

FORTALECIMIENTO DE LOS PROCESOS EN LA GESTIÓN DE RECOLECCIÓN Y
TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RETORNO, GUAVIARE



LAURA DANIELA AGUDELO AREVALO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO
2025

FORTALECIMIENTO DE LOS PROCESOS EN LA GESTIÓN DE RECOLECCIÓN Y
TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL RETORNO, GUAVIARE

LAURA DANIELA AGUDELO AREVALO

Informe de pasantía presentado como requisito para optar al título profesional de Ingeniería
Ambiental

Director

Mg. ANGÉLICA MARIA BUSTAMANTE ZAPATA
Magister en desarrollo sustentable y gestión ambiental

Codirector

Ing. Mg. JORGE ELIECER QUIROZ DURAN
Maestría en Ordenamiento Ambiental del Territorio

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2025

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O. P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGUO, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O. P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Adrián Mauricio GARCÍA PEÑARANDA, O.P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBON

Secretaria General Seccional Villavicencio

Mg. William PEÑARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a mí misma, por la perseverancia y el esfuerzo constante que me permitieron alcanzar este logro. A pesar de las dificultades y los momentos de incertidumbre, nunca dejé de avanzar, recordando siempre el propósito que me llevó a este punto. Este esfuerzo es un reflejo de mi crecimiento personal y profesional, y es un recordatorio de que, incluso en los malos momentos, siempre hay fuerza para seguir adelante.

Agradecimientos

Primero, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para superar los retos de esta etapa tan significativa de mi formación profesional. Sin su guía, no habría sido posible llegar hasta aquí.

A mi familia, mi más profundo agradecimiento por su apoyo constante, su amor incondicional y la motivación que me dieron en todo momento durante mi proceso académico. Este logro no habría sido posible sin su respaldo inquebrantable.

A la profesora Angélica Bustamante, gracias por su acompañamiento y orientación a lo largo de este proceso. Su guía fue fundamental para el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad y a todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental, gracias por compartir sus conocimientos y por formar parte esencial de mi crecimiento profesional.

A la empresa Administración Pública Cooperativa Servir, ubicada en el municipio de El Retorno, Guaviare, le agradezco por abrirme las puertas y permitirme realizar mi pasantía profesional en un entorno tan enriquecedor. Esta oportunidad me permitió aplicar mis conocimientos y fortalecer mi experiencia en el campo laboral.

Al ingeniero Jorge Quiroz, gracias por su disposición, apoyo y orientación técnica durante el desarrollo de mis actividades.

A mis amigas, Angie Viña, Lizeth Álvarez y Gabriela Traslaviña, quienes siempre estuvieron ahí para ofrecerme apoyo y comprensión. Gracias por su compañía, que hizo más llevadero este proceso, y por estar presentes en los momentos de incertidumbre.

Finalmente, a Laura Velásquez, por su apoyo incondicional desde la distancia. Gracias por motivarme a seguir adelante. Tu amistad fue un ancla de fortaleza en los momentos más difíciles.

Contenido

	Pág.
Resumen	10
Abstract.....	11
1. Introducción.....	12
2. Objetivos	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. Marco Referencial	15
3.1. Marco conceptual.....	15
3.2. Marco normativo.....	17
4. Información de la empresa	19
4.1. Descripción de la empresa	19
4.2. Misión	19
4.3. Visión.....	19
4.4. Estructura organizacional y Funciones	19
5. Desarrollo de la pasantía	21
5.1. Fase 1. Evaluación de rutas y procedimientos operativos actuales	22
5.1.1 Revisión de las rutas de recolección.	22
5.1.2 Revisión de los manuales operativos	28
5.2. Fase 2. Optimización de rutas, actualización de manuales operativos	28
5.2.1 Optimización de rutas de recolección	29
5.2.2 Actualización de manuales operativos.....	33
5.2.3 Gestión de contabilidad de los residuos recolectados.....	35
5.3. Fase 3. Diseño del plan de seguimiento y monitoreo para el cumplimiento normativo y operativo.....	38
5.4. Revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)	42
6. Conclusiones	47
7. Recomendaciones.....	48
Referencias bibliográficas	50
Anexos	55

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Normativa legal vigente para Colombia.	17
Tabla 2. Microrrutas del casco urbano y las inspecciones de La Libertad y El Unilla.	23
Tabla 3. Métodos de recolección de residuos sólidos.	27
Tabla 4. Microrrutas optimizadas del casco urbano y la inspección de La Libertad.	29
Tabla 5. Optimización de las jornadas.	33
Tabla 6. Registro de los pesos del vehículo recolector.	36
Tabla 7. Indicadores de seguimiento.	39
Tabla 8. Lista de chequeo.	43
Tabla 9. Recomendaciones del informe de revisión del PGIRS de El Retorno.	45

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Organigrama institucional.	20
Figura 2. Ubicación del casco urbano y las inspecciones de El Retorno.....	21
Figura 3. Porcentaje de avance de los programas.	44

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Mapas de las rutas actuales	55
Anexo 2. Mapas de las microrrutas optimizados.....	58
Anexo 3. Registro fotográfico de la visita en campo.....	60
Anexo 4. Manual de Operaciones del Servicio De Aseo.....	60
Anexo 5. Recibos de pesos por el relleno sanitario El Algarrobo.	61
Anexo 6. Factura de Ambientar S.A. E.S.P.....	61
Anexo 7. Plan de seguimiento y monitoreo.....	61
Anexo 8. Informe de Revisión del PGIRS.....	61

Resumen

Este informe presenta el resultado de una pasantía profesional desarrollada en la empresa APC Servir, ubicada en el municipio de El Retorno, Guaviare. El objetivo principal fue optimizar el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos, una labor esencial dentro de la gestión ambiental local, ya que contribuye a mantener el orden y la limpieza del entorno, prevenir impactos en la salud pública y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

La pasantía se realizó como opción de grado para la carrera de Ingeniería Ambiental, permitiendo aplicar en un entorno real los conocimientos adquiridos durante la formación académica. A través de este ejercicio se fortaleció el servicio prestado por la empresa, al tiempo que se profundizó en el entendimiento de los procesos operativos, los retos del día a día y las oportunidades de mejora en términos de sostenibilidad y eficiencia.

El trabajo se dividió en tres fases. Primero, se hizo un diagnóstico general del servicio, identificando rutas, puntos críticos y condiciones de trabajo del personal. Luego, en una segunda etapa, se trabajó en la optimización de las microrrutas de recolección, especialmente en el casco urbano y en las inspecciones de La Libertad y El Unilla, buscando mejorar la cobertura y reducir tiempos y consumo de recursos. Finalmente, se elaboró un manual operativo que organiza y estandariza las actividades del servicio, brindando pautas claras sobre la planificación, seguridad y uso de Elementos de Protección Personal, con el fin de facilitar la capacitación y asegurar el cumplimiento normativo, junto con un plan de seguimiento y monitoreo para verificar que el servicio de aseo se ejecute de forma eficiente y conforme a los lineamientos establecidos.

El trabajo fortaleció la operación del servicio de aseo en el municipio El Retorno, mediante la revisión técnica, rediseño de rutas y la estructura de herramientas operativas clave. A través de un enfoque técnico y académico desde la ingeniería ambiental, se aportó a la mejora de procesos, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible de los residuos sólidos.

Palabras Clave: Optimización de Rutas, PGIRS, Recolección de Residuos, Rutas de Recolección, Seguridad y Salud en el Trabajo.

Abstract

This report presents the results of a professional internship carried out at the company APC Servir, located in the municipality of El Retorno, Guaviare. The main objective was to optimize the solid waste collection and transportation service, an essential task within local environmental management, as it contributes to maintaining order and cleanliness in the surroundings, preventing impacts on public health, and improving the quality of life of the residents.

The internship was undertaken as a graduation requirement for the Environmental Engineering degree, allowing for the practical application of knowledge acquired during academic training in a real-world setting. Through this experience, the service provided by the company was strengthened, while deepening the understanding of operational processes, daily challenges, and opportunities for improvement in terms of sustainability and efficiency.

The work was divided into three phases. First, a general diagnosis of the service was carried out, identifying routes, critical points, and working conditions of the staff. In the second phase, efforts focused on optimizing the collection microroutes, particularly in the urban area and the inspections of La Libertad and El Unilla, aiming to improve coverage and reduce time and resource consumption. Finally, an operational manual was developed to organize and standardize service activities, providing clear guidelines on planning, safety, and the use of Personal Protective Equipment, with the purpose of facilitating training and ensuring regulatory compliance. A follow-up and monitoring plan was also designed to verify that the sanitation service is carried out efficiently and in accordance with established guidelines.

The project strengthened the operation of the sanitation service in the municipality of El Retorno through a technical review, route redesign, and the development of key operational tools. By applying both technical and academic approaches from environmental engineering, the work contributed to process improvement, promoting a more efficient and sustainable solid waste management system.

Key Word: Route Optimization, PGIRS Waste Collection, Collection Routes, Occupational Health and Safety.

1. Introducción

La generación de residuos sólidos es un desafío global que provoca desequilibrios ecológicos, contribuyendo a la contaminación del aire, el agua y el suelo. Este problema se agrava constantemente debido al crecimiento poblacional, las variaciones climáticas extremas, los sistemas productivos poco eficientes y las diferencias socioeconómicas (Coronel y Vargas, 2020). En el contexto actual, el mundo enfrenta una creciente preocupación sobre cómo manejar el volumen en aumento de residuos producidos por la mayoría de la población, residuos que en muchos casos terminan como basura en vertederos o rellenos sanitarios (Ortiz, 2016).

El manejo de residuos sólidos es un tema que, aunque puede parecer lejano para la población, es responsabilidad de toda la sociedad. Es un problema que no solo afecta el ambiente, sino que también refleja la forma en que las comunidades habitan, producen y consumen. La acumulación descontrolada de basura ha traído consigo contaminación del aire, del agua y del suelo, y esta situación no ha hecho más que empeorar con el paso del tiempo debido al crecimiento acelerado de la población, la ineficiencia de los sistemas de producción, los cambios drásticos en el clima y, claro, las desigualdades sociales (Coronel y Vargas, 2020).

En Colombia, la gestión de residuos sólidos enfrenta diversos desafíos, especialmente en zonas rurales y de difícil acceso. Aunque el país cuenta con un marco normativo robusto que regula el servicio público de aseo, en la práctica persisten brechas significativas en cobertura, infraestructura y capacidad operativa, particularmente fuera de las áreas urbanas consolidadas. En territorios rurales o con bajo desarrollo urbano, como el municipio de El Retorno en el departamento del Guaviare, estas dificultades se acentúan debido a la limitada cobertura de servicios públicos domiciliarios, la carencia de rellenos sanitarios locales y las condiciones geográficas que dificultan el acceso. Aunque El Retorno cuenta con un vehículo recolector que permite la recolección y el transporte de residuos hacia el relleno sanitario del municipio de San José del Guaviare, la eficiencia del sistema depende de la adecuada planificación de rutas, la existencia de manuales operativos y la gestión del volumen recolectado (Superservicios, 2019).

La adecuada prestación del servicio público de aseo constituye un componente esencial en la gestión ambiental municipal, ya que garantiza el manejo seguro y eficiente de los residuos sólidos generados por la población. En Colombia, dicho servicio se encuentra regulado por un marco normativo que busca asegurar su calidad, cobertura y sostenibilidad, de acuerdo con los

lineamientos establecidos por la Ley 142 de 1994 (El Congreso de Colombia, 1994), el Decreto 2981 de 2013 (Presidencia de la República de Colombia, 2013) y la Resolución CRA 853 de 2018, esta última relacionada con el régimen tarifario aplicable a los servicios públicos domiciliarios de aseo (CRA, 2018).

En el ámbito de la gestión de residuos han demostrado que la eficiencia del servicio no depende únicamente de la infraestructura disponible, sino también de factores operativos como la correcta planificación de rutas, la capacitación del personal, el cumplimiento de la normativa vigente y la adecuada sistematización de los datos recolectados (Song et al., 2015). Por ello, resulta fundamental intervenir en estos componentes técnicos y administrativos para optimizar el desempeño del servicio de aseo, especialmente en contextos rurales como el de El Retorno.

El presente informe corresponde al desarrollo de la pasantía profesional realizada en la Administración Pública Cooperativa Servir (APC Servir), empresa encargada de la prestación del servicio de aseo en el municipio de El Retorno, Guaviare. Durante la intervención, se identificó la ausencia de manuales operativos, inconsistencias en las rutas de recolección y limitaciones en el registro de los residuos transportados. A partir de este diagnóstico, se estructuró una propuesta dividida en tres fases: i) evaluación de rutas y procedimientos actuales, ii) optimización de rutas y actualización de manuales operativos, y iii) diseño de un plan de seguimiento normativo y operativo.

El propósito de este trabajo fue apoyar a APC Servir en la gestión del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos mediante la reorganización de las rutas, la formulación del manual operativo y la generación de un plan de seguimiento que permita garantizar el cumplimiento normativo. La intervención buscó promover la eficiencia operativa, mejorar la seguridad del personal, reducir maniobras riesgosas como la conducción en reversa y asegurar la trazabilidad de los residuos transportados al relleno sanitario El Algarrobo, operado por la empresa Ambientar S.A. E.S.P.

El desarrollo de esta pasantía permitió participar activamente en el análisis y mejora de aspectos clave del servicio de aseo en el municipio, a través del acompañamiento técnico en la organización de rutas, elaboración de documentos operativos y diseño de herramientas de control. Estas acciones contribuyeron a fortalecer procesos existentes y a generar insumos útiles para la toma de decisiones institucionales, desde un enfoque práctico y contextualizado a las condiciones del territorio.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Apoyar a la Administración Pública Cooperativa Servir (APC Servir A.A.A.) en la gestión de recolección y transporte de residuos sólidos en El Retorno, Guaviare, mediante asistencia en la organización de rutas, actualización de manuales operativos y seguridad, y registro de residuos recolectados, con el fin de promover la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar la situación actual de las rutas de recolección para la mejora en la eficiencia operativa.
- Analizar el estado de los manuales de operación y seguridad laboral, para la protección y el bienestar del personal de aseo.
- Gestionar la contabilidad de los residuos recolectados, que facilite la precisión en el reporte y transparencia en los costos.
- Proponer estrategias para el cumplimiento de la normativa en la recolección y transporte de residuos sólidos, promoviendo las buenas pasantías y asegurando la sostenibilidad del servicio.

3. Marco Referencial

3.1. Marco conceptual

El marco conceptual reúne los enfoques teóricos, metodológicos y técnicos que respaldan las fases desarrolladas en este trabajo, relacionados con la planificación de rutas, la estructuración de manuales operativos y el control de residuos recolectados. Para ello, es fundamental partir de definiciones claras que permitan contextualizar y comprender la problemática abordada en el municipio de El Retorno, Guaviare.

Uno de los conceptos base para este estudio es el de residuos sólidos, definidos como aquellos materiales resultantes de actividades humanas que son descartados porque han perdido su utilidad. Estos pueden ser origen doméstico, institucional, comercial o industrial, y comprenden desde residuos orgánicos hasta residuos inertes como plásticos, cartón o vidrio. Su gestión adecuada es esencial para la salud pública, la protección del ambiente y la calidad del espacio urbano y rural (Awino & Apitz, 2023).

Según Ghahramani et al. (2021), la recolección de residuos sólidos se refiere al proceso mediante el cual se recogen los residuos desde su lugar de generación hasta un sitio de tratamiento o disposición final. Este procedimiento implica una logística compleja que requiere una buena planificación de rutas, el uso adecuado de recursos y la coordinación efectiva del personal (Ghahramani et al., 2021). En municipios rurales como El Retorno, donde las vías pueden verse afectadas por las lluvias o el deterioro, esta recolección debe adaptarse a condiciones cambiantes, lo que vuelve más importante una gestión estratégica de las microrrutas de operación (Alcaldía de El Retorno, 2020).

Para la operación del servicio, en el municipio se han adoptado dos metodologías de recolección, dependiendo de las condiciones de accesibilidad vial y la disposición física de las viviendas. Por un lado, se implementa el método de acera, en el cual los usuarios deben sacar sus residuos hasta la acera, donde el vehículo recolector hace paradas en cada punto de recolección. Los operarios vacían los residuos y devuelven los recipientes a su lugar original (Jiménez, 2021). Por otro lado, en sectores con limitaciones de acceso por el tamaño del vehículo o por obstrucciones en las vías (Cárdenas et al., 2019), se utiliza el método de esquina o parada fija, en el cual los usuarios deben acercarse hasta el vehículo con sus recipientes para realizar la entrega

de los residuos (Márquez, 2008). La implementación diferenciada de estas metodologías permite adaptar el servicio a las realidades físicas del territorio, sin afectar la cobertura ni la continuidad del mismo.

Uno de los conceptos más relevantes aquí es el de optimización de rutas, que hace referencia al diseño técnico de los recorridos del vehículo recolector, buscando reducir tiempos, costos y distancias, y aumentar la eficiencia del servicio (Ariza & José, 2015). Varios autores han abordado esta problemática desde distintos enfoques, por ejemplo, Hu et al. (2024) desarrollaron un sistema basado en inteligencia artificial para seleccionar rutas eficientes, mientras que Rızvanoğlu et al. (2020) emplearon programación lineal junto con SIG para reducir los kilómetros recorridos. En América Latina, Benítez-Bravo et al. (2021) y Ferrão et al. (2024) han demostrado cómo herramientas digitales como Google Maps pueden aplicarse incluso en contextos rurales para mejorar la logística de recolección.

Otro eje fundamental de este trabajo es la formulación del manual operativo del servicio de aseo, que se convierte en una herramienta esencial para la estandarización de procesos, la asignación de responsabilidades y el cumplimiento de protocolos de seguridad y salud en el trabajo. Este documento permite organizar las funciones del personal, desde los conductores hasta los operarios, especificando qué hacer antes, durante y después de la jornada, incluyendo el uso obligatorio de elementos de protección personal (EPP), la revisión del estado del vehículo y la atención a residuos especiales (Gómez, 2019).

Camata y Pari (2019) afirman que este tipo de instrumentos mejora la calidad del servicio al estandarizar los procedimientos, reducir la improvisación y facilitar la supervisión. Además, Vilchez-Torres et al. (2023) sostienen que los manuales permiten alinear las actividades del personal con las necesidades del territorio, promoviendo mayor eficiencia y capacidad de respuesta. En el caso de El Retorno, este manual fue diseñado desde cero, debido a la ausencia de uno previo, lo cual limitaba la posibilidad de seguimiento institucional y de mejora continua.

Por otro lado, el control del volumen de residuos recolectados también fue una acción prioritaria en esta pasantía. La contabilidad de residuos no solo sirve para verificar la cantidad de desechos transportados, sino que también garantiza la trazabilidad, transparencia en la facturación y cumplimiento del régimen tarifario, especialmente cuando el servicio de disposición está a cargo de un tercero, como lo es Ambientar S.A. E.S.P. en el caso de El Algarrobo (APC Servir, 2024).

La trazabilidad se logra mediante registros de pesaje, comparando el peso de entrada y salida del vehículo en el relleno sanitario. Morais et al. (2022) propusieron un enfoque basado en datos que permite hacer seguimiento a las operaciones y evaluar el desempeño del servicio. De forma similar, Hannan et al. (2020) desarrollaron modelos de optimización que integran eficiencia económica y sostenibilidad ambiental. Chen et al. (2024), por su parte, resaltan que en contextos rurales es fundamental construir matrices de control con variables como volumen, peso, origen y frecuencia para mejorar la toma de decisiones y la gestión financiera del servicio.

Finalmente, todos estos elementos se integran en un sistema de gestión de residuos sólidos, que va más allá de la simple recolección. Este sistema debe considerar aspectos logísticos, normativos, humanos y ambientales. Y en contextos rurales como el de El Retorno, se requiere un enfoque adaptado, que combine el conocimiento técnico con las condiciones reales del territorio, priorizando la eficiencia operativa, la protección de los trabajadores y la sostenibilidad del servicio.

3.2. Marco normativo

Se establece La normatividad colombiana vigente considerada en esta investigación se presenta en la

Tabla 1, donde se destacan las principales disposiciones legales aplicables al servicio de aseo y la gestión de residuos sólidos en el municipio de El Retorno, Guaviare.

Tabla 1. Normativa legal vigente para Colombia.

Normativa	Emite	Artículo	Descripción
Ley 99 de 1993	Congreso de Colombia	Art. 1, 4, 15	Crea el Ministerio de Ambiente y establece las bases de la política ambiental en Colombia, incluyendo la gestión de residuos sólidos y la responsabilidad de los municipios en la protección ambiental.
Ley 142 de 1994	Congreso de Colombia	Art. 14, 73, 79	Regula la prestación de los servicios públicos domiciliarios, incluyendo el servicio de aseo, estableciendo principios de eficiencia, calidad y cobertura.
Decreto 1076 de 2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Libro 2, Parte 2, Título 6	Compila y reglamenta disposiciones sobre la gestión ambiental, incluyendo la gestión integral de residuos sólidos.

Tabla 1. Continuación.

Decreto 2981 de 2013	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio		Regula la prestación del servicio público de aseo, estableciendo normas técnicas y operativas para la recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos.
Resolución 754 de 2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible		Define la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Resolución CRA 853 de 2018	CRA		Establece el régimen tarifario y la metodología tarifaria aplicable a prestadores del servicio de aseo en municipios con hasta 5.000 suscriptores.
Resolución CRA 892 de 2019	CRA		Modifica y corrige errores de la Resolución CRA 853 de 2018, ajustando aspectos de la regulación tarifaria.
Resolución 799 de 2021	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Capítulo 6	Actualiza los lineamientos técnicos para la planificación, diseño y operación de los sistemas de aseo urbano.

4. Información de la empresa

4.1. Descripción de la empresa

La Administración Pública Cooperativa Servir A.A.A es una empresa de servicios públicos encargada de la gestión integral del acueducto, alcantarillado y aseo en el municipio de El Retorno, Guaviare. Su compromiso principal es garantizar a la comunidad un acceso confiable, eficiente y de calidad a estos servicios esenciales, asegurando la sostenibilidad y el bienestar de la población.

La empresa opera bajo principios de eficiencia y responsabilidad, enfocándose en la optimización de recursos y el cumplimiento de la normatividad vigente. A través de su labor, busca mejorar continuamente la infraestructura y cobertura de sus servicios, contribuyendo al desarrollo sostenible del municipio y a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes (APC Servir, 2024).

4.2. Misión

Somos una Empresa de Servicios Públicos encargada de la administración, operación y mantenimiento de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en el municipio de El Retorno Guaviare, dedicada a satisfacer las necesidades de sus usuarios con oportunidad, eficiencia, calidad y cobertura (APC Servir, 2024).

4.3. Visión

Para el 2030 alcanzar una cobertura del 100% en el Casco Urbano de El Retorno, Centro Poblado de la Inspección La libertad y centro Poblado de la Inspección de El Unilla, en los servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo (APC Servir, 2024).

4.4. Estructura organizacional y Funciones

La Empresa de Servicios Públicos de El Retorno, Guaviare, es la entidad responsable de la administración, operación y mantenimiento de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en el municipio. Su compromiso es garantizar la satisfacción de los usuarios mediante la prestación

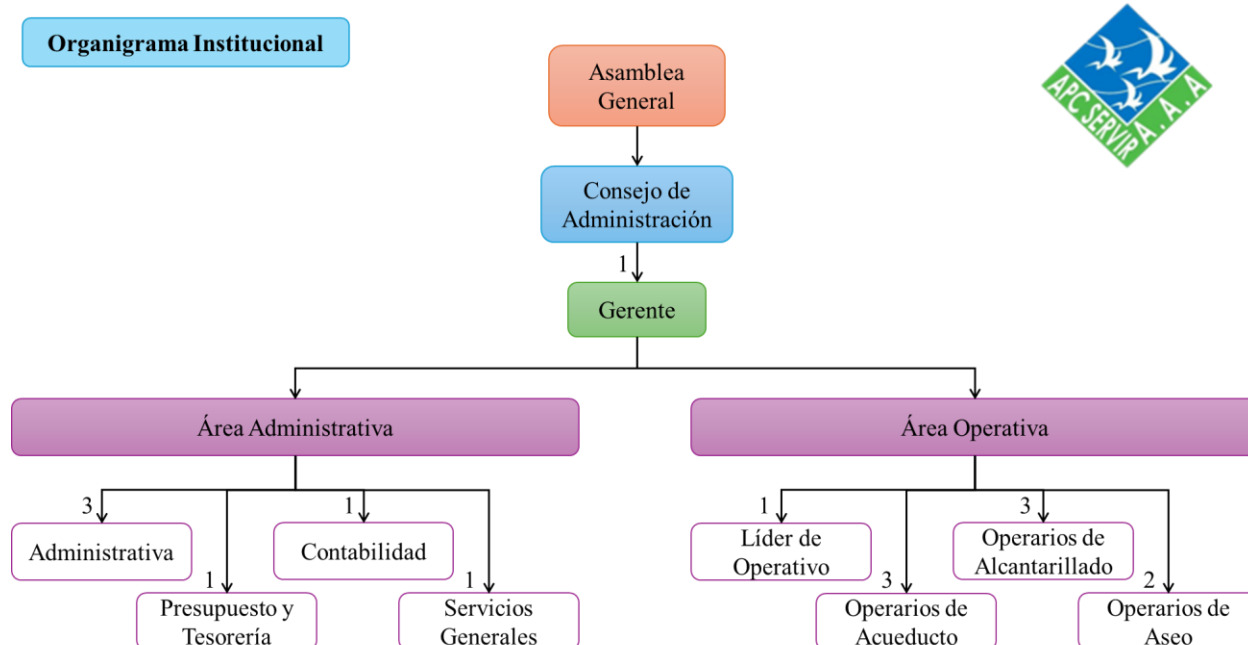
de servicios eficientes, de alta calidad y con una cobertura adecuada, cumpliendo con la normatividad vigente (APC Servir, 2024).

En el ámbito de la gestión de residuos sólidos, la empresa lidera la recolección, transporte y disposición adecuada de los residuos sólidos generados en el municipio. Para ello, implementa estrategias enfocadas en la reducción, reutilización y reciclaje, promoviendo una gestión ambientalmente sostenible. Asimismo, diseña y optimiza rutas de recolección para mejorar eficiencia y desarrolla programas de sensibilización y educación ambiental, fomentando la correcta separación de residuos en la comunidad (APC Servir, 2024).

El modelo organizativo de la empresa permite una adecuada distribución de responsabilidades, asegurando que cada área cumpla con sus funciones de manera eficiente. La Asamblea General y el Consejo de Administración establecen las directrices estratégicas, mientras que el Gerente coordina y supervisa el cumplimiento de las metas. Las áreas administrativa y operativa trabajan en conjunto para optimizar la gestión y garantizar un servicio de calidad, alineado con los principios de sostenibilidad y normatividad vigente (APC Servir, 2024).

En la **Figura 1**, se presenta el organigrama institucional de la empresa

Figura 1. Organigrama institucional.



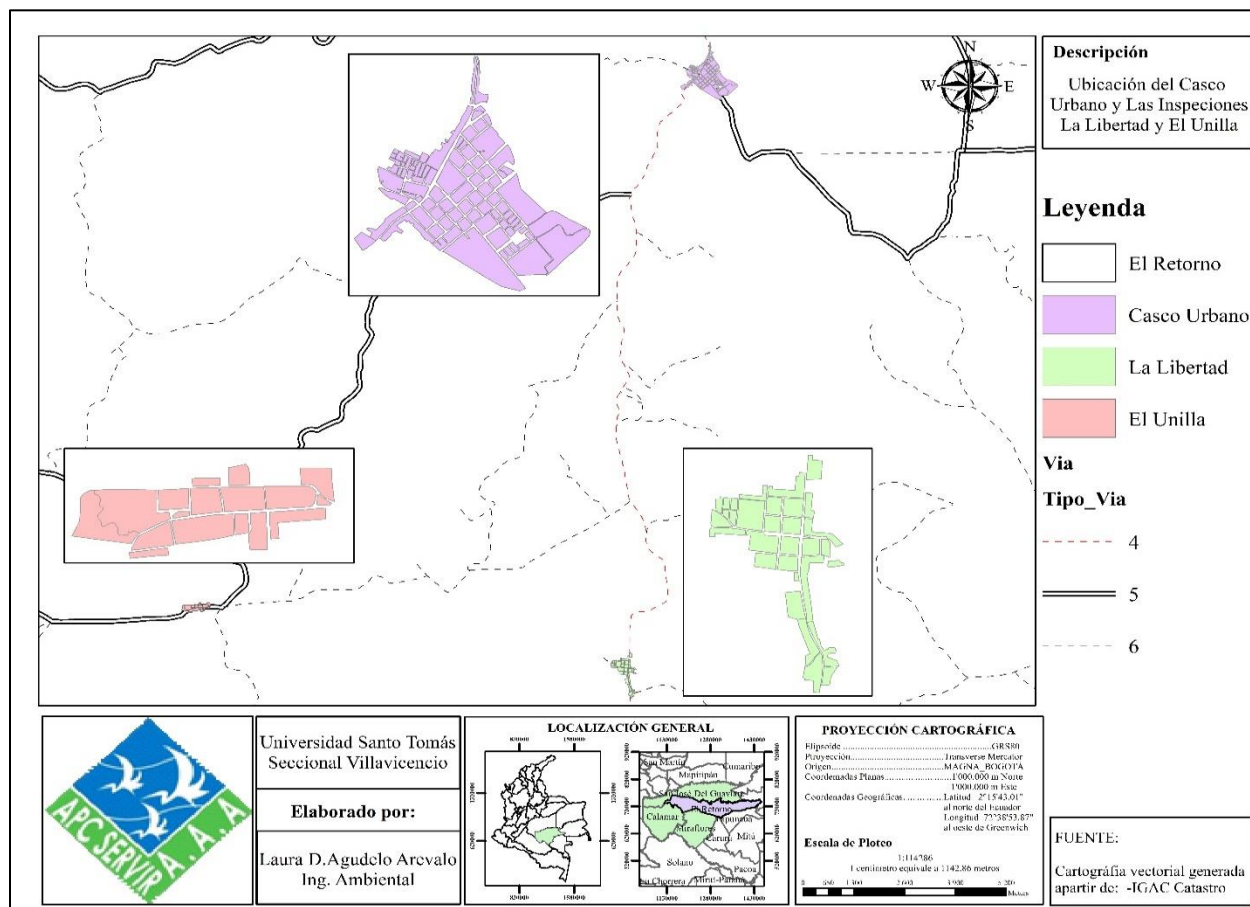
Nota. Adaptado de (APC Servir, 2024)

5. Desarrollo de la pasantía

La pasantía estudiantil consistió en brindar apoyo relacionado con el servicio público de aseo a la empresa APC Servir, mediante la realización de actividades como la identificación de las rutas de recolección, el análisis del estado de los manuales de operación y seguridad laboral para la protección y el bienestar del personal de aseo, la gestión de la contabilidad de los residuos recolectados facilitando la precisión en el reporte y la transparencia de los costos y la propuesta de estrategias para el cumplimiento de la normativa en la recolección y transporte de residuos sólidos, promoviendo las buenas pasantías y asegurando la sostenibilidad del servicio.

En la **Figura 2**, se presentan el casco urbano y las inspecciones de La Libertad y El Unilla, zonas en las que la empresa APC Servir presta el servicio de recolección de residuos sólidos.

Figura 2. Ubicación del casco urbano y las inspecciones de El Retorno.



Nota. Adaptado del software ArcGIS.

Para el cumplimiento de estos objetivos, se desarrolló una metodología dividida en tres fases, en las cuales se llevó a cabo las siguientes actividades:

5.1. Fase 1. Evaluación de rutas y procedimientos operativos actuales

La primera fase se encuentra enfocada en dar un diagnóstico de la situación actual en la recolección y transporte de los residuos sólidos y los manuales operativos y de seguridad en El Retorno, las actividades que se llevaron a cabo son:

5.1.1 *Revisión de las rutas de recolección.*

Durante la revisión de las rutas de recolección de residuos en el casco urbano de El Retorno y las inspecciones de La Libertad y El Unilla, se evidenció que la empresa no dispone de un documento formal actualizado que registre dichas microrrutas. Además, los planos existentes datan del año 2008, lo que dificulta la realización del documento formal de las microrrutas.

La empresa informó que el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) tiene prevista la actualización de la cartografía en el año 2025. No obstante, ante la falta de una fecha específica para la ejecución de este proceso, en el desarrollo de esta pasantía, se realizó una reunión con el conductor del vehículo recolector con el fin de delinear las rutas de recolección mediante el software Google Earth Pro. Posteriormente, estas rutas fueron transferidas al software ArcGIS, lo que permitió una visualización más precisa y detallada de los trayectos operativos de la empresa. Este procedimiento se llevó a cabo en cumplimiento de los lineamientos establecidos en el Decreto 2981 de 2013 y en el Título F del RAS, dada su especificidad, como se evidencia en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Microrrutas del casco urbano y las inspecciones de La Libertad y El Unilla.

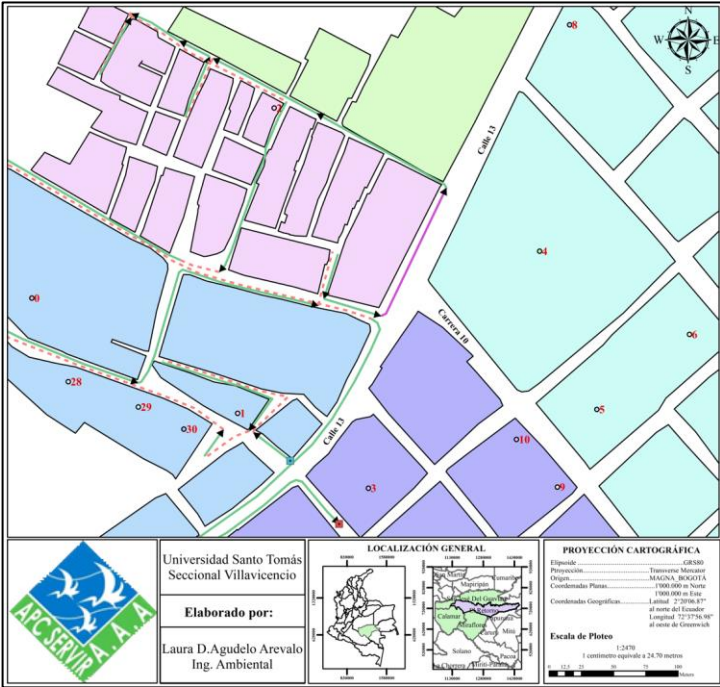
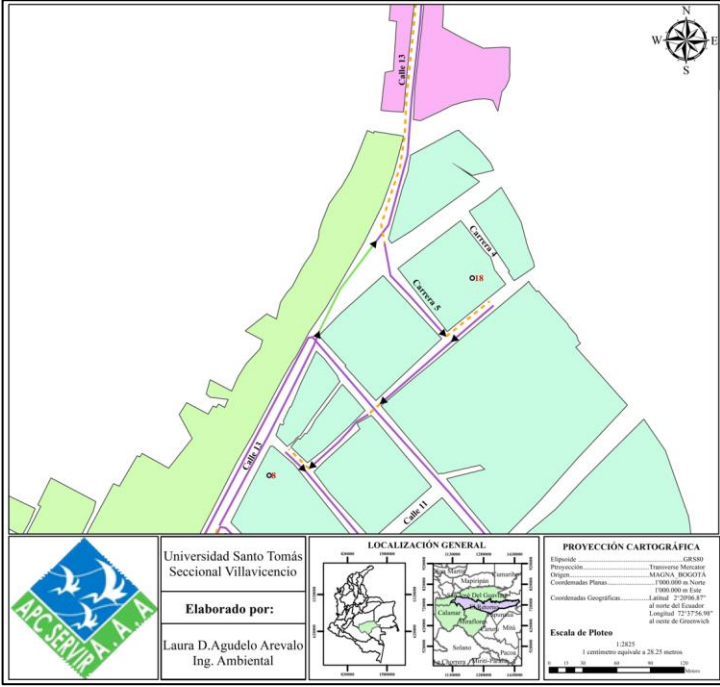
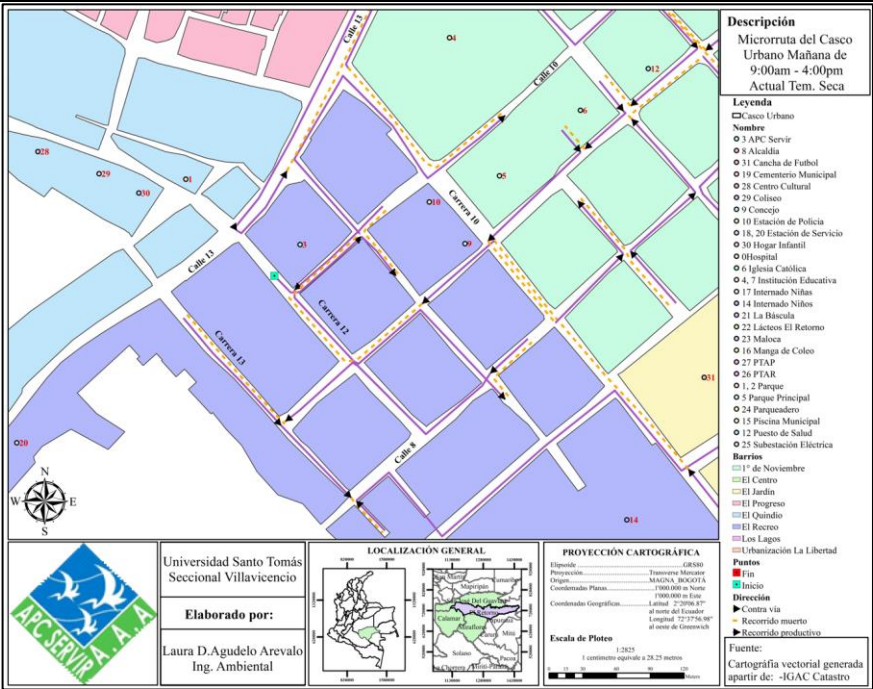
Lugar	Microrrutas
Casco urbano de 6:30 am a 8:30 am (Contravía en la calle 13)	 Descripción Microrruta del Casco Urbano Mañana de 6:30am - 8:30am Actual Legenda Casco Urbano Lugares ● 3 APC Servir ● 8 Alcaldía ● 31 Cancha de Fútbol ● 19 Cementerio Municipal ● 28 Centro Cultural ● 29 Coliseo ● 9 Concejo ● 10 Estación de Policía ● 18, 20 Estación de Servicio ● 30 Hogar Infantil ● 0 Hospital ● 6 Iglesia Católica ● 4, 7 Institución Educativa ● 17 Internado Niños ● 14 Internado Niños ● 21 La Bóveda ● 22 Lacteos El Retorno ● 23 Maloca ● 16 Manga de Coloso ● 27 PTAP ● 26 PTAR ● 1, 2 Parque ● 5 Parque Principal ● 24 Parquesadero ● 15 Piscina Municipal ● 12 Puesto de Salud ● 25 Subestación Eléctrica Barrios ■ 1° de Noviembre ■ El Centro ■ El Jardín ■ El Progreso ■ El Quindío ■ El Recreo ■ Los Lagos ■ Urbanización La Libertad Puntos ■ Fin ■ Inicio Dirección ➔ Contra vía ➔ Recorrido muerto ➔ Recorrido productivo Fuente: Cartografía vectorial generada a partir de: -IGAC Catastro LOCALIZACIÓN GENERAL Escala: 1:2470 1 centímetro equivale a 24.70 metros PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA Escala: 1:2470 1 centímetro equivale a 24.70 metros
Casco urbano de 9:00 am a 4:00 pm (Contravía en la calle 13)	 Descripción Microrruta del Casco Urbano Mañana de 9:00am - 4:00pm Actual Tem. Seca Legenda Casco Urbano Lugares ● 3 APC Servir ● 8 Alcaldía ● 31 Cancha de Fútbol ● 19 Cementerio Municipal ● 28 Centro Cultural ● 29 Coliseo ● 9 Concejo ● 10 Estación de Policía ● 18, 20 Estación de Servicio ● 30 Hogar Infantil ● 0 Hospital ● 6 Iglesia Católica ● 4, 7 Institución Educativa ● 17 Internado Niños ● 14 Internado Niños ● 21 La Bóveda ● 22 Lacteos El Retorno ● 23 Maloca ● 16 Manga de Coloso ● 27 PTAP ● 26 PTAR ● 1, 2 Parque ● 5 Parque Principal ● 24 Parquesadero ● 15 Piscina Municipal ● 12 Puesto de Salud ● 25 Subestación Eléctrica Barrios ■ 1° de Noviembre ■ El Centro ■ El Jardín ■ El Progreso ■ El Quindío ■ El Recreo ■ Los Lagos ■ Urbanización La Libertad Puntos ■ Fin ■ Inicio Dirección ➔ Contra vía ➔ Recorrido muerto ➔ Recorrido productivo Fuente: Cartografía vectorial generada a partir de: -IGAC Catastro LOCALIZACIÓN GENERAL Escala: 1:2470 1 centímetro equivale a 24.70 metros PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA Escala: 1:2470 1 centímetro equivale a 24.70 metros

Tabla 2. Continuación.

Casco urbano de
9:00 am a 4:00 pm
(Alto riesgo en la
Carrera 13)



Casco urbano de
9:00 am a 4:00 pm
Temporada seca

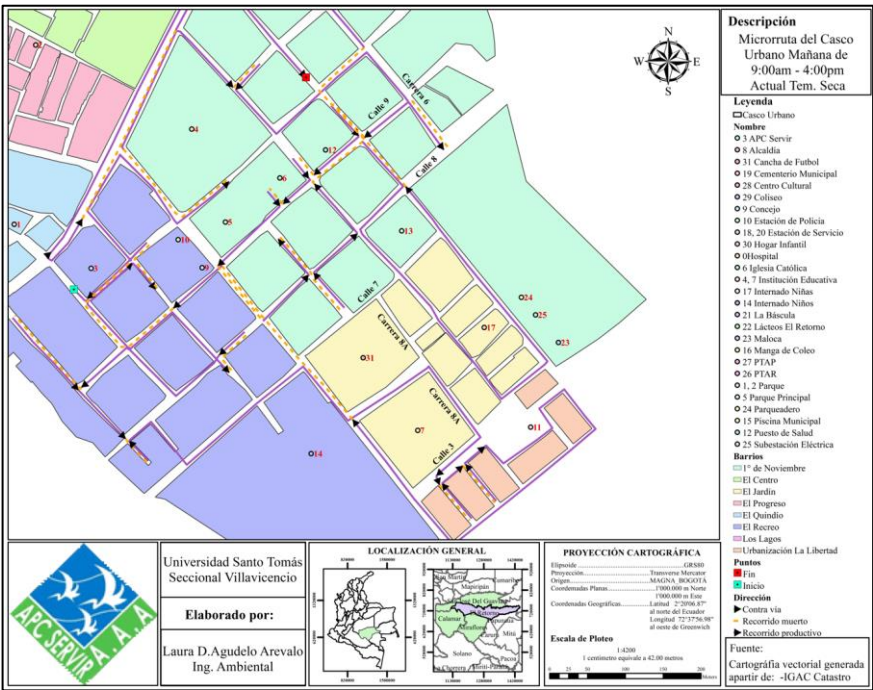
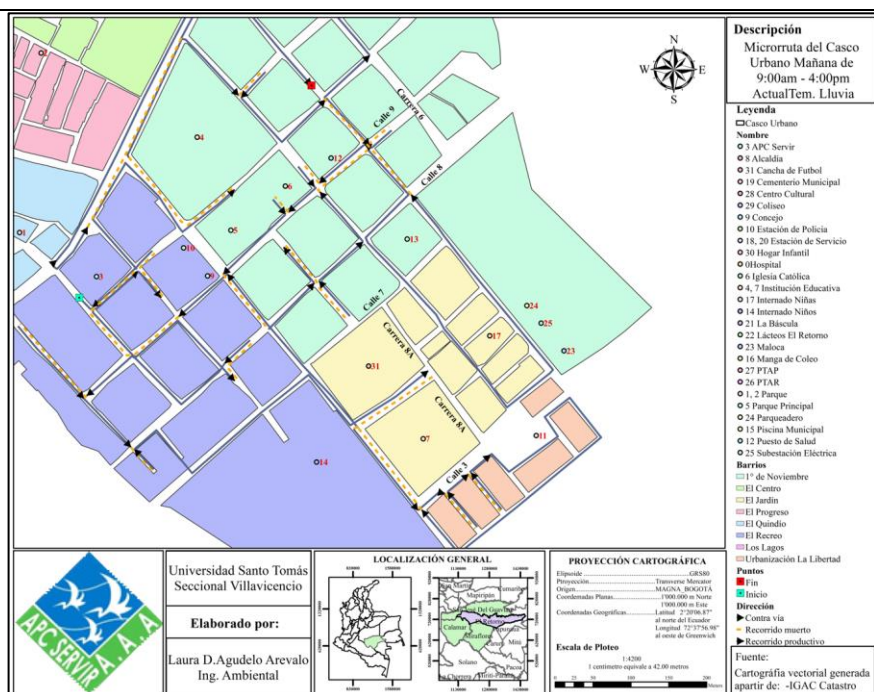


Tabla 2. Continuación.

Casco urbano de
9:00 am a 4:00 pm
Temporada de lluvia
(vías que no se pueden
transitar carrera 6,
calle 9, carrera 8A)



Inspección La Libertad
(Contravía en la
carrera 6)

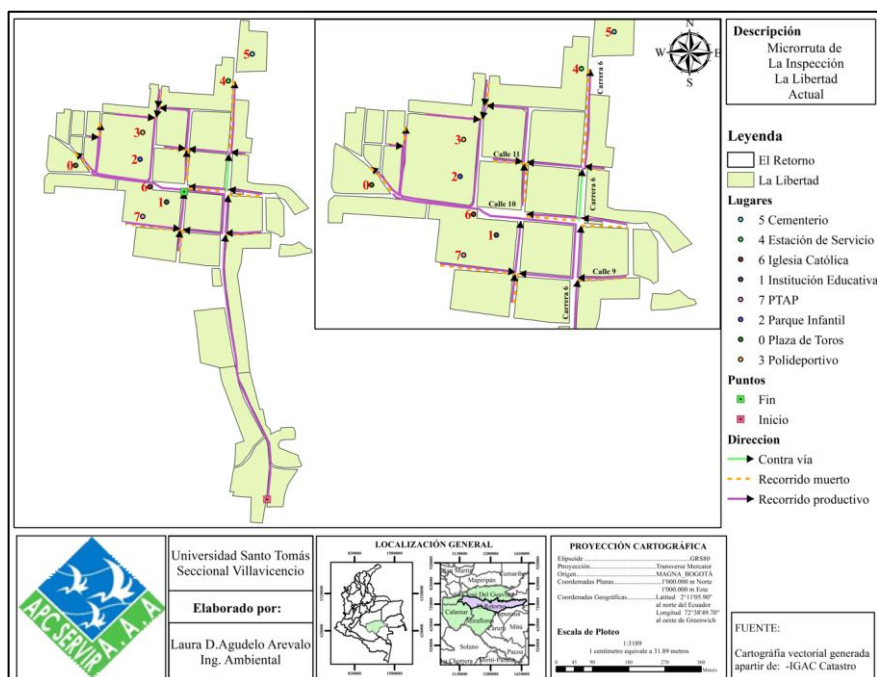
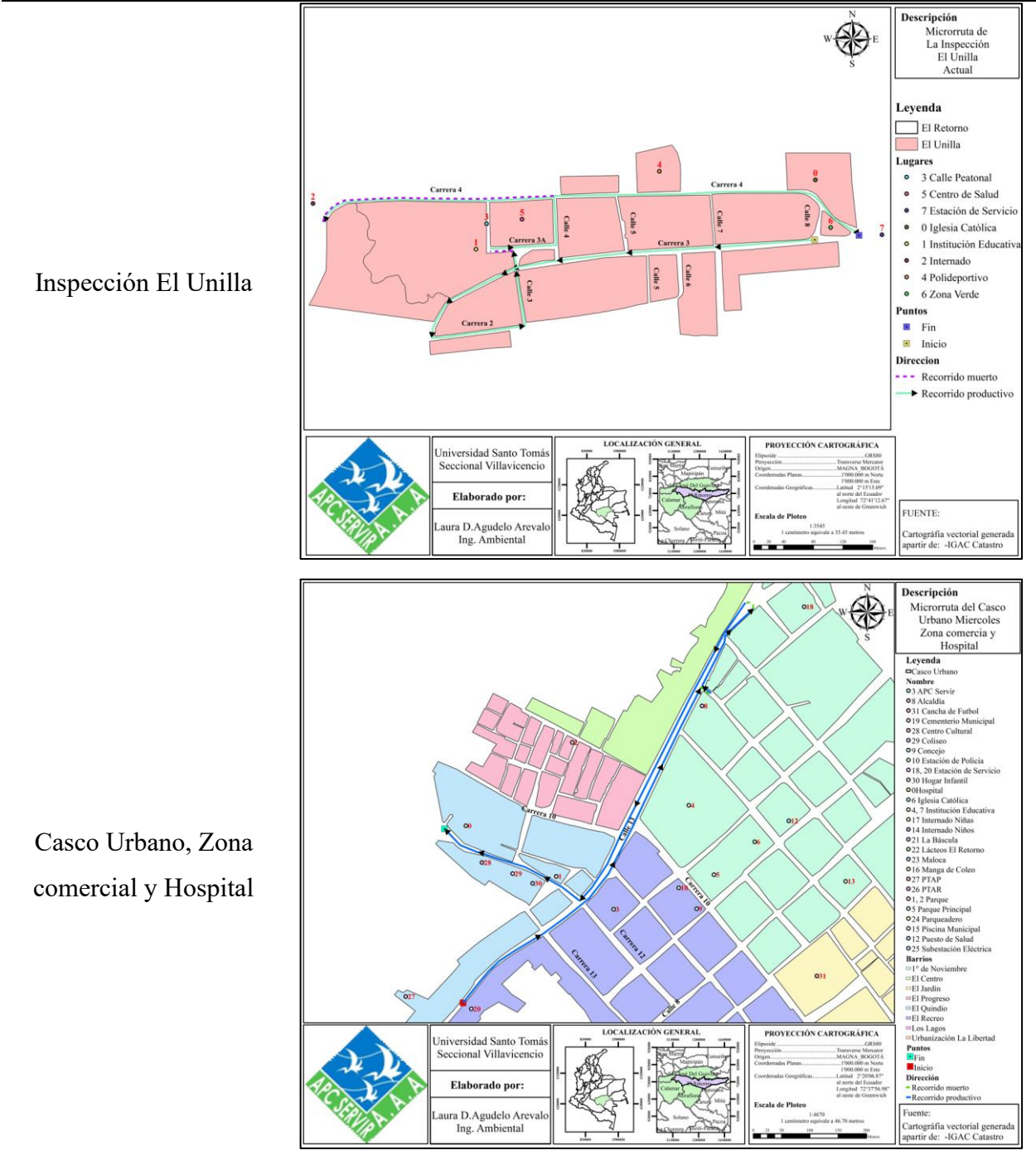


Tabla 2. Continuación.



Nota. Adaptado del software ArcGIS.

Según la información suministrada por el conductor del vehículo recolector, el servicio de recolección de residuos sólidos en el municipio se organiza de acuerdo con una programación establecida, diferenciada por zonas y días de la semana.

- Lunes y viernes: La recolección en el casco urbano se realiza en dos jornadas. La primera, de 6:30 am a 8:30 am, abarca los barrios El Quindío, El Progreso y Villa Alegría. La segunda, de 9:00 am a aproximadamente 4:00 pm, comprende los barrios Recreo, Jardín, Urbanización La Libertad, 1° de noviembre, El Centro y Los Lagos.
- Miércoles: El vehículo recolector inicia su recorrido a las 06:00 am desde el casco urbano hacia la inspección de La Libertad (ubicada a 18,5 km del casco urbano). La recolección en esta zona inicia aproximadamente a las 7:00 am y finaliza a las 11:00 am, momento en el cual los operarios realizan un receso para el almuerzo. Posteriormente, el recorrido continuo hacia la inspección de El Unilla (situada a 18,36 km de La Libertad y a 25,57 km del casco urbano), Tras completar la recolección en la zona rural, el vehículo regresa al casco urbano para realizar la recolección en la zona comercial del centro y en el hospital, finalizando el recorrido aproximadamente a las 04:00 pm

*Para la operación del servicio, en el municipio se han adoptado dos metodologías de recolección, dependiendo de las condiciones de accesibilidad vial y la disposición física de las viviendas, como se observa en la **Tabla 3***

Tabla 3. *Métodos de recolección de residuos sólidos.*

Método	Condiciones de aplicación	Barrios
Acera	Se aplica en zonas donde el vehículo recolector puede acceder directamente frente a las viviendas.	En el casco urbano en los barrios de El Quindío, El Recreo, Primero de Noviembre, Urbanización La Libertad, El Centro y Los Lagos y en las inspecciones
Esquina o Parada fija	Se aplica en sectores con restricciones de acceso para el vehículo recolector, ya sea por dimensiones o vías estrechas u obstruidas.	En el casco urbano en los barrios El Progreso y El Jardín

Durante el análisis de las rutas de recolección en el casco urbano, se identificó una irregularidad normativa, dado que el vehículo recolector circulaba en contravía por la vía nacional, específicamente en la calle 13, como se observa en la **Tabla 2**, lo cual infringe lo dispuesto en el artículo 2° de la Ley 2435 de 2024, que modifica el literal D.3 del artículo 131 de la Ley 769 de 2002, estableciendo sanciones para la circulación en sentido contrario al estipulado para la vía, calzada o carril.

Asimismo, se identificaron tres (3) vías críticas dentro del casco urbano, específicamente en la carrera 6, calle 9, carrera 8A. Durante la época seca, el vehículo recolector puede ingresar sin inconvenientes para la recolección de residuos; sin embargo, en temporada de lluvias, las condiciones de estas vías impiden su acceso, imposibilitando el ingreso lo que obliga a los operarios a trasladar manualmente los residuos hasta la esquina, donde el vehículo procede a recogerlos.

De forma similar, en la inspección de La Libertad, se evidenció una situación similar de circulación en contravía en un tramo de la carrera 6, vía nacional.

En cuanto a la inspección El Unilla, se determinó que la microrruta actual es óptima, tanto en cobertura, como en operatividad, por lo que no se consideró necesario realizar modificaciones en su trazado.

Estas observaciones se obtuvieron a partir del análisis de las rutas proporcionadas por el conductor del vehículo recolector y del acompañamiento de campo realizado, durante el cual fue posible identificar las restricciones operativas presentes en cada recorrido (ver registro fotográfico en el **Anexo 3**).

5.1.2 Revisión de los manuales operativos

Actualmente, la empresa no dispone de manuales operativos para la prestación del servicio de aseo. Por esta razón, en el marco de esta pasantía se procedió a realizar la elaboración de un manual operativo que contempló las funciones y responsabilidades de los operarios encargados, la selección adecuada de los equipos de protección personal y la planificación eficiente de las rutas de recolección. El documento elaborado, permitirá brindar lineamientos para optimizar los procesos y garantizar el cumplimiento de los estándares de seguridad y calidad en la prestación del servicio.

5.2. Fase 2. Optimización de rutas, actualización de manuales operativos

Esta fase se encuentra enfocada en la optimización de las rutas de recolección y elaboración del manual operativo.

5.2.1 Optimización de rutas de recolección

Tras la revisión de las microrrutas de recolección, se determinó que la correspondiente a la inspección El Unilla es óptima en términos de cobertura, tiempo de operación y condiciones viales, por lo cual no se considera necesaria su modificación. Sin embargo, en el casco urbano y en la inspección de La Libertad se identificaron inconsistencias operativas que requieren ser corregidas.

Entre las problemáticas identificadas se encontraron trayectos en contravía y maniobras en reversa, especialmente en vías con alta presencia de peatones o vehículos de carga estacionados, lo cual representa riesgos tanto para los operarios como para la comunidad en general. De acuerdo con lo establecido en el Decreto 2981 de 2013, las maniobras en reversa deben minimizarse en la planificación de rutas de recolección.

En este sentido, se realizó un ajuste técnico en las microrrutas, con el fin de optimizar los recorridos, reducir al máximo las maniobras en reversa y mejorar tanto la eficiencia operativa como la seguridad del servicio. Las modificaciones se detallan en la **tabla 4**, junto con la descripción por jornadas y zonas atendidas.

Tabla 4. Microrrutas optimizadas del casco urbano y la inspección de La Libertad.

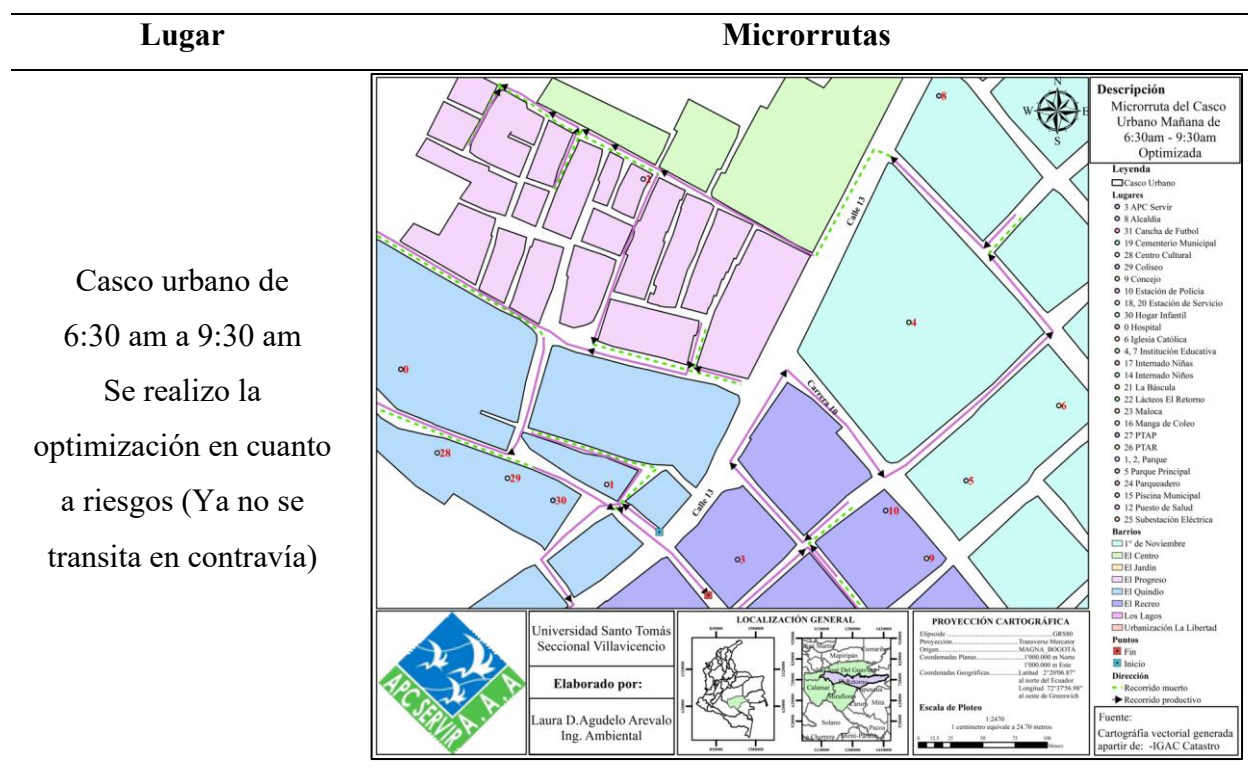
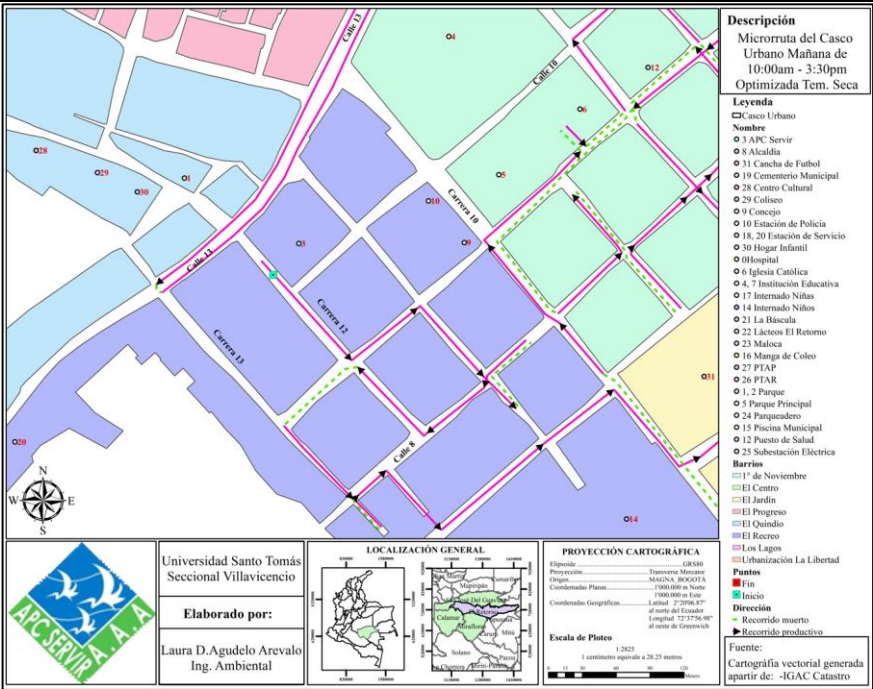


Tabla 4. Continuación.

Casco urbano de
10:00 am a 3:00 pm
Temporada seca



Casco urbano de
10:00 am a 3:00 pm
Temporada de lluvias

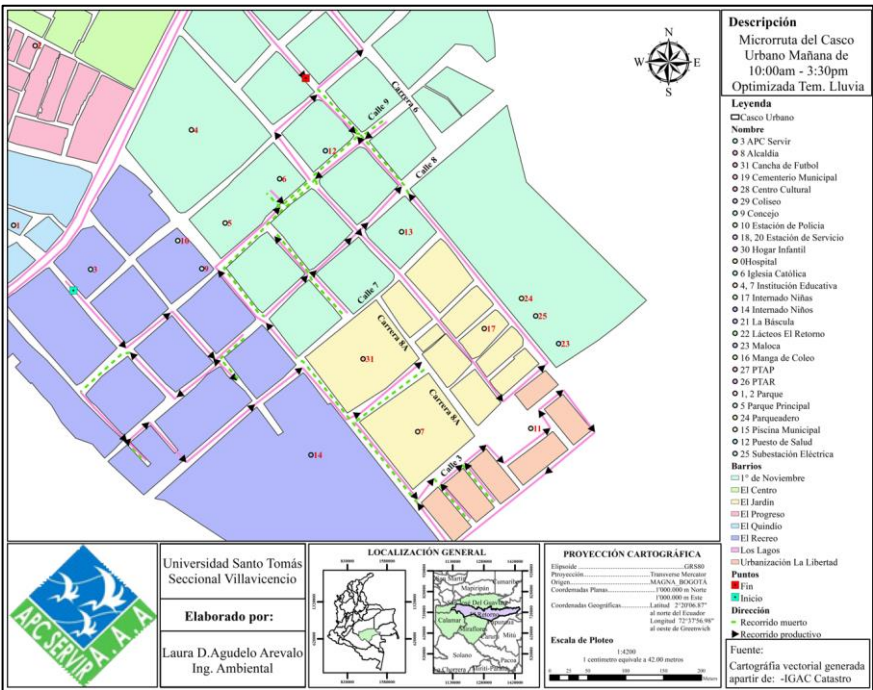
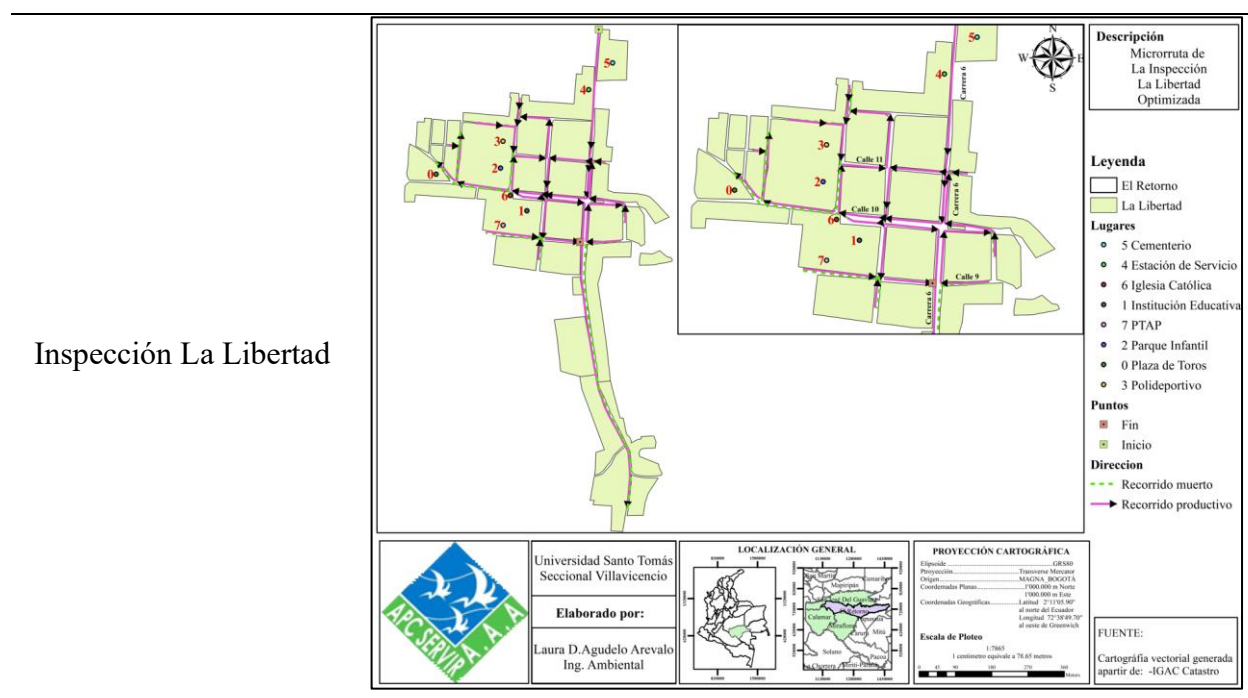


Tabla 4. Continuación.

Nota. Adaptado del software ArcGIS.

El proceso de optimización no implicó una reducción en las horas totales de operación. En el caso del casco urbano, la jornada continúa desarrollándose en un promedio de nueve horas, mientras que para la inspección de La Libertad se mantienen las cinco horas habituales. Sin embargo, sí se logró una mejora significativa en términos de seguridad vial, continuidad del servicio y fluidez operativa, al eliminar zonas de circulación en contravía y reducir puntos conflictivos que requerían reversa.

En el casco urbano, por ejemplo, se eliminaron dos trayectos que anteriormente se hacían en contravía, y se rediseñó el acceso al barrio El Recreo para evitar una maniobra de reversa en la carrera 13, la cual presentaba complicaciones debido a la presencia frecuente de vehículos pesados estacionados en la vía. Adicionalmente, se identificaron calles con acceso restringido durante la temporada de lluvias, lo cual afectaba la continuidad del servicio. En respuesta a esta situación, se diseñaron dos mapas diferenciados: uno para temporada seca y otro para temporada de lluvias, permitiendo ajustar el recorrido según las condiciones viales y garantizar una cobertura efectiva.

En la inspección de La Libertad, se corrigió un tramo crítico de la carrera 6, que corresponde a la vía nacional, donde el vehículo circulaba en sentido contrario. Asimismo, se ajustaron los accesos en las calles 10 y 11 y en la carrera 7, donde anteriormente se ingresaba en

reversa. Estos cambios no solo disminuyeron los riesgos operativos, sino que también contribuyeron a mejorar el ritmo del recorrido sin alterar el tiempo total estimado para la jornada. *Como resultado del proceso de optimización de las microrrutas, se ajustaron los horarios de recolección en el casco urbano, conservando la duración total de la jornada, pero mejorando la seguridad operativa y la cobertura efectiva. A continuación, se presenta la*

Tabla 5, donde se comparó entre la programación actual y la optimizada para la prestación del servicio en el casco urbano los días lunes y viernes, con el fin de mejorar la eficiencia operativa y las maniobras en reversa. A continuación, se presenta la programación ajustada del servicio de recolección, discriminada por jornada, sector atendido y condiciones específicas según la temporada climática:

Tabla 5. *Optimización de las jornadas.*

Jornada	Antes (programación y observaciones)	Ahora (programación optimizada)	Optimización implementada
	- 6:30 a.m. a 3:30 p.m.	- Jornada dividida en dos:	- Eliminación de tramos en contravía
Lunes y viernes (Casco Urbano)	- Tramos en contravía (2 casos)	• 6:30 a.m. – 9:30 a.m.	- Reorganización del acceso a El Recreo (evita reversa)
	- Maniobra de reversa en carrera 13	• 10:00 a.m. – 3:30 p.m.	- Trazados diferenciados por temporada
	- Sin rutas diferenciadas por clima	- Mapas diferenciados por clima	
	- Ruta lineal:		- Reducción de maniobras en reversa
Miércoles (rural)	Casco urbano → La Libertad → El Unilla → centro/hospital	- Ajustes en accesos a La Libertad (calles 10, 11 y carrera 6)	- Eliminación de tramos en contravía
	- Contravía y reversa en calles 10, 11 y carrera 6		

5.2.2 Actualización de manuales operativos

La empresa no contaba previamente con manuales operativos, por lo que no fue posible hacer una actualización. En su lugar, se elaboró por primera vez un manual operativo específico para el servicio de aseo, cubriendo aspectos fundamentales como funciones del personal, elección de Elementos de Protección Personal (EPP) y definición de rutas. Aunque esto representa un avance significativo, al no haber una versión anterior que actualizar, técnicamente no se cumple con el ítem de “actualización” como tal.

El Manual Operativo del Servicio de Aseo fue formulado con el propósito de estandarizar las actividades del personal encargado de la recolección de residuos sólidos en el municipio de El Retorno, promoviendo una gestión más eficiente, segura y conforme a la normativa vigente. Su creación busca brindar una guía clara que facilite la planificación, ejecución y supervisión de las labores operativas, fortaleciendo así la prestación del servicio. Este documento completo se puede verificar en el **Anexo 4**.

El manual se estructura en diversas secciones técnicas que abordan aspectos operativos y administrativos del servicio de recolección. En primer lugar, se realizó la reorganización de las microrrutas en el casco urbano y en las inspecciones de La Libertad y El Unilla, estableciendo horarios diferenciados por jornada y diseñando dos mapas específicos para el casco urbano: uno para temporada seca y otro para temporada de lluvias. Esta diferenciación es debido a las dificultades de acceso vehicular en determinadas calles durante la época de lluvias.

En cuanto a los procedimientos operativos, se definió los pasos a seguir antes, durante y después de la jornada de recolección, incluyendo la inspección mecánica del vehículo, el uso adecuado de los elementos de protección personal (EPP), el manejo de residuos y el registro detallado de la actividad.

Asimismo, se especificó las funciones del personal, tanto del conductor como de los operarios de recolección, de acuerdo con lo establecido en el “Manual Específico de Funciones y de Competencias Laborales de la APC servir” (APC Servir, 2024), haciendo énfasis en el trabajo colaborativo, la seguridad y el cumplimiento estricto de las rutas establecida. Se incluyó las características mínimas que deben cumplir los equipos y vehículos utilizados, teniendo en cuenta que estas especificaciones pueden variar según el tipo de equipo. Por ello, en el manual operativo se detallan de manera específica dichas características para cada caso, con base en la normatividad técnica aplicable y en los lineamientos internos de la empresa, garantizando así el cumplimiento de los requisitos en materia de seguridad, funcionalidad y eficiencia operativa, así como el procedimiento para el mantenimiento, almacenamiento y uso correcto del EPP, garantizando así la protección del personal.

En relación con la seguridad y salud en el trabajo, el manual incorpora los protocolos para la prevención de riesgos laborales, en concordancia con la normativa nacional vigente la resolución 0312 de 2019 por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad

y Salud en el Trabajo SG-SST (Ministerio del Trabajo, 2019), lo que contribuye a generar condiciones más seguras para la prestación del servicio.

De manera complementaria, el manual incluye una sección administrativa orientada al seguimiento y control del servicio, en la cual se formularon tres formatos principales. El primero corresponde al registro diario de rutas, que permite documentar el recorrido realizado, los horarios de inicio y finalización y las novedades ocurridas durante la jornada. El segundo es una solicitud de cambio de ruta, diseñada para que el personal pueda proponer ajustes fundamentados en observaciones de campo, los cuales deben ser aprobados por el coordinador del servicio. Finalmente, se formuló un formato de entrega de residuos sólidos, que permite verificar el peso neto entregado en el relleno sanitario El Algarrobo, operado por Ambientar S.A. E.S.P., mediante la comparación del peso de entrada y salida del vehículo recolector.

Este manual es una herramienta clave para la gestión del servicio, ya que permite unificar criterios, reducir improvisaciones y mejorar la calidad del trabajo operativo. Además, fortalece la seguridad de los trabajadores y facilita el seguimiento por parte de la supervisión y las autoridades ambientales o sanitarias.

Cabe destacar que este manual fue diseñado y validado durante el proceso de intervención, a partir del diagnóstico inicial realizado en campo y con la participación del personal operativo. Su elaboración responde a una necesidad identificada por la ausencia de lineamientos escritos que guiaran la operación, por lo que su implementación representa un avance significativo hacia la formalización y mejora del servicio de aseo.

5.2.3 Gestión de contabilidad de los residuos recolectados

Con el fin de garantizar un control preciso sobre los residuos sólidos recolectados y su disposición final, se diseñó una matriz en Excel que permite llevar un registro detallado de los pesos manejados por el vehículo recolector al momento de ingresar y salir del relleno sanitario El Algarrobo, operado por la empresa Ambientar S.A. E.S.P. Esta herramienta constituye un soporte técnico fundamental dentro del proceso de verificación y validación de los datos utilizados para la facturación del servicio de aseo, específicamente en lo relacionado con el componente de disposición final.

La matriz contiene campos que permiten registrar variables como mes, origen de la recolección (casco urbano o zona rural), día, mes y año del registro, peso del vehículo al ingreso del relleno sanitario El Algarrobo (entrada), peso al egreso del relleno sanitario El Algarrobo (salida), y el cálculo del peso neto (diferencia entre entrada y salida) como se observa en la **Tabla 6**. Registro de los pesos del vehículo recolector.. Esta información se contrasta con los pesajes oficiales realizados en la báscula del relleno sanitario los cuales se dan por medio de unos recibos (Ver **Anexo 5**), conforme a la metodología establecida en la Resolución CRA 853 de 2018 y la tarifa adoptada por la empresa APC Servir para el periodo julio 2023 – junio 2024.

Tabla 6. Registro de los pesos del vehículo recolector.

MES	ORIGEN	FECHA			PESO		PESO NETO
		Día	Mes	Año	ENTRADA	SALIDA	
DICIEMBRE	Casco Urbano	3	12	2024	15010	9810	5200
	Rural	5	12	2024	14390	9900	4490
	Casco Urbano	6	12	2024	15860	9800	6060
	Casco Urbano	10	12	2024	14390	9800	4590
	Rural	12	12	2024	14800	9870	4930
	Casco Urbano	13	12	2024	15440	9790	5650
	Casco Urbano	17	12	2024	14240	9760	4480
	Rural	19	12	2024	14490	9840	4650
	Casco Urbano	21	12	2024	15490	9880	5610
	Casco Urbano	23	12	2024	14960	9770	5190
	Rural	26	12	2024	15960	9900	6060
	Casco Urbano	28	12	2024	16530	9840	6690
	Casco Urbano	31	12	2024	15380	9780	5600
	Rural	2	1	2025	15370	9940	5430
ENERO	Casco Urbano	3	1	2025	15990	9830	6160
	Casco Urbano	7	1	2025	16480	9800	6680
	Rural	9	1	2025	14990	9970	5020
	Casco Urbano	10	1	2025	14310	9800	4510
	Casco Urbano	14	1	2025	14760	9740	5020
	Rural	16	1	2025	14600	9820	4780
	Casco Urbano	17	1	2025	14820	9780	5040
	Casco Urbano	21	1	2025	14530	9750	4780
	Rural	23	1	2025	14540	9820	4720
	Casco Urbano	25	1	2025	15010	9800	5210
	Casco Urbano	27	1	2025	14680	9770	4910
	Rural	30	1	2025	15150	9870	5280
	Casco Urbano	31	1	2025	16050	9850	6200

Tabla 6. Continuación.

FEBRERO	Casco Urbano	4	2	2025	14880	9780	5100
	Rural	5	2	2025	14730	9850	4880
	Casco Urbano	7	2	2025	15510	9790	5720
	Casco Urbano	11	2	2025	15230	9770	5460
	Rural	13	2	2025	14850	9820	5030
	Casco Urbano	14	2	2025	14800	9810	4990
	Casco Urbano	17	2	2025	14260	9750	4510
	Rural	19	2	2025	14060	9820	4240
	Casco Urbano	21	2	2025	15100	9800	5300
	Casco Urbano	24	2	2025	15140	9780	5360
	Rural	27	2	2025	15580	9880	5700
	Casco Urbano	28	2	2025	15420	9850	5570
MARZO	Casco Urbano	3	3	2025	15240	9780	5460
	Rural	6	3	2025	14830	9900	4930
	Casco Urbano	8	3	2025	15650	9890	5760
	Casco Urbano	11	3	2025	15640	9760	5880
	Casco Urbano	17	3	2025	11100	7500	3600
	Casco Urbano	17	3	2025	10200	7460	2740
	Rural	18	3	2025	18190	13410	4780
	Rural	18	3	2025	12350	7520	4830
	Casco Urbano	18	3	2025	15860	13220	2640
	Casco Urbano	22	3	2025	16870	9960	6910
	Casco Urbano	25	3	2025	15460	9870	5590
	Rural	27	3	2025	16310	9800	6510
	Casco Urbano	28	3	2025	14690	9880	4810
	Casco Urbano	31	3	2025	15260	9820	5440

Esta matriz facilita el seguimiento de la cantidad de residuos efectivamente dispuestos y permite contrastar los datos con las facturas emitidas por Ambientar S.A. E.S.P., asegurando la veracidad del cobro por concepto de disposición final. Además, cumple un papel clave en la aplicación de la metodología tarifaria establecida por la Resolución CRA 853 de 2018, la cual es adoptada por APC Servir para el cálculo de tarifas vigentes en el periodo julio 2023 – junio 2024. *Por ejemplo, durante el mes de diciembre de 2024, según los registros internos de APC Servir, el total de residuos entregados en el Relleno Sanitario El Algarrobo fue de 69,97 toneladas. Esta cifra fue contrastada con la factura emitida por Ambientar S.A. E.S.P. correspondiente a ese mes, en la cual se registra el mismo peso dispuesto (Ver*

Anexo 6). Este contraste mensual permite verificar que el Costo de Disposición Final Total (CDFT) cobrado corresponde efectivamente al total de toneladas realmente dispuestas, como lo establece la metodología en el ítem 8.2 del documento tarifario. Este procedimiento no solo mejora la trazabilidad y la transparencia en la gestión de residuos, sino que también contribuye a una mejor planificación operativa y financiera del servicio de aseo.

5.3. Fase 3. Diseño del plan de seguimiento y monitoreo para el cumplimiento normativo y operativo

En esta fase se plantea el diseño del plan de seguimiento y monitoreo orientado a evaluar de forma continua el cumplimiento normativo, operativo y de seguridad en la prestación del servicio de aseo en el municipio de El Retorno, Guaviare. El propósito del plan fue establecer herramientas que permitan detectar fallas operativas, verificar el cumplimiento de rutas, reforzar la seguridad laboral y asegurar la aplicación de la normativa vigente.

El plan está estructurado en cuatro componentes principales: i) monitoreo de la operación del servicio, ii) seguimiento de las rutas de recolección, iii) seguridad laboral y iv) cumplimiento normativo. Cada componente incluye actividades específicas, métodos de verificación y metas que pueden ser evaluadas mediante herramientas accesibles, como registros manuales, observación directa y formatos diseñados para el personal operativo.

Entre las actividades clave a monitorear se destacan:

- La verificación del cumplimiento de las jornadas programadas y el correcto funcionamiento del vehículo recolector.
- La cobertura efectiva de las rutas urbanas y rurales, sin alteraciones no autorizadas.
- El uso adecuado de los elementos de protección personal por parte de los operarios.
- El cumplimiento de las normas de disposición final y atención oportuna a las PQRS.

Para cada una de estas actividades se definieron indicadores de seguimiento. Como se observa en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Indicadores de seguimiento.

Actividad	Indicador	Fórmula o método	Meta	Frecuencia	Método de verificación
Operación del servicio	% de cumplimiento de jornadas programadas	$\left(\frac{\text{Jornadas cumplidas}}{\text{Jornadas programadas}} \right) \times 100$	95%	Semanal	Registro Diario de Rutas (Formato 1)
	% de rutas realizadas sin interrupciones	$\left(\frac{\text{Rutai sin interrupciones}}{\text{Rutas programadas}} \right) \times 100$	90%	Semanal	Formato 1 + observación directa
	Promedio de residuos recolectados por jornada	$\left(\frac{\text{Toneladas recolectadas}}{N^{\circ} \text{ Jornadas}} \right) \times 100$		Mensual	Formato 3: Entrega de Residuos Sólidos
	Frecuencia de fallas reportadas en el vehículo recolector	<i>Número de fallas reportadas en el mes</i>	< 2 fallas en el mes	Mensual	Bitácora de mantenimiento del vehículo

Tabla 7. Continuación.

Seguimiento de Rutas de recolección	% de cobertura de rutas sin modificaciones	$\left(\frac{\text{Rutas sin cambios}}{\text{Total de rutas}} \right) \times 100$	90%	Mensual	Solicitudes de Cambio de Ruta (Formato 2)
Seguimiento de Rutas de recolección	% de cobertura efectiva (zonas atendidas vs planificadas)	$\left(\frac{\text{Zonas atendidas}}{\text{Zonas planificadas}} \right) \times 100$	100%	Mensual	Registro diario (Formulario 1) + observación de campo
	% de operarios con EPP completo y en buen estado	$\left(\frac{\text{Nº operarios con EPP}}{\text{Total de operarios}} \right) \times 100$	100%	Quincenal	Listado de EPP, inspecciones de campo
Seguridad laboral	Nº de capacitaciones realizadas sobre SST	$\left(\frac{\text{Nº de trabajadores capacitados}}{\text{Total de trabajadores}} \right) \times 100$	1 cada 2 meses	Trimestral	Informe de Seguridad y Salud en el Trabajo
	Nº de accidentes e incidentes laborales	$\left(\frac{\text{Nº accidentes mes actual} - \text{Nº accidentes mes anterior}}{\text{Nº accidentes del mes anterior}} \right) \times 100$	90%	Mensual	Reporte de accidentes laborales

Tabla 7. Continuación.

Cumplimiento normativo	% de residuos dispuestos adecuadamente	$\left(\frac{\text{Toneladas dispuestas}}{\text{Toneladas recolectadas}} \right) \times 100$	100%	Mensual	Formato 3: Entrega de Residuos Sólidos
	% de PQRS resueltas dentro del plazo	$\left(\frac{\text{PQRS resueltas en } \leq 15 \text{ días}}{\text{Total PQRS}} \right) \times 100$	95%	Mensual	Registro de PQRS

Además, se diseñaron tres formatos operativos complementarios: el Registro Diario de Rutas (Formato 1), la Solicitud de Cambio de Ruta (Formato 2) y el Registro de Entrega de Residuos Sólidos (Formato 3). Estos documentos fortalecen la trazabilidad, facilitan la sistematización de datos y permiten que la empresa tome decisiones con base en evidencia operativa.

Como resultado del diseño de este plan, se concluye que su implementación no solo facilitará el control del servicio, sino que también contribuirá a la mejora continua de la calidad, la seguridad del personal y el cumplimiento de la normatividad aplicable. Las recomendaciones derivadas del análisis incluyen el fortalecimiento del uso de los formatos, la realización de espacios periódicos de retroalimentación con el personal operativo y la integración de este plan con las estrategias educativas y comunitarias del servicio de aseo.

El plan completo, junto con los formatos de control diseñados, se encuentra disponible en el **Anexo 7**.

5.4. Revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS)

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del municipio de El Retorno formulado en el 2015 y actualizado en el año 2017 mediante la resolución 342 del 4 de mayo de 2017 (Alcaldía El Retorno, 2017), Guaviare, es un instrumento fundamental para la adecuada gestión de los residuos, asegurando su recolección, transporte, tratamiento y disposición final conforme a la normativa vigente. La revisión realizada evaluó el avance en la ejecución del PGIRS en su séptimo año de implementación, con especial atención a las actividades desarrolladas por la Administración Pública Cooperativa Servir, empresa prestadora del servicio público de aseo.

El análisis se realizó con base en la metodología de la Resolución 754 de 2014, utilizando una lista de chequeo para verificar el cumplimiento de los requisitos normativos como se muestra en la **Tabla 8**. Se evaluó la estructura del PGIRS, la formulación de programas, la planificación financiera y el seguimiento a los tres programas establecidos en el plan.

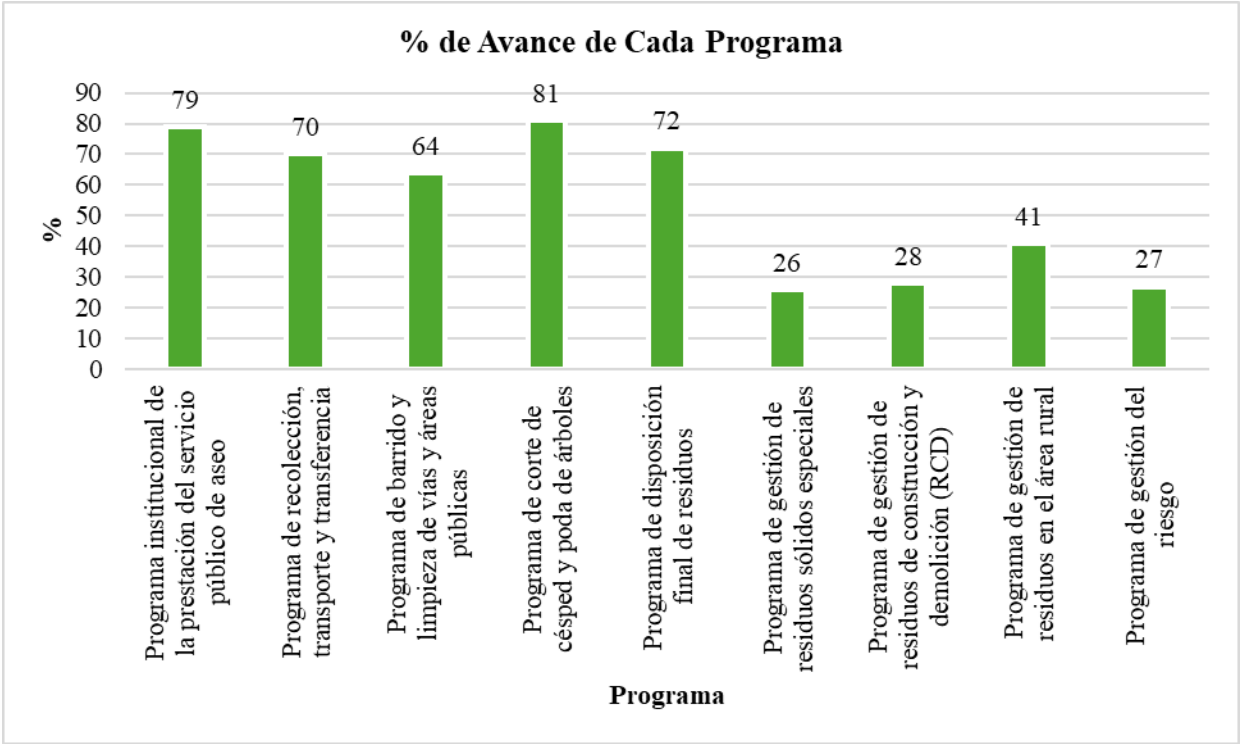
Tabla 8. Lista de chequeo.

 		REVISIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PGIRS), EN EL MUNICIPIO DE EL RETORNO, GUAVIARE			
Persona a cargo:	Laura Daniela Agudelo Arevalo				
Programa:	Ingeniería Ambiental				
Fecha:	03/02/2025				
ITEM	ASPECTOS POR EVALUAR	Parámetros Requeridos Cumplidos	Cumple	Cumple Parcialmente	No Cumple
1	Organización para la formulación				
	Grupo Coordinador				
	Grupo técnico				
2	Línea Base				
	Parámetros				
	Proyecciones				
	Árbol de problemas				
	Priorización del problema				
3	Objetivos y Metas				
	Árbol de Objetivos				
	Definición de objetivos y metas				
4	Programas y proyectos para la implementación PGIRS				
	Análisis de comparación y selección de alternativas				
	Selecciones de alternativas				
	Contenido mínimo de los programas y proyectos				
5	Cronograma				
6	Plan financiero				
7	Implementación Evaluación y seguimiento				
8	Revisión y actualización PGIRS				

Nota. Adoptado de informe Evaluación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), en el municipio de Paratebueno – Cundinamarca (Morales & Chacón, 2021).

En términos de cumplimiento, los programas con mayor ejecución fueron el de corte de césped y poda de árboles (81%) y el institucional de la prestación del servicio público de aseo (79%), reflejando una adecuada gestión en estos componentes. En contraste, los programas con menor ejecución fueron el de gestión de residuos sólidos especiales (26%), gestión del riesgo (27%) y gestión de residuos en el área rural (41%), evidenciando dificultades en su implementación debido a limitaciones de infraestructura y financiamiento como se observa en la **Figura 3**

Figura 3. Porcentaje de avance de los programas.



Nota. Adoptado del Informe de Seguimiento y evaluación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS (Alcaldía El Retorno, 2024).

A partir de estos hallazgos, se recomendó ajustar la microrruta de recolección para garantizar el cumplimiento normativo, fortalecer la gestión de residuos en el área rural, mejorar la planificación financiera e implementar estrategias para optimizar la cobertura de los programas con menor ejecución como se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Recomendaciones del informe de revisión del PGIRS de El Retorno.

Recomendación	Plazo	Justificación del plazo
Incluir referencia a la Resolución 274 de 2017 en la sección de los grupos técnico y coordinador	Corto	Solo requiere un ajuste documental; fortalece la validez legal del PGIRS y puede implementarse en la próxima actualización del documento.
Incorporar análisis comparativo de alternativas antes de definir estrategias	Corto	Mejora la planificación técnica; es un ajuste metodológico que puede integrarse sin requerir inversión adicional.
Agregar resumen de costos por periodo, fuentes de financiación, análisis de riesgos financieros y criterios de priorización	Mediano	Requiere revisión presupuestal, definición técnica de prioridades e integración de información de varias dependencias institucionales.
Incluir información detallada sobre la actualización del PGIRS del año 2017	Corto	Es un complemento histórico y técnico que puede documentarse con archivos ya existentes en la administración municipal.
Incluir enlace o referencia a la plataforma donde se publicará el PGIRS actualizado	Corto	Acción sencilla de implementación que mejora la transparencia y acceso público al documento.
Especificar responsable principal en el programa de gestión del riesgo (proyecto de instalación de contenedores)	Corto	Fortalece la claridad operativa y la rendición de cuentas; puede establecerse con base en funciones ya asignadas.
Asignar a la Alcaldía la identificación de zonas estratégicas para contenedores	Mediano	Implica trabajo de campo y coordinación institucional; requiere planificación territorial.
Encargar a la empresa prestadora el cálculo de volúmenes de emergencia y el apoyo técnico	Mediano	Depende de insumos técnicos, recursos humanos y articulación interinstitucional con la Alcaldía.
Asignar a la Alcaldía la compra de contenedores y a la empresa su instalación y mantenimiento	Mediano	Involucra inversión pública y gestión contractual; requiere definir recursos, responsables y cronograma.

Tabla 9. Continuación.

Evaluar el impacto del cierre del relleno sanitario y proponer soluciones para mitigar afectaciones ambientales y operativas	Mediano	Requiere análisis técnico y financiero, articulación regional y formulación de alternativas viables para la disposición final.
Implementar procesos de formalización para recicladores informales	Mediano	Implica coordinación institucional, diseño de programas de inclusión y sensibilización comunitaria.
Actualizar el PGIRS para ajustar estrategias ante el crecimiento poblacional y cambios en la composición de residuos	Mediano	Se debe basar en estudios recientes y datos actualizados; requiere tiempo para su estructuración e integración normativa.

Para un análisis detallado de los programas, su grado de avance y las recomendaciones específicas, se adjunta el Informe de Revisión del PGIRS en el **Anexo 8**.

6. Conclusiones

El desarrollo de la pasantía profesional en la empresa APC Servir permitió evidenciar, desde una perspectiva técnico-operativa, las debilidades estructurales en la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos en el municipio de El Retorno. A través de un proceso metodológico dividido en tres fases diagnóstico, optimización y seguimiento, se trabajó en fortalecer la planificación, ejecución y control del servicio.

La intervención aportó mejoras importantes en aspectos como la organización de las rutas, la seguridad del personal, la claridad en los procedimientos y el cumplimiento de la normativa vigente. La elaboración del manual operativo permitió establecer criterios más claros sobre las funciones del personal, las buenas prácticas laborales y la forma correcta de llevar a cabo las actividades del servicio.

En general, las acciones implementadas fortalecieron la capacidad técnica de la empresa, mejoraron la eficiencia del servicio y dejaron herramientas útiles que, si se aplican de forma continua, pueden servir como base para consolidar un modelo de gestión más organizado y adaptado a las condiciones del municipio y su entorno.

7. Recomendaciones

A partir del trabajo desarrollado durante el periodo de pasantía en la empresa APC Servir, y con base en los resultados obtenidos en el diagnóstico, la optimización de rutas y la elaboración de herramientas operativas, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos, tanto en el contexto específico de la empresa como en experiencias similares.

Una primera recomendación para la empresa APC Servir consiste en establecer un proceso sistemático de actualización de las rutas de recolección. El crecimiento demográfico y urbano del municipio demanda una revisión periódica de los recorridos establecidos, con el fin de mantener la cobertura del servicio y evitar ineficiencias logísticas. A su vez, este proceso debe estar acompañado de una planificación flexible que permita adaptarse a los cambios en la infraestructura vial y en los patrones de generación de residuos.

Otro aspecto fundamental es la capacitación continua del personal operativo. La formación en manejo adecuado de residuos, uso correcto de los elementos de protección personal (EPP) y buenas prácticas en la prestación del servicio incide directamente en la seguridad de los trabajadores y en la calidad del servicio hacia la comunidad. Estas capacitaciones pueden implementarse en jornadas breves y periódicas, asegurando la actualización constante de los conocimientos técnicos y normativos.

En relación con las herramientas de gestión, se recomienda institucionalizar el uso del manual operativo. Este documento, al ser revisado y ajustado con regularidad, permite estandarizar los procedimientos, orientar el trabajo del personal y garantizar el cumplimiento de los requerimientos legales. Además, su aplicación contribuye a la mejora continua del servicio al facilitar procesos de auditoría y evaluación interna.

También resulta clave realizar un seguimiento sistemático a indicadores operativos, como la cantidad de residuos recolectados, los tiempos de recorrido y el consumo de combustible. Estos datos, analizados de forma periódica, permiten identificar oportunidades de mejora, reducir costos y promover una operación más eficiente y sostenible.

Para otras empresas que desarrollen actividades similares, es esencial entender que la eficiencia del servicio de aseo no depende exclusivamente de contar con más vehículos o personal, sino de una adecuada planificación, seguimiento de recorridos y control de tiempos. La

optimización debe basarse en criterios técnicos y logísticos, y no únicamente en el aumento de recursos físicos.

La documentación de procesos mediante manuales, protocolos y registros es otra práctica altamente recomendable. Esta permite una mayor claridad en la ejecución de las labores, facilita el entrenamiento de nuevos trabajadores y mejora los mecanismos de control interno. Además, representa una herramienta clave para auditorías externas y procesos de certificación de calidad.

En el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo, es indispensable establecer una política preventiva que cumpla con la resolución 0312 de 2019, incluyendo capacitaciones constantes, inspecciones de rutina y entrega oportuna de elementos de protección. La integridad del personal es un pilar básico de la operación y debe ser considerada una prioridad dentro de cualquier estrategia de mejora.

Respecto a la realización de pasantías en este tipo de empresas, se considera que estas representan un espacio de aprendizaje altamente valioso para los estudiantes de Ingeniería Ambiental. La posibilidad de participar en procesos reales, conocer la dinámica operativa del servicio público y enfrentar retos cotidianos del territorio, aporta una formación integral que difícilmente se logra solo desde el aula.

Para maximizar el valor de estas experiencias, se sugiere que las pasantías incluyan tanto actividades administrativas como operativas. El contacto directo con el personal en campo, la observación de rutas y la participación en procesos de mejora enriquecen el aprendizaje y favorecen la formulación de propuestas concretas, viables y contextualizadas.

Finalmente, se destaca la importancia de que estas labores sean desarrolladas por ingenieros e ingenieras ambientales. Su formación técnica y multidisciplinaria les permite comprender las dimensiones sociales, ambientales y normativas del servicio, proponer mejoras sostenibles y anticiparse a posibles impactos negativos. La presencia de profesionales del área ambiental en empresas de aseo contribuye significativamente a una gestión más eficiente, responsable y alineada con los principios del desarrollo sostenible. (APC Servir, 2024)

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de El Retorno. (20, agosto de 2020). Vías de comunicación de El Retorno
<https://www.elretorno-guaviare.gov.co/municipio/vias-de-comunicacion-del-municipio-de-el-retorno>
- Alcaldía El Retorno. (2015). Capítulo 0. Generalidades El Retorno V2. <https://www.elretorno-guaviare.gov.co/>
- Alcaldía El Retorno. (2017). Resolución 342 de 2017, Por medio del cual se adopta la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS del Municipio de El Retorno Guaviare.
- Alcaldía El Retorno. (2024). Informe de Seguimiento y Evaluación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS. Secretaría de Planeación.
- APC Servir. (2024). Estudio de costos y tarifas para el servicio público de aseo, servicio prestado por la Administración Pública Cooperativa Servir, de acuerdo con los lineamientos de la resolución CRA 853 de 2018 y 892 de 2019.
- APC Servir. (2024). Nosotros. [servirapc](https://servirapc.com/about/): <https://servirapc.com/about/>
- APC Servir. (2024). Por medio del cual se Actualiza el Manual Específico de Funciones y de Competencias Laborales de la APC Servir.
- APC Servir. (2025). Informe de Procedimiento Selección de EPP.
- Ariza, J., & José, M. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. *Ingeniería*, 19(2), 118-128.
<https://www.redalyc.org/pdf/467/46750925005.pdf>
- Awino, F., & Apitz, S. (2023). Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20(1), 9-35. <https://doi.org/10.1002/ieam.4774>
- Benítez-Bravo, R., Gomez-González, R., Rivas-García, P., Botello-Álvarez, J., Huerta-Guevara, O., García-León, A., & Rueda-Avellaneda, J. (2021). Optimization of municipal solid waste collection routes in a Latin-American context. *the Air & Waste Management Association*, 71(11), 1415-1427. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1957040>

- Camata, J., & Pari, I. (2019). Manual de operaciones del área de barrido y limpieza.. https://www.municipiovillazon.gob.bo/uploads/documento/manual-de--operaciones-del-area-de-barrido-y-limpieza_765295404096a43.pdf
- Cárdenas, T., Santos, R., Contreras, M., Domínguez, E., & Domínguez, J. (2019). Propuesta Metodológica Para el Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara. *Tecnología Química*. 39(2). 1-18. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v39n2/2224-6185-rtq-39-02-471.pdf>
- Chen, J., Wang, Y., Lei, X., & Wang, X. (2024). Optimization of the rural domestic waste recycling network based on the path planning site selection model. *Frontiers in Environmental Science*, 12. 1-23. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1450959>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). (2018). Resolución CRA 853 de 2018, por la cual se establecen criterios para la organización y prestación del servicio público de aseo en áreas rurales. *Diario Oficial No. 50.594*. https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0853_2018.htm
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). (2019). Resolución CRA 892 de 2019, por la cual se actualizan aspectos regulatorios para el servicio público de aseo. *Diario Oficial No. 51.044*. https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0892_2019.htm
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA, y se dicta. *Diario Oficial No. 41.146*. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá: *Diario Oficial No.41.433*. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html.
- Coronel, C., & Vargas, J. (2020). Caracterización de residuos generados por la actividad comercial en el centro histórico de la ciudad de Cuenca y rediseño de rutas de los recicladores 2019. [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18917>.

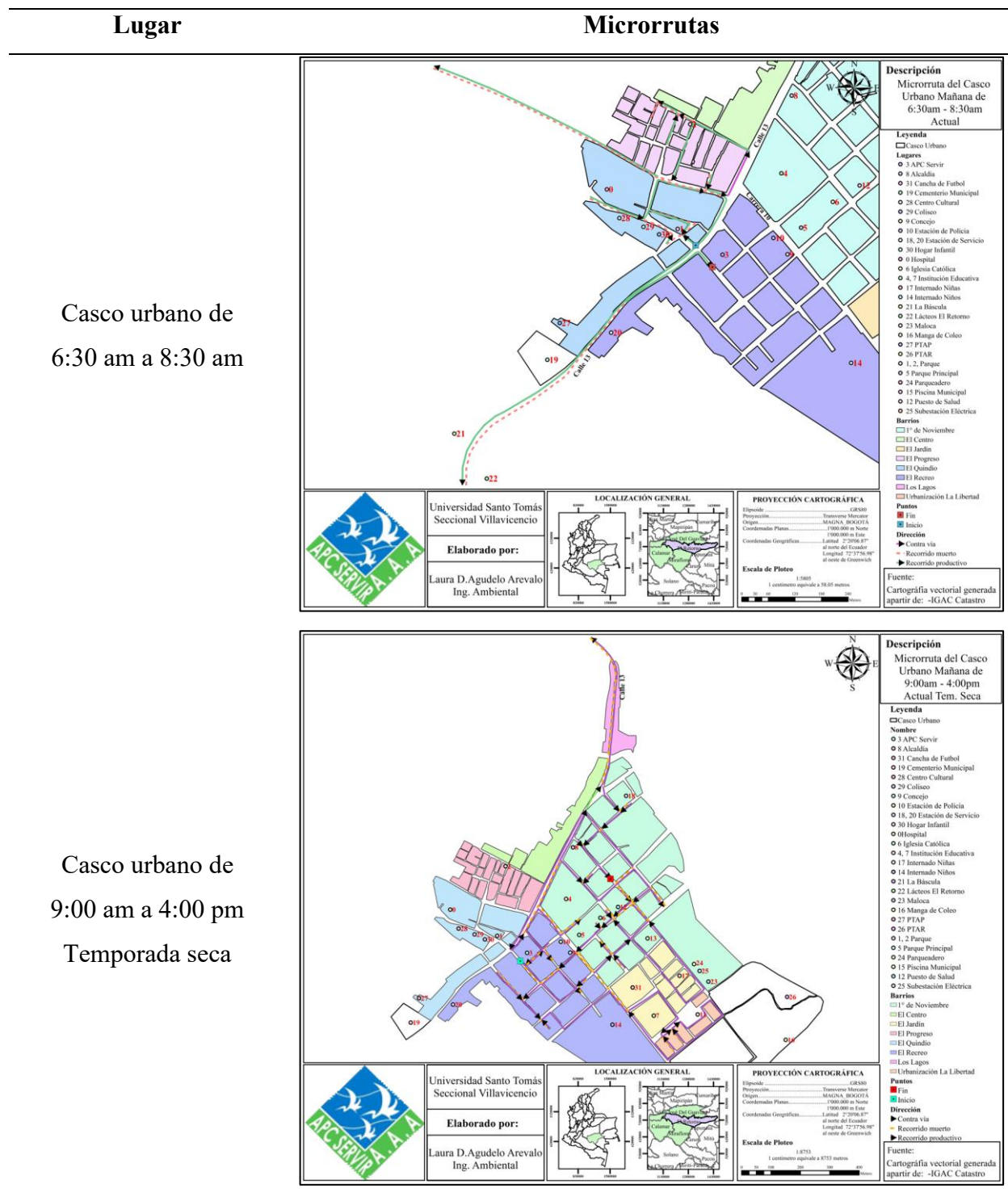
- de Morais, C., Ramos, T., Lopes, M., & Barbosa, A. (2022). A data-driven optimization approach to plan smart waste collection operations. *International Transactions in Operational Research*, 31(4), 2178-2208. <https://doi.org/10.1111/itor.13235>
- Ferrão, C., Ribas, J., Pinto, L., Furtado, J., Machado, E., Rodrigues, A., & Afonso, M. (2024). Optimizing routes of municipal waste collection: an application algorithm. *Management of Environmental Quality*, 35(5), 965-985. <http://dx.doi.org/10.1108/MEQ-08-2023-0267>
- Ghahramani, M., Zhou, M., Molter, A., & Pilla, F. (2021). IoT-based route recommendation for an intelligent waste management system. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(14), 11883-11892. <http://dx.doi.org/10.1109/JIOT.2021.3132126>
- Gómez Taquichiri, D. (2019). Manual de Operaciones de Área de Recolección y Transporte. EMAVI. https://www.municipiovillazon.gob.bo/uploads/documento/manual-de-operaciones-area-de-recoleccion-y-transporte_72e5e7484d4fe4f.pdf
- Hannan, M., Begum, R., Al-Shetwi, A., Ker, P., Al-Mamun, M., Hussain, A., . . . Mahlia, T. (2020). Waste collection route optimisation model for linking cost saving and emission reduction to achieve sustainable development goals. *Sustainable Cities and Society*, 62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2020.102393>
- Hu, Y., Ju, Q., Peng, T., Zhang, S., & Xingming, W. (2024). Municipal Solid Waste Collection And Transportation Routing Optimization Based On IAC-SFLA. *Environmental Engineering and Landscape Management*, 32(1), 31-44. <http://dx.doi.org/10.3846/jeelm.2024.20774>
- Jiménez, C. (2021). Optimización de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos, en la zona centro de la ciudad de San Cristóbal de las Casas, Chiapas. [Trabajo de grado, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/2031?locale-attribute=es>.
- Márquez Pérez, J. N. (2008). Macro y Micro Ruteo de Residuos Sólidos Residenciales. [Trabajo de grado, Universidad de Sucre]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unisucree.edu.co/server/api/core/bitstreams/868a8992-173d-480a-926e-482e25e27cda/content>.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2012). Título F3.3.4: Diseño de rutas. En Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000 (versión 2010). Título F Sistemas de Aseo Urbano (págs. 78-79). Ministerio de Vivienda,

- Ciudad y Territorio.
<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-f.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2014). Resolución 754 de 2014, por la cual se establecen los lineamientos para la formulación de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/resolucion-754-de-2014.pdf>
- Ministerio de Vivienda, ciudad y Territorio de Colombia. (2017). Resolución 0330 de 2017, Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009. <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2021). Resolución 799 de 2021, Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017. https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0799_2021.pdf
- Ministerio del Trabajo de Colombia. (2019). Resolución 0312 de 2019, Por la cual se definen los Estándares Mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST. <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>
- Morales Mendoza, M., & Chacón, N. (2021). Evaluación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), en el municipio de Paratebueno – Cundinamarca. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/11634/33919>
- Ortiz, A. (2016). El tratamiento de los residuos sólidos. Una problemática ambiental. Revista Santiago de la Universidad de Oriente (115), 150-161. <https://santiago.uo.edu.cu/index.php/stgo/article/view/14508108>
- Presidencia de la República de Colombia. (2002). Decreto 1713 de 2002, por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 44.893. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5542>
- Presidencia de la República de Colombia. (2013). Decreto 2981 de 2013, por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Diario Oficial No. 49.010. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035>

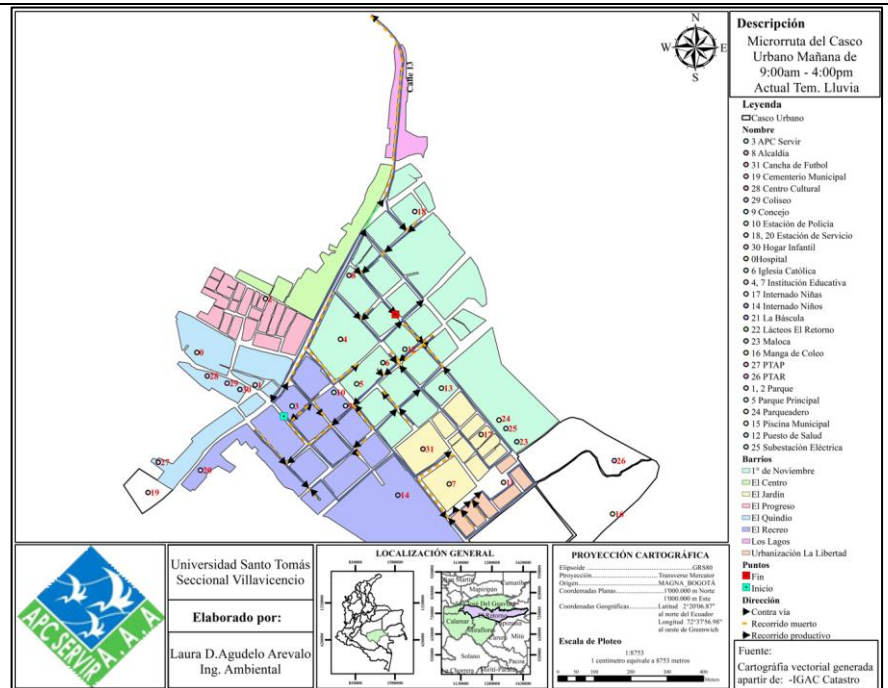
- Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial No. 49.523. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019960>
- Rızvanoğlu, O., Kaya, S., Ulukavak, M., & Yeşilnacar, M. (2020). Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes, through linear programming and geographic information system: a case study from Şanlıurfa, Turquía. *Environ Monit Assess*, 192(9). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7975-1>
- Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Cleaner Production*, 104(1), 199-204. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.027>
- Superservicios. (2019). Informe sobre la prestación del servicio de aseo en el Guaviare.
- Vilchez-Torres, M., Ramos-Castillo, N., & Bobadilla-Asto, L. (2023). Optimization of Solid Waste Collection Routes Using Graph Theory and Linear Program. *LACCEI*, 1(8). <https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.925>

Anexos

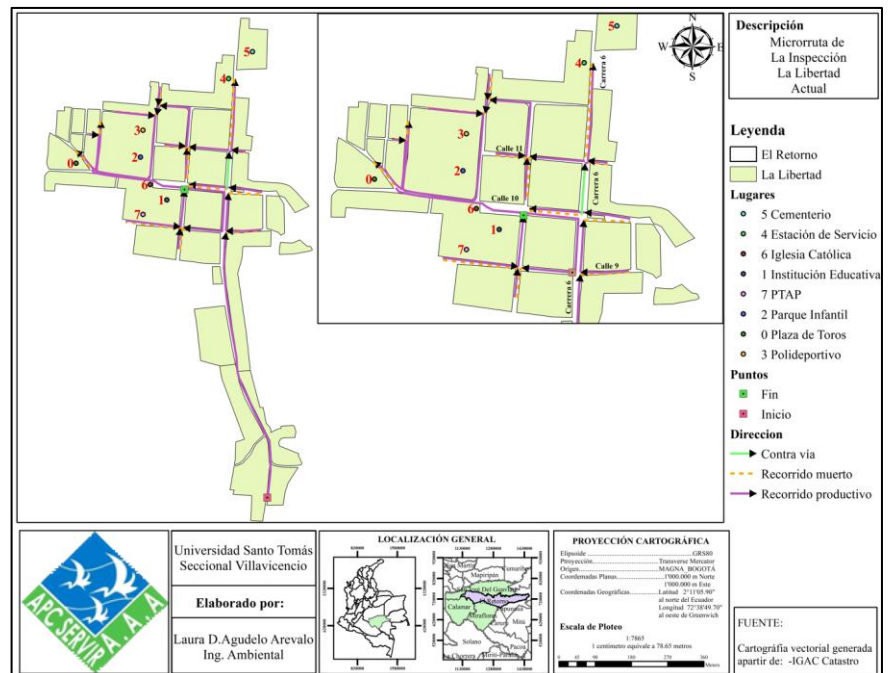
Anexo 1. Mapas de las rutas actuales



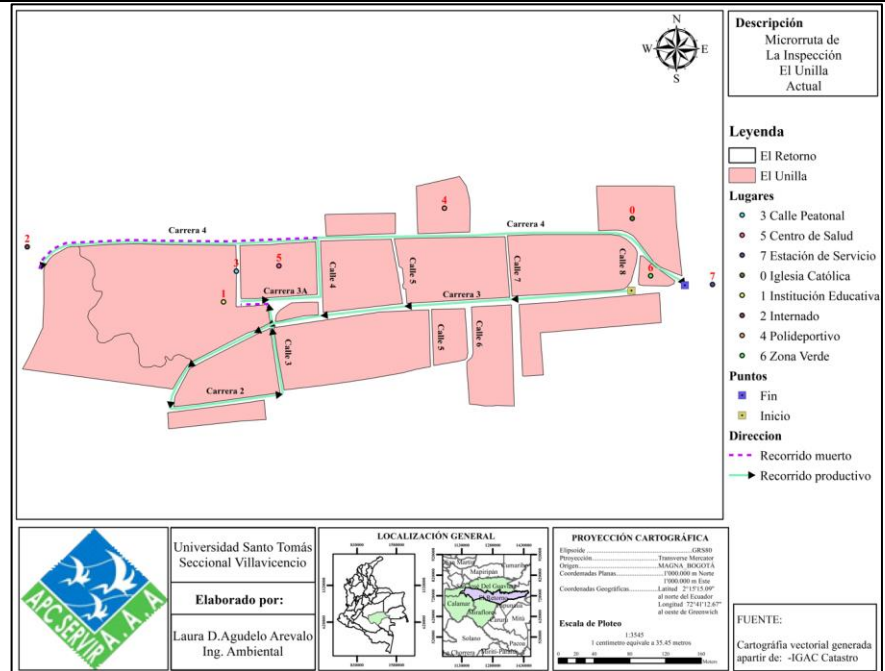
Casco urbano de
9:00 am a 4:00 pm
Temporada de lluvia



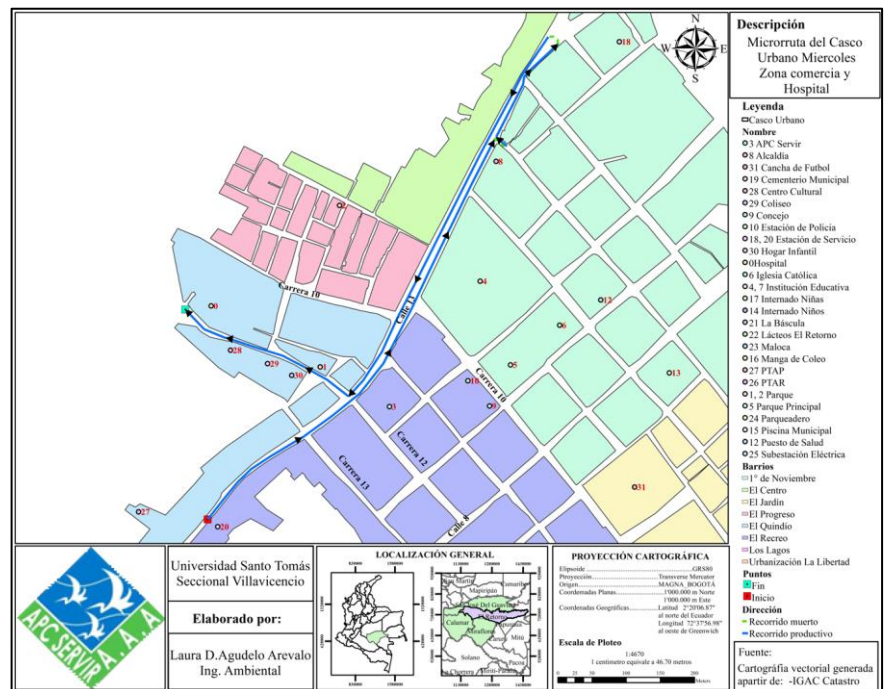
Inspección La Libertad



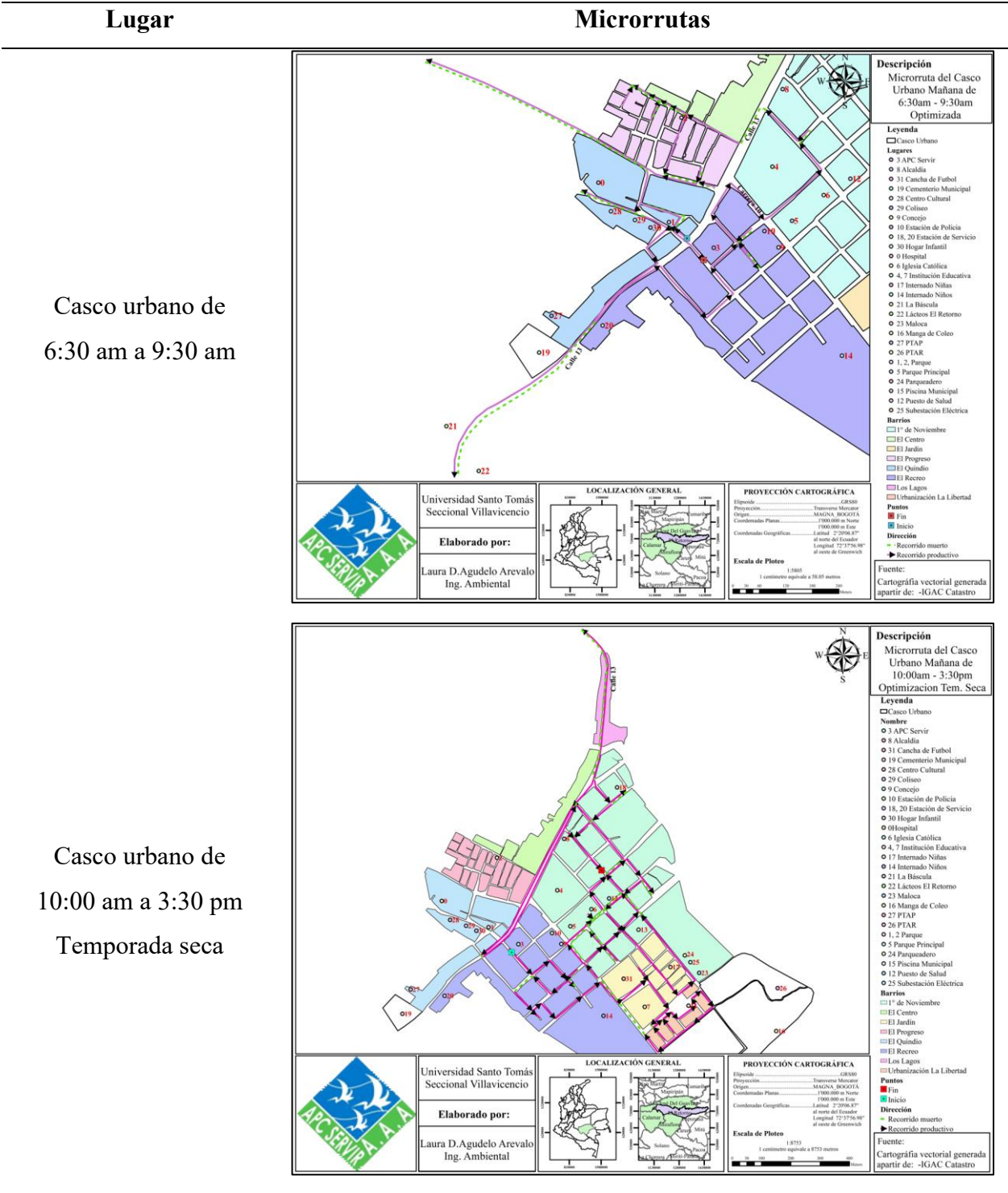
Inspección El Unilla



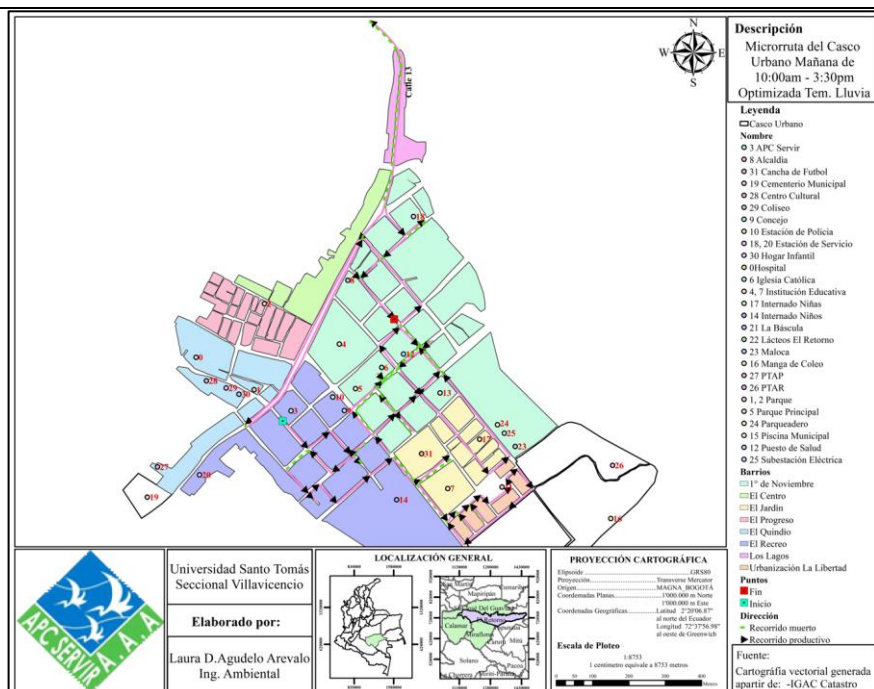
Casco Urbano, Zona comercial y Hospital



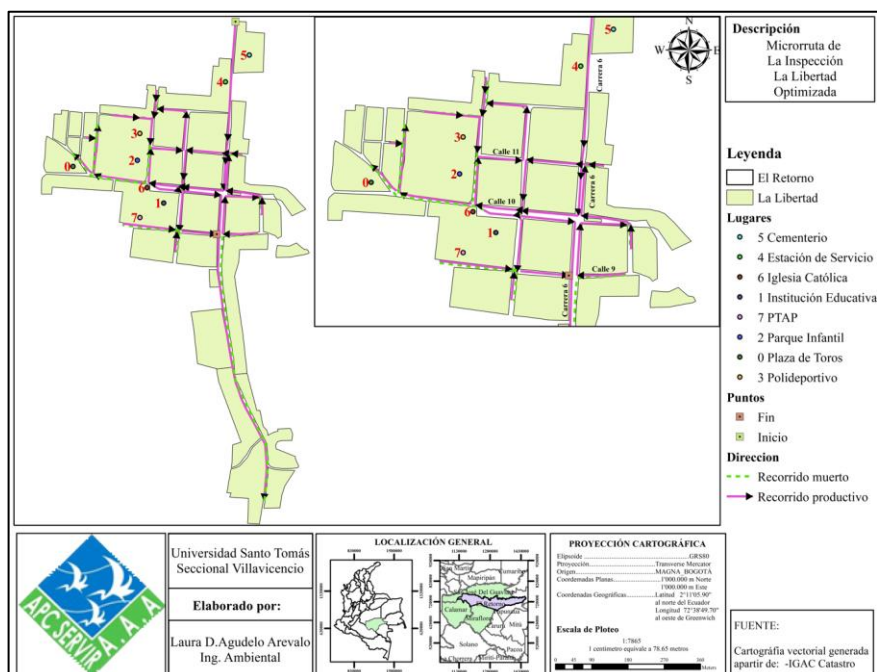
Anexo 2. Mapas de las microrrutas optimizadas.



Casco urbano de
10:00 am a 3:30 pm
Temporada de lluvias



Inspección La Libertad



Anexo 3. Registro fotográfico de la visita en campo.*Anexo 4. Manual de Operaciones del Servicio De Aseo. (Digitalizado)*

Anexo 5. Recibos de pesos por el relleno sanitario El Algarrobo.

The image displays six weighing tickets (Tiquete de Bascula) from Ambiental S.A., organized by month: January (ENERO), February (FEBRERO), and March (MARZO) 2025. Each ticket is for 'Retorno AAA' and includes fields for provider, origin, vehicle, product, and weight measurements (Entrada, Salida, Hora, Peso, Peso Neto). The tickets are signed by the responsible scale operator and the driver.

Month	Ticket No.	Entrada	Salida	Hora	Peso	Peso Neto
ENERO 2025	0496	9:12	9:45	13:30	970	5:600
	0499	4:15	4:45	15:30	13,370	7430
FEBRERO	0577	9:10	9:40	14:30	9,800	4,800
	0579	9:10	9:40	14:30	9,800	4,800
MARZO	0612	9:10	9:42	14:30	14,830	9,900
	0654	9:10	10:11	14:30	14,830	9,900

Anexo 6. Factura de Ambiental S.A. E.S.P.

The image shows an invoice from Ambiental S.A. E.S.P. dated December 11, 2024, addressed to the 'ADMINISTRACIÓN PÚBLICA COOPERATIVA SERVIR AAA'. The invoice details the cost of final disposal of solid waste for October 2024. It includes a table with the following data:

VALOR TONELADA POR DISPOSICIÓN	VALOR UNIDAD	CANT. KG	VALOR TOTAL
COSTO DE DISP. FINAL	\$/tn	188,628.40	\$ 11,588,019.15
TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	\$/tn	2,432.27	\$ 170,185.83
IMPUESTO AMBIENTAL 0.23% MES	\$/tn	2,990.00	\$ 209,210
TOTAL FACTURADO MES			\$ 11,967,415.38
RETENCIÓN EN LA FUENTE 4%			\$ 478,756.95
TOTAL A PAGAR			\$ 11,488,658.43

The invoice is signed by YURY ANGELICA VELOZA GARAYITO, Directora de Planeación y Gestión comercial. It includes the company logo and contact information at the bottom.

Anexo 7. Plan de seguimiento y monitoreo. Digitalizado)**Anexo 8. Informe de Revisión del PGIRS. Digitalizado)**