717
ZONA 3		
5	Distrito Central	397
6	Tres de Mayo	75
11	19 de Julio	185
12	Héroes y Mártires	57
Total		714

Rutas de recoleccion
1
2
3

Simbolos
INICIO
BOTADERO

Elaboración: Claudia Rugama, 2026

- **Propuesta de redefinición de rutas bajo un sistema integrado de gestión**

La redefinición de rutas se plantea como una propuesta técnica progresiva, sujeta a ajuste conforme se generen datos reales a partir de la implementación del sistema. En este sentido, se propone la transición de un sistema convencional de recolección hacia un sistema integrado de gestión de desechos sólidos, basado en la separación en la fuente, el compostaje domiciliar y la recuperación de materiales reciclables mediante un centro de acopio municipal.

- Propuesta operativa de rutas para el sistema integrado de gestión

1.Ruta de desechos de rechazo

Se establece como la ruta principal del sistema, manteniendo la cobertura total del municipio, con una frecuencia de 3 veces por semana, garantizando la continuidad del servicio mientras se consolida la separación en la fuente.

2.Ruta de reciclables

Se propone la implementación de una ruta selectiva de recolección de desechos reciclables con frecuencia semanal, operada inicialmente en zonas piloto (mayor densidad poblacional y actividad comercial) la cual estará articulada con el centro de acopio municipal, donde los recicladores previamente informales serán integrados en condiciones seguras.

- **Implementación de Separación en la Fuente**

Esta etapa se desarrolla con el objetivo de implementar de manera progresiva la separación en la fuente de los desechos sólidos en el municipio, con el fin de reducir la cantidad de desechos dispuestos en el sitio final, promover su aprovechamiento y mejorar las condiciones ambientales, sanitarias y operativas del sistema de gestión. La estrategia se basa en un modelo gradual, participativo y sostenible, que permita la adopción progresiva de la práctica por parte de la población, evitando el rechazo o abandono del sistema. Se prioriza:

- Simplicidad en la separación
- Adaptación al contexto local
- Integración con el sistema de recolección existente

Esquema de separación propuesto. Se propone una separación básica, considerada la más viable en una fase inicial (ver tabla 11):

Tabla 11. Esquema de separación del plan.

Desechos orgánicos no aprovechables (rechazo / disposición final)	**Desechos orgánicos aprovechables (para compost)**	**Desechos inorgánicos aprovechables (reciclables)**
Restos de carne	Cáscaras de frutas	Botellas plásticas
Huesos	Restos de verduras	Envases plásticos
Pescado y mariscos	Cáscaras de huevo trituradas	Papel y cartón
Lácteos (leche, queso, yogurt)	Posos de café	Vidrio (botellas y frascos)
Grasas y aceites	Bolsitas de té	Latas de aluminio
Comida muy condimentada o salada	Sobras de arroz o frijoles (poco)	Latas de acero (hojalata)
Comida en mal estado con moho fuerte	Restos de pan (en pequeñas cantidades)	Envases Tetra Pak (limpios)
—	Hojarasca (hojas secas de árboles)	Cartón corrugado

Elaboración propia, 2026.

Estrategia de implementación. Implica sensibilizar y capacitar al personal, definir políticas ambientales, y establecer un sistema de gestión con código de colores claro. (ver tabla 12).

Tabla 12. Estrategia de implementación del plan.

Sensibilización y educación	**Programa piloto**	**Implementación progresiva**
Se desarrollará un programa de educación ambiental dirigido a la población, que incluya: • Campañas comunitarias • Visitas casa a casa • Entrega de material informativo • Uso de medios locales (radio, redes sociales) **Objetivo:** Generar conciencia sobre: • importancia de separar. • beneficios ambientales y económicos.	Se seleccionarán sectores representativos del municipio (subzonas) para implementar un piloto. Incluye: • Entrega de recipientes diferenciados (o identificación por colores) • Capacitación directa a las familias. • Monitoreo del cumplimiento.	Con base en los resultados del piloto: • Se ampliará el programa al resto del municipio • Se integrará al sistema de recolección por rutas • Se establecerán días diferenciados si es necesario

Tabla 12. Estrategia de implementación del plan.

Sensibilización y educación	Programa piloto	Implementación progresiva
• impacto en la salud pública.	**Objetivo:** Llevar a cabo evaluaciones sobre: • nivel de participación • calidad de separación • ajustes necesarios	

Elaboración propia, 2026.

Estrategias para garantizar continuidad. Requiere un enfoque sistémico que combine educación constante, infraestructura adecuada y el compromiso de todos los actores. Las estrategias clave se centran en integrar la gestión de residuos en la cultura organizacional o comunitaria, asegurando que la separación sea un hábito y no una tarea temporal. Para evitar que el programa fracase, se incluyen (Ver tabla 13):

Tabla 13. Estrategias para garantizar continuidad del plan.

Incentivos a la población	Monitoreo y seguimiento	Apoyo institucional	Simplicidad del sistema
Reconocimiento a barrios organizados Programas de reciclaje comunitario Posibles beneficios económicos indirectos	Supervisión por rutas Evaluación periódica Indicadores de participación	Coordinación con la alcaldía Participación de líderes comunitarios Vinculación con recicladores locales	Evitar clasificaciones complejas Uso de colores o señales claras

Elaboración propia, 2026.

La implementación de la separación en la fuente, mediante un enfoque gradual y adaptado a las condiciones del municipio, constituye una estrategia viable para reducir la cantidad de desechos dispuestos en el sitio final y promover su valorización. La combinación de educación ambiental, participación comunitaria e integración con el sistema de recolección garantiza la sostenibilidad del programa y su continuidad en el tiempo.

- **Aprovechamiento de Desechos**

Tiene como propósito implementar un sistema integral de aprovechamiento de desechos sólidos que permita reducir la cantidad de desechos dispuestos en el sitio final, mediante la

valorización de materiales reciclables y el tratamiento de desechos orgánicos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, económica y operativa del municipio.

El plan se basa en un enfoque de valorización progresiva, articulado con la separación en la fuente, que permita, recuperar materiales con valor económico, reducir el volumen de desechos transportados y generar oportunidades de aprovechamiento local.

- **Aprovechamiento de desechos orgánicos**

Promover la valorización de los desechos orgánicos a nivel domiciliario mediante la implementación de prácticas de compostaje en los hogares del municipio, con el fin de reducir la cantidad de desechos dispuestos en el sitio final y fomentar una cultura ambiental responsable, (Vert tabla 14).

Tabla 14: Fases para promover la implementación del compostaje

Sensibilización y capacitación	**Implementación piloto**	**Expansión**
Charlas comunitarias Talleres prácticos de compostaje Entrega de guías sencillas (qué compostar y qué no) Contenidos clave: • separación de orgánicos • manejo del compost • uso del abono	Selección de subzonas (aprovechando tu diseño de rutas) Entrega de: Guías para hacer composteras artesanales Seguimiento casa a casa Objetivo: • medir participación • identificar problemas	Extensión progresiva al resto del municipio Integración con el sistema de recolección Reducción gradual de desechos orgánicos recolectados

Elaboración propia, 2026.

Estrategias para asegurar la adopción. Requiere una combinación de educación clara, infraestructura accesible y motivación continua. La clave es facilitar el proceso para que separar sea más sencillo que mezclar. (Ver tabla 15).

Tabla 15. Estrategias para asegurar la adopción del plan.

Acompañamiento técnico	Incentivos	Educación continua
Visitas periódicas Asesoría a las familias	Reconocimiento a hogares participantes Programas comunitarios (barrios limpios)	Refuerzo mediante campañas Participación de escuelas y líderes comunitarios

Elaboración propia, 2026.

La implementación de un programa de compostaje domiciliario representa una alternativa viable, sostenible y de bajo costo para el aprovechamiento de desechos orgánicos en el municipio. Su enfoque descentralizado permite reducir significativamente el volumen de desechos recolectados, optimizar el sistema de gestión y fomentar una cultura de valorización de desechos en la población.

- **Aprovechamiento de desechos reciclables**

El aprovechamiento de desechos reciclables se plantea bajo un enfoque de inclusión social y fortalecimiento del sector informal, reconociendo el papel que actualmente desempeñan los recicladores en la recuperación de materiales valorizables dentro del municipio. Este enfoque busca no solo mejorar la eficiencia del sistema de gestión de desechos, sino también dignificar las condiciones de trabajo de los recicladores, integrándolos de manera organizada y segura en el sistema formal, (Ver tabla 16).

Tabla 16. Estrategia de integración del plan

Organización del sector	Capacitación	Creación de centro de acopio	Integración al sistema de recolección
Identificación y registro de recicladores Formación de asociaciones o cooperativas	Capacitación en: Separación y clasificación de desechos Manejo seguro de materiales Higiene y salud ocupacional Comercialización de reciclables	Espacio adecuado para: Clasificación Almacenamiento Evita el trabajo en el botadero	Los recicladores pueden participar en: Recolección selectiva Clasificación en centro de acopio Gestión de materiales reciclables

Elaboración propia, 2026.

Modelo operativo propuesto

1. Separación en la fuente (hogares)
2. Recolección selectiva
3. Traslado al centro de acopio
4. Clasificación por recicladores organizados
5. Comercialización de materiales

La incorporación de los recicladores informales al sistema de aprovechamiento de desechos constituye una estrategia clave para mejorar la eficiencia del sistema de gestión y, al mismo tiempo, garantizar condiciones laborales dignas. Este enfoque permite fortalecer la valorización de los desechos reciclables, promoviendo un modelo de gestión inclusivo, sostenible y socialmente responsable.

- **Mejora de la Disposición Final**

La disposición final de los desechos sólidos en el municipio se realiza actualmente en un botadero a cielo abierto ubicado sobre una quebrada, lo que genera impactos ambientales y sanitarios significativos. En este contexto, se propone la adecuación del sitio hacia un sistema de relleno sanitario controlado tipo trinchera, como una medida de transición que permita mejorar las condiciones actuales y extender su vida útil por un periodo aproximado de cinco años.

La quebrada presenta condiciones geométricas favorables para este tipo de disposición, con un ancho promedio de 15 m y una profundidad máxima de 11 m, lo que permite su aprovechamiento como una depresión natural para la disposición controlada de desechos. No obstante, su uso requiere la implementación de medidas técnicas que garanticen la estabilidad del terreno y la protección ambiental.

Previo al inicio de operaciones, el sitio debe ser acondicionado mediante la limpieza del área, nivelación del fondo y conformación de taludes con pendientes adecuadas (preferiblemente 2:1), a fin de evitar deslizamientos. Asimismo, es fundamental la impermeabilización del

fondo mediante una capa de arcilla compactada de al menos 30 a 50 cm, con el objetivo de reducir la infiltración de lixiviados hacia el subsuelo.

El proceso de disposición se realizará en capas sucesivas, donde los desechos serán extendidos y compactados en espesores aproximados de 0.5 m, aplicando posteriormente una cobertura diaria de material terroso de entre 10 y 15 cm. Esta práctica permite controlar la proliferación de vectores, la generación de olores y la dispersión de desechos. De igual forma, se deberán implementar sistemas de drenaje para la captación de lixiviados, utilizando material granular en el fondo y conduciendo estos hacia un punto de control.

Adicionalmente, se deben construir canales perimetrales para desviar las aguas de escorrentía y evitar su ingreso al área de disposición, reduciendo así la generación de lixiviados. La operación del sitio deberá realizarse por celdas o frentes de trabajo, optimizando el uso del espacio disponible y facilitando el control operativo.

La implementación de estas medidas permitirá transformar progresivamente el botadero en un sistema de disposición más controlado, reduciendo los impactos ambientales, mejorando las condiciones sanitarias y optimizando el uso del espacio disponible. No obstante, se reconoce que esta alternativa constituye una solución temporal, por lo que deberá complementarse a mediano plazo con la planificación de un relleno sanitario formal.

- **Vida útil del sitio**

Es el periodo durante el cual el lugar puede recibir desechos de manera segura y técnica hasta alcanzar su capacidad máxima diseñada. En el contexto de mejora de la disposición final, extender esta vida útil es crucial para evitar el cierre prematuro de rellenos y la búsqueda urgente de nuevos terrenos. (Ver tabla 17).

Tabla 17. Proyección del sitio para recibir desechos de manera segura (2025–2031)						
Año	**Población**	**PPC (kg/hab·día)**	**Generación (kg/día)**	**Volumen (m³/año)**	**Volumen ajustado (m³/año)**	**Área requerida (m²/año)**
2025	9,256	0.433	4,006.34	10,526.6	13,158.3	1,196
2026	9,372	0.433	4,056.4	10,658.2	13,322.8	1,211
2027	9,489	0.433	4,107.1	10,791.4	13,489.2	1,226
2028	9,608	0.433	4,158.5	10,926.5	13,658.1	1,242
2029	9,728	0.433	4,210.5	11,063.3	13,829.1	1,257
2030	9,850	0.433	4,263.1	11,201.9	14,002.4	1,273
2031	9,973	0.433	4,316.4	11,342.5	14,178.1	1,289
Area total requerida					8,694 m²	

Elaboración propia, 2026.

Considerando una tasa de crecimiento poblacional anual del 1.25%, se proyectó la población del municipio para el periodo 2025–2031, estimando un incremento de 9,256 a 9,973 habitantes. A partir de una producción per cápita constante de 0.433 kg/hab·día, se determinó la generación diaria y anual de desechos sólidos para cada año.

Con base en la densidad promedio de 138.92 kg/m³ y aplicando un factor de ajuste de 1.25 para considerar cobertura y pérdidas operativas, se estimó el volumen requerido para disposición final. Los resultados indican que el área requerida para el relleno sanitario varía de 1,196 m² en 2025 a 1,289 m² en 2031, acumulando un total aproximado de 8,694 m² para todo el periodo. Este análisis permite dimensionar adecuadamente el sitio de disposición final y resalta la importancia de implementar estrategias de aprovechamiento de desechos que contribuyan a reducir el área requerida y prolongar la vida útil del sistema.

Para estimar el largo necesario, se utiliza el área total requerida y el ancho disponible del sitio:

$$L = \frac{A}{B} = \frac{8{,}694\ m^2}{15\ m} = 579.6\ m$$

En función de las dimensiones del sitio actual, el cual presenta un ancho promedio de 15 m y una profundidad máxima de 11 m, se estima que para cubrir el área total requerida sería necesario un largo aproximado de 580 m. Sin embargo, esta configuración resulta poco viable

desde el punto de vista operativo y de manejo, debido a que implicaría un desarrollo longitudinal excesivo del sitio.

En este sentido, se recomienda la implementación de un diseño por celdas o trincheras de menor longitud, que permitan una operación más eficiente y un mejor control ambiental. Por ejemplo, considerando celdas de 50 m de largo por 15 m de ancho, se requerirían aproximadamente entre 11 y 12 celdas para cubrir la demanda total. Asimismo, la profundidad disponible del sitio (hasta 11 m) permite optimizar el uso del espacio mediante disposición en capas, reduciendo el área superficial requerida y prolongando la vida útil del relleno sanitario.

7.2.3. Programa de educación y sensibilización

- **Campañas informativas**

El Programa de Educación y Sensibilización Ambiental constituye un componente estratégico del Plan de Manejo de Desechos Sólidos, orientado a promover cambios de comportamiento en la población del municipio de Dolores, mediante la adopción de prácticas adecuadas en la generación, separación, almacenamiento y disposición de los desechos sólidos.

Este programa se fundamenta en la participación comunitaria, la comunicación efectiva y la formación continua, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema de gestión y al cumplimiento de los principios de protección ambiental y salud pública.

- **Objetivo del programa**

Fortalecer la cultura ambiental de la población mediante la implementación de campañas informativas y educativas que fomenten la reducción, reutilización y reciclaje de los desechos sólidos, así como la correcta disposición de estos.

- **Estrategia de implementación**

El programa se desarrollará a través de campañas periódicas dirigidas a diferentes sectores de la población (hogares, centros educativos, comercios), utilizando diversos canales de comunicación para maximizar su alcance e impacto.

- **Campañas de sensibilización propuestas**

Buscan cambiar hábitos ciudadanos para mejorar la separación en origen, fomentar las 5R (Reducir, Reutilizar, Reciclar, Reparar, Rechazar) y prevenir la contaminación. Se basan en educación ambiental, el uso de colores para clasificación, y estrategias creativas en redes sociales para asegurar ciudades limpias y sostenibles. (Ver tabla 18).

Tabla 18. Campañas de sensibilización del plan

Campaña 1: Separación en la fuente	**Campaña 2: Reducción de desechos**	**Campaña 3: Cultura de limpieza urbana**	**Campaña 4: Valorización de desechos reciclables**	**Campaña 5: Educación ambiental escolar**
Lema: *"Separar hoy, es cuidar el mañana"* **Objetivo:** Promover la clasificación de desechos en orgánicos, reciclables y no aprovechables desde el hogar. **Población meta:** Hogares urbanos **Actividades:** Charlas comunitarias Entrega de material educativo (afiches, volantes) Demostraciones prácticas **Canales de difusión:** Radio local Redes sociales de la Alcaldía Visitas casa a casa Escuelas	**Lema:** *"Menos basura, más vida"* **Objetivo:** Fomentar la reducción en la generación de desechos mediante consumo responsable. **Población meta:** Comercios y población general **Actividades:** Talleres sobre consumo sostenible Promoción del uso de bolsas reutilizables **Canales de difusión:** Redes sociales Ferias ambientales Medios impresos	**Lema:** *"Dolores limpio es compromiso de todos"* **Objetivo:** Promover la disposición adecuada de desechos en espacios públicos. **Población meta:** Población en general **Actividades:** Jornadas de limpieza Señalización en puntos críticos **Canales de difusión:** Perifoneo Carteles en puntos estratégicos Radio comunitaria	**Lema:** *"Reciclar es transformar"* **Objetivo:** Incentivar la recuperación de materiales reciclables y su entrega a recicladores. **Población meta:** Hogares y recicladores **Actividades:** Centros de acopio temporales Alianzas con recicladores **Canales de difusión:** Redes sociales Escuelas Organizaciones comunitarias	**Lema:** *"Niños conscientes, futuro sostenible"* **Objetivo:** Formar hábitos ambientales en niños y jóvenes. **Población meta:** Centros educativos **Actividades:** Charlas educativas Concursos ecológicos Huertos escolares **Canales de difusión:** Coordinación con escuelas Material didáctico Redes educativas

Elaboración propia, 2026

- **Frecuencia de ejecución**

Las campañas se desarrollarán de manera continua durante el año, con refuerzos en fechas clave (inicio de año escolar, jornadas ambientales, campañas municipales), garantizando la permanencia del mensaje y el cambio progresivo de hábitos.

- **Formularios de monitoreo y evaluación de campañas**

Con el fin de evaluar la efectividad del Programa de Educación y Sensibilización Ambiental, se diseñaron formularios específicos de monitoreo que permiten medir la participación ciudadana, el cambio de comportamiento, la reducción de desechos y el incremento del reciclaje. Estos instrumentos facilitan la recolección sistemática de información, la evaluación de resultados y la toma de decisiones basada en evidencia, en concordancia con el enfoque de mejora continua.

1. Formulario de Evaluación de Participación en Campañas

Código: FC-01

Objetivo: Medir el nivel de participación ciudadana

Fecha	Campaña	Lugar	Tipo de actividad	Número de participantes	Público objetivo	% participación estimada	Responsable

Cálculo sugerido:

- % participación = (participantes / población objetivo) × 100

2. Encuesta de Cambio de Comportamiento

Código: FC-02

Objetivo: Evaluar cambios en hábitos de la población

Fecha	Barrio	Número de encuestados	¿Separa desechos? (Sí/No)	¿Conoce clasificación?	¿Participó en campaña?	Observaciones

Permite medir:

- Nivel de adopción de prácticas
- Impacto directo de campañas

3. Registro de Reducción de Desechos

Código: FC-03

Objetivo: Evaluar disminución de desechos no aprovechables

Fecha	Barrio	Volumen antes (m^3)	Volumen después (m^3)	Reducción (%)	Tipo de residuo	Responsable

Fórmula:

- Reducción (%) = ((Antes - Después) / Antes) × 100

4. Registro de materiales reciclado

Código: FC-04

Objetivo: Medir incremento en reciclaje

Fecha	Tipo de material	Cantidad (kg)	Fuente (hogar/comercio)	Reciclador	Punto de acopio	Responsable

5. Evaluación de Eficiencia de Campaña

Código: FC-05

Objetivo: Analizar efectividad de cada campaña

Campaña	Objetivo	Resultado obtenido	Nivel de cumplimiento (%)	Dificultades	Recomendaciones	Responsable

Escala sugerida:

- 0–50% = Bajo
- 51–80% = Medio
- 81–100% = Alto

6. Registro de Cobertura de Difusión

Código: FC-06

Objetivo: Evaluar alcance de medios utilizados

Fecha	Campaña	Medio (radio/redes/perifoneo)	Frecuencia	Alcance estimado	Observaciones	Responsable

7. Lista de Verificación de Actividades

Código: FC-07

Objetivo: Controlar ejecución de actividades planificadas

Campaña	Actividad	Programada (Sí/No)	Ejecutada (Sí/No)	Cumplimiento (%)	Observaciones	Responsable

- **Capacitación del personal**

La implementación del Plan de Manejo de Desechos Sólidos requiere el fortalecimiento de las capacidades técnicas y operativas del personal involucrado. En este sentido, se establece un programa continuo de formación orientado a garantizar el desempeño eficiente del sistema, la reducción de riesgos laborales y el cumplimiento de los objetivos ambientales y sanitarios.

Este programa se concibe como un proceso permanente, sistemático y progresivo, que permitirá actualizar conocimientos, mejorar habilidades y promover una cultura institucional basada en la gestión integral de los desechos sólidos. (Ver tabla 19).

Tabla 19. Contenidos del programa de capacitación

1. Manejo integral de desechos sólidos • Conceptos básicos de gestión integral • Ciclo de los desechos (generación, recolección, transporte, disposición final) • Impactos ambientales y sanitarios • Normativa aplicable	2. Segregación en la fuente • Clasificación de desechos (orgánicos, reciclables, no aprovechables) • Técnicas de separación • Beneficios del reciclaje • Rol del personal en la educación ciudadana Finalidad: Mejorar la calidad de los desechos recolectados y facilitar su aprovechamiento.

<table>
<tr><td>Finalidad: Garantizar la comprensión del sistema en su totalidad y la importancia de cada etapa del proceso.</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Seguridad e higiene ocupacional
Identificación de riesgos laborales
Uso de equipo de protección personal (EPP)
Manejo seguro de desechos
Protocolos ante accidentes
Finalidad: Reducir riesgos laborales y proteger la salud del personal.</td><td>4. Uso adecuado de equipos y herramientas
Operación de camiones recolectores
Manejo de herramientas de recolección
Mantenimiento básico de equipos
Buenas prácticas operativas
Finalidad: Optimizar el uso de recursos y prolongar la vida útil de los equipos.</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. Registro y control de información
Uso de formularios de control (FR-01 a FR-08)
Importancia del registro de datos
Reporte de incidencias
Uso de la información para la toma de decisiones
Finalidad: Garantizar la trazabilidad del sistema y el monitoreo eficiente del servicio.</td></tr>
</table>

Elaboración propia, 2026.

- **Frecuencia de capacitación**

El programa se desarrollará bajo el siguiente esquema:

- Capacitación inicial: al inicio de la implementación del plan
- Capacitación periódica: cada 6 meses
- Capacitación específica: cuando se introduzcan nuevos procesos o equipos

- **Evaluación del proceso de capacitación**

Para medir la efectividad del programa se aplicarán los siguientes mecanismos:

- Evaluaciones de conocimiento antes y después de cada capacitación
- Observación del desempeño en campo
- Revisión de registros operativos
- Indicadores de mejora en el servicio

El programa de capacitación del personal constituye un elemento fundamental para la sostenibilidad del sistema de gestión de desechos sólidos, al permitir el desarrollo de

competencias técnicas, la mejora del desempeño operativo y la reducción de riesgos laborales. Su implementación continua asegura la adaptación del personal a las necesidades del sistema, contribuyendo al cumplimiento de los principios de eficiencia, control y mejora continua.

- **Participación comunitaria**

La participación comunitaria se desarrollará mediante la implementación de estrategias que promuevan la organización social, la comunicación efectiva y la inclusión de diferentes actores locales.

Las principales estrategias incluyen:

- Integración de líderes comunitarios en actividades ambientales
- Organización de brigadas comunitarias
- Participación en campañas de limpieza y reciclaje
- Coordinación con centros educativos y organizaciones locales

- **Mecanismos de participación**

Para garantizar la participación efectiva de la población, se establecen los siguientes mecanismos, (Ver tabla 20):

Tabla 20: Tabla mecanismo de participación

Brigadas comunitarias ambientales	**Comités ambientales locales**	**Participación en campañas**	**Inclusión de recicladores**
Grupos organizados de ciudadanos que colaboran en: 1.Jornadas de limpieza 2. Promoción de la separación de desechos 3.Vigilancia ambiental en sus barrios	Espacios de coordinación entre la Alcaldía y la comunidad para: 1. Propuesta de soluciones 2. Seguimiento de actividades	La población será incorporada activamente en: 1.Campañas de sensibilización 2.Actividades educativas 3.Programas de reciclaje	Se promoverá la integración de recicladores en el sistema formal, fortaleciendo: 1.La recuperación de materiales 2.La economía local 3.La gestión ambiental

Elaboración propia, 2026.

- **Acciones de fortalecimiento comunitario**

Para consolidar la participación comunitaria se implementarán las siguientes acciones:

- Capacitación a líderes comunitarios
- Incentivos para buenas prácticas ambientales
- Reconocimiento a barrios limpios
- Desarrollo de actividades educativas participativas

La participación comunitaria representa un eje transversal en la gestión integral de los desechos sólidos, al promover la corresponsabilidad social y el compromiso ciudadano. Su fortalecimiento contribuye a la sostenibilidad del sistema, al facilitar la adopción de prácticas adecuadas, mejorar la eficiencia del servicio y reducir los impactos ambientales asociados a la inadecuada disposición de los desechos.

7.2.4. Plan de implementación

El plan de implementación busca minimizar, segregar, recolectar, transportar y disponer desechos de forma segura y ambientalmente adecuada.

- **Cronograma de actividades**

El cronograma de actividades, como lo muestra la tabla 21, establece la programación temporal de las acciones necesarias para la implementación del plan, organizadas por fases y considerando un horizonte de ejecución de cinco años. Este instrumento permite asegurar la adecuada planificación, control y seguimiento de las actividades, incluyendo el diseño e implementación de herramientas de registro y monitoreo.

Tabla 21: Cronograma de actividades

N.º	Actividad	Subactividad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Responsable
1	Diseño del sistema de gestión	Elaboración del plan operativo	✓					Dirección de Servicios Municipales (DSM)
2	Diseño de formularios de control	Formato de registro de recolección diaria	✓					
		Formato de control de rutas	✓					
		Formato de registro de volumen recolectado	✓					
		Formato de control de disposición final	✓					
3	Implementación de registros	Capacitación en uso de formularios	✓	✓				
		Aplicación de registros en campo	✓	✓	✓	✓	✓	Operadores
4	Fortalecimiento de recolección	Adquisición de dos camiones	✓					Alcaldía
		Contratación de personal	✓					Alcaldía
		Diseño de rutas optimizadas	✓					(DSM)
		Operación del sistema de recolección	✓	✓	✓	✓	✓	Operadores
		Adquisición de camión				✓		Alcaldía
5	Separación en la fuente	Diseño del programa	✓					(DSM)
		Implementación piloto		✓				Alcaldía
		Expansión del programa			✓	✓	✓	Alcaldía
6	Aprovechamiento de desechos	Diseño del sistema de reciclaje	✓					(DSM)
		Construcción centro de acopio		✓				Alcaldía
		Operación del sistema		✓	✓	✓	✓	Operadores
7	Disposición final	Diseño técnico del sitio	✓					(DSM)
		Implementación de mejoras		✓	✓			Alcaldía
		Operación controlada	✓	✓	✓	✓	✓	Operadores
8	Educación ambiental	Diseño de campañas	✓					(DSM)
		Ejecución de campañas	✓	✓	✓	✓	✓	Alcaldía
9	Monitoreo y seguimiento	Evaluación de indicadores	✓	✓	✓	✓	✓	(DSM)
		Ajustes al sistema (mejora continua)		✓	✓	✓	✓	Alcaldía

Elaboración propia, 2026.

Como parte del fortalecimiento del sistema de gestión, se contempla el diseño e implementación de formularios de control y registro de actividades, los cuales permitirán sistematizar la información operativa del servicio de recolección, transporte y disposición final. Estos instrumentos facilitarán el monitoreo del desempeño, la toma de decisiones y el cumplimiento de los principios de mejora continua, establecidos en la gestión ambiental.

Para la sistematización de la información operativa del servicio se presentan a continuación la siguiente propuesta de formatos de control y registro:

Formulario 1: Registro de Recolección Diaria (FR-01)

Fecha	Ruta / Sector	Barrio	Hora inicio	Hora fin	Duración (min)	N° viviendas	Volumen (m³)	Observaciones	Firma

Formulario 2: Control de Rutas (FR-02)

Fecha	Ruta	Distancia (km)	Tiempo recorrido (min)	Tiempo recolección (min)	Tiempo total (min)	Combustible (L)	Eficiencia (km/L)	Incidencias	Responsable

Formulario 3: Registro de Volumen de Desechos (FR-03)

Fecha	Ruta	Tipo residuo	Volumen (m³)	Peso estimado (kg)	N° viajes	Factor densidad (kg/m³)	Destino	Responsable

Formulario 4: Control de Disposición Final (FR-04)

Fecha	Hora	Vehículo	Ruta origen	Volumen (m³)	Tipo residuo	Método disposición	Responsable	Observaciones

Formulario 5: Bitácora de Incidencias (FR-05)

Fecha	Tipo incidencia	Descripción	Ubicación	Acción correctiva	Responsable	Estado

Formulario 6: Mantenimiento de Vehículos (FR-06)

Fecha	Vehículo	Tipo mantenimiento	Descripción	Kilometraje	Responsable	Próximo mantenimiento

Formulario 7: Capacitación y Educación Ambiental (FR-07)

Fecha	Campaña	Lugar	Tipo de actividad	Nº participantes	Público objetivo	% participación estimada	Responsable

Formulario 8: Registro de Recicladores (FR-08)

Fecha	Nombre reciclador	Actividad	Material	Cantidad	Observaciones	Responsable

- **Recursos humanos y materiales**

La implementación del Plan de Manejo de Desechos Sólidos del municipio de Dolores requiere la estructuración de un sistema organizativo eficiente, basado en la asignación clara de funciones, la capacitación continua del personal y la articulación institucional, con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos ambientales, sociales y operativos del plan.

- **Estructura organizativa**

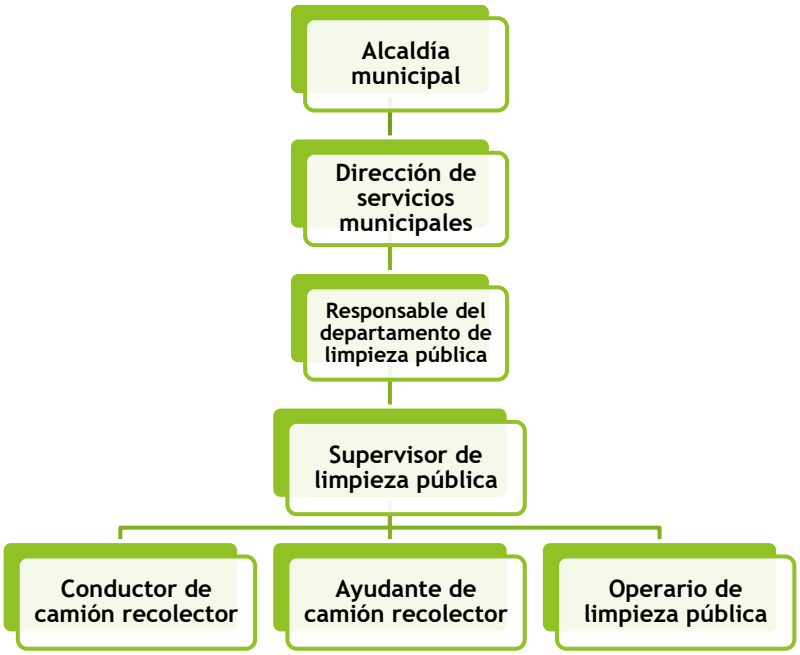
Para la ejecución del plan, se propone una estructura organizativa funcional integrada por las siguientes unidades, tomando en cuenta la jerarquía de las distintas instancias involucradas:

- Alcaldía Municipal: Máxima autoridad responsable de la aprobación, financiamiento y toma de decisiones del sistema.
- Dirección de Servicios Municipales: Responsable de la planificación, coordinación y supervisión general del servicio.
- Responsable del departamento de limpieza pública: Encargada del monitoreo, evaluación, educación ambiental y mejora continua del sistema.
- Supervisor de limpieza pública: Controla rutas, tiempos y cumplimiento del servicio.

- Personal Operativo: Conductores de camión recolector, ayudantes de recolección, operadores del sitio de disposición final.
- Recicladores y comunidad organizada: participación en segregación y aprovechamiento.

La estructura organizativa propuesta en la figura 16, permite la articulación eficiente entre los niveles estratégico, táctico y operativo, asegurando la correcta ejecución de las actividades del sistema de manejo de desechos sólidos. Asimismo, facilita la implementación de mecanismos de control, seguimiento y mejora continua, en concordancia con los principios de gestión ambiental y eficiencia en la prestación del servicio.

Figura 16: Organigrama del sistema de gestión de desechos sólidos



Elaboración propia, 2026

- **Requerimiento y contratación de personal**

Para la implementación del presente plan de manejo de desechos sólidos, se contempla la ampliación del recurso humano en función del incremento en la capacidad operativa del sistema, derivado de la incorporación de dos nuevos camiones recolectores.

Actualmente, el servicio cuenta con un (1) conductor y cuatro (4) operarios de limpieza. Sin embargo, esta dotación resulta insuficiente para garantizar la operación eficiente de las nuevas unidades propuestas. En este sentido, se requiere la contratación adicional de dos (2) conductores y dos (2) operarios de limpieza, con el fin de asegurar la operatividad de los equipos en condiciones adecuadas. (ver tabla 22)

Tabla 22: La estructura proyectada del personal quedaría conformada de la siguiente manera:

Cargo	**Cantidad actual**	**Cantidad por contratar**	**Cantidad total**
Conductores	1	2	3
Operarios de limpieza	4	2	6

Elaboración propia, 2026.

La contratación del personal se realizará de manera progresiva conforme a la puesta en operación de los nuevos camiones recolectores, garantizando así la cobertura del servicio y la eficiencia en las actividades de recolección y transporte de los desechos sólidos.

- **Asignación de funciones**

Cada integrante tendrá funciones claramente definidas, tales como:

- Conductores: operación segura del vehículo recolector
- Ayudantes: recolección, carga y apoyo logístico
- Supervisores: control de rutas y cumplimiento de actividades
- Responsable del departamento de limpieza pública: monitoreo, registro y evaluación

- **Capacitación y fortalecimiento de capacidades**

La capacitación del personal constituye un eje fundamental para el cumplimiento de los objetivos del plan. Se implementará un programa continuo de formación que incluirá:

- Manejo integral de desechos sólidos
- Segregación en la fuente
- Seguridad e higiene ocupacional
- Uso adecuado de equipos y herramientas
- Registro y control de información

Estas capacitaciones permitirán mejorar la eficiencia del servicio y reducir riesgos laborales, alineándose con los principios de la gestión ambiental.

- **Seguimiento y evaluación del desempeño**

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos del plan, se establecerán mecanismos de evaluación del desempeño del personal, tales como:

- Supervisión directa en campo
- Revisión de formularios de control y registro
- Evaluación de indicadores de eficiencia
- Retroalimentación periódica

Estos mecanismos permitirán identificar debilidades y aplicar acciones correctivas, en concordancia con el enfoque de mejora continua.

- **Matriz de roles y responsabilidades**

La matriz de roles y responsabilidades permite definir de manera clara las funciones de cada actor involucrado en el sistema de gestión de desechos sólidos, facilitando la coordinación entre los niveles estratégico, táctico y operativo. Asimismo, garantiza la correcta ejecución de las actividades, el uso eficiente de los recursos y la implementación de mecanismos de control y seguimiento, en concordancia con los principios de gestión ambiental y mejora continua. (ver tabla 23).

Tabla 23: Matriz de roles y responsabilidades

Cargo / Actor	**Funciones principales**	**Responsabilidades específicas**	**Relación con el sistema**	**Instrumentos asociados**
Alcaldía Municipal	Dirección estratégica	- Aprobar el plan- Asignar presupuesto- Establecer políticas	Nivel estratégico	Informes de gestión
Dirección de Servicios Municipales	Coordinación general Planificación operativa	- Planificar el servicio- Supervisar operación- Gestionar recursos - Diseño de rutas- Control técnico- Optimización del sistema	Nivel táctico	Reportes operativos FR-02, FR-03

Responsable del departamento de limpieza pública	Monitoreo y evaluación	- Seguimiento de indicadores- Educación ambiental- Mejora continua	Nivel táctico	FR-07, indicadores
Supervisor de Recolección	Control operativo	- Verificar cumplimiento de rutas- Supervisar personal- Reportar incidencias	Nivel operativo	FR-01, FR-02, FR-05
Conductores	Transporte de desechos	- Operar camión recolector- Cumplir rutas- Reportar fallas	Nivel operativo	FR-01, FR-06
Ayudantes de recolección	Recolección directa	- Recolección de desechos- Apoyo en carga y descarga- Segregación básica	Nivel operativo	FR-01
Operadores del sitio final	Disposición final	- Control de ingreso de desechos- Manejo del sitio- Aplicación de medidas ambientales	Nivel operativo	FR-04
Recicladores / Comunidad	Participación social	- Separación en la fuente- Recuperación de materiales- Apoyo en programas ambientales	Apoyo	FR-08

Elaboración propia, 2026.

7.2.5. Monitoreo y Evaluación del Plan de Manejo de Desechos Sólidos

El monitoreo y la evaluación constituyen un componente fundamental del Plan de Manejo de Desechos Sólidos, ya que permiten medir el desempeño del sistema, verificar el cumplimiento de los objetivos establecidos y generar información para la toma de decisiones. Este proceso se basa en el uso de indicadores, registros operativos y mecanismos de control, en concordancia con el enfoque de mejora continua de la gestión ambiental

- **Indicadores de seguimiento**

Para evaluar la eficiencia del sistema, se establecen indicadores que permiten medir el desempeño en las diferentes etapas del manejo de los desechos sólidos. (ver tabla 24).

Tabla 24: Indicadores de desempeño

Indicador	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Fuente de datos
Cobertura de recolección	(Viviendas atendidas / Viviendas totales) × 100	%	Mensual	FR-01
Generación per cápita	Volumen total / población	kg/hab/día	Mensual	FR-03

Indicador	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Fuente de datos
Eficiencia de rutas	Distancia recorrida / combustible	km/L	Mensual	FR-02
Porcentaje de reciclaje	(Material reciclado / total recolectado) × 100	%	Mensual	FC-04
Reducción de desechos	((Antes - Después) / Antes) × 100	%	Trimestral	FC-03
Participación ciudadana	(Participantes / población objetivo) × 100	%	Trimestral	FC-01

Elaboración propia, 2026.

- **Frecuencia de evaluación**

La evaluación del plan se realizará de manera periódica, con el fin de garantizar el seguimiento continuo del sistema y la identificación oportuna de desviaciones.

Tabla 25: Esquema de evaluación

Diaria:	Mensual:	Trimestral:	Anual:
1. Registro de recolección	1. Análisis de indicadores operativos	1.Evaluación de campañas de sensibilización	1.Evaluación integral del plan
2. Control de rutas	2.Evaluación de eficiencia del servicio	2.Análisis de participación comunitaria	2.Propuesta de mejoras

Elaboración propia, 2026.

- **Mecanismos de mejora continua**

El plan incorpora un enfoque de mejora continua, basado en la identificación de problemas, la implementación de acciones correctivas y la evaluación de resultados.

- **Estrategia de mejora continua**

Se aplicará el ciclo:

Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA)

- Planificar: Definición de actividades e indicadores
- Hacer: Ejecución del plan
- Verificar: Evaluación de resultados mediante indicadores

- Actuar: Implementación de acciones correctivas

- **Acciones de mejora**

- Ajuste de rutas de recolección
- Fortalecimiento de campañas educativas
- Capacitación adicional del personal
- Optimización del uso de recursos
- Corrección de fallas operativas

- **Herramientas de mejora**

- Formularios de control (FR-01 a FR-08)
- Formularios de evaluación (FC-01 a FC-07)
- Informes técnicos
- Reuniones de seguimiento

El sistema de monitoreo y evaluación permite asegurar el funcionamiento eficiente del Plan de Manejo de Desechos Sólidos, mediante el seguimiento continuo de indicadores, la evaluación periódica del desempeño y la implementación de acciones de mejora. Este enfoque garantiza la adaptación del sistema a las condiciones del municipio y contribuye al cumplimiento de los objetivos ambientales, sociales y operativos.

8. CONCLUSIONES

1. Se determinaron los criterios técnicos, teóricos y normativos aplicables al manejo de los desechos sólidos municipales, fundamentados en las normas nacionales vigentes y principios técnicos de manejo de desechos, lo cual permitió establecer las bases conceptuales necesarias para el análisis y diseño del sistema técnico–operativo propuesto para el municipio de Dolores.
2. Asimismo, se identificó que el sistema presenta limitaciones, en cobertura, frecuencia de recolección, control en la disposición final y ausencia de separación en la fuente, lo que genera riesgos ambientales y sanitarios para la población.
3. El análisis de capacidad del sistema de recolección y transporte permitió determinar que el servicio actual presenta restricciones operativas que afectan su eficiencia, debido principalmente a la limitada capacidad del vehículo recolector y la frecuencia de recolección, lo que evidencia la necesidad de optimizar las rutas, mejorar la organización operativa y fortalecer el sistema existente.
4. Los resultados permitieron formular el Plan de manejo, orientado a mejorar las condiciones del sistema de manejo de los desechos sólidos, mediante la implementación de medidas enfocadas en el mejoramiento del almacenamiento, la optimización del sistema de recolección y transporte, el aprovechamiento de los desechos y el fortalecimiento de las condiciones operativas, contribuyendo a mejorar la eficiencia del servicio municipal.
5. La propuesta incorpora mejoras en la sectorización, optimización de rutas, incremento progresivo de la frecuencia de recolección y fortalecimiento del control en el sitio de disposición final, lo que permitirá avanzar hacia un sistema técnicamente organizado y ambientalmente responsable.
6. El plan contempla la implementación gradual de separación en la fuente y aprovechamiento de desechos, lo cual contribuirá a la reducción de la carga dispuesta, fomentar la participación ciudadana y promoverá la inclusión social de recicladores.
7. La implementación del plan técnico–operativo propuesto permitirá reducir el volumen de desechos destinados al sitio de disposición final, mejorar la eficiencia del sistema de recolección y contribuir a la protección de la salud pública y el medio

ambiente, fortaleciendo el manejo adecuado de los desechos sólidos en el municipio de Dolores.

9. RECOMENDACIONES

A la Alcaldía Municipal de Dolores:

- Implementar progresivamente el plan técnico–operativo propuesto, priorizando las acciones orientadas al mejoramiento del almacenamiento domiciliario, la optimización de las rutas de recolección y el fortalecimiento de las condiciones operativas del sistema, con el fin de mejorar la eficiencia del servicio y reducir los impactos ambientales asociados al manejo inadecuado de los desechos sólidos.
- Realizar campañas dirigidas a la población que promuevan el uso de recipientes adecuados para el almacenamiento de los desechos sólidos en los hogares, comercios e instituciones del municipio, con el propósito de facilitar el proceso de recolección, reducir la dispersión de desechos y mejorar las condiciones sanitarias.
- Fomentar campañas de concientización que permitan dar a conocer a la población la importancia de la separación básica de los desechos sólidos en la fuente y el aprovechamiento de la fracción orgánica mediante prácticas de compostaje y la recuperación de materiales reciclables, lo que permitirá reducir el volumen de desechos destinados al sitio de disposición final.
- Mejorar las condiciones operativas del sitio de disposición final mediante la implementación de medidas técnicas básicas, tales como la disposición ordenada de los desechos, el control de acceso y la cobertura periódica con material disponible, con el fin de reducir los impactos ambientales y sanitarios.
- Dar continuidad a este estudio mediante el desarrollo de investigaciones orientadas al diseño técnico de un sistema de disposición final controlado, como un relleno sanitario manual, que permita garantizar una disposición final adecuada de los desechos sólidos generados en el municipio.
- Realizar estudios complementarios orientados al fortalecimiento integral del sistema de manejo de los desechos sólidos, incluyendo análisis de crecimiento poblacional, proyecciones de generación de desechos y evaluación de necesidades futuras de infraestructura y equipamiento.

- Desarrollar programas permanentes de capacitación dirigidos a la población y al personal operativo, con el propósito de fortalecer las prácticas adecuadas en el manejo de los desechos sólidos y mejorar la eficiencia del sistema municipal.

A la Dirección de Servicios Comunitarios:

- Fortalecer el sistema de recolección y transporte mediante la optimización de las rutas existentes y la mejora progresiva de la frecuencia de recolección, en la medida de las capacidades operativas del municipio, con el fin de garantizar un servicio más eficiente y continuo.

10. REFERENCIAS

Alcaldía Municipal de Dolores. (2012). *Caracterización municipal de Dolores, Carazo*. Área de Planificación y Desarrollo Local.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (1994). *Ley No. 168: Ley que prohíbe el tráfico de desechos peligrosos y sustancias tóxicas*. La Gaceta, Diario Oficial.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (1997). *Ley No. 40: Ley de municipios.* La Gaceta, Diario Oficial.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2002). *Ley No. 423: Ley general de salud.* La Gaceta, Diario Oficial.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2005). *Ley No. 559: Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales*. La Gaceta, Diario Oficial.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2007). *Ley No. 618: Ley general de higiene y seguridad del trabajo.* La Gaceta, Diario Oficial.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2020). *Ley No. 217: Ley general del medio ambiente y los recursos naturales*. La Gaceta, Diario Oficial.

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2025). *Constitución Política de la República de Nicaragua.* La Gaceta, Diario Oficial.

Dirección General de Carrera Administrativa Municipal. (2023). *Manual genérico de cargos y funciones para alcaldías pequeñas*. Nicaragua.

Gobierno de la República de Nicaragua. (1988). *Decreto Ejecutivo No. 394: Disposiciones sanitarias*. La Gaceta, Diario Oficial.

Gobierno de la República de Nicaragua. (1996). *Decreto Ejecutivo No. 9-96: Reglamento de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.* La Gaceta, Diario Oficial.

Gobierno de la República de Nicaragua. (1998). *Decreto Ejecutivo No. 71-98: Reglamento de la Ley de organización, competencias y procedimientos del poder ejecutivo*. La Gaceta, Diario Oficial.

Gobierno de la República de Nicaragua. (2001). *Decreto Ejecutivo No. 25-2001: Política ambiental y plan ambiental de Nicaragua 2001–2005*. La Gaceta, Diario Oficial.

Gobierno de la República de Nicaragua. (2005). *Decreto Ejecutivo No. 47-2005: Política nacional para el manejo integral de desechos sólidos*. La Gaceta, Diario Oficial.

Gobierno de la República de Nicaragua. (2006). *Decreto Ejecutivo No. 22-2006: Política nacional de producción más limpia*. La Gaceta, Diario Oficial.

Gobierno de la República de Nicaragua. (2007). *Decreto Ejecutivo No. 22-2007: Política nacional de mitigación y adaptación al cambio climático*. La Gaceta, Diario Oficial.

Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2002). *NTON 05 013-01: Norma técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para desechos sólidos no peligrosos*. Managua, Nicaragua.

Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2002). *NTON 05 014-02: Norma técnica ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos*. Managua, Nicaragua.

Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. (2002). *NTON 05 015-02: Norma técnica para el manejo y eliminación de desechos sólidos peligrosos*. Managua, Nicaragua.

Ministerio del Trabajo. (2002). *Resolución ministerial de higiene y seguridad del trabajo, relativo al peso máximo de la carga manual que puede ser transportada por un trabajador* La Gaceta, Diario Oficial, No. 116, 21 de junio de 2002.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001: Environmental management systems* — Requirements with guidance for use. ISO.

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 45001: Occupational health and safety management systems* — Requirements with guidance for use. ISO.

Ministerio de Salud (MINSA). (2002). *Normativas y disposiciones sanitarias relacionadas con la salud ambiental y manejo de desechos sólidos*. Gobierno de Nicaragua.

Ministerio de Salud. (2008, 02 de julio). *Resolución Ministerial N°. 122-2008: Reglamento Sanitario de los Desechos Sólidos, Peligrosos y No Peligrosos*. La Gaceta, Diario Oficial N°. 125.

Barradas Rebolledo A. (2009) *Gestión integral de desechos sólidos municipales*.

BID, (2023) *Evaluación regional de flujo de materiales: desechos sólidos municipales para América Latina y el Caribe EVAL 2023*. https://doi.org/10.18235/0004841

Brown Salazar et al. (2003) Guía para la gestión del manejo de desechos sólidos municipales. Enfoque: Centroamérica. PROARCA/SIGMA

Camacho Barreiro, A. y Ariosa Roche, L. (2000) Diccionario de términos ambientales. *Centro Félix Varela, Publicaciones acuario*.

CARE Internacional-Avina. (2012) Programa unificado de fortalecimiento de capacidades. Modulo 9 Gestión Integral de desechos sólidos (GIRS).

Cerda Jirón, Y. R. (2020). Propuesta de mejoramiento del sistema de recolección de los desechos en el Municipio de Dolores, Departamento de Carazo [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. Repositorio UNAN-Managua. http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/15748

Correal, M., Rihm, A., Piamonte, C., González, G., & Solorzano, G. (2023). Lineamientos sectoriales para la gestión de desechos sólidos y el avance hacia la economía circular: acelerando la transformación del sector. Abrodos, A., & Pasquetti, C. M. (Eds.). https://doi.org/10.18235/0004839

Ferrara de Giner, G., Torres Parra, M., Buroz, E., & Lairet, R. (2019) *Fundamentos de ingeniería ambiental*. Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat (ANIH).

Gutiérrez García, M.I. (2025). Plan de Gestión integral de desechos sólidos en el municipio de Dolores departamento de Carazo en el periodo 2026 al 2035[Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nicaragua, Managua]

Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) (2023) *Anuario estadístico*.

ISWA (2015) Economía Circular: tendencias e Ideas emergentes.

Martínez J., Mallo M.,Lucas r., Álvarez J., Salvarrey A., Gristo P., (2005) *Guía para la gestión integral de Desechos peligrosos, Tomo I: Fundamentos.* Centros coordinador del convenio de Basilea para America Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2016). *Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la gestión integral de residuos y desechos sólidos-Guatemala*.

Ministerio del Ambiente -MINAM. (2015) *Guía metodológica para el Manejo de los Residuo Sólidos*. SIAL Trujillo.

Naciones Unidas (1993), *Informe de la conferencia de las naciones unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo*. A/CONF.151/26/Rev.1(Vol.I)

Olán Izquierdo M.A. (2018) *Análisis de la productividad de las empresas dedicadas al manejo integral de Desechos del municipio del centro del estado de tabasco para una propuesta de desarrollo.* Tecnológico Nacional de México

Rímoli, R.O. (2024) Diccionario de términos ambientales (Segunda edición) Santo Domingo: Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Sección Nacional de República Dominicana.

Rodríguez Villamizar A. C. y Quintero Sierra A. D. (2023). *Composición y origen de los desechos sólidos, un enfoque de caracterización de los desechos producidos en el área urbana del municipio de Chitaga, Norte de Santander.*

Sánchez-Muñoz, M., P., Cruz-Cerón, J., G. & Maldonado-Espinel, P., C. (2019). Gestión de desechos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la generación. *Revista Finanzas y Política Económica*, 11(2), 321-336. doi: http://dx.doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2019.11.2.6

Schubeler, P., Wehrle, K., & Christen, J. (1996). *Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries* (UMP Working Paper No. 9). UNDP/UNCHS/World Bank-Urban Management Programme.

Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED). (2025). *Situación multiamenaza del municipio de Dolores, Carazo*. Nicaragua.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1982). *Desechos sólidos: Principios de ingeniería y administración*. McGraw-Hill.

Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). *Desechos sólidos: Principios de ingeniería y administración* (A. Cubillos, Trad.). Mérida, Venezuela: CIDIAT/OPS.

Terraza, H. (2011). *Manejo de Desechos Sólidos: Lineamientos para un Servicio Integral, Sustentable e Inclusivo*. https://doi.org/10.18235/0009683

Vázquez González, J. (2020). *Ingeniería ambiental: Fundamentos*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

Vega Aguirre. I.C. (2020) Auditoria ambiental del manejo de desechos sólidos de la ciudad de Granada, Nicaragua. *Revista Torreón Universitario* Año 9, 24, 84-101, febrero – mayo 2020.https://doi.org/10.5377/torreon.v9i24.9726

World Bank, 2018. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste

World Bank. (2022). *Trends in Solid Waste Management.* Banco Mundial. https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management

11. ANEXOS

Anexo 1: Entrevista al director de Servicios Comunitarios de la Alcaldía Municipal de Dolores, Carazo

Datos generales

- Nombre del entrevistado: Marlon Gutiérrez García
- Cargo: director de Servicios Comunitarios
- Institución: Alcaldía Municipal de Dolores
- Fecha: 17 / Dic. / 2025
- Entrevistador: Br. Claudia Rugama
- Lugar: Alcaldía Municipal de Dolores, Carazo



Objetivo:

Recopilar información sobre el manejo actual de los desechos sólidos en el municipio de Dolores, Carazo.

Guía de entrevista y respuestas obtenidas

Preguntas

1. ¿Cómo está organizado el servicio de recolección de desechos sólidos en el municipio?

Respuesta:

El servicio de recolección de desechos sólidos está organizado bajo la responsabilidad del área de Servicios Comunitarios de la Alcaldía Municipal. Para el cumplimiento de estas actividades, se dispone de un total de once (11) operarios encargados del barrido de calles y espacios públicos. Asimismo, se cuenta con cinco (5) operarios asignados al camión recolector, quienes realizan las labores de conducción, recolección y traslado de los desechos sólidos generados en las viviendas mediante el sistema de recolección casa a casa.

El área de Servicios Comunitarios es la encargada de supervisar y coordinar las actividades operativas del personal, garantizando el cumplimiento de las rutas establecidas. Además, la municipalidad dispone de una partida presupuestaria destinada al manejo de los desechos sólidos, así como de una estructura contable que permite el registro y control de los ingresos y egresos relacionados con la prestación de este servicio.

2. ¿Con qué frecuencia se realiza la recolección de basura?

Respuesta:

La frecuencia de recolección es de una vez por semana.

3. ¿Qué tipo de vehículos y equipos utilizan para la recolección?

Respuesta:

La municipalidad dispone únicamente de un camión recolector para realizar las actividades de recolección.

4. ¿El municipio cuenta con contenedores de basura en áreas públicas? ¿Cuántos aproximadamente?

Respuesta:

No se dispone de contenedores para el almacenamiento de desechos sólidos en áreas públicas del municipio.

5. ¿Cómo realiza la población el almacenamiento temporal de los desechos sólidos en sus viviendas?

Respuesta:

La mayoría de la población utiliza recipientes inadecuados, como sacos o bolsas, los cuales no cumplen con las condiciones técnicas apropiadas para el almacenamiento temporal de los desechos sólidos.

6. ¿Dónde se realiza la disposición final de los desechos sólidos?

Respuesta:

Los desechos sólidos recolectados son trasladados a un botadero municipal que no cuenta con control técnico ni condiciones adecuadas para su manejo.

7. ¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta el municipio en el manejo de la basura?

Respuesta:

Las principales limitaciones del servicio corresponden a la falta de equipos, recursos económicos y educación ambiental en la población, lo que dificulta el adecuado funcionamiento del sistema de manejo de desechos sólidos.

8. ¿Existe cultura de reciclaje o programas de separación de desechos en el municipio?

Respuesta:

Existe poca conciencia ambiental en la población y escasa práctica de reciclaje o separación de los desechos sólidos

Anexo 2. Entrevista a operario de barrido de calles

Datos generales:
• **Cargo:** Operario de barrido de calles
• **Institución:** Alcaldía Municipal de Dolores
• **Fecha:** 17 / Dic. / 2025
• **Entrevistador:** Br. Claudia Rugama
• **Lugar:** Calle de Dolores, Carazo

Objetivo de la entrevista:
Recopilar información sobre las condiciones operativas del servicio de barrido de calles.

Preguntas:

1. ¿Cuneta usted con una ruta de trabajo definida para sus labores diarias?

Respuesta: Si, contamos con rutas previas asignadas que debemos cubrir durante la jornada laboral.

2. ¿Se cumple normalmente con esa planificación establecida?

Respuesta: No siempre, debido a que frecuentemente se nos asignan tareas adicionales que no corresponden a nuestras funciones habituales.

3. ¿Qué tipo de tareas adicionales se les solicita realizar?

Respuesta: En algunas ocasiones se nos solicita apoyar en labores de seguridad o realizar limpieza en otras áreas que no están dentro de nuestra zona asignada.

4. ¿Cómo afectan estas actividades adicionales al cumplimiento de sus labores?

Respuesta: Estas reasignaciones generan retrasos en el cumplimiento de las rutas establecidas, dificultando completar las actividades programadas.

Fuente: Elaboración propia