

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADO

**DISEÑO DE RUTA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD Y
SECTOR PERIURBANO DE CHALCHUAPA, DEPARTAMENTO SANTA ANA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
INGENIERO(A) CIVIL**

PRESENTADO POR

WILLIAM ALEJANDRO GARCÍA HERNÁNDEZ

JUAN CARLOS MENCO DUARTE

WENDI STEFANIE PIMENTEL HERNÁNDEZ

DOCENTE ASESOR

INGENIERO RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ

NOVIEMBRE, 2019

SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES



M. Sc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
RECTOR

DR. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ
VICERRECTOR ACADEMICO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL
SECRETARIO GENERAL

LICDO. LUIS ANTONIO MEJÍA LIPE
DEFENSOR DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDO. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARIN
FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

AUTORIDADES



M. Ed. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS
DECANO

M. Ed. RINA CLARIBEL BOLAÑOS DE ZOMETA
VICEDECANA

LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA
SECRETARIO

ING. DOUGLAS GARCÍA RODEZNO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Agradecimientos

A nuestros asesores.

Gracias a nuestros asesores, por orientarnos profesionalmente en el desarrollo y finalización de nuestro trabajo de graduación, el cual significo la culminación de una meta muy importante en nuestras vidas. Esto no hubiese sido posible sin el conocimiento, apoyo y la confianza que depositaron en nosotros.

La formación brindada no ha sido únicamente académica sino trascendió al ámbito profesional, lo cual nos llena de orgullo haber trabajado con personas con alto perfil profesional.

A nuestro docente asesor ingeniero Raúl Ernesto Martínez Bermúdez, por aceptar el cargo y responsabilidad de ser nuestro tutor después de nuestra lamentable pérdida, nuestros más sinceros agradecimientos por brindarnos de su tiempo, conocimiento y siempre estar dispuesto a ayudarnos.

A nuestro primer docente asesor el finado Ingeniero Joel Paniagua Torres, gracias por ser un excelente docente en nuestra formación académica, por interesarse en aceptarnos como grupo de tesis, por toda la ayuda que nos brindó y su fina disposición. Que Dios lo tenga en su presencia, esperamos con mucha fe que su alma descanse en paz.

Carlos, Wendi y William.

Doy gracias primeramente a Dios todopoderoso, quien me dio la vida, además de su infinito amor y bondad, por estar en cada paso que doy y por regalarme sabiduría de la cual he logrado alcanzar mis sueños y metas. Por haber culminado con satisfacción nuestro trabajo de grado, culminando con éxito la carrera de ingeniería Civil.

A mi madre Sara Amelia Duarte y mi padre Benjamín Menco, les dedico este éxito, gracias por su apoyo, en especial a mi madre por el enorme sacrificio, por demostrarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible, por ayudarme a superar cada obstáculo, por los consejos que con tanto amor me brinda, por querer lo bueno siempre en mi vida, por la educación, por todo esto muchas gracias.

A mis hermanos Antonio Duarte, Luis Duarte y mi novia Roxana Polanco, quiero agradecer el apoyo incondicional, por estar y ayudar de una u otra forma la culminación de mi trabajo de grado, infinitas gracias.

A mis compañeros y asesor de trabajo de grado, agradezco la grata experiencia de trabajar y disfrutar del proceso a su lado.

¡Para amigos que de una u otra forma apoyaron y contribuyeron, no solo con la culminación de este trabajo, sino también con el arduo camino en mi carrera para llegar a él, aunque no estén sus nombres infinitas gracias!

Juan Carlos Menco Duarte

Agradezco en primer instancia a Dios por permitirme cumplir y terminar esta etapa de mi vida por darme salud, sabiduría y fortaleza en los momentos difíciles, a nuestra madre la Virgen María por darme la protección de madre e interceder ante mis peticiones.

Agradezco infinitamente:

A mis padres Leonel Pimentel y Marta Hernández de Pimentel por ser los pilares y la bendición más grande de mi vida por entregarme todo su amor y apostar su esfuerzo en sus trabajos para mí y mi hermano. A mi hermano Leonel Pimentel por ser la persona que me orientó a la ingeniería y ayudarme cuando lo necesite.

A mi esposo Julio Escobar por siempre estar para mí y ser el primero en compartir mis alegrías y tristezas a lo largo de mi carrera, por su paciencia, compañía, apoyo, amor y siempre impulsarme para lograr mis metas.

A mis compañeros William y Carlos por permitirme trabajar con ellos en nuestro trabajo de grado y ser excelentes compañeros y amigos.

Finalmente, a mis amigos y compañeros que hicieron los años en la Universidad más felices.

Wendi Stefanie Pimentel Hernández

A Dios, que siempre estuvo dirigiendo mis pasos a lo largo de mi carrera, por haberme dado la sabiduría y la fortaleza para poder terminar mi carrera.

A mi madre Silvia Marlene Hernández de García y a mi padre Jesús Ernesto García Aguirre, que con su esfuerzo, apoyo y amor siempre han estado ahí para mí, y por darme lo que necesite durante estos años de estudio para alcanzar este triunfo.

A mis compañeros de tesis, porque en este tiempo, más que relación de compañeros, fue una relación de amigos, y que a pesar de las discusiones, enojos, miedos y decepciones que vivimos se logró trabajar en equipo.

A todos los que conocí en el proceso de la universidad y en las materias con los que estude para los exámenes, con los que hicimos trabajos juntos, por su amistad y su ayuda.

A mi familia, hermanos y amigos, por su apoyo y confianza, que siempre me llevaron en sus oraciones. ¡¡Gracias!!

William Alejandro García Hernández

ÍNDICE.

Índice general	Pág.
Resumen	xvi
Capítulo 1: Generalidades	19
1.1 Introducción.....	19
1.2 Antecedentes.....	22
1.3 Planteamiento del problema	26
1.4 Alcances.....	29
1.5 Objetivos.....	30
1.5.1 Objetivo General.....	30
1.5.2 Objetivos Específicos	30
1.6 Justificaciones.....	31
1.7 Limitaciones	33
Capítulo 2: Marco teórico.....	34
2.1 Definición de Desechos Sólidos	34
2.2 Reseña histórica de los desechos sólidos.....	34
2.3 Tipos de Desechos Sólidos	35
2.4 Caracterización de los Desechos Sólidos	37
2.5 Instituciones responsables en el manejo de Desechos Sólidos.....	38
2.5.1 Alcaldía Municipal	38
2.5.2 Ministerio de Salud.....	39
2.5.3 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.....	40
2.6 Manejo de Desechos Sólidos.....	40
2.6.1 Conceptos básicos de la gestión de desechos solidos.....	42
2.6.1.1 Composición de los desechos sólidos.....	42
2.6.1.2 Generador de los desechos sólidos	42
2.6.1.3 Producción de los desechos sólidos.....	42
2.6.1.4 Indicadores de Generación de Desechos Sólidos en El Salvador.....	42
2.7 Asociación Ecológica de Municipios de Santa Ana (ASEMUSA)	43
2.8 Elementos de un sistema de manejo de desechos sólidos	44
2.8.1 Almacenamiento	45

2.8.2 Separación	45
2.8.3 Sistema de Recolección y Transporte.....	45
2.8.4 Estación de transferencia (ET).	46
2.8.5 Tratamiento o procesamiento	46
2.8.6 Disposición final.....	48
2.9 Clasificación de la recolección de desechos sólidos	49
2.9.1 Recolección de desechos sólidos municipales.....	50
2.10 Conceptos básicos para el diseño de rutas de recolección	50
2.10.1 Zonificación, Nivel de servicio y Horarios de recolección	51
2.10.2 Sectorización	51
2.10.2.1 Datos necesarios	51
2.10.2.2 Zonificación por sectores.....	52
2.10.3 Diagramación.....	52
2.10.3.1 Datos necesarios	52
2.10.4 Verificación e Implantación de Rutas	53
2.10.4.1 Verificación de rutas.....	53
2.10.4.2 Implantación de rutas.....	53
2.11 Descripción teórica del proceso de recolección implementado en Chalchuapa.....	54
2.12 Conceptos básicos del municipio de Chalchuapa.....	55
Capítulo 3: Metodología de investigación.....	57
3.1 Tipo de investigación	57
3.2 Tipo de estudio	57
3.3 Población y muestra	57
3.4 Unidades de observación.....	58
3.5 Técnicas de investigación.....	58
3.5.1 La observación.....	59
3.5.2 Monitoreo	59
3.5.3 La entrevista	59
3.5.4 Muestreo estadístico aleatorio en campo.....	59
3.5.4.1 Estudio estadístico para determinar la generación per cápita.....	59
3.6 Análisis de la información.....	60

3.6.1 Información recopilada por medio de las técnicas de investigación	61
3.6.1.1 Monitoreo	61
3.6.1.2 La entrevista	64
3.6.1.3 Muestreo	68
3.7 Situación actual de la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa.....	71
3.7.1 Zona urbana del municipio de Chalchuapa	71
3.7.2 Zona periurbana del municipio de Chalchuapa	74
3.7.3 Descripción de la zona de estudio	77
3.7.4 Caracterización del sistema de recolección actual	78
3.7.4.1 Descripción empírica del proceso de recolección de desechos sólidos.....	78
3.7.4.2 Diagnostico de rutas actuales.	81
3.8 Georreferenciación y digitalización de rutas	83
3.8.1 Análisis de datos	83
3.8.2 Creación de shapes	86
3.8.2.1 Formas y atributos de los shapes:	87
3.8.3 Trazo de las rutas.....	88
3.8.4.1 Inicio de digitalización de rutas.....	89
3.8.5 Preparar presentación del plano.....	91
3.9 Rutas actuales del servicio de recolección de desechos sólidos.....	93
Capítulo 4: Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento de Santa Ana	115
4.1 Introducción.....	115
4.2 Alternativa A1	115
4.2.1 Sectorización	115
4.2.2 Diagramación.....	118
4.2.3 Rutas del servicio de recolección de desechos sólidos de la alternativa A1	124
4.3 Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos (alternativa A2).....	142
4.3.1 Sectorización	142
4.3.2 Diagramación.....	150
4.3.3 Rutas del servicio de recolección de desechos sólidos de la alternativa A2	153
Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones.....	170

5.1 Conclusiones.....	170
5.2 Recomendaciones	171
Referencias bibliográficas	173
Anexos	176

Índice de Fotografías	Pág.
Fotografía 1 Cuarta calle poniente cerca de la colonia San Antonio, municipio de Chalchuapa.	177
Fotografía 2 Terminal de buses dirección al coco, vista a 6ta calle oriente, municipio de Chalchuapa.	177
Fotografía 3 Terminal de buses dirección al coco, vista a 6ta calle oriente, municipio de Chalchuapa.	178
Fotografía 4 Carretera panamericana hacia Ahuachapán RN-13, cerca del desvío al coco, municipio de Chalchuapa.	178
Fotografía 5 Costado de la carretera panamericana hacia Ahuachapán RN-13, cerca del desvío al coco, municipio de Chalchuapa.....	179

Índice de gráficos	Pág.
Gráfico 3.1 Producción de desechos sólidos del año 2018.....	67
Gráfico 3.2 Producción per cápita promedio por habitante por día para la zona comercial. ...	70
Gráfico 3.3 Producción per cápita promedio por habitante por día para la zona residencial urbana.	70
Gráfico 3.4 Producción per cápita promedio por habitante por día para la zona residencial periurbana.	71

Índice de Imágenes	Pág.
Imagen 3.1 Algunas de las rutas monitoreadas por medio de las aplicaciones FollowMee y Runtastic.	62
Imagen 3.2 Ruta monitoreada por medio de la aplicación FollowMee.....	63
Imagen 3.3 Ruta monitoreada por medio de la aplicación FollowMee.....	63
Imagen 3.4 Cuadro de personal y días en que se recolectan los desechos sólidos.....	65

Imagen 3.5 Cuadro de personal y días en que se recolectan los desechos sólidos.....	65
Imagen 3.6 Mapa del municipio de Chalchuapa con detalle de la zona urbana.....	73
Imagen 3.7 Mapa del municipio de Chalchuapa con detalle de la zona periurbana.....	75
Imagen 3.8 Comunidades de la zona periurbana del municipio de Chalchuapa.	77
Imagen 3.9 Cargar shape al área de trabajo.....	84
Imagen 3.10 Georreferenciación de los layer del archivo.	85
Imagen 3.11 Cargando mapa base para trazar las rutas.....	86
Imagen 3.12 Creación de shapes para el trazo de rutas de recolección de desechos sólidos. ..	87
Imagen 3.13 Añadir atributos a los shapes.	88
Imagen 3.14 Inicio de edición de rutas de recolección de desechos sólidos.	89
Imagen 3.15 Colocación de atributos a la ruta y sus componentes.	90
Imagen 3.16 Mostrar atributos para impresión.....	91
Imagen 3.17 Creación y modificación de Grid.....	92
Imagen 3.18 Insertar un cuadro de simbología de la ruta trazada.	92
Imagen 3.19 Ruta terminada.....	93
Imagen 4.1 Representación de sectores para alternativa A1 en el municipio de Chalchuapa.	116
Imagen 4.2 Representación de subsectores para cada sector en alternativa A1.	117
Imagen 4.3 Representación de sectores para diseño en el municipio de Chalchuapa.	143
Imagen 4.4 Representación de subsectores para diseño alternativa A2	148

Índice de Tablas	Pág.
Tabla 2.1 Características de los desechos sólidos	37
Tabla 2.2 Características de un adecuado servicio de limpieza pública.....	41
Tabla 2.3 Indicadores de generación de desechos sólidos	42
Tabla 3.1 Determinación de la muestra.....	60
Tabla 3.2 Producción de desechos sólidos en toneladas por día	66
Tabla 3.3 Promedio de producción de desechos sólidos mensual del año 2018	67
Tabla 3.4 Producción per cápita de desechos sólidos.....	69
Tabla 3.5 Especificaciones del equipo de recolección de desechos sólidos.....	80
Tabla 3.6 Formato de cuadro resumen de cuantificación de ruta.	82
Tabla 3.7 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	94

Tabla 3.8 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ1 R1.	94
Tabla 3.9 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	96
Tabla 3.10 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ1 R2.	96
Tabla 3.11 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	98
Tabla 3.12 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ2 R1.	98
Tabla 3.13 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	100
Tabla 3.14 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ2 R2.	100
Tabla 3.15 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	102
Tabla 3.16 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ3 R1.	102
Tabla 3.17 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	104
Tabla 3.18 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ3 R2.	104
Tabla 3.19 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	106
Tabla 3.20 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ4 R1.	106
Tabla 3.21 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	108
Tabla 3.22 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ4 R2.	108
Tabla 3.23 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	110
Tabla 3.24 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ5 R1.	110
Tabla 3.25 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	112
Tabla 3.26 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ5 R2.	112
Tabla 4.1 Tabla de datos para cada subsector alternativa A1.....	117
Tabla 4.2 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	124

Tabla 4.3 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ1 R1.	124
Tabla 4.4 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	126
Tabla 4.5 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ1 R2.	126
Tabla 4.6 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	128
Tabla 4.7 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ2 R1.	128
Tabla 4.8 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	130
Tabla 4.9 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ3 R1.	130
Tabla 4.10 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	132
Tabla 4.11 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ3 R2.	132
Tabla 4.12 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	134
Tabla 4.13 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ4 R1.	134
Tabla 4.14 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	136
Tabla 4.15 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ4 R2.	136
Tabla 4.16 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	138
Tabla 4.17 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ5 R1.	138
Tabla 4.18 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	140
Tabla 4.19 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1	
EQ5 R2.	140
Tabla 4.20 Tabla resumen de datos de cada sector.....	144
Tabla 4. 21 Producción per cápita por sector (PPC).....	144
Tabla 4.22 Resumen de valores obtenidos	147
Tabla 4.23 Tabla de datos para cada subsector alternativa A2.....	148
Tabla 4.24 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	153

Tabla 4.25 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ1 R1.	153
Tabla 4.26 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	155
Tabla 4.27 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ2 R1.	155
Tabla 4.28 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	157
Tabla 4.29 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ2 R2.	157
Tabla 4.30 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	159
Tabla 4.31 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ3 R1.	159
Tabla 4.32 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	161
Tabla 4.33 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ3 R2.	161
Tabla 4.34 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	163
Tabla 4.35 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ4 R1.	163
Tabla 4.36 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R1.	165
Tabla 4.37 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ5 R1.	165
Tabla 4.38 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R2.	167
Tabla 4.39 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2 EQ5 R2.	167

Resumen

El Salvador es un país de territorio pequeño, con grandes problemas de contaminación por desechos sólidos, relacionados al aumento de la generación (MARN, 2016), baja cobertura de recolección y poca participación por parte de la población en el manejo de los desechos domésticos, que en general provoca problemas de salud para la población y daños al medio ambiente.

Según la Ley General de Gestión Integral de Residuos Sólidos emitida por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: capítulo II “competencia y atribuciones”, Artículo 6 y Artículo 8. Las Municipalidades son las encargadas de la gestión de los desechos sólidos municipales, asegurándose que en su territorio se provea del servicio de recolección, limpieza, tratamiento y disposición final de desechos sólidos (domiciliarios, de tuberías, aceras, vías, espacios públicos, quebradas, ríos, playas, animales muertos en la vía pública y otros desechos generados por la ciudadanía en el territorio). El servicio debe realizarse de forma directa, selectiva, accesible, periódica y eficiente para todos los habitantes de las comunidades inscritas en el pago del impuesto municipal.

De acuerdo a la Constitución de La República de El Salvador, las municipalidades se rigen por el Código Municipal, es decir, será este documento el que determinen la metodología, frecuencia, horarios, rutas de recolección, entre otros, que mejor se adecue a la cantidad de desechos generados y a las características socio-ambientales y geográficas del municipio.

La gestión de desechos sólidos urbanos es una tarea compleja que tiene implicaciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales para la sociedad y las administraciones locales (Quezada, Torres Gurrola, & Romero Navarrete, 2015). Es por ello que en el presente trabajo de grado “Diseño de Ruta de Recolección de Desechos Sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento Santa Ana” se propone el diseño de una ruta de recolección de desechos sólidos, que permita a la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa minimizar los impactos negativos sobre el ambiente y mejore la calidad de vida de la población.

La gestión de desechos sólidos implementada por la alcaldía de Chalchuapa la conforman 3 fases:



Esquema 1 Conformación de la Gestión de Desechos Sólidos implementada por Alcaldía Municipal de Chalchuapa

Fuente: Elaboración Propia.

La fase de recolección domiciliaria y servicio de barrido en espacios públicos representa entre el 65 y el 75 %, del presupuesto total asignado a la gestión de los desechos sólidos, por lo que es un aspecto crítico dentro de la prestación del servicio. El enfoque de este estudio es analizar el sistema de recolección domiciliaria implementado en el municipio, en base a datos obtenidos en recorridos utilizando aplicaciones de rastreo en dispositivos móviles, cámara y trabajo conjunto con autoridades vinculadas, se realizó el recorrido en los camiones recolectores de desechos sólidos y se monitorearon los recorridos de 5 camiones de recolección en operación. Además se obtuvo información de parámetros para el diseño, propuestos por el manual “Diseño de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos” autor: Dr. Kunitoshi Sakurai (OPS/OMS, 1980) y el instrumento de capacitación “Apoyo al Plan Nacional para el Mejoramiento del Manejo de Desechos Sólidos” desarrollado por el MARN y la Asociación Ecológica de Municipios de Santa Ana (ASEMUSA).

El análisis al sistema de recolección en la zona de estudio permitió conocer el nivel de cobertura, el recorrido realizado, producción de basura per cápita (PPC), el tiempo que el camión recolector utiliza para cubrir las comunidades asignadas por día, entre otros aspectos. Teniendo en cuenta los aspectos antes mencionados, además de respetar la cantidad y capacidad del recurso humano y equipo, que la municipalidad destina al servicio de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, se busca proponer una nueva ruta de recolección que satisfaga las necesidades de los habitantes, acompañada de una alternativa de mejora de la ruta actual, que es la ruta que fue obtenida mediante el trabajo en campo, para brindar el servicio de recolección de desechos sólidos.

Capítulo 1: Generalidades

1.1 Introducción

El término "desechos sólidos" generalmente se refiere a los materiales producidos por la actividad humana. El manejo inadecuado de los desechos sólidos por parte de los pobladores e instituciones correspondientes, es el principal generador de puntos de infección y generadores de enfermedades gastrointestinales, oculares, infecciones respiratorias agudas, enfermedades de la piel y parasitarias (Manejo de los desechos solidos, s.f.). Además de otros impactos negativos en el medio ambiente, entre los que se destacan: contaminación de aguas superficiales y subterráneas, malos olores y contaminación por humo en los casos donde los desechos sólidos son quemados.

Las consecuencias sanitarias, escénicas y ambientales que persisten hoy en día en el manejo de los desechos sólidos, han obligado a erradicar los botaderos a cielo abierto y a buscar alternativas ambientalmente adecuadas que comienzan con opciones que optimicen las actividades de recolección-transporte. De manera que la gestión utilizada este fundamentada en un esquema funcional. (MARN, Saneamiento Ambiental, 2013), actualizado según las necesidades de cada zona con la finalidad de brindar un servicio de aseo que permita el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano.

La generación de desechos sólidos está intrínsecamente relacionada con cada sociedad, de ahí que muchas veces las soluciones tecnológicas de países desarrollados no tengan el éxito esperado al aplicarse en regiones como Latinoamérica o Asia. En El Salvador el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha desarrollado una serie de lineamientos y guías para orientar el manejo de desechos en todos los niveles, como una herramienta de ayuda a las municipalidades en el desarrollo de esquemas sobre acciones a realizar, que le permitan enfrentar esta problemática. En el municipio de Chalchuapa, en el departamento de Santa Ana, la alcaldía brinda el servicio de recolección de desechos sólidos a un aproximado de 45 comunidades cuya demanda de desechos no es cubierta en su totalidad, debido a que en el municipio no se cuenta con un plan de aseo municipal actualizado que permita incrementar la capacidad de recolección.

Para realizar un diseño que permita mejorar la ruta de recolección de los desechos sólidos, es necesario tener acceso a la información que permita identificar y conocer todos los aspectos relacionados en el servicio de recolección; los recursos económicos, equipo y humanos que se destinan y la efectividad que se logra en la implementación de los mismos.

Para poder diseñar una propuesta que permita a la alcaldía municipal de Chalchuapa contar con un sistema de rutas adecuado se tomó a bien realizar el proyecto denominado “Diseño de Ruta de Recolección de Desechos Sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento Santa Ana”, el cual busca proponer a la municipalidad dos alternativas de solución basadas en los criterios descritos del manual “Diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos” Dr. Kunitoshi Sakurai. La primera alternativa básicamente consiste en un reajuste del sistema de recolección actual donde se modificaran solo ciertos aspectos que no estén siguiendo alineamientos del manual. La segunda alternativa consiste en el diseño de una nueva ruta que permita el manejo eficiente del servicio de tren de aseo siguiendo la metodología descrita en el manual.

El diseño de nuevas rutas de recolección permite cubrir áreas actualmente más pobladas donde no se brinda el servicio adecuado, y adaptar las características de la zona de interés a los alineamientos o criterios de diseño descritos en el manual para definir horarios, gastos y tipo de equipo que mejor se adecue a la demanda de recolección de cada comunidad en el municipio.

El presente trabajo de grado está conformado por cinco capítulos. El capítulo I describe las generalidades de la investigación como: planteamiento del problema, objetivos, alcances de la investigación y limitaciones. En el capítulo II se detalla el Marco teórico, en el cual se encuentra toda la información necesaria: conceptos básicos, clasificaciones, aspectos legales, descripción teórica del proceso de recolección implementado por la alcaldía y conceptos de diseño.

El capítulo III denominado Metodología de investigación incluye la determinación de variables que influyen en el diseño: tipo de investigación, población y muestra, descripción de la zona de estudio y análisis del sistema de rutas actual lo que permite obtener un panorama de aspectos que deben ser cubiertos en la propuesta de solución.

El capítulo IV incluye dos propuestas de solución. En la primera se elabora un sistema de rutas mejoradas lo que permite al encargado de la unidad de desechos sólidos de la alcaldía municipal de Chalchuapa, simplificar el proceso de capacitación y la segunda propuesta de solución es un nuevo sistema de rutas cuyo diseño sigue la metodología descrita en el manual.

Finalmente, el capítulo V expone las conclusiones a las que se llegue con la realización del diseño, así como las recomendaciones con respecto a la temática.

1.2 Antecedentes

La contaminación por desechos sólidos es causa de muchas enfermedades; debido a que la mala disposición y transporte de estos causa la multiplicación de microbios y plagas como moscas, cucarachas y ratas, también atrae perros y otros animales que sirven como vía de transmisión.

En las ciudades de América Latina generalmente se utilizan los camiones compactadores importados para la recolección de desechos sólidos (Sakurai, 1999). Si bien es cierto que el costo inicial de comprar o alquilar este tipo de equipo es alto, los beneficios a largo plazo son muchos. Entre los beneficios directamente relacionados a mejorar el proceso de recolección esta la reducción de volumen de los desechos, hasta una proporción de 5 a 1 (Servicios, 2016). Para obtener el mejor rendimiento por parte del equipo es importante que la ruta de recolección utilizada sea la que mejor se adapte a las características de la ciudad en lo que se refiere a topografía y puntos críticos de generación.

Las estimaciones efectuadas en base a estudios técnicos realizados por diversas instituciones y organismos establecen que la población de El Salvador genera aproximadamente 4,216 toneladas de desechos sólidos por día. De 262 municipios del país únicamente 132 municipios, es decir, el 50.4% poseen algún tipo de servicio de recolección de desechos sólidos (Bautista, 2000). La gestión en muchos de los municipios del país se ha llevado a cabo sin medir las consecuencias que ocasionan a la salud pública, la degradación del medio ambiente y recursos naturales y a la economía del país.

El tipo de desechos que se generan son Desechos Sólidos Urbanos, que pueden clasificarse:

Por su origen:

- a. **Desechos domiciliarios:** El que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a ésta.

- b. Desechos comerciales:** Es aquel que es producido en establecimientos comerciales y mercantiles tales como almacenes, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.
- c. Desechos industriales:** Es aquel que se genera en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.
- d. Desechos institucionales:** Se entiende por desecho sólido institucional aquel que proviene de establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreas y terrestres, fluviales o marítimas y edificaciones destinadas a oficinas, entre otras.
- e. Desechos municipales:** se derivan de servicio municipal del barrido de calles, cortes de jardín, residuos de sumidero, animales muertos, etc. (BID, 1997)

Por su composición:

- a. Desechos orgánicos:** Son aquellos materiales que pueden ser degradados por acción biológica, es decir, que sufren biodegradación o putrefacción bacteriana, por medio de microorganismos bajo condiciones de temperatura, humedad, oxigenación, luz y aire haciendo que en poco tiempo estos materiales ingresen al suelo.
- b. Desechos inorgánicos:** Están formados por todos aquellos materiales no biodegradables, es decir, que no son degradables por microorganismos y permanecen por mucho tiempo en el medioambiente. En los cuales tenemos:
 - Papel y cartón: Periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes, etc.
 - Plásticos: Botellas, bolsas, embalajes, platos, vasos y cubiertos desechables.
 - Vidrio: Botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.
 - Metales: Latas, botes, chatarra, etc.
 - Otros. (Oscanoa, 2009)

Por su peligrosidad:

Desechos peligrosos: Es todo aquel desecho, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables,

biológicas, infecciosas e irritantes representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente (BID, 1997).

La ley de medio ambiente, siendo el marco jurídico para toda normativa vinculante a la gestión ambiental, regula en unos artículos que la gestión de los desechos sólidos generados por los habitantes de una ciudad o municipio, desde la recolección, transporte hasta su disposición final, es total responsabilidad del gobierno municipal de cada lugar.

En el municipio de Chalchuapa, el interés por parte de la municipalidad por mantener limpio el sector urbano y periurbano ha sido un debate por muchos años; a pesar que el país ha contado con ayuda, y financiamiento de organismos y empresas internacionales involucradas en el tema, los desechos sólidos siempre representa una problemática para el gobierno municipal y los habitantes. Uno de los problemas es que en varios lugares de la zona de estudio, no reciben el servicio de recolección por el camión de aseo con la frecuencia requerida lo cual ocasiona que los habitantes dispongan sus desechos sólidos en lugares no apropiados, y con esto se creen botaderos clandestinos que afectan el medio ambiente y el desarrollo de actividades en la comunidad. Los problemas relacionados a una mala gestión de los desechos sólidos pueden referirse a que la posible ruta no sea la adecuada en lo que se refiere a cobertura o volumen recolectado versus el volumen generado o que por diversas razones el servicio de recolección no se lleve a cabo por falta de equipo o personal.

La conformación de la gestión de desechos sólidos implementada por la alcaldía municipal de Chalchuapa está conformada por tres fases las cuales son:

- Recolección domiciliaria.
- Servicio de barrido.
- Disposición final.

La fase de recolección domiciliaria es la fase relacionada al proyecto y esta consiste en retirar todo desecho sólido de los hogares donde se origina, con los medios apropiados a las condiciones locales, frecuencia y horarios de recolección y barrido establecidos, dando la

mejor utilización social y económicas a los recursos administrativos, técnicos y financieros disponibles, en beneficio de los usuarios.

La disposición final es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza. La municipalidad de Chalchuapa deposita los desechos sólidos recolectados a diario en el relleno sanitario Asociación Ecológica de los Municipios de Santa Ana (ASEMUSA), ubicado en el cantón El Zompopo, de Texistepeque.

La alcaldía municipal de Chalchuapa cuenta con una unidad encargada de la administración de desechos sólidos llamada “Unidad de desechos sólidos” la cual es la encargada de tratar todo problema relacionado con la gestión de desechos sólidos es ahí donde debe contarse con un documento conformado por planos y especificaciones que describan el sistema de rutas utilizado, pero debido a causas políticas o cambios de administración no se cuenta con un documento adecuado que permita una buena administración del proceso.

1.3 Planteamiento del problema

A nivel mundial, los desechos sólidos se consideran un problema que comienza desde la generación descontrolada, mala disposición, mal manejo hasta una inadecuada disposición final de estos. Una mala gestión provoca graves consecuencias en el buen funcionamiento de las actividades de la comunidad, a causa de la contaminación de espacios recreacionales, de paso o en las vías de circulación.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales creó un instrumento de normalización y regulación que establece alineamientos estratégicos para la gestión integral de desechos y así prevenir la contaminación del medio ambiente y el daño a la salud de la población. La ley establece que las municipalidades deben adaptarse y buscar de forma general soluciones a los problemas de los desechos sólidos, exigir el cierre de botaderos a cielo abierto y depositar los desechos en un lugar autorizado.

En El Salvador el problema del manejo inadecuado de desechos sólidos cobra importancia a nivel del Ejecutivo en el año 2009 con la creación de la Comisión Presidencial para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos; y con el lanzamiento en 2010 del Programa Nacional, en cumplimiento del Art. 52 de la Ley del Medio Ambiente, el cual se ha implementado a través de tres planes:

1. El Plan de Mejoramiento: Orientado a ampliar la capacidad instalada del país, a través de la construcción de tres nuevos rellenos sanitarios y la organización de una red de más de 30 plantas de compostaje a escala municipal.
2. El Plan de Recuperación: Enfocado en el fortalecimiento de la separación de desechos en el sitio de generación (hogares, industrias, comercio, etc.), la formalización de los sistemas de recolección selectiva y el establecimiento de sistemas de aprovechamiento de desechos.
3. El Plan de Sensibilización: Que establece las acciones de educación y sensibilización que permitan el cambio de hábitos y prácticas de la población respecto al manejo de desechos. (MARN, 2010)

En El Salvador se experimenta un crecimiento urbano explosivo (Garcia, Barry, & Gomez, 1998). Una de las consecuencias más visibles de esta concentración poblacional es el rápido deterioro del medio ambiente urbano, ante el aumento enorme de los desechos sólidos generados en la región, y que en su mayor parte quedan sin recolectar. Según el Segundo censo nacional de desechos sólidos municipales en el año 2006, el municipio de Chalchuapa queda en segundo lugar de todo el departamento de Santa Ana con una generación estimada de 18.41 ton/día, según datos de la alcaldía municipal de Chalchuapa en la Unidad de desechos sólidos para el año 2018 se produjo un promedio de 52.34 ton/día (Lic. Cesar Moreno, alcaldía municipal).

En la ciudad de Chalchuapa se practican métodos poco convencionales para la disposición final de los desechos sólidos, por parte de los habitantes se da la quema de desechos, disposición en tiraderos o vertederos, entre otros. Por parte de la alcaldía los desechos recolectados a diario en los camiones son llevados a la Asociación Ecológica de los Municipios de Santa Ana (ASEMUSA). Organización gubernamental que se dedica a la disposición final de los desechos sólidos mediante relleno sanitario de 12 Municipios del departamento de Santa Ana.

El servicio de recolección de desechos sólidos implementado por la alcaldía municipal no es provisto a todos los generadores de desechos, principalmente se ofrece frecuentemente (una vez al día), a las áreas urbanas y con menos frecuencia a las áreas periurbanas (dos o tres veces por semana). La frecuencia en el servicio de recolección está establecida en un sistema de recolección antiguo, en el cual nuevas zonas urbanas que actualmente existen en el municipio no son atendidas con la regularidad requerida. La insuficiente capacidad de recolección de desechos sólidos conduce a la aparición de tiraderos clandestinos, principalmente en áreas de mayor población. Tanto la capacidad de los camiones, las distancias, la incorporación de nuevas zonas urbanas, la falta de rutas definidas por parte de la municipalidad, contribuye a que el servicio de recolección no cumpla con las expectativas esperadas del servicio. La mayoría de recorridos con los que cuenta la municipalidad se realizan en base a la experiencia de los conductores, en lugar de ser creadas a partir de un

estudio técnico, de ahí que los tiempos y gastos en combustible se vean incrementados.
(Victoria, 2005)

1.4 Alcances

- La ruta de recolección que en este estudio se proponga, solo incluirá aquellos sectores que la alcaldía tiene registrada y que aportan económicamente para proporcionar el servicio del tren de aseo.
- El análisis del diseño inició desde el lugar donde se encuentran los recursos del servicio (mano de obra, entidades administrativas y equipo) pasando por la fuente que genera los desechos sólidos y terminando en el lugar donde son depositados.
- La zona de estudio cuenta con fábricas (textiles), clínicas, hospitales, beneficios (cafetalero), ingenio (azucarero) los cuales tienen otro método de recolección de desechos que no entra en el diseño de la ruta que se proyectó.
- El diseño será presentado como una propuesta a la municipalidad, quedara en manos de autoridades municipales competentes decidir si implementar la ruta propuesta en su sistema de recolección de desechos sólidos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- ✓ Diseñar una nueva ruta de recolección de desechos sólidos para un manejo eficiente del servicio que se brinda en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento Santa Ana.

1.5.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los recorridos que realizan los camiones recolectores para poder brindar el servicio de recolección en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento Santa Ana.
- ✓ Sectorizar el área de interés para proponer una nueva ruta de recolección de desechos sólidos para un manejo eficiente del servicio de tren de aseo en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento Santa Ana.
- ✓ Realizar la diagramación, que consiste en asignar una ruta de recorrido para cada subsector, de manera que permita a cada equipo llevar a cabo el trabajo de recolección de desechos sólidos.

1.6 Justificaciones

Cuando se habla de desechos sólidos, se puede decir que es una problemática que el hombre ha buscado solucionar desde su comienzo. Para proteger la salud de los residentes de una ciudad es necesario implementar planes de limpieza y ordenamiento que permita el desarrollo de la misma en un ambiente limpio y atractivo, contar con un sistema de recolección y disposición final de los desechos sólidos eficiente y organizado es una medida muy completa para la solución de dicha problemática.

A medida que la población aumenta y se concentra en zonas urbanas, el problema relacionado con la generación de desechos sólidos tiende a agudizarse (Castellon, 2008). El mejoramiento del desarrollo económico de una ciudad, aporta evidentemente a la generación de desechos sólidos y con esto la exigencia por parte de nuevas comunidades para mejorar los servicios de recolección, en zonas donde antiguamente no se brindaba el servicio necesario.

En El Salvador generalmente los servicios de recolección de desechos sólidos implementados por las alcaldías municipales (gobiernos locales), en cada municipio, no están debidamente actualizados. Como es el caso del municipio de Chalchuapa departamento de Santa Ana, según datos obtenidos en el censo nacional del año 2007, el municipio contaba con una población de 47,695 habitantes, produciendo un aproximado de 20.6 ton/día de desechos sólidos. En la actualidad cuenta con una población aproximada de 85,614 habitantes, produciendo un aproximado de 52.34 ton/día de desechos sólidos (Lic. Cesar Moreno, encargado de la unidad de desechos sólidos de la alcaldía municipal de Chalchuapa), lo cual evidencia el cambio demográfico que ha sufrido el municipio y por consecuencia el aumento en la generación de desechos sólidos.

La administración actual encargada de la Unidad de desechos sólidos de la alcaldía municipal de Chalchuapa, no cuenta con la información sobre la fecha en que se creó el plan de recolección que ellos utilizan, ni tampoco cuentan con documentos que permitan una dirección apropiada. Es decir, no existe ningún documento establecido que defina el sentido de las rutas donde los camiones hacen su recorrido, el proceso únicamente se realiza

respetando un listado de comunidades a atender por día y la ruta a seguir será criterio del conductor de cada camión.

El diseño de una nueva ruta de recolección de desechos sólidos, permite cubrir criterios de diseño propios de cada zona (comercial, urbana y periurbana), en el municipio, proponer una solución que optimice los recursos destinados al proceso y documentos que permiten a la administración una adecuada gestión del servicio para beneficio de la comunidad disminuyendo con esto el descontento por parte de los beneficiarios; aportando al ordenamiento territorial, la salud pública y la preservación del medio ambiente.

1.7 Limitaciones

- Obtener información sobre los recorridos que hacen actualmente los camiones recolectores, no ha sido fácil y ágil, pues los agentes encargados de la gestión, no tienen la información exacta de los recorridos.
- La propuesta que resulte de este estudio solo incluirá direcciones y sentidos de las calles y avenidas de la red vial existente.
- En el diseño de la ruta de recolección debe considerarse la capacidad del camión, para que pueda dar cobertura a la producción de desechos sólidos de la zona asignada.

Capítulo 2: Marco teórico

2.1 Definición de Desechos Sólidos

Según el glosario en el artículo 3 del reglamento especial para el manejo integral de los desechos sólidos literal g) se define:

Desechos Sólidos: Son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.

Con el fin de aclarar un poco más el término “desechos sólidos”, se presenta el siguiente concepto (elaboración propia):

Desechos sólidos: Son los restos de materiales, sustancias, soluciones, mezclas u objetos en estado sólido o semisólido producidos por las actividades humanas, considerados por los generadores como inútiles y para los cuales no se prevé un destino inmediato por lo que deben ser eliminados o dispuestos en forma permanente.

2.2 Reseña histórica de los desechos sólidos.

Como parte de la evolución en la gestión de los desechos sólidos en El Salvador se tiene que en el año 1997, en San Salvador, se realizó un proyecto llamado “Manejo Integral de Desechos Sólidos”, proceso que se extendió hasta finales de 1997, convenio que finalizó con la inversión por parte de una empresa canadiense, y que permitió la conformación de MIDES SEM de CV Sociedad de acciones por empresas y sociedades extranjeras con economía mixta y capital variable dedicadas al manejo de desechos sólidos.

Para el año 1998, en un esfuerzo conjunto del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y la Organización Panamericana de la Salud, elaboraron el estudio "Análisis Sectorial de los Desechos Sólidos" (agosto de 1998), documento que en los últimos años ha sido la guía en materia de desechos sólidos, siendo éste el primer esfuerzo a escala nacional de recopilación de información en el ámbito del país.

En 1999 se inaugura y entra en funcionamiento el relleno sanitario del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) denominado Relleno Sanitario de Nejapa, operado

por la empresa MIDES SEM DE CV. En ese mismo marco los municipios participantes abren espacios para que microempresas prioritariamente formadas por los ex-pepenadores que trabajaban en el anterior sitio de disposición llamado Mariona, participen en barrido de calles o servicios de recolección, este último en aquellos lugares de difícil acceso para el sistema tradicional, ampliando la cobertura especialmente en las comunidades denominadas zonas marginales o en vías de desarrollo.

Para el año 2002, la Agencia de Cooperación Alemana GTZ, en un esfuerzo conjunto con la Corporación de Municipalidades de la República de El Salvador COMURES, y el MARN, financió la realización de un estudio que localiza 12 sitios potenciales para la instalación de rellenos sanitarios regionales, que cubren las cuatro regiones en que está dividido El Salvador por algunas instituciones (Occidental, Central, Paracentral y Oriental).

En el año 2013, se dio el inicio de operaciones por parte del relleno sanitario de Santa Ana el cual recibirá los desechos sólidos de 12 municipios que conforman la Asociación Ecológica de los Municipios de Santa Ana (ASEMUSA) del departamento de Santa Ana. El funcionamiento del relleno reduciría los gastos de traslado y disposición final de los desechos sólidos.

2.3 Tipos de Desechos Sólidos

- **Desechos sólidos domésticos:** también llamados **residuos sólidos urbanos**, son un tipo de desecho que incluye principalmente los desechos domésticos (basura doméstica) a veces con la adición de productos industriales procedentes de un municipio o de una zona determinada.

Estos desechos, ya sean en estado sólido o en forma semisólida, en general, excluyendo los desechos peligrosos industriales, hacen referencia a los desechos que quedan procedentes de los hogares y que contienen materiales que no se han separado o enviado para su reciclaje y se clasifican en 5 categorías:

1. **Los desechos biodegradables:** Los productos derivados de la alimentación y de la cocina, residuos verdes, el papel (también puede ser reciclado).
2. **Material reciclable:** papel, vidrio, botellas, latas, metales, algunos plásticos, etc.

3. **Desechos inertes:** Los materiales sobrantes del mundo de la construcción y la demolición, suciedad, piedras, escombros.
 4. **Desechos compuestos:** Desechos de prendas de vestir, Tetra Pak, y los desechos de plástico como juguetes.
 5. **Desechos domésticos peligrosos** (también llamados "residuos peligrosos del hogar") y los desechos tóxicos: Medicamentos, desechos electrónicos, pinturas, productos químicos, bombillas, tubos fluorescentes, aerosoles, fertilizantes y plaguicidas, baterías, betún de zapatos, etc.
- **Desechos sólidos peligrosos:** El término comprende a los desechos peligrosos derivados de todos los productos químicos tóxicos, materiales radiactivos, biológicos y de partículas infecciosas.
 1. **Desechos sólidos hospitalarios:** son desechos que provienen del uso de la medicina, también conocidos como residuos clínicos. Se refiere normalmente a los productos de desecho que no pueden considerarse residuos en general, producidos a partir de la atención sanitaria en locales, tales como los hospitales.
 2. **Desechos tóxicos:** son los desechos que son perjudiciales para la salud humana y para el desarrollo de la vida, es decir que puedan contaminar de alguna manera el medio ambiente y que este pueda ser modificado, entre estos ejemplos están, la radiación y desechos químicos como los ácidos.
 3. **Desechos radiactivos:** son los tipos de desechos que contienen elementos químicos radiactivos y que no tienen un propósito práctico. Por lo general son productos de los procesos nucleares, tales como la fisión nuclear. Sin embargo, la industria hospitalaria no está directamente vinculada a la industria nuclear y puede producir grandes cantidades de residuos radiactivos.
 - **Desechos sólidos especiales:** El término comprende a los desechos provenientes de los productos de uso masivo, que por sus cantidades o su peligrosidad merecen una gestión separada y especial, tales como baterías agotadas de plomo-ácido, vehículos

fuera de uso (VFU), neumáticos fuera de uso (NFU), aceites lubricantes usados, residuos de aparatos electrónicos y electrodomésticos (RAEE), etc. (Uruguay, 2005)

2.4 Caracterización de los Desechos Sólidos

Las características de los desechos sólidos varían dependiendo de la ciudad y el país en que son generados, ya que éstos se generan en función de los diferentes hábitos y costumbres de la población, de las actividades dominantes, del clima, las estaciones y otras condiciones locales que se modifican con los años.

Tabla 2.1 Características de los desechos sólidos

Tipo	Característica	Unidad
Físicas	Peso	Kg
	Producción per cápita	Kg/hab/día
	Volumen	m ³
	Peso Especifico	Kg/m ³
	Composición	% de elementos
	Humedad	%
Químicas	Hidrogeno y Carbono	%
	Nitrógeno	%
	Fosforo	%
	Potasio	%
	Sólidos volátiles y cenizas	%
	Poder calorífico	Kcl/Kg
Biológicas	Organismos patógenos	-
	Roedores y vectores	-

Fuente: OPS-OMS, 1983

El conocimiento de las características de los desechos sólidos y su control continuo, permite la búsqueda de soluciones apropiadas a los problemas involucrados en las etapas de almacenamiento, recolección y disposición final que constituyen el servicio de aseo.

En la tabla 2.1 se presentan las características de los desechos sólidos y sus unidades de medida, propuestos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS)

2.5 Instituciones responsables en el manejo de Desechos Sólidos

Las instituciones públicas en El Salvador tienen un reto: satisfacer las necesidades de la población en cuanto a educación, salud, economía, arte y recreación, seguridad, entre otros. El tema del manejo de los desechos sólidos está contemplado dentro del área de salud, por lo cual hay instituciones a las cuales han sido atribuidas, por la legislación salvadoreña, funciones específicas para el manejo de los desechos sólidos así como asignar presupuesto específico para esta actividad. En el caso de MINSAL, realizar inspecciones a los lugares de recolección de basura, entre otras.

Algunas instituciones son directamente asignadas como responsables del manejo de los desechos sólidos, mientras otras son asignadas por la legislación como instituciones que debe de ser vigilantes que se cumplan las leyes, reglamento y ordenanzas municipales que están referidas a este tema. Por lo cual la incidencia de las instituciones se puede ver que es muy variada por las funciones asignadas y el objetivo que percibe cada institución.

Dentro del conjunto de instituciones que deben velar porque los desechos sólidos no afecten a las personas se pueden encontrar: las alcaldías municipales de cada lugar, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

2.5.1 Alcaldía Municipal

La Alcaldía es la institución que por excelencia tiene a su cargo el manejo de los desechos sólidos, esto contempla el barrido, recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos, lo cual está estipulado en el Código Municipal, la Constitución de la República de El Salvador y la Ley del Medio Ambiente.

En el Código Municipal, especialmente en el artículo 4 (en el incisos 1 y 5), se le atribuyen funciones a las alcaldías del país como: la elaboración, aprobación y ejecución de

planes de desarrollo local y también se le asigna la función de la promoción y desarrollo de programas de salud, como saneamiento ambiental, prevención y combate de enfermedades (Asamblea Legislativa, 1980)

Bajo esta lógica se denota que las alcaldías tienen gran responsabilidad en cuanto al cuidado del medio ambiente y salud de las personas; por eso, en sus planes de desarrollo local, deben contemplar planes o proyectos que vayan enfocados al manejo de desechos sólidos. De igual manera, en este mismo artículo 4 pero en el inciso 19, se deja claro que la alcaldía es la encargada de “la prestación del servicio de aseo, barrido de calles, recolección, tratamiento y disposición final de desechos sólidos. Se exceptúan los desechos sólidos peligrosos y bio-infecciosos” (Asamblea Legislativa, 1980). Será esta institución la encargada de forma directa del manejo de los desechos sólidos.

2.5.2 Ministerio de Salud

Al mismo tiempo, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social del país no queda exento del tema pues, según el código de salud a este Ministerio se le asignan responsabilidades concretas en cuanto a su intervención con respecto al manejo de desechos sólidos. Dichas obligaciones están contempladas desde el artículo 74 al 78, en los que se plasma de forma concreta cuándo el ministerio puede y debe intervenir (MSPAS, 1988). En caso de los botaderos a cielo abierto, es este ministerio el encargado de dar la respectiva autorización y al mismo tiempo, crear el reglamento para el funcionamiento del basurero, por una parte y por otra, en el caso de que los establecimientos ya sean públicos o privados, coordinará y autorizará el tratamiento adecuado de desechos sólidos peligrosos.

Además del manejo que se le debe dar a los desechos sólidos, el Ministerio, según el código de salud, está en la obligación de proteger a los salvadoreños de diferentes peligros que muchas veces son generados por los desechos sólidos como: humo, ruidos, vibraciones, olores desagradables, gases tóxicos, pólvora u otros atmosféricos.

2.5.3 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Al referirse a las instituciones públicas que están relacionadas con el tema de desechos sólidos, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales no se puede dejar de lado, pues la legislación salvadoreña le atribuye funciones específicas que están contempladas en la Ley del Medio Ambiente, siendo esta ley en la que se describen muchos elementos que el Ministerio debe tomar en cuenta para ejecutar sus funciones (Asamblea Legislativa, 1998)

La Ley del Medio Ambiente está enfocada a que tanto el Estado, municipalidades y las mismas personas son responsables de realizar actividades que permiten que el medio ambiente sea el adecuado para el mantenimiento de la vida del ser humano, por ende, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales es la entidad gubernamental que debe perseguir cumplir con lo central de esta ley. También le da la facultad al Ministerio de establecer convenios con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, alcaldías, personas naturales y toda aquella institución que tenga objetivos similares al que busca el Ministerio, para realizar trabajos que vayan enfocados a mejorar la calidad del medio ambiente, contemplando dentro de esta ley el manejo de desechos sólidos dentro de las áreas que deben mejorarse para obtener un desarrollo sostenible.

Por lo que al Ministerio del Medio Ambiente se le atribuyen funciones desde la generación hasta la disposición final de los desechos sólidos. Es por tanto, este Ministerio el encargado de vigilar el cumplimiento de la ley para el mantenimiento y mejora del medio ambiente.

2.6 Manejo de Desechos Sólidos

La gestión de desechos sólidos puede definirse como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de desechos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas. La gestión de desechos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de

planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los desechos sólidos.

El manejo y tratamiento de desechos sólidos en las ciudades pequeñas y poblados rurales se debe realizar con una visión integral que considere los factores propios de cada localidad para asegurar su sostenibilidad y beneficios. El servicio de limpieza pública debe reunir en lo posible las características que se indican en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Características de un adecuado servicio de limpieza pública.

Aspecto	Descripción
Técnico	Fácil implementación; operación y mantenimiento sencillos; uso de recursos humanos y materiales de la zona; comprende desde la producción hasta la disposición final de residuos sólidos
Social	Fomenta los hábitos positivos de la población y desalienta los negativos; es participativo y promueve la organización de la comunidad.
Económico	Costo de implementación, operación, mantenimiento y administración al alcance de la población que debe sufragar el servicio.
Organizativo	Administración y gestión del servicio simple y dinámica; es racional.
Salud	Se inscribe en un programa mayor de prevención de enfermedades infecciosas.
Ambiental	Evita impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

Fuente: Guía para el Manejo de Residuos Sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales, 1997.

La importancia de la participación ciudadana en la limpieza pública

Efectos Sociales

Para que su trabajo sea exitoso, se necesita de tres fuerzas de apoyo:

1. Alcaldía municipal
2. Familias beneficiarias
3. Trabajadores municipales de aseo.

El efecto esperado es provocar una mejoría en las rutas de recolección y un respeto en los días y horas de prestación del servicio. El manejo integral de los desechos sólidos no es responsabilidad solo de la alcaldía, ni del personal de aseo; también son responsables la comunidad y las familias beneficiarias, quienes deben de ser los mayores colaboradores para obtener un buen servicio. (MARN, 2016).

2.6.1 Conceptos básicos de la gestión de desechos solidos

2.6.1.1 Composición de los desechos sólidos

Es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de desechos sólidos y su distribución relativa basada en porcentajes de peso (MARN, 2016).

2.6.1.2 Generador de los desechos sólidos

Según el Decreto Ejecutivo N° 42 del Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos es: Toda persona, natural o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades, pueda crear o generar desechos sólidos (MARN, 2016)

2.6.1.3 Producción de los desechos sólidos

Es la cantidad de desechos que se generan y se mide en kilogramos por habitante por día (kg/hab/día). La producción de desechos varía según la fuente de generación:

- domésticos,
- comerciales (de mercados y/o supermercados) (MARN, 2016).

2.6.1.4 Indicadores de Generación de Desechos Sólidos en El Salvador

La generación de desechos sólidos se mide por la producción per- cápita, que es un parámetro universal que se simboliza por las siglas “PPC”. Para el caso de los desechos comunes, la unidad de referencia es la persona y se mide en kilogramos producidos por día, con las unidades de kg/persona/día. (MARN, 2016)

Tabla 2.3 Indicadores de generación de desechos sólidos

Componentes de los	Producción per cápita (PPC) kg/persona/día
--------------------	--

desechos	Mínimo	Promedio	Máximo
Menores de 3,000 habitantes	0.183	0.336	0.550
3,000 a 15,000 habitantes	0.300	0.475	0.696
15,000 a 50,000 habitantes	0.393	0.582	0.896
50,000 a 200,000 habitantes	-	0.920	-

Fuente: La gestión de los desechos sólidos municipales con perspectiva municipal RTI Internacional en El Salvador, 2005.

2.7 Asociación Ecológica de Municipios de Santa Ana (ASEMUSA)

En el año 2014, alcaldes y personal técnico de las alcaldías que integran la Asociación Ecológica de Municipios de Santa Ana (ASEMUSA), conocieron la ruta de trabajo que se desarrollará con el Plan Nacional de Mejoramiento del Manejo de los Desechos Sólidos”, impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2014).

El plan se basa en dos consultorías. Una es para la de implementación, a través de la cual se harán las inversiones para las obras e infraestructura; y la otra, sobre capacitación y fortalecimiento, que está dirigida a establecer diferentes mecanismos y a fortalecer a la Asociación y a sus municipios en el manejo de desechos sólidos en diferentes áreas.

Manlia Romero, Directora de Saneamiento Ambiental del MARN, explicó que con este proyecto se busca dar continuidad al trabajo de mejoramiento del relleno sanitario, ubicado en el cantón El Zompopo, de Texistepeque, que administra ASEMUSA. Este relleno recibe 250 toneladas de basura por día, lo que lo convierte en el segundo relleno más grande del país. Los desechos que son recolectados a diario en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa son dispuestos en este relleno sanitario, transportando aproximadamente 52.34 ton/día.

Para equipar y mejorar las condiciones del lugar se proyecta invertir, como máximo, \$2 millones, de los cuales \$800 mil se destinarán para equipamiento especializado en manejo de los desechos sólidos, ya que la maquinaria que ahora se utiliza para la compactación, por ejemplo, está diseñada para hacer terracería en las carreteras.

Los fondos provendrán de un préstamo otorgado por el Instituto de Crédito para la Reconstrucción (KfW), de Alemania, y serán administrados por el MARN y el Consorcio Gopa, CDM, Smith, Ambientec de El Salvador, que tiene a cargo las consultorías.

ASEMUSA está conformada por 12 municipios: Santa Ana, Chalchuapa, Metapán, Coatepeque, El Congo, Candelaria de la Frontera, San Sebastián Salitrillo, Santa Rosa Guachipilín, Santiago de la Frontera, El Porvenir, Masahuat, y San Antonio Pajonal.

El MARN también está impulsando este plan en otras regiones y municipios del país, como La Libertad, Sonsonate, Asociación Los Nonualcos, Ahuachapán, entre otros, ya que uno de los resultados esperados es que la mayoría de asociaciones y municipalidades reciban asesoría en operación de rellenos sanitarios y manejo de desechos sólidos (MARN, 2014).

2.8 Elementos de un sistema de manejo de desechos sólidos

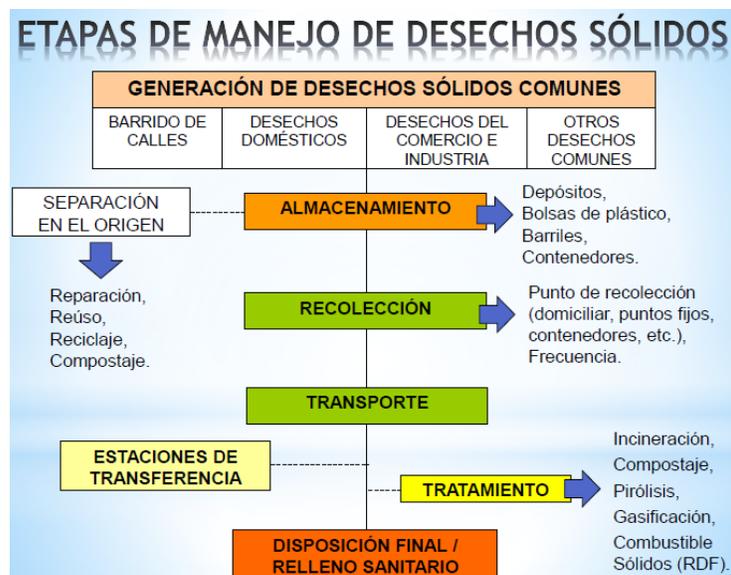


Imagen 2.1 Etapas de manejo de desechos sólidos

2.8.1 Almacenamiento

Acción de retener temporalmente, desechos, mientras no sean entregados al servicio de recolección, para su posterior procesamiento, reutilización o disposición. Recipientes destapados o acumulaciones en el suelo, generan focos de contaminación propicios para la proliferación de vectores por lo que se recomienda tomar en cuenta cada uno de los parámetros antes mencionados cuando se piense en un almacenamiento temporal de los desechos sólidos. (MARN, 2016)

2.8.2 Separación

Se reconocen dos tipos de separación:

- *En el origen (viviendas o establecimientos)
- *Centralizada (centros de acopio, estaciones de recuperación)

La separación en el origen es responsabilidad de la población y lo pueden hacer: En casa, oficina, escuelas, etc. (MARN, 2016)

2.8.3 Sistema de Recolección y Transporte

La etapa de recolección y transporte abarca dos procesos, claramente diferenciados:

1. Recolección: acción de recoger y trasladar los desechos generados, al equipo destinado a transportarlos a las instalaciones de almacenamiento, transferencia, tratamiento, reúso o a los sitios de disposición final.

La recolección puede realizarse de varias formas, las más comunes son:

- *Casa por casa
- *Por contenedores. (MARN, 2016).

2. Transporte/transferencia: El Transporte comprende el traslado de los desechos entre los diferentes sitios comprendidos en el manejo integral (centro de acopio, Estación de Transferencia –ET-, planta de recuperación de materiales, planta de tratamiento, Sitio de Disposición Final –SDF-).

Transportar significa llevar los residuos del área de recolección hasta los destinos establecidos, sea instalaciones para tratamiento intermedio o sitios de disposición final. (Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos, 2017. p.12).

La Formulación de un plan de recolección y transporte, debe abarcar los siguientes aspectos:

- Almacenamiento adecuado
- Equipamiento para el transporte de los residuos.
- Rutas de recolección, frecuencia y horarios.
- Aplicabilidad de una estación de transferencia-ET-.
- Aplicabilidad de la separación de residuos en el punto de generación.

2.8.4 Estación de transferencia (ET).

Instalación permanente o provisional, de carácter intermedio, en la cual se reciben desechos sólidos de las unidades recolectoras de baja capacidad, y se transfieren, procesados o no, a unidades de mayor capacidad, para su acarreo hasta el sitio de disposición final.

*Se utilizan en caso de que los sitios de disposición final se encuentran muy alejados de las ciudades. (MARN, 2016)

2.8.5 Tratamiento o procesamiento

Es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión. (MARN, 2016)

Algunas formas de tratamiento son:

- **Incineración:** Consiste en la incineración a altas temperaturas de los desechos, lo que permite reducir su volumen un 95% y su peso hasta un 80%. Si no se implantan sistemas de filtros en la combustión resultan cenizas, escoria o residuos inertes y gases tóxicos que pueden afectar gravemente a la salud de las personas.

- **Compostaje:** El compostaje es un proceso de fermentación aerobia de la materia orgánica y la experiencia que se tiene del mismo es amplia. Desde entonces, los agricultores han seguido esta práctica natural utilizando la materia transformada como abono para los cultivos.

El compostaje se define como un proceso dinámico, biológico, aerobio y en consecuencia termófilo, que para que se lleve a cabo necesita: materia orgánica biodegradable, población microbiana inicial que permitirá el desarrollo del proceso y condiciones óptimas del mismo. (Ilarri, Clavero, & Fernandez, 2014)

- **Pirólisis:** La pirólisis se define como un proceso fisicoquímico mediante el cual el material orgánico de los desechos sólidos se descompone por la acción del calor, en una atmósfera deficiente de oxígeno y se transforma en una mezcla líquida de hidrocarburos, gases combustibles, residuos secos de carbón y agua. La pirólisis tiene como objetivo la disposición sanitaria y ecológica de los residuos sólidos urbanos, disminuyendo su volumen al ser transformados en materiales sólidos, líquidos y gaseosos con potencial de usos como energéticos o materias primas para diversos procesos industriales. (SEDESOL, 1967)
- **Gasificación:** La gasificación somete los desechos sólidos a altas temperaturas (generalmente sobre los 600°C) en un ambiente casi sin oxígeno. Los niveles de oxígeno se mantienen bajos para prevenir una combustión inmediata; en lugar de eso, la parte a base de carbono de los residuos sólidos se descompone en gas de síntesis (syngas, nombre asignado a combustible gaseoso obtenido a partir de sustancias ricas en carbono) y un remanente sólido conocido como escoria, ceniza o residuo de carbón. (Tangri & Wilson, 2017)
- **Combustible Sólido (RDF):** conocido por sus siglas en inglés RDF (Residue Derivative Fuel), es un combustible derivado de los desechos. Para producir este tipo de combustible se usan fracciones adecuadas de los desechos, tales como fibras sintéticas, cuero y sus sustitutos, polímeros, caucho, textiles, papel etc. (Combustible RDF, 2004)

2.8.6 Disposición final

Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.

Relleno sanitario: es el sitio construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, acomodan, compactan y cubren con tierra diariamente los desechos sólidos; contando con drenaje de gases y líquidos percolados (lixiviados).

Es el último elemento funcional de la gestión, el método más comúnmente utilizado es el vertido en la tierra: los rellenos sanitarios, son obras complejas de ingeniería.

Requieren de una supervisión constante a lo largo de su vida útil y 30 años después de su cierre. (MARN, 2016)

RELLENOS SANITARIOS EL SALVADOR 2014

Nº	UBICACIÓN RELLENO SANITARIO (MUNICIPIO/DEPARTAMENTO)	NUMERO DE MUNICIPIOS	OPERADOR DE RELLENO	RECEPCION (ton/dia)
RELLENO SANITARIO MECANIZADO				
1	NEJAPA/SAN SALVADOR	82	MIDES SEM	2,000
2	CUISNAHUAT/SONSONATE	28	CAPSA S.A DE C.V	350
3	TEXISTEPEQUE/SANTA ANA <i>El Zompopo</i>	13	ASEMUSA	250
4	USULUTAN/USULUTAN	49	SOCINUS	250
5	LA LIBERTAD/LA LIBERTAD	20	PULSEM	150
6	ULUAZAPA/SAN MIGUEL	1	MUNICIPALIDAD	150
7	AHUACHAPAN/AHUACHAPAN	0	INTERMUNICIPAL	100
8	SANTA ROSA DE LIMA/ LA UNION	26	ASINORLU	40
9	TEJUTLA /CHALATENANGO	7	AMUSNOR	30
10	ATIQUIZAYA/AHUACHAPAN	5	MUNICIPAL	20
RELLENO SANITARIO MANUAL				
11	S. FRANC. MENENDEZ/AHUACHAPAN	1	MUNICIPAL	10
12	SUCHITOTO/CUSCATLAN	1	MUNICIPAL	5
13	CORINTO/MORAZAN	1	MUNICIPAL	4
14	MEANGUERA/MORAZAN	2	MUNICIPAL	3
15	PERQUIN/MORAZAN	1	MUNICIPAL	1
SUB TOTAL		237		3,363
	RESTO DE MUNICIPIOS	25	COMPOSTERAS	10
	TOTAL PROCESADO	262		3,373
	TOTAL GENERADO URBANO	COBERTURA ESTIMADA 80%		4,216

Imagen 2.2 Rellenos sanitarios de El Salvador

Fuente: MARN, 2016. Curso de Gestión del Manejo de los Desechos Sólidos Comunes, Módulo I, Situación actual del manejo de los desechos sólidos en El Salvador, p. 3.

Asociación Ecológica de Municipios de Santa Ana (ASEMUSA): Este relleno recibe 250 toneladas de basura por día, lo que lo convierte en el segundo relleno más grande del país. Está conformada por 12 municipios: Santa Ana Chalchuapa, Metapán, Coatepeque, El Congo, Candelaria de la Frontera, San Sebastián Salitrillo, Santa Rosa Guachipilín, Santiago de la Frontera, El Porvenir, Masahuat, y San Antonio Pajonal (MARN, Saneamiento Ambiental, 2013).

2.9 Clasificación de la recolección de desechos sólidos

En términos generales, la recolección puede clasificarse en diferentes tipos, dependiendo la naturaleza de lo que se quiera calificar, de donde tenemos que:

Atendiendo al modo de operación, la recolección puede ser:

1. Manual, y dentro de esta puede ser:

- 1) **Recogida formal:** realizada bajo el servicio municipal.
- 2) **Recogida informal:** realizada por recolectores individuales (buzos).

2. Mecánica, y dentro de la misma, puede ser:

- 1) **Recolección neumática:** Usa un sistema de conducciones neumáticas subterráneas donde se transporta la basura hasta las estaciones de transferencia donde se procede a su traslado a la planta de tratamiento.
- 2) **Recolección por medio de vehículos:** Se realiza usando vehículos, algunos especialmente preparados al efecto, como los camiones dotados de una tolva en la que se compactan los desechos u otros en los que se depositan sin compactar.

Atendiendo a la forma y/o sitio de recolección, puede ser:

- 1) Recolección puerta a puerta
- 2) Recolección punto a punto (contenedores)

Atendiendo al tipo de desechos a recolectar, puede ser:

1. General: Los desechos se recogen mezclados en los contenedores, sin ningún tipo de separación y sin discriminar los distintos tipos.

2. Selectiva o Diferenciada: Los desechos se recogen separadamente, según su tipo, características y propiedades; en función de su posterior tratamiento y valoración.

3. Recolección Municipal o convencional: consiste en la recolección de los desechos sólidos de residencias, establecimientos comerciales e instituciones, cuyo volumen no sobrepase el previsto en la correspondiente legislación municipal (Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos, 2017. pp. 4-5).

2.9.1 Recolección de desechos sólidos municipales

La recolección de los desechos sólidos urbanos/municipales se refiere a la acción de manejo de desechos sólidos que permite eliminar los desechos del entorno de vida de las personas. Los desechos sólidos deben ser transportados desde el punto de generación al sitio de disposición final para su tratamiento. La recolección y transporte hacia el sitio de disposición final es reconocido como un servicio de operación pública desde el punto de vista de la población, que debe impedir el desarrollo de vectores y la transmisión de enfermedades. (Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos, 2017. p. 6).

El servicio municipal se caracteriza por la intervención de la alcaldía, quien se encarga de organizar el transporte generalmente mecanizado desde el punto de generación hacia el destino final, y de los ciudadanos que deben preparar los desechos sólidos adecuadamente y colocarlos de acuerdo a los lugares y horarios pre-establecidos por la alcaldía.

Para planificar el sistema de recolección, el servicio municipal debe conocer previamente muchos datos, que deberá investigar o realizar los estudios pertinentes.

2.10 Conceptos básicos para el diseño de rutas de recolección

El diseño de una ruta, es el proceso de optimización de las distancias recorridas y los tiempos en servicio y en circulación, es decir como una medida del tiempo y movimiento (MARN, 2016).

2.10.1 Zonificación, Nivel de servicio y Horarios de recolección

Es la frecuencia de recolección que se les brinda a los inmuebles de acuerdo a sus características y necesidades, para lo cual se establecen como inmuebles prioritarios:

- Mercados,
- Centros de atención de salud,
- Centros educativos,
- Área comercial,
- Zona industrial,
- Zona turística,

Y todos aquellos inmuebles de uso domiciliar. (MARN, 2016).

2.10.2 Sectorización

La sectorización es la primera etapa del diseño de las rutas, la cual consiste en dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad más apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Los sectores pueden ser divididos en subsectores, ofreciendo cada uno de ellos un trabajo completo para un viaje de recolección. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980)

2.10.2.1 Datos necesarios

Para llevar a cabo el trabajo de sectorización se necesitan los siguientes datos:

- a) Área de cada zona a servir
- b) Densidad de población de cada zona
- c) Índice de producción de basura per cápita (PPC) de cada zona
- d) Equipo de recolección disponible - número, tipo, tamaño y estado
- e) Densidad de basura en el camión recolector
- f) Frecuencia de recolección
- g) Número de viajes factibles de realizar por camión durante la jornada normal de trabajo. Este número dependerá principalmente de los siguientes factores: cantidad de basura en cada punto de recolección, tipo de recipientes, estado de pavimento de calles, condiciones de tráfico, longitud de rutas, distancia al sitio de relleno sanitario, condiciones mecánicas del camión recolector, etc. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980).

2.10.2.2 Zonificación por sectores

Las zonas de servicio están definidas por rutas con su respectiva frecuencia. En general se clasifican en:

- Área comercial
- Área urbana
- Área periurbana (MARN, 2016).

2.10.3 Diagramación

La diagramación es la segunda etapa del diseño de las rutas y consiste en desarrollar una ruta de recorrido para cada subsector, de manera que permita a cada equipo llevar a cabo el trabajo de recolección de basura con una menor cantidad de tiempo y recorrido. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980).

2.10.3.1 Datos necesarios

Para llevar a cabo el trabajo de diagramación se necesitan los siguientes datos:

1. Lugar de resguardo del camión recolector.
2. Lugar de disposición final.
3. Hora de mayor cantidad de tránsito y situación de la congestión.
4. Sentido de la circulación vehicular.
5. Pendientes de calles y avenidas.
6. Vías transitables y vías no transitables.
7. Tipos de trazo de rutas:
 - Servicio vía completa o trazo peine (Recolección de ambos lados de la vía).
 - Servicio de doble vía o trazo doble peine (Recolección por vía en los casos de boulevard y carreteras de alto tráfico). (MARN, 2016).

El primer trazo se recomienda en zonas de escasa densidad de población, y por lo mismo extensas. El segundo trazo es recomendable para zonas de alta densidad de población y principalmente en zonas comerciales. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980).

2.10.4 Verificación e Implantación de Rutas

2.10.4.1 Verificación de rutas

Se recomienda seguir el siguiente procedimiento para la verificación de las rutas esquematizadas:

- a) Cuantificar la longitud del recorrido en kilómetros, por cada ruta
- b) Constatar la vialidad (sentidos de circulación)
- c) Comprobar la transitabilidad de las calles en cualquier época del año
- d) Notificar si dentro de la ruta propuesta existen manzanas deshabitadas y consecuentemente no necesitan servicio de limpieza
- e) Tomar nota de los problemas de circulación, ocasionados por calles angostas, obstrucción por vehículos estacionados, calles con fuertes pendientes, etc.
- f) Plasmar en un plano la ruta de recolección ya verificada. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980).

2.10.4.2 Implantación de rutas

En la implantación de las nuevas rutas propuestas lo más importante es adiestrar a los supervisores y a los choferes de camiones de limpieza pública. Dicho adiestramiento consistirá en explicar la simbolización de los esquemas de rutas de recolección como son:

- Inicio de la ruta
- Dirección del recorrido
- Recorrido en servicio
- Recorrido en tránsito
- Fin de la ruta
- Paradas fijas
- Horarios (inicio de jornada, hora de almuerzo, etc.).

También es sumamente importante realizar actividades apropiadas de relaciones públicas, a fin de lograr la mayor cooperación pública al cambio de ruta, horario, frecuencia, etc. Al público, oportunamente, se le debe ofrecer las informaciones necesarias a través de medidas convenientes. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980).

2.11 Descripción teórica del proceso de recolección implementado en Chalchuapa

La gestión de desechos sólidos implementada por la alcaldía de Chalchuapa la conforman 3 fases:



Esquema 2 Conformación de la Gestión de Desechos Sólidos implementada por Alcaldía Municipal de Chalchuapa

Fuente: Elaboración Propia.

Fase de recolección domiciliaria: la alcaldía municipal destina la administración del servicio de recolección domiciliaria a la unidad de desechos sólidos. El servicio se realiza en dos tipos de camiones recolectores: cama abierta y compactadores, los cuales realizan su recorrido por medio de un listado de comunidades a atender por día. Los camiones realizan el recorrido de lunes a sábado generalmente en la mañana, cada camión cuenta con un equipo conformado por tres personas encargadas de recoger los desechos domiciliarios por las calles y avenidas donde cada familia saca de sus hogares sus residuos en sacos, bolsas o cajas. El servicio debe realizarse lo más temprano posible para evitar que animales rompan las bolsas y obstaculicen el proceso de recolección. La inversión económica del servicio incluye: el alquiler de unidades; en el caso de los camiones particulares que son alquilados, el mantenimiento de las unidades recolectoras, gasto de combustible y pago de personal.

Fase Servicio de barrido: el servicio de barrido es el encargado de recoger desperdicios, limpieza de calles, recolección de hojas o ramas dispuestas en vías de

circulación como aceras, calles, parques entre otros. El servicio se da por medio de una persona con un barril que cuenta con una ruta de operación. Cabe mencionar que las rutas de operación en el servicio de barrido no están incluidas en el diseño de ruta de recolección, sin embargo se incluye el volumen de desechos sólidos recolectado puesto que la disposición final de estos desechos se da en los camiones recolectores.

Fase Disposición final: cuando los camiones recolectores terminan su recorrido los desechos sólidos son llevados al relleno sanitario ASEMUSA donde se cancela una cuota por cada tonelada que se lleva diariamente.

2.12 Conceptos básicos del municipio de Chalchuapa

Colonia: una colonia puede ser un grupo de personas establecido en un lugar diferente al de su procedencia o es un lugar donde estas personas se establecen: “Los indios formaron una pequeña colonia en la isla” (Significados, 2018).

Barrio: son cada una de las partes en que se dividen los pueblos y ciudades o subdistritos (Real Academia Española, 2018).

Cantón: son cada una de las divisiones administrativas o territoriales de ciertos estados (Real Academia Española, 2018).

Reparto: Terreno fraccionado para la construcción de nuevas viviendas (Real Academia Española, 2018).

Parcelación: es dividir una porción de terreno grande para venderla o arrendarla en porciones más pequeñas (Real Academia Española, 2018).

Residencial: área urbana destinada principalmente a viviendas de cierta calidad (Real Academia Española, 2018).

Urbano: perteneciente o relativo a la ciudad (Real Academia Española, 2018).

Periurbano: en lo relativo a la periferia urbana (Real Academia Española, 2018).

Capítulo 3: Metodología de investigación

3.1 Tipo de investigación

La investigación está dirigida a diseñar una ruta adecuada de recolección de desechos sólidos para la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa. Para la obtención de datos en principio no cuantificable, basado en la observación se utilizó la investigación cualitativa y posteriormente la investigación de campo.

El enfoque cualitativo utiliza la recolección y análisis de datos subjetivos, que permiten afinar preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación. Así, en la investigación cualitativa se utilizan técnicas para recolectar datos, como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, discusión en grupo, evaluación de experiencias personales, registro de historias de vida, e interacción e introspección con grupos o comunidades (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014), con el fin de obtener una descripción detallada de la problemática en estudio.

3.2 Tipo de estudio

Para realizar la investigación de campo se utilizó el tipo de investigación descriptiva. Este tipo de estudio busca profundizar en una serie de variables o características específicas del estudio y que se consideran relevantes o de interés, estas se plasman en cuestionarios, para obtener una descripción más detallada de las condiciones del estudio que se realiza, de igual forma conocer algunos aspectos relevantes sobre la situación a analizar.

La investigación en campo será la que permita comprender la aceptación de las comunidades al servicio de recolección de desechos sólidos, mediante el estudio de campo se pretende descubrir el ambiente de los usuarios y observar detalles puntuales que interfieren en el proceso, para finalmente integrar los datos subjetivos de la investigación cualitativa para un mejor diseño en la propuesta de solución.

3.3 Población y muestra

Puesto que la generación y recolección de desechos sólidos está estrechamente relacionada con el número de habitantes, y con el tamaño y crecimiento local, entre otros

factores. La estimación de la población urbana es el aspecto principal en la definición del nivel de complejidad. En la investigación se tomó como población a los habitantes de la zona de estudio del municipio de Chalchuapa, registrados en la Unidad de Catastro de la Alcaldía Municipal de Chalchuapa, a los que se les cobra el impuesto por el servicio de recolección de desechos sólidos.

El valor obtenido de la producción de desechos sólidos por la población designado como la producción per cápita, PPC, se define como la cantidad generada de residuos por un habitante por día [Kg/(habitante*día)]. Este parámetro se obtuvo con base en la generación promedio de desechos sólidos por habitante, medido en kg/hab/día, a partir de la información obtenida de un muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de ocho días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población. En este caso son la zona comercial, zona residencial urbana y zona residencial periurbana, las cuales se definieron tomando en cuenta las características de cada una de ellas.

3.4 Unidades de observación

La investigación contempla varios elementos que permitirán presentar una propuesta de ruta de recolección de desechos sólidos, que contribuya tanto a reducir los efectos de la generación de desechos, como a la disminución en las distancias improductivas, para la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento Santa Ana. Estos elementos son: densidad de población, índice de producción de basura per cápita (PPC), equipo de recolección disponible, densidad de basura en el camión recolector, frecuencia de recolección, número de viajes factibles de realizar por camión durante la jornada normal de trabajo. Otro aspecto a estudiar es la administración de los recursos a utilizar para la recolección de desechos sólidos: camiones, recurso humano, capacidad del personal, herramientas de trabajo, recursos financieros, seguridad ocupacional y equipo de protección personal.

3.5 Técnicas de investigación

Las técnicas que se aplicaron para realizar esta investigación son: observación, monitoreo, entrevista y muestreo estadístico aleatorio en campo, mediante la utilización de los

siguientes instrumentos: aplicaciones de rastreo en dispositivos móviles y la guía de entrevista.

3.5.1 La observación

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del conjunto de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación.

3.5.2 Monitoreo

Monitoreo es la acción y efecto de monitorear, el verbo que se utiliza para nombrar a la supervisión o el control realizado a través de un monitor. El monitoreo, a rasgos generales, consiste en la observación del curso de uno o más parámetros para detectar eventuales anomalías o para recoger información relacionada al tema de estudio. Puede realizarse efectivamente a través de un monitor (que transmite las imágenes captadas por una cámara o un dispositivo móvil) o mediante el trabajo de alguna persona.

3.5.3 La entrevista

Es una técnica para obtener datos que consisten en un diálogo entre dos personas: El entrevistador "investigador" y el entrevistado; se realiza con el fin de obtener información de parte de este, que es, por lo general, una persona entendida en la materia de la investigación.

3.5.4 Muestreo estadístico aleatorio en campo

Es una técnica de muestreo en virtud de la cual las muestras son recogidas en un proceso que brinda a todos los individuos de la población las mismas oportunidades de ser seleccionados.

3.5.4.1 Estudio estadístico para determinar la generación per cápita

Selección de riesgo "a"

El riesgo con que se realiza el muestreo, se elige con base a los siguientes factores:

- Conocimiento de la localidad.
- Calidad técnica del personal participante.
- Factibilidad para realizar el muestreo.
- Características de la localidad a muestrear.
- Exactitud de la báscula por emplear.

Tamaño de la premuestra “n”

A partir del riesgo seleccionado (a), se adoptó un tamaño de premuestra por zona, con base en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Determinación de la muestra

Riesgo (a)	Tamaño de la premuestra (n)
0.05	115
0.10	80
0.20	50

Fuente: MARN, 2016 Curso de Gestión del Manejo de los Desechos Sólidos Comunes, Módulo II Técnicas para determinar la generación e indicadores existentes.

3.6 Análisis de la información

La investigación se realizó en los siguientes pasos:

- Recopilación de datos: Después de un reconocimiento de la zona de estudio seleccionada y al definir la población de estudio, se procedió a obtener los datos necesarios que intervienen en la realización del diseño de la ruta de recolección. Esto mediante los instrumentos de recolección de información, que son: la observación directa, aplicaciones de rastreo en dispositivos móviles, la guía de entrevista y el muestreo aleatorio en campo.
- Otro aspecto del estudio, es que se obtuvo información relacionada a como se lleva a cabo la recolección y el transporte de los desechos sólidos, estableciendo el recorrido de la ruta de recolección que se maneja, incluyendo los recursos necesarios, tales como: conductores y ayudantes responsables, la producción de los desechos sólidos

recolectados, frecuencia y horarios de recolección, distancias recorridas, con la finalidad de obtener un parámetro de la cantidad de desechos generados y recolectados. Esto se logró mediante la aplicación de los instrumentos de campo correspondientes.

- Análisis e interpretación de los datos, se procedió analizar los resultados para facilitar la comprensión de la misma y poder determinar las variables necesarias para realizar el diseño de la ruta de recolección de desechos sólidos en la zona de estudio, todo esto tomando de base el manual del Dr. Kunitoshi Sakurai sobre Diseño de las Rutas de Recolección de Desechos Sólidos.

3.6.1 Información recopilada por medio de las técnicas de investigación

Como parte de la investigación de campo la observación tuvo como objetivo observar directamente el manejo que los habitantes de la ciudad de Chalchuapa le dan a los desechos sólidos así como también información relacionada a la vialidad de las calles, sentidos de circulación, el tránsito, las vías servibles y vías no servibles, entre otros.

3.6.1.1 Monitoreo

El monitoreo se realizó utilizando aplicaciones de rastreo por medio de dispositivos móviles, con esto se obtuvo los recorridos de los 5 equipos de recolección en operación, para después dibujar cada ruta en el programa AutoCAD. Las aplicaciones que se utilizaron fueron dos, las cuales tienen el nombre Runtastic y Followmee (en español Sígueme).

Runtastic es una aplicación que va marcando el recorrido hacia dónde va moviéndose el camión y proporciona datos de velocidad, distancia y tiempo.

FollowMee es una aplicación que permite que la lectura de los datos registrados en el recorrido puedan ser revisados en tiempo real desde una computadora, además reúne el registro por semana y lo envía al correo electrónico.

A continuación se muestran algunas capturas de las aplicaciones utilizadas.

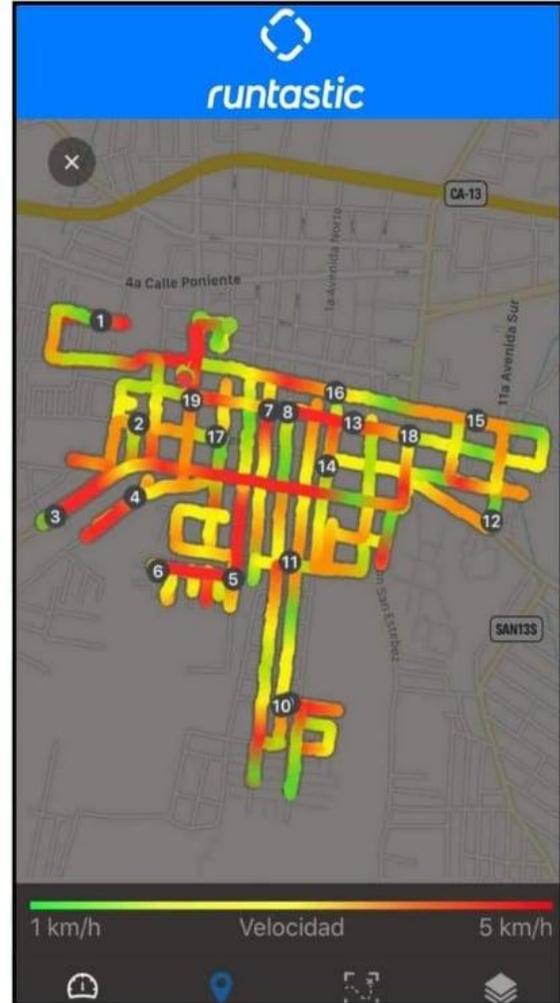
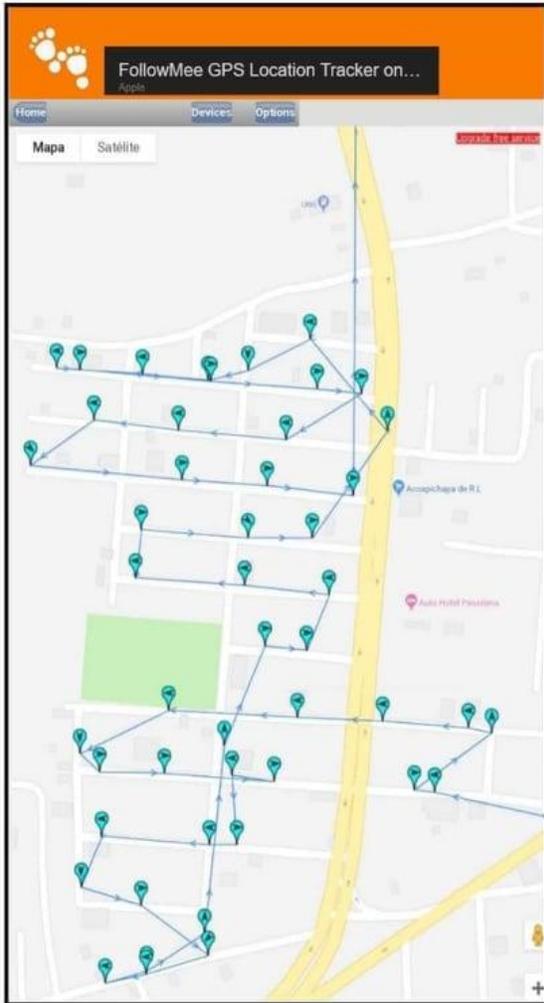


Imagen 3.1 Algunas de las rutas monitoreadas por medio de las aplicaciones FollowMee y Runtastic.

Fuente: Elaboración propia.

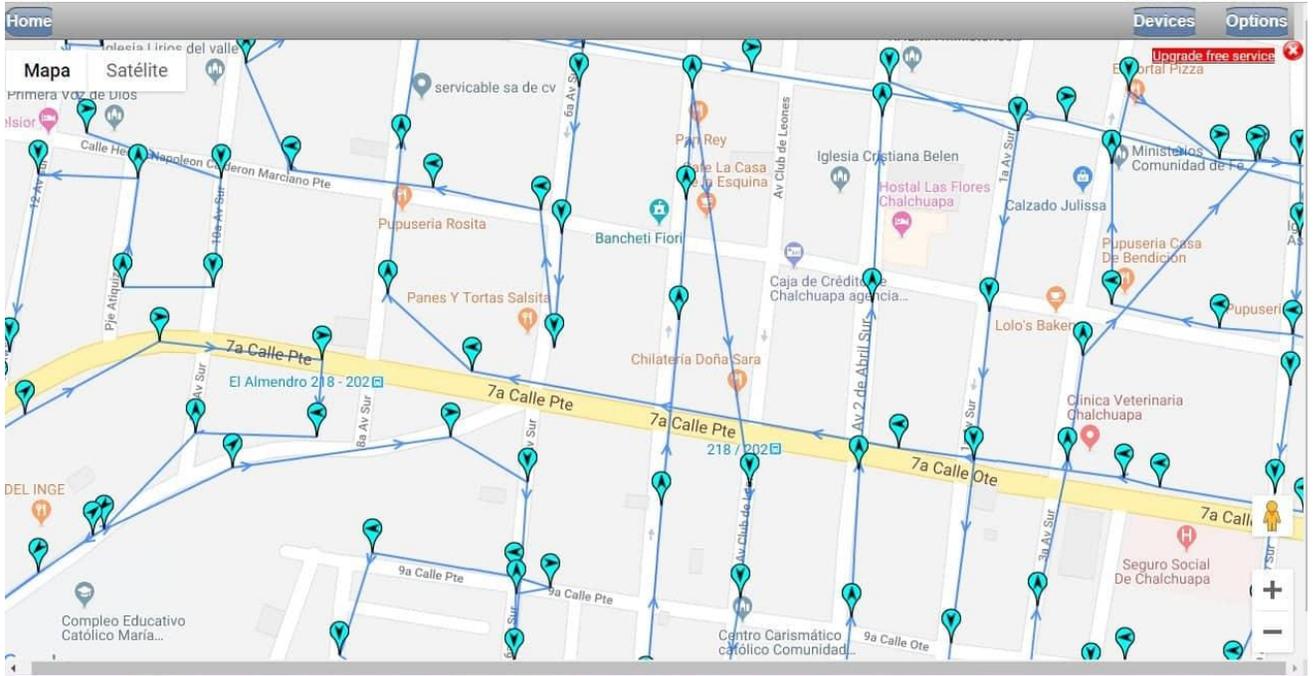


Imagen 3.2 Ruta monitoreada por medio de la aplicación FollowMee

Fuente: Elaboración propia.

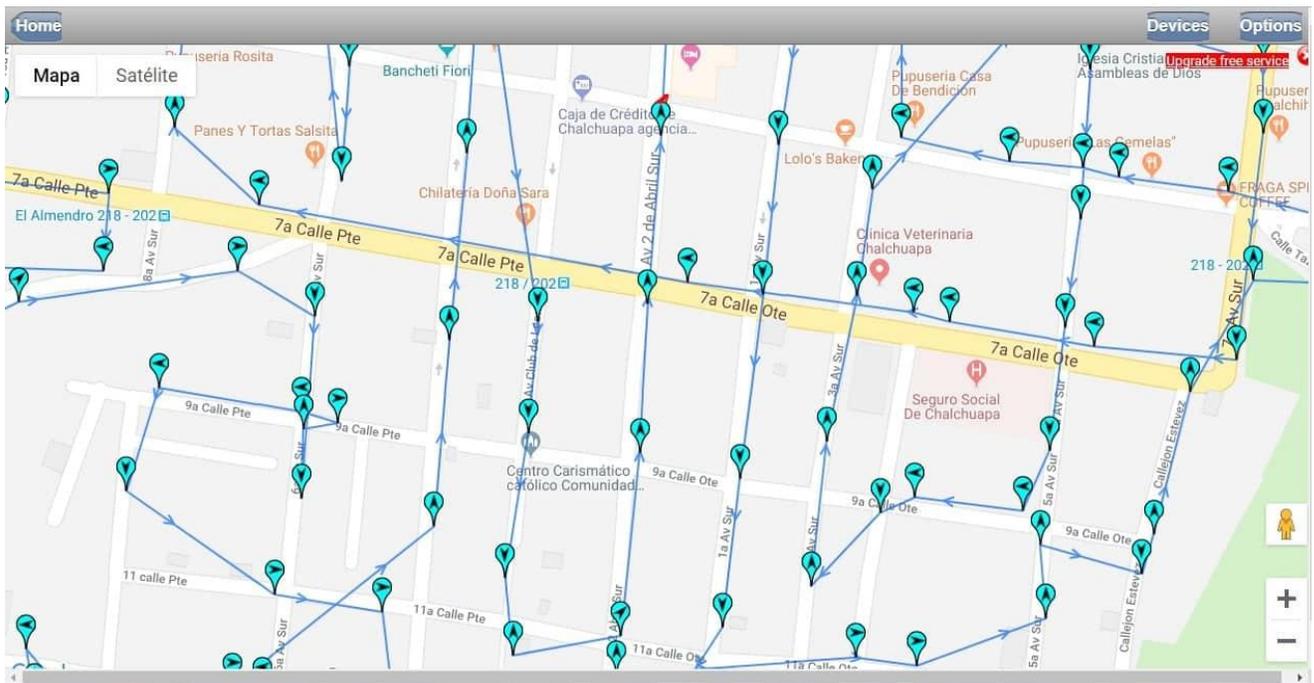


Imagen 3.3 Ruta monitoreada por medio de la aplicación FollowMee

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.2 La entrevista

La entrevista se realizó con la finalidad de obtener datos que ayuden a describir la situación actual de la recolección de la zona de estudio. Para ello se decidió realizar la entrevista al jefe del área de desechos sólidos Lic. Rene Vásquez, el cual es el encargado de manejar el servicio de recolección de desechos sólidos urbanos de la ciudad de Chalchuapa.

Para recoger los datos de la entrevista se registró el cuestionario escrito, presentado en el anexo 1. La entrevista al jefe de la unidad de desechos sólidos, el Lic. René Vásquez, se realizó en el mes de mayo del presente año por medio de una guía de preguntas abiertas aplicada a la persona experta en el tema de investigación.

De acuerdo al cuestionario escrito se obtuvo la siguiente información que sirvió de base para el diseño de la ruta de recolección de desechos sólidos:

Las comunidades que atiende la municipalidad son aproximadamente 70. Se cuentan con 5 camiones de carga, en total 4 que son propiedad de la alcaldía municipal y 1 que se alquila para el servicio de recolección, de los cuales 3 se les llama compactadores ya que por su sistema interno permite comprimir los desechos sólidos y 2 son de cama fija. El grupo de cada camión está conformado por un motorista y 3 auxiliares. La capacidad para los compactadores es de 10 toneladas y para los de cama fija es de 8 toneladas.

La frecuencia de recolección varía entre la zona rural y la zona periurbana. En la zona periurbana 3 veces por semana y en la zona urbana 1 vez al día. Cada equipo de trabajo tiene un listado de comunidades que debe ser atendida por ruta, y sus horarios son de 6:30 am a 12:00 pm de lunes a sábado. El lugar de estacionamiento de los vehículos es el incafé que es un lugar de equipamiento comunitario, y depositan los desechos sólidos generados en el relleno sanitario de ASEMUSA. También se nos proporcionó la hoja del personal, rutas, comunidades y horarios de recolección de desechos sólidos, se muestran a continuación:

Imagen 3.4 Cuadro

de personal y días en

qu

5

CUADRO DE PERSONAL, RUTAS DE RECOLECCION Y DIAS EN QUE SE RECOLECTAN LOS DESECHOS SOLIDOS

Nº	NOMBRE	CARGO	RUTAS DE RECOLECCIÓN	DIAS
CAMION MARCA INTERNACIONAL PLACAS N-13148				
9	Hector Enrique Ruano Arana	Motorista	Barrio Las Animas, Barrisan Santa Cruz, Casa Blanca I, Parcelacion San Carlos, Hospital, Vuelta de la Roca Fuerte, Reparto Guadalupano, Parcelacion.	Lunes, Miercoles Viernes
10	Jesus Menendez Marroquin	Auxiliar de servicios municipales		
11	Jesus Mauricio Herrera Grijalva	Auxiliar de servicios municipales	Barrio Las Animas, Barrio SantaCruz, Pampe y Los Olivos, Hospital, Vuelta de la Roca Fuerte y Quintanilla.	Martes Jueves Sabado
12	Hugo Antonio Zepeda Galdamez	Auxiliar de servicios municipales		
CAMION MARCA FORD PLACAS N-2567				
13	Mario Adelmo Arroyo Torres	Motorista	Colonia San Antonio I, II, III, La Limar, Colonia Cuscachapa, Parcelacion San Carlos, San Federico, Reparto Libertad I, II, Colonia Aguilar, La Mielera y El Paraiso.	Lunes Miercoles Viernes
14	José Carlos Sorto	Auxiliar de servicios municipales		
15	Jorge Antonio Solorzano	Auxiliar de servicios Municipales	Canton San José, Las victorias II, Colonia Santa Fe, Gasolinera Puma, Bimbo, Colonia El Progreso, La Esperanza, La Ruano, La Agreda, Colonia San Sebastian, La Libertad I y II, El Bambu, Los Arrayanes, Colonia Santa Elena, El Tamarindo.	Martes Jueves Sabado
16	Alvaro Mauricio Peraza Ceron	Custt. y Enc. de Mtto. de Lug. Pub. Munic.		
CONTRATACIÓN DE CAMION PARTICULAR				
17	Fredy Enrique Gonzalez Magarin	Auxiliar de servicios municipales	Col. Buena Vista I, II, III, Loma Linda, Colonia Nuevo San Juan, San Miguelito, La Aguilar, La Catraccio, Col. Buena Vista (Una Calle), La Manzanita, Potreritos	Lunes Miercoles Viernes
18	Henry Mauricio Moran	Auxiliar de servicios municipales	Tazumal I, II, La Flor, Las Victorias I, Residencial Tazumal, San Luis, La Joyita, La Quezada, Las Unidades, Calle al Cuje, La Laguna Seca, La San Jose.	Martes Jueves Sabado
19	Luis Edgardo Valladares Linares	Vigilante de Lug. Publicos Municipales		

OBSERVACION: Cada quince días se programa recolección de desechos sólidos en centros escolares del Cantón El Coco, Unidad de Salud, Canton La Magdalena, Galeano, Santa Marta, Cantón las Cruces, Cantón Ayutepeque y Caserío San Jorge.

Mediante la unidad de Catastro se obtuvo la información relacionada a los beneficiarios del servicio de recolección, y con esto poder sacar aproximadamente la densidad de población, parámetro para el diseño de la ruta.

Por medio del encargado de la unidad de desechos sólidos se obtuvo el registro de la producción por día y por camión de los meses de Enero a Diciembre del año 2018, que la alcaldía entregó a ASEMUSA. Los datos obtenidos fueron utilizados para generar el promedio mensual y posteriormente el promedio anual valor que permite poder conocer la producción per cápita de desechos sólidos. De acuerdo a esto se presentan a continuación el promedio de producción de desechos sólidos por día y por camión:

Tabla 3.2 Producción de desechos sólidos en toneladas por día

Camión de carga tipo compactador EQ1 placas N-13148					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
8.39 t	7.69 t	6.59 t	6.60 t	6.78 t	5.65 t
Camión de carga tipo compactador EQ2 placas N-13012					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
13.86 t	9.12 t	8.13 t	7.63 t	8.14 t	7.48 t
Camión de carga tipo cama fija EQ3 placas N-2567					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
6.91 t	6.64 t	6.21 t	5.10 t	5.21 t	4.40 t
Camión de carga tipo compactador EQ4 placas N-13149					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
9.05 t	8.45 t	8.25 t	6.56 t	7.61 t	6.37 t
Camión de carga tipo cama fija EQ5 placas N-98680					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
6.06 t	6.23 t	5.46 t	5.19 t	5.07 t	4.01 t

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.3 Promedio de producción de desechos sólidos mensual del año 2018

Promedio mensual de generación de desechos solidos		
Enero	5.66	Ton/día
Febrero	5.67	Ton/día
Marzo	5.66	Ton/día
Abril	6.66	Ton/día
Mayo	5.88	Ton/día
Junio	6.89	Ton/día
Julio	5.66	Ton/día
Agosto	6.3	Ton/día
Septiembre	5.49	Ton/día
Octubre	5.39	Ton/día
Noviembre	4.97	Ton/día
Diciembre	5.03	Ton/día

Fuente: Elaboración Propia.

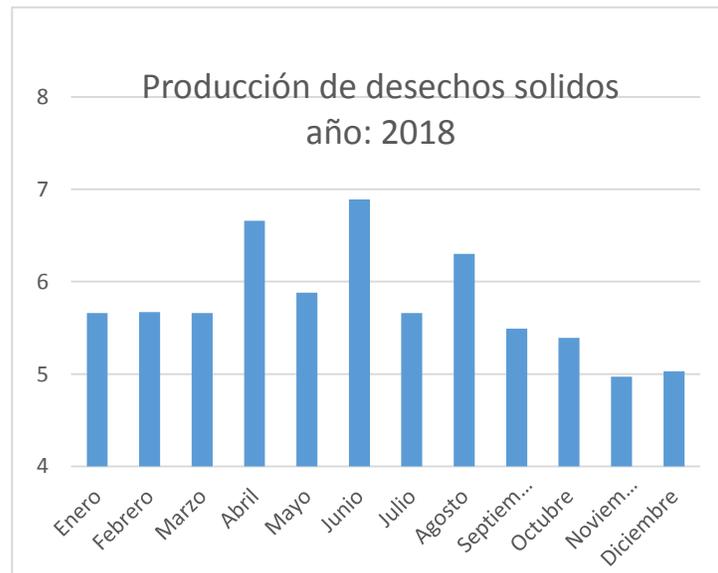


Gráfico 3.1 Producción de desechos sólidos del año 2018

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.3 Muestreo

Finalmente a partir de la información obtenida de un muestreo aleatorio en campo, realizado en cada uno de los sectores (urbano, periurbano y comercial), en las que fue dividida la zona de estudio, se obtuvo el índice de generación per cápita ósea la generación promedio de desechos sólidos por habitante, medido en kg/hab/día.

Dentro del contexto de este trabajo quedan contemplados los desechos sólidos urbanos domiciliarios, que son aquellos que se generan en las casas-habitación, mediante la utilización de la metodología para determinar la generación per cápita de desechos sólidos establecida en el Módulo II Técnicas para determinar la generación e indicadores existentes, del Curso de Gestión del Manejo de los Desechos Sólidos Comunes, MARN (2016).

El trabajo de campo o muestreo consistió en la toma diaria de muestras de la basura generada en las casas-habitación seleccionadas (recolección), durante un periodo de ocho días. En este trabajo se recolectaron los desechos sólidos generados en las casas-habitación seleccionadas para las tres zonas. A continuación se describe la secuencia de actividades que se realizó:

1. A partir del primer día se inició la recolección diaria de los desechos generados en cada sector, a la cual se denomina “recolección de bolsas primer día”. Esto sirve como una operación de limpieza para asegurar que los desechos generados corresponden a un día y se procede a pesar los desechos en una báscula, y registrar los resultados en fichas para cada casa. Simultáneamente, cuando se retira la bolsa del primer día, se entrega una nueva bolsa para que se almacenen los desechos generados las siguientes 24 horas. Los días en que se hizo la recolección del primer día para cada uno de los sectores fueron los siguientes: sector comercial (lunes 8 de julio), sector residencial urbano (martes 16 de julio) y sector residencial periurbano (miércoles 24 de julio).
2. A partir del segundo, hasta el octavo día del período de muestreo, se recogen las bolsas conteniendo los desechos generados del día anterior y se entrega una nueva bolsa para almacenar los desechos por generar. Al término de la recolección se trasladaban los desechos sólidos al camión recolector. El último día de recolección para cada sector

fueron los siguientes: sector comercial (lunes 15 de julio), sector residencial urbano (martes 23 de julio) y sector residencial periurbano (miércoles 31 de julio). En el octavo día se hizo la tabulación de los datos.

Para obtener el valor de la generación per cápita de desechos sólidos (kg/hab/día) correspondiente a la fecha en que fueron generados, se divide el peso de los desechos sólidos entre el número de habitantes de la casa de habitación.

De los resultados obtenidos de las casas-habitación que se muestrearon, se registraron una serie de valores diarios de peso de desechos en kg, que se dividieron entre el número de habitantes del hogar donde fueron generados, determinado los promedios de generación per cápita diarias. A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos en la investigación de campo:

Tabla 3.4 Producción per cápita de desechos sólidos

Producción per cápita de desechos sólidos											
Sectores	N° de casas	Prom hab/casa	Generación promedio diaria								
			Unidad	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sab	Dom	Prom
Sector comercial	50	4	Lb/hab/día	4.9	3.74	3.47	3.03	2.8	3.4	3.71	3.58
			Kg/hab/día	2.22	1.70	1.58	1.38	1.27	1.54	1.69	1.62
Sector residencial urbano	50	5	Lb/hab/día	1.37	1.27	1.22	1.27	1.29	1.23	1.37	1.29
			Kg/hab/día	0.62	0.58	0.55	0.56	0.59	0.58	0.62	0.59
Sector residencial periurbano	50	5	Lb/hab/día	0.8	0.68	0.7	0.45	0.62	0.82	1.04	0.73
			Kg/hab/día	0.47	0.31	0.28	0.20	0.32	0.37	0.36	0.33

Fuente: Elaboración propia

El dato de la producción per cápita a utilizar para cada uno de las 3 sectores: sector comercial, sector residencial urbano y sector residencial periurbano, que es el valor promedio de generación obtenido durante la investigación antes descrita, los cuales son de: 1.62 Kg/hab/día para el sector comercial, 0.59 Kg/hab/día para el sector residencial urbano y 0.33 Kg/hab/día para el sector residencial periurbano, lo cual representa que por cada habitante de cada una de los sectores se generan tantos Kg de desechos sólidos por día. A continuación se

muestran los gráficos con las variaciones de las generaciones diarias obtenidas durante el período en que se realizó la investigación.

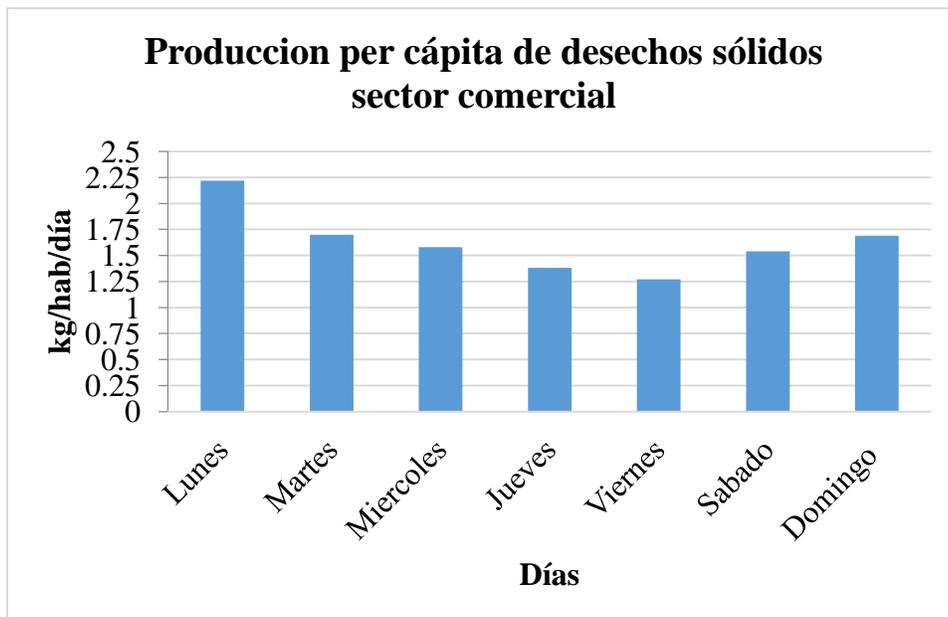


Gráfico 3.2 Producción per cápita promedio por habitante por día para la zona comercial.

Fuente: Elaboración propia.

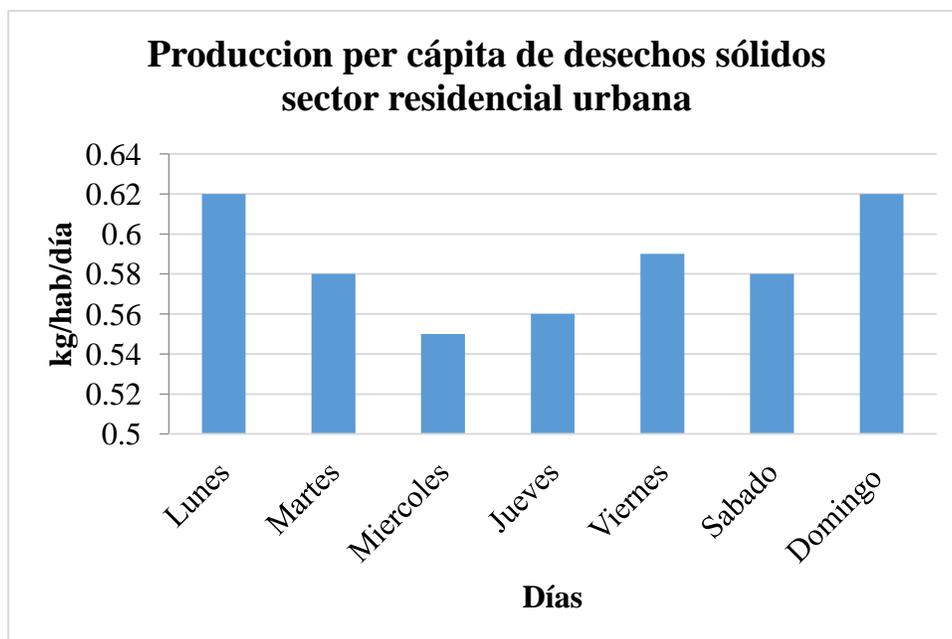


Gráfico 3.3 Producción per cápita promedio por habitante por día para la zona residencial urbana.

Fuente: Elaboración propia.

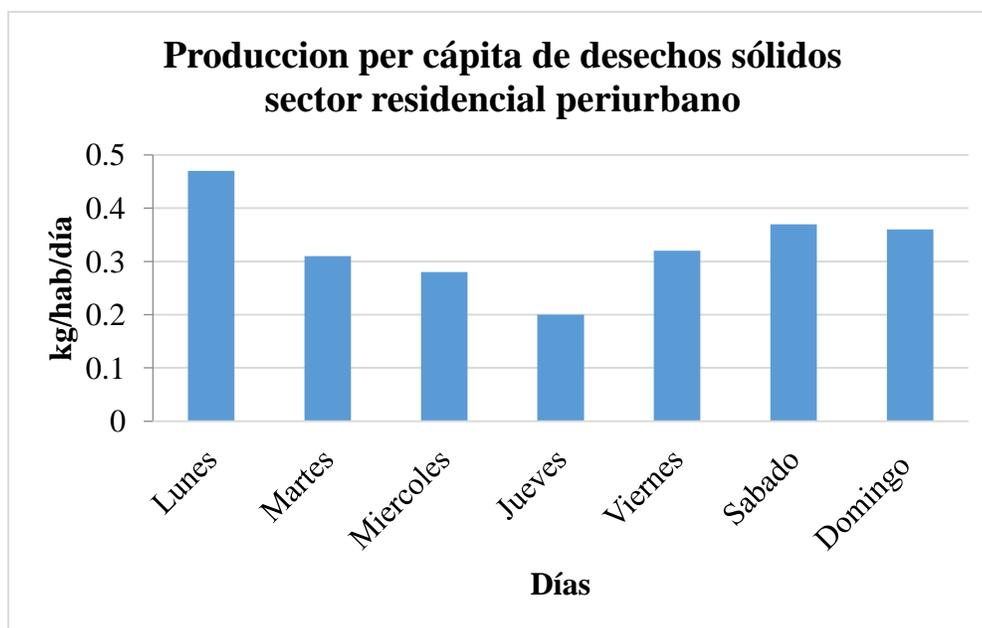


Gráfico 3.4 Producción per cápita promedio por habitante por día para la zona residencial periurbana.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 Situación actual de la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa

3.7.1 Zona urbana del municipio de Chalchuapa

La zona urbana del municipio de Chalchuapa está conformado principalmente por los cuatro barrios: Santa Cruz, Las Animas, San Sebastián y Apaneca, los cuales representan el centro urbano del municipio (Lic. Tommy Job Rodríguez Guerra, alcaldía municipal).

Barrio Santa Cruz: Ubicado al Noroeste del municipio de Chalchuapa, con limite al Norte carretera Panamericana Ahuachapán-Santa Ana, límite al Sur calle General Ramón Flores Poniente, limite al Este Avenida 2 de Abril Norte y limite al Oeste 8va Avenida Norte. El barrio Santa Cruz cuenta con una población estimada de 2,140 habitantes.

Barrio Las Animas: Ubicado al Noreste del municipio de Chalchuapa, con limite al norte carretera Panamericana Ahuachapán-Santa Ana, límite al sur calle General Ramón Flores Oriente, limite al este 7ª Avenida Norte y limite al oeste Avenida 2 de Abril Norte. El barrio Las Animas cuenta con una población estimada de 2,085 habitantes.

Barrio San Sebastián: Ubicado al suroeste del municipio de Chalchuapa, con límite al norte calle General Ramón Flores Poniente, límite al sur 7ª Calle Poniente, límite al este Avenida 2 de Abril Sur y límite al oeste 8ª Avenida Sur. El barrio San Sebastián cuenta con una población estimada de 2,385 habitantes.

Barrio Apaneca: Ubicado al sureste del municipio de Chalchuapa, con límite al norte calle General Ramón Flores Oriente, límite al sur 7ª Calle Oriente, límite al este 7ª Avenida Sur y límite al oeste Avenida 2 de Abril Sur. El barrio Apaneca cuenta con una población estimada de 2460 habitantes.

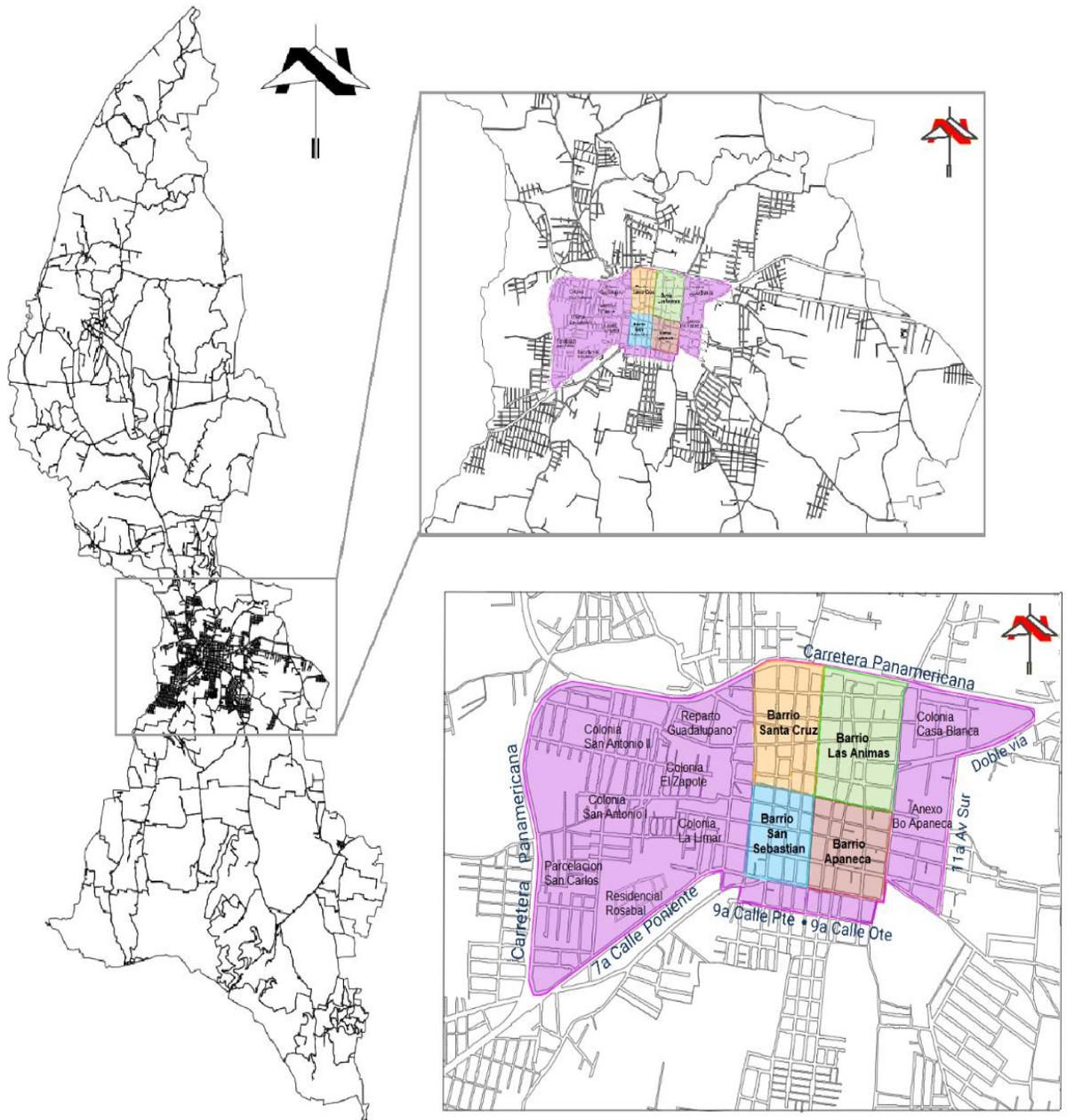


Imagen 3.6 Mapa del municipio de Chalchuapa con detalle de la zona urbana

Fuente: Elaboración propia.

Además de los 4 barrios también pertenecen a la zona urbana las siguientes comunidades:

Al lado Poniente: Colonia San Antonio I, Colonia San Antonio II, Parcelación San Carlos, Residencial Rosabal, Reparto Guadalupano, Colonia El Zapote, Colonia La Limar.

Al lado Oriente: Anexo al barrio Apaneca, Colonia Casa Blanca.

El área urbana del municipio abarca importantes zonas comerciales, gran parte de los centros educativos y recreacionales como lo son:

- Parque Santiago Apóstol
- Parque José Matías Delgado
- Mercado Municipal
- 2 Supermercados
- Hospital Nacional
- 2 Complejo Deportivos
- 3 Bancos
- 9 Centros Educativos
- 20 Restaurantes
- Cementerio Municipal
- 2 Parques arqueológicos
- Entre otros

3.7.2 Zona periurbana del municipio de Chalchuapa

Las comunidades que conforman la zona periurbana en el municipio son las colonias y residenciales cercanas a las zonas comerciales o colindantes a los cuatro barrios.



Imagen 3.7 Mapa del municipio de Chalchuapa con detalle de la zona periurbana.

Fuente: Elaboración propia.

El listado de comunidades en la zona periurbana manejado por la unidad de Catastro de la alcaldía municipal es el siguiente:

1. Colonia Roca fuerte
2. Colonia Pampe
3. Colonia El pedregal
4. Colonia Los olivos
5. Colonia Barrientos
6. Colonia San Federico
7. Residencial María auxiliadora
8. Colonia La Orellana
9. Colonia San Francisco
10. Residencial Tazumal
11. Colonia Tazumal I
12. Colonia Tazumal II
13. Colonia La laguna
14. Colonia La laguna seca
15. Colonia San José
16. Colonia La Quezada
17. Colonia Las unidas
18. Colonia La joyita
19. Colonia Veracruz
20. Colonia Eureka
21. Colonia Las ninfas
22. Colonia Santa Emilia
23. Colonia Las victorias I
24. Colonia Las victorias II
25. Colonia Sinupe
26. Colonia Buena vista
27. Colonia Santa Elena
28. Colonia La manzanita
29. Colonia El tamarindo
30. Colonia San Edgardo
31. Colonia Los arrayanes
32. Colonia El Bambú
33. Colonia El progreso
34. Colonia La esperanza
35. Colonia La agreda
36. Colonia La ruano
37. Reparto La libertad I
38. Reparto La libertad II
39. Colonia Buena vista I
40. Colonia Buena vista II
41. Colonia Buena vista III
42. Colonia Aguilar
43. Colonia La mielera
44. Colonia El paraíso
45. Colonia San Sebastián
46. Colonia San Juan
47. Colonia Itzapa
48. Colonia San Miguelito
49. Colonia Loma linda
50. Cantón Potreríos
51. Lotificación San Francisco

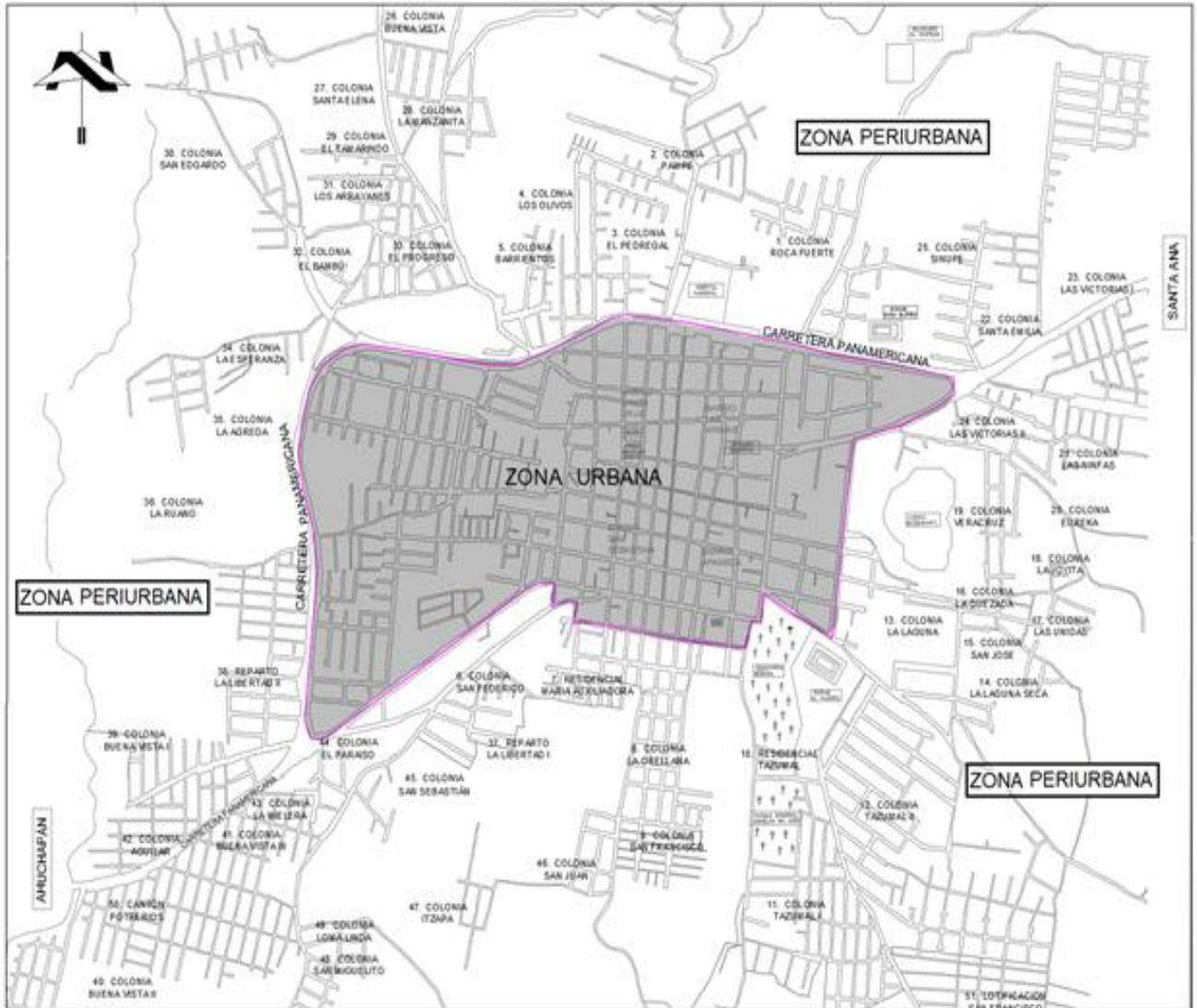


Imagen 3.8 Comunidades de la zona periurbana del municipio de Chalchuapa.

Fuente: Elaboración propia.

Con el paso del tiempo la zona periurbana en el municipio, ha adquirido comportamientos urbanos en lo que se refiere a construcción de nuevas residenciales y actividades económicas.

3.7.3 Descripción de la zona de estudio

Teniendo como objetivo el diseño de rutas de recolección de desechos sólidos para las comunidades atendidas por el servicio de recolección actual. La zona de estudio del proyecto

es el área de dichas comunidades, las cuales conforman: la zona urbana, la zona periurbana y algunas colonias y cantones cercanos a la zona periurbana detallados a continuación:

- Colonia Santa Fe
- Cantón La flor
- Colonia Sinupe
- Cantón Ayutepeque
- Cantón Las cruces
- Cantón El Coco
- Cantón Nueva San Juan
- Cantón Galeano
- Cantón El Jute
- Cantón Magdalena

Las colonias y cantones enlistados anteriormente reciben el servicio de manera indirecta, son visitados por el camión a un lugar establecido donde se recogen los desechos sólidos cada 15 días. Estos se encuentran dentro del área rural, fuera del área de interés por lo que no se consideraron en el diseño.

El área de estudio equivale aproximadamente al 10% del área total del municipio es decir 17 Km² del área total de 165.8 Km². Según el registro en la unidad de Catastro de la Alcaldía Municipal las casas o familias que pagan el impuesto municipal son 14,269 multiplicadas por 5 integrantes por familia dan un total de 71,345 habitantes que representa la población beneficiada con el servicio.

3.7.4 Caracterización del sistema de recolección actual

3.7.4.1 Descripción empírica del proceso de recolección de desechos sólidos

Se describe a continuación el proceso de seguimiento que se realizó al personal de los vehículos recolectores, en un recorrido durante sus labores normales diarias, con el fin de identificar cuáles son los elementos o factores más relevantes en el sistema de recolección y establecer una descripción del tiempo invertido en la recolección de desechos sólidos y su interacción con otras actividades. Se realizó el recorrido de 10 rutas en 5 camiones de carga.

La unidad de desechos sólidos de la alcaldía municipal no cuenta con ningún documento o ruta guía del recorrido para cada camión, únicamente les proporciona a cada grupo de trabajo un horario con las comunidades que deben visitar por recorrido y los días a la semana que la ruta se repite, queda a valoración del motorista o grupo de trabajo con qué comunidad comenzar y con cual finalizar.

Cuando el camión recolector llega a una calle o avenida en una comunidad hace sonar la bocina; como aviso para que los residentes saquen sus desechos de sus casas o en otros casos los desechos sólidos ya están colocados en depósitos adecuados. Todas las rutas tienen el mismo horario de 6:30 am a 12:00 pm, sin embargo la hora de finalización en el proceso de recolección puede variar según las comunidades que visiten o alguna circunstancia que se presente como cierre temporal de alguna vía de circulación entre otras.

Los grupos de trabajo están conformados por un motorista y tres auxiliares que se alternan en dos recolectores y un acomodador, en cada camión se realiza reciclaje donde se separan el papel, plástico y metal. La venta del material reciclado es para el grupo de trabajo una ganancia extra.

Los días lunes son los días donde más desechos sólidos se recogen, sin embargo la demanda de recolección varía más del lugar que se visite, que del día en el que se realice la ruta. Las zonas de mayor generación se determinaron según la cantidad de desechos sólidos que se recogen en cierto lugar, tomando como dato clave el peso del camión que resulta al final de la jornada reportado en ASEMUSA (Relleno sanitario donde se da la disposición final).

En lo que se refiere a seguridad ocupacional los empleados cuentan con los implementos de seguridad que deben utilizar como guantes de lona para la manipulación de los desechos sólidos, además de tapabocas y uniforme adecuado.

Los camiones recolectores utilizados en el sistema de recolección son 5, de los cuales 3 se les llama compactadores, ya que por su sistema interno permite comprimir los desechos sólidos y 2 tipo cama fija. La alcaldía municipal cuenta con la disposición para alquiler de otro camión extra tipo cama fija. Los detalles de los camiones se muestran a continuación:

Tabla 3.5 Especificaciones del equipo de recolección de desechos sólidos.

Camión Internacional 4300	
Tipo: Camión de carga tipo Compactador, que por su sistema interno permite comprimir los desechos sólidos.	
Año:	2016
Capacidad máxima de carga:	15 Toneladas
Combustible tipo:	Diesel
Consumo de combustible:	9 km/gal
Volumen sin compactar	13.5 m ³
Son 3 unidades del tipo compactador	
Camión Ford Cargo 8000	
Tipo:	Cama fija
Año:	1993
Capacidad de carga:	8 Toneladas
Combustible tipo:	Diesel
Consumo de combustible:	11 km/gal
Volumen de Cama	17.13 m ³
	
Camión GMC	
Tipo:	Cama fija
Año:	1989
Capacidad de carga:	8 Toneladas
Combustible tipo:	Diesel
	

Consumo de combustible:	11 km/gal	
Volumen de Cama	22.23 m ³	
Sustituto Camión Ford Cargo 6000		
Tipo:	Cama fija	
Año:	1997	
Capacidad de carga:	8 Toneladas	
Combustible tipo:	Diesel	
Consumo de combustible:	11 km/gal	
Volumen de Cama	25.34 m ³	

Fuente: Elaboración propia.

3.7.4.2 Diagnostico de rutas actuales.

Para evaluar el estado actual del proceso de recolección de desechos sólidos en la zona de estudio, se llevaron a cabo las etapas de georreferenciación y digitalización de las rutas y análisis de resultados.

Para realizar la etapa georreferenciación se acompañó a los equipos de trabajo en los recorridos de los camiones recolectores, haciendo uso del mapa digital del municipio de Chalchuapa proporcionado por la unidad de Catastro de la alcaldía Municipal y las aplicaciones de rastreo Runtastic y FollowMee descritas en el capítulo 3.6.1 “Información recopilada por medio de las técnicas de investigación” de este documento.

La aplicación Runtastic trazó cada uno de los recorridos con sus respectivos valores de velocidades y tiempo, lo que permitió que en el mapa digital se corroborara la información proporcionada por la aplicación y finalmente con la aplicación FollowMee siendo una aplicación que registra el sentido hacia dónde va dirigida la ruta (en los casos que el camión pasaba más de una vez por una misma calle o avenida), y almacena la información, se facilitó el proceso de digitación de cada ruta.

Una vez finalizado el trabajo de campo se procedió a la digitalización de la información recolectada, mediante el uso de herramientas de diseño asistido, para ello se empleó los softwares AutoCAD 2015 y ArcGIS 10.5. Las rutas, resultado de la digitación, evidencia el estado actual del servicio de recolección de desechos sólidos de la zona de estudio.

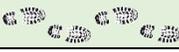
Para una mejor interpretación de la información digitalizada es importante mencionar parámetros de evaluación descritos en el módulo de capacitación MARN 2016 “Apoyo al plan nacional para el mejoramiento del manejo de desechos sólidos” documento proporcionado por la alcaldía municipal. Las rutas digitadas contienen:

- Punto Inicio de ruta.
- Recorrido en servicio
- Recorrido en tránsito
- Sentido del recorrido.
- Giros a la derecha o izquierda.
- Retornos.
- Tramos en retroceso
- Punto Fin de Ruta.
- Punto Fin común

Los cuadros resumen de cuantificación se presentan antes del mapa de cada ruta con el siguiente formato.

Tabla 3.6 Formato de cuadro resumen de cuantificación de ruta.

Descripción Ruta X		
Distancia de recorrido total		-
Distancia de recorrido en servicio		-
Distancia de recorrido en tránsito		-
Distancia recorrida en retroceso		-
Vueltas a la derecha		-
Vueltas a la izquierda		-

Retornos		-
Distancia recorrida a pie		-
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		-

Fuente: Elaboración propia.

3.8 Georreferenciación y digitalización de rutas

3.8.1 Análisis de datos

Para la obtención de datos se realizaron recorridos en cada uno de los vehículos recolectores, previo a los recorridos se llegó a un acuerdo con las autoridades del área de desechos sólidos de la municipalidad, como con los trabajadores que componen cada uno de los equipos de recolección. Labor que fue realizada con ayuda de las herramientas digitales Runstastic y FollowMee, además de contar con el plano catastral de la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, en físico para hacer el trazo en campo e identificar calles de difícil acceso, calles bloqueadas o sin salida.

La aplicación Runstastic, una aplicación deportiva que rastrea rutas vía GPS en tiempo real, además de registrar la distancia, tiempo y velocidad del recorrido. La aplicación FollowMee GPS Tracker, aplicación que ayuda a registrar recorridos en tiempo real y tiene la ventaja que permite almacenar los recorridos que se realizan y muestra el sentido con el que el vehículo realiza el recorrido (lo que ayuda a identificar si el vehículo transita varias veces un mismo tramo), lo cual facilitó el proceso de digitalización de cada una de las rutas registradas.

Una vez obtenidas todas las rutas se procede a la digitalización de la información recolectada mediante el uso de herramientas de SIG, para ello se empleó el software ArcGis 10.5, otro software empleado fue AutoCAD en su versión 2015.

Usando como base la información almacenada en las aplicaciones antes mencionadas, iniciando con un trazo previo de las rutas en la herramienta AutoCAD, que luego se utilizaran las distancias y direcciones que resulten del proceso de AutoCAD para iniciar con la digitalización en la herramienta ArcGis.

Para iniciar se cargaron varios shapes, estando dentro de la herramienta ArcGis ArcMap en su ventana *Catalog* que nos permite cargar archivos compatibles con el software, previamente creados como también crear shapes nuevos que servirán para cada uno de los trabajos que se realizan, como el shape de El Salvador, con la división política de los departamentos, y así poder aislar el municipio de Chalchuapa y trabajar con la zona de interés.

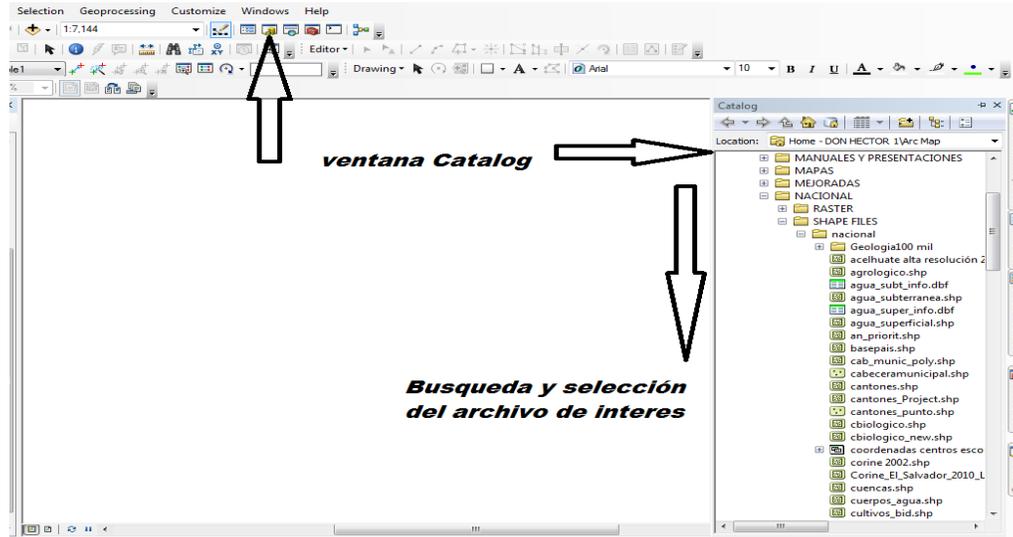


Imagen 3.9 Cargar shape al área de trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

Todo el trabajo que se realiza, con ArcGis *ArcMap* debe estar debidamente georreferenciado a la ubicación geográfica correspondiente en este caso todos los archivos y shapes creados para la realización de las rutas están georreferenciados, con el sistema de referencia espacial de El Salvador, para asignar georreferencia a los layer de trabajo se posiciona sobre el layer, clic derecho sobre el layer y despliega una ventana de opciones en la cual se selecciona propiedades, que despliega una nueva ventana donde se debe seleccionar la pestaña *Coordinate System*, dentro de la pestaña *Coordinate System* se debe seleccionar la referencia espacial que le asignaremos al layer en este caso se selecciona Sistema de referencia espacial de El Salvador, clic sobre el botón aplicar y aceptamos.

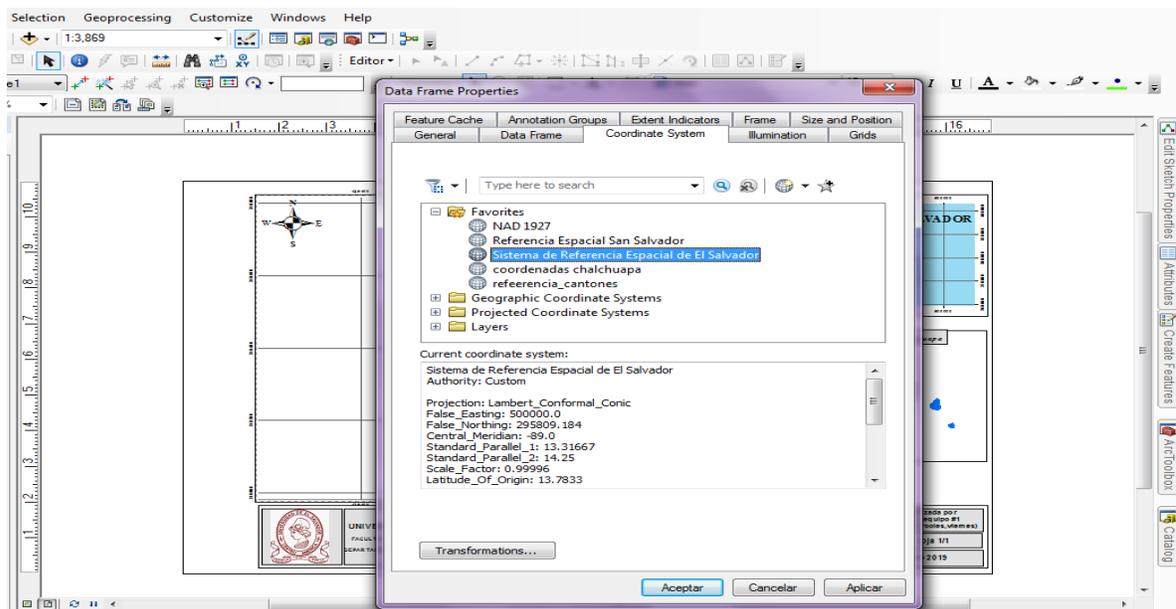


Imagen 3.10 Georreferenciación de los layer del archivo.

Fuente: Elaboración propia.

Quando esta georreferenciando y utilizando una extensión en línea de ArcMap, se da clic en la pestaña de la barra de herramientas *Add Data* despliega una pequeña ventana con tres opciones de las cuales se selecciona *Add BaseMap*, esta muestra diez diferentes Basemap que podemos cargar al área de trabajo, para este caso se seleccionó la opción de *OpenStreetmap*, para poder contar con un plano base para ubicar las rutas, todos los archivos que se carguen o se creen en el presente trabajo corresponden a la *proyección cónica de Lambert*. Una vez cargado y georreferenciado se ubica la zona de interés para proceder a crear los Shapes necesarios para la digitación de las rutas de recolección de desechos sólidos.

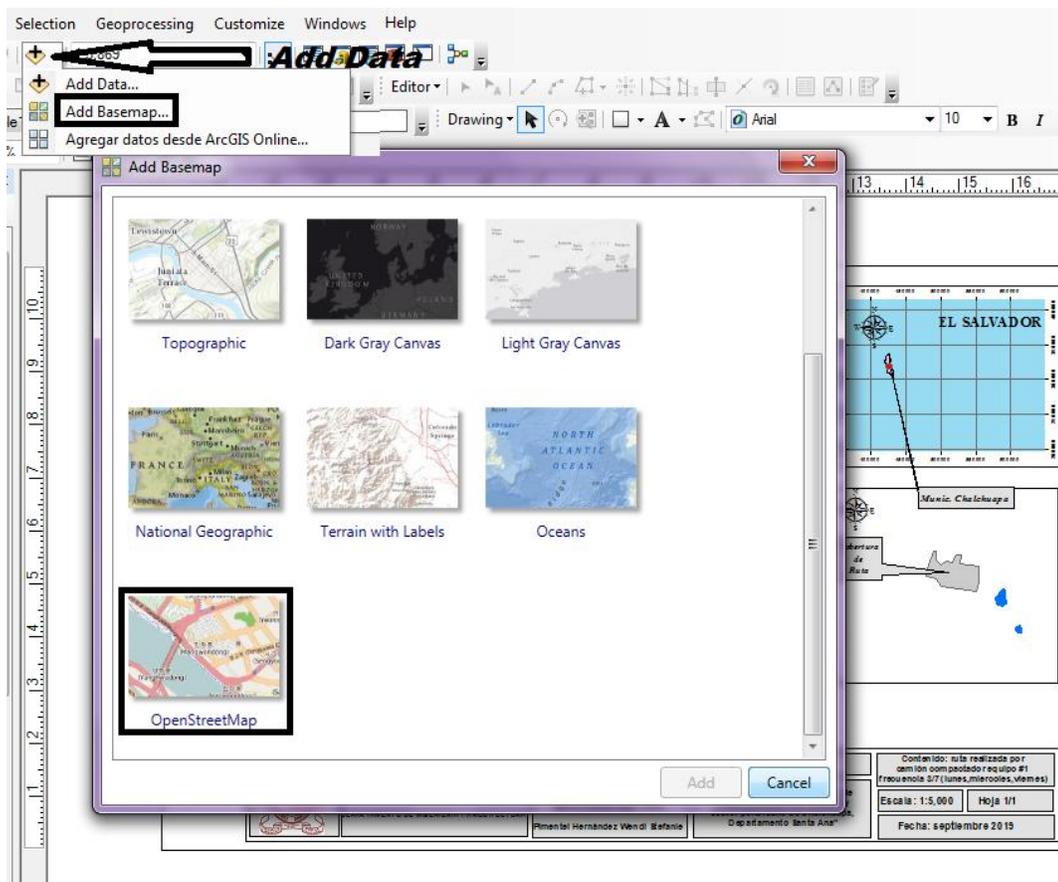


Imagen 3.11 Cargando mapa base para trazar las rutas.

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2 Creación de shapes

Una vez agregada y georreferenciada la base mapa, se procede a crear los shapes que se utilizaron para el trazo de las rutas y los elementos que las componen, para ello se utiliza la pestaña *Catalog* dentro de la ventana que despliega se ubica la carpeta en la cual se desea almacenar la información, seleccionada la carpeta clic derecho sobre ella, y se selecciona la opción *New*, despliega una nueva lista de opciones de la cual se selecciona *Shapefile*, esto genera una ventana con el nombre *Create New Shapefile* la cual permite nombrar el shape que se está creando, se le define el tipo de Shape ya sea punto, polilínea, polígono o multipunto. Para el caso del trazo de rutas los shapes correspondientes a las rutas se les asigna el tipo polilínea, los giros y retornos serán del tipo *point* se debe agregar la referencia espacial a cada shape creado, una vez realizado el proceso, el shape aparece en la parte izquierda de la

pantalla en la ventana *Table of Contents*, se repite el mismo proceso para crear los shape que contiene el trabajo.

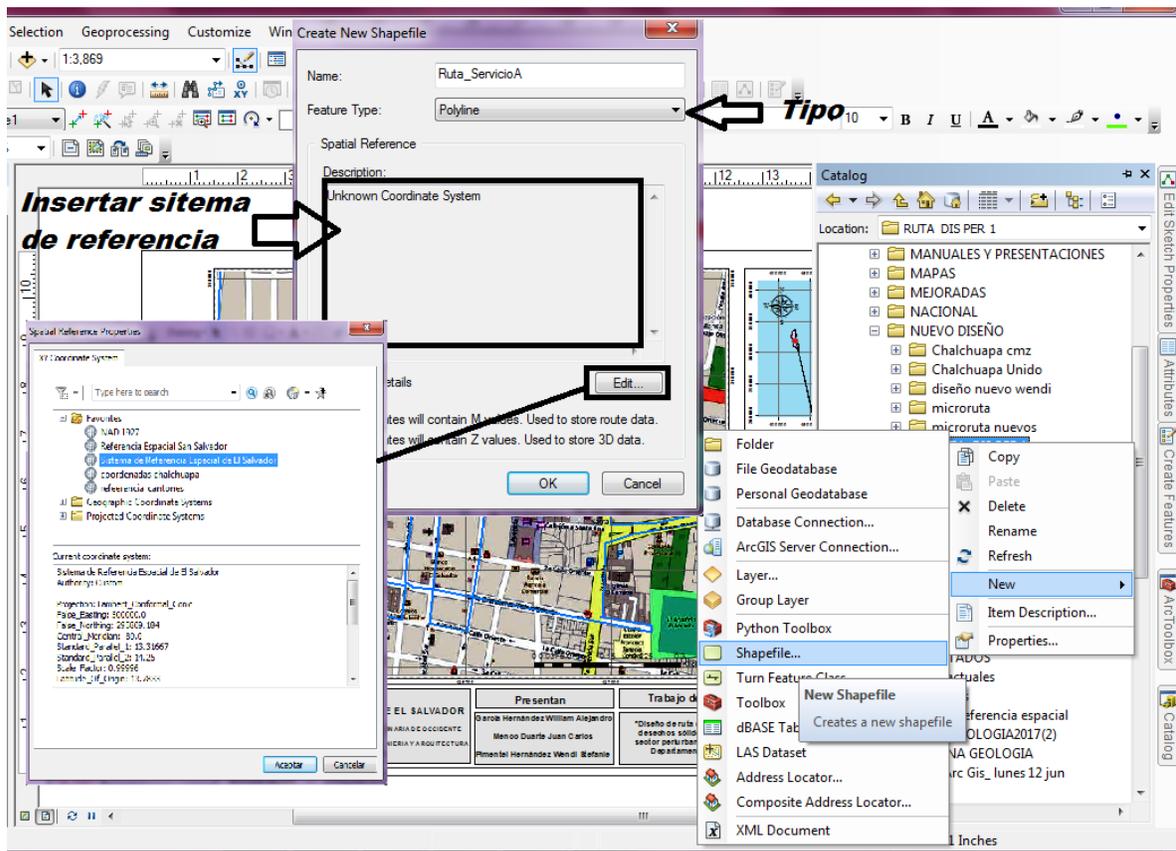


Imagen 3.12 Creación de shapes para el trazo de rutas de recolección de desechos sólidos.

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2.1 Formas y atributos de los shapes:

Cuando ya se tienen creados los shapes se pueden cambiar algunas de sus propiedades, para el caso del presente trabajo se modificaron aspectos de forma y atributos de cada shape creado. Cada shape tendrá atributos, para el caso del shape *Ruta_servicio*, clic derecho sobre el shape y se selecciona la opción “*Open Attribute Table*”, lo cual despliega una ventana, dentro de la ventana se despliega la pestaña, en el botón *Table Options*, muestra opciones de las cuales se elige *Add Field* para crear campos y añadir atributos a los shapes. El *field* creado permite asignarle un nombre y definir el tipo adecuado según el dato que almacene.

Para los shapes tipo Polilínea del presente trabajo cuentan con tres atributos cada uno, tramo, longitud y dirección. Para el caso de los shape tipo punto, contienen dos atributos intersección y tramo (muestra si el tramo es en servicio o tránsito).

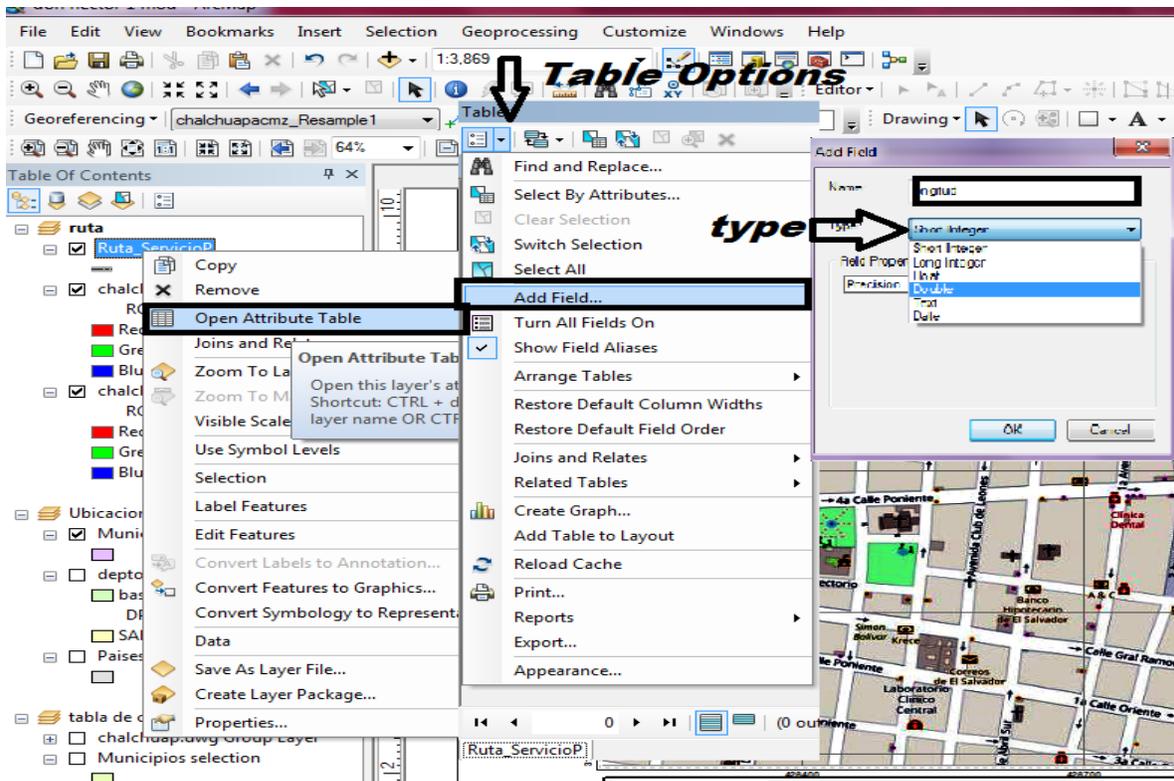
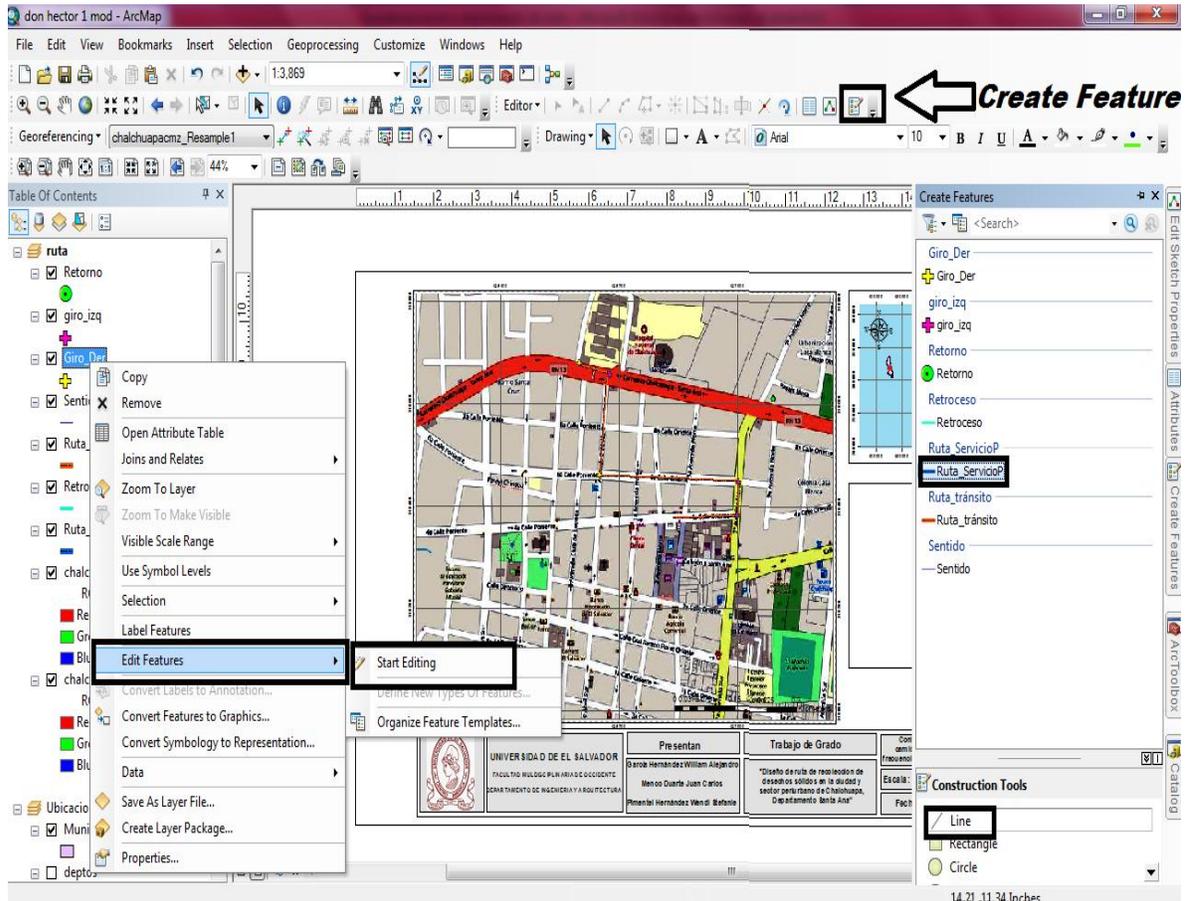


Imagen 3.13 Añadir atributos a los shapes.

Fuente: Elaboración propia.

3.8.3 Trazo de las rutas

El trazo o digitalización de rutas con las herramientas SIG de ArcGis 10.5, se realiza cuando los shapes ya se les asigno atributos para lo cual damos clic derecho sobre uno de los



shape que contiene la ruta a trazar, despliega una ventana de opciones en la cual se elige *Edit Feature*, clic sobre *Star Editing* y se activa la barra *Editor*, cuando se habilitan los botones se selecciona el botón *Create Features*, se mostrara una ventana con todos los shapes existentes en el *ArcMap* que se está trabajando, se selecciona el shape con el que se realizara el trazo y el tipo de trazo que se realizara con él (línea o formas), se selecciona el tipo de trazo y se inicia la edición.

Imagen 3.14 Inicio de edición de rutas de recolección de desechos sólidos.

Fuente: Elaboración propia.

3.8.4.1 Inicio de digitalización de rutas.

Cuando el editor se encuentra activo y se selecciona el shape y tipo de trazo que se quiere realizar, se procede a dibujar la ruta, para el presente trabajo el trazo de la ruta, se realiza por tramos conteniendo cada tramo su respectivo número, longitud(mts) y calle sobre

la que está ubicado. Para ello se traza un tramo, se da doble clic sobre el punto final del tramo y se busca el botón *Attribute* que se encuentra en la barra *Editor*. El botón *Attribute* despliega una ventana con los campos previamente creados para que sean completados con los datos de cada tramo, proceso que se repite para todos los tramos contenidos en una ruta y para los atributos de sus complementos (giros derecha, giros izquierda, retornos entre otros).

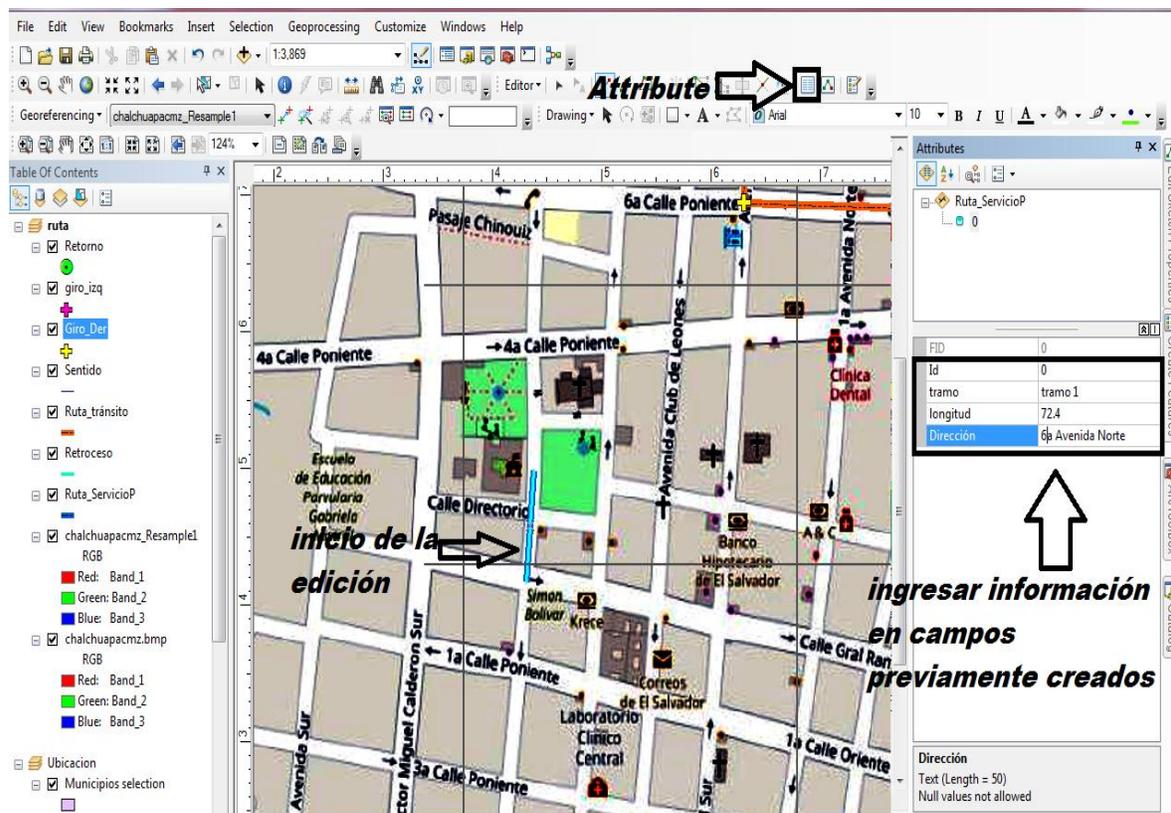


Imagen 3.15 Colocación de atributos a la ruta y sus componentes.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se coloca los atributos a cada uno de los shapes, clic en botón *Editor* para guardar la edición, para continuar trabajando otros aspectos del *ArcMap*.

Para poder mostrar atributos específicos en el plano se da clic derecho sobre el shape de interés, se busca la opción *propiedades* la cual abre una ventana con todas las propiedades del shape, para este caso en particular interesa la pestaña *Labels* se habilita la opción *Label Features in this Layer* para poder seleccionar el *Label* que se requiere mostrar en el plano *Other option* el botón *Placements properties*, el cual despliega una nueva ventana que permite elegir la posición que tendrá el atributo con respecto a la línea trazada que representa la ruta

de recolección de desechos sólidos, se elige la posición más conveniente para el trazo que se realizó, aplicar y aceptar.

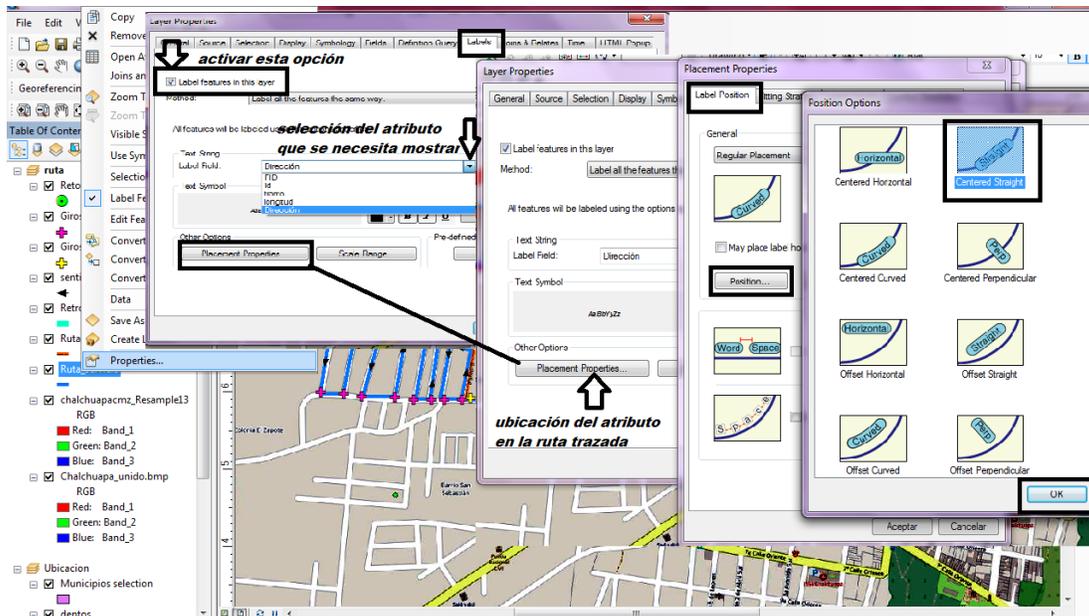


Imagen 3.16 Mostrar atributos para impresión.

Fuente: Elaboración propia.

3.8.5 Preparar presentación del plano.

Para una vista más agradable se coloca una cuadrícula que indica las coordenadas del plano, esto se logra estando dentro de la opción *Layout view* haciendo clic derecho sobre el *Data Frame* que contiene el mapa que se está trabajando al dar clic derecho se despliega una ventana de opciones se elige la opción *properties*, para abrir la ventana de propiedades y seleccionar el botón *Grids* clic sobre el botón *New Grid* luego se elige la opción *Measured Grid* para que muestre coordenadas, se aplica en siguiente para seguir configurando el *Grid* en la siguiente ventana se selecciona la opción *Grid and Label*, en esta ventana también se especifica un sistema de coordenadas y un intervalo para abscisas y ordenadas, se puede modificar el estilo y color de línea para el *Grid*, se selecciona siguiente y finalizar. Una vez colocado se puede modificar el tipo, tamaño y cantidad de decimales para las coordenadas, esto se hace en *properties* que mostrara una ventana con el nombre *Reference System*

Properties, en su botón *Labels* para cambiar el formato de las coordenadas, clic sobre el botón *Additional Properties*, despliega otra ventana y se selecciona *Number Format*.

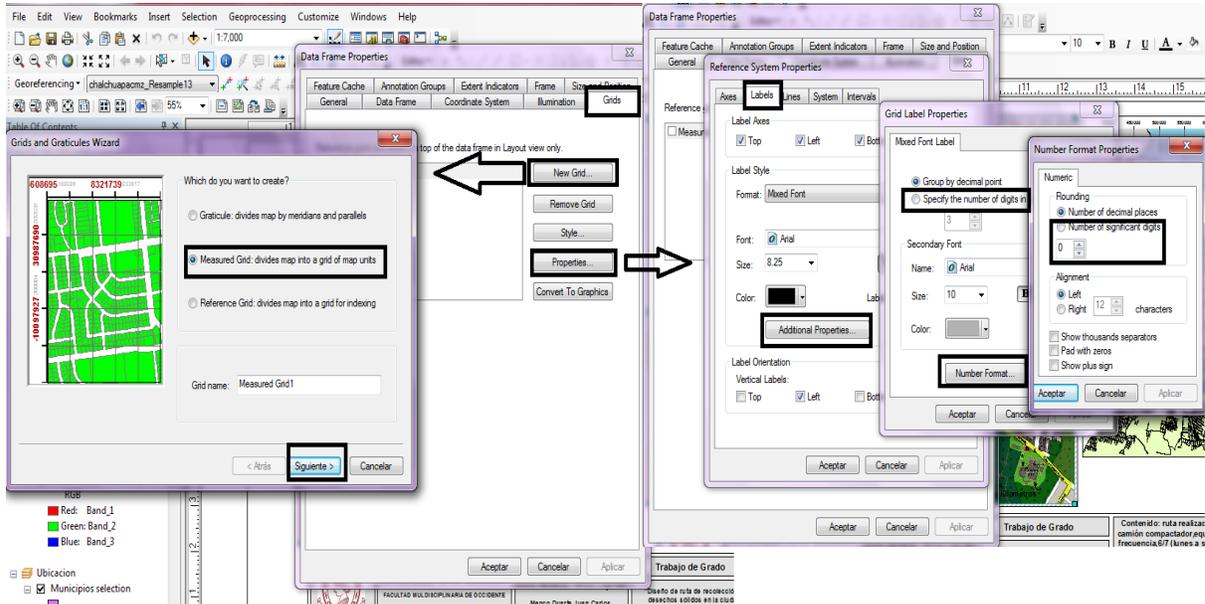


Imagen 3.17 Creación y modificación de Grid.

Fuente: Elaboración propia.

Se coloca un cuadro de simbología para identificar con facilidad los elementos que componen las rutas de recolección de desechos sólidos, se colocan etiquetas para identificar puntos de inicio y fin de las rutas. Para colocar el cuadro de simbología se hace uso de la pestaña *Insert* (se utilizó para insertar *Text*, *Scale Bar*, *North Arrow* y *Legend*) de las opciones que muestra, se selecciona *Legend*

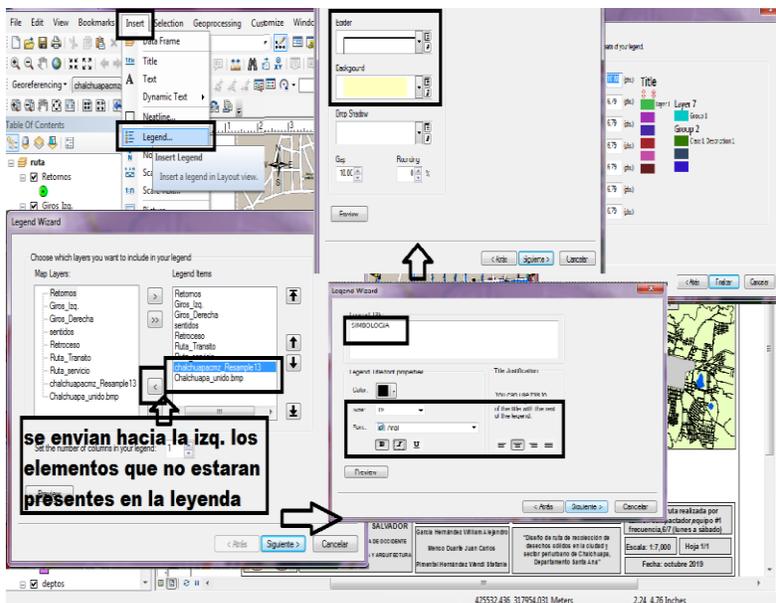


Imagen 3.18 Insertar un cuadro de simbología de la ruta trazada.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez finalizado se colocan colores en los elementos que componen las rutas, se identifica el punto de inicio y fin de cada ruta, un membrete, una zona de cobertura de cada una de las rutas y se ubica la zona de estudio con un pequeño mapa conteniendo: El Salvador, Santa Ana, Chalchuapa y un pequeño punto que define el área de estudio, este procedimiento se realiza para cada una de las rutas trazadas, obteniendo como resultado final planos como el que se muestra a continuación.

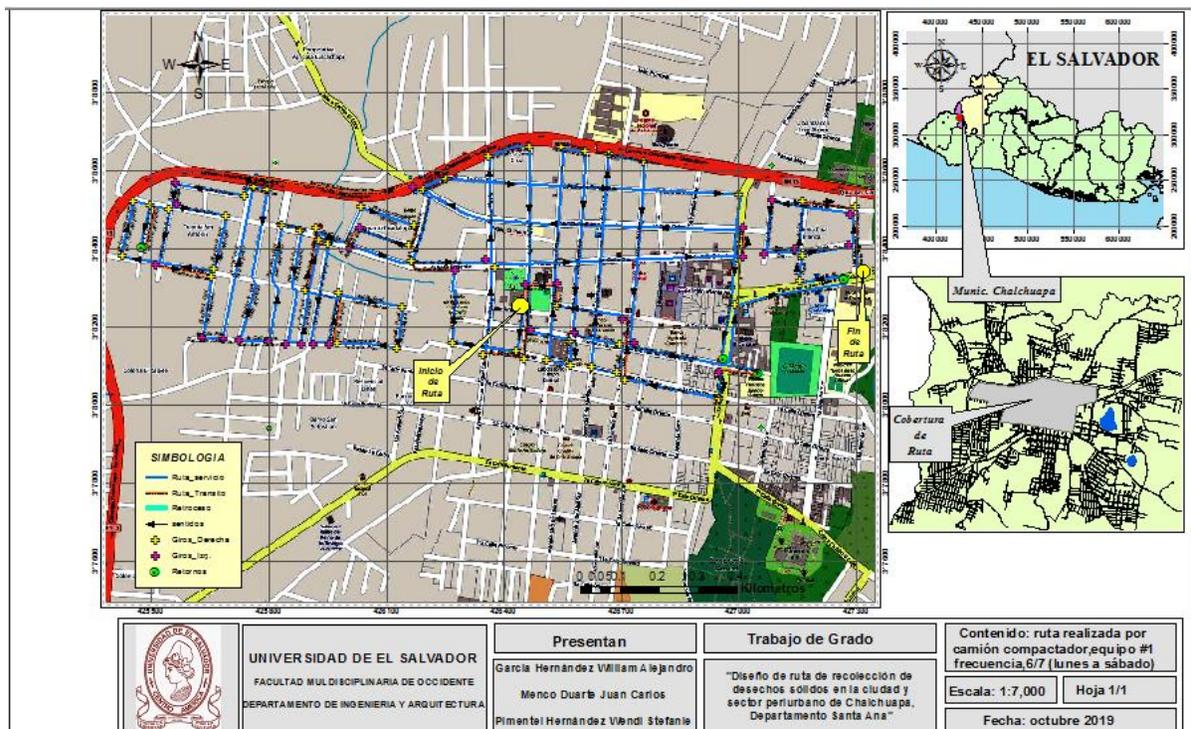


Imagen 3.19 Ruta terminada.

Fuente: Elaboración propia.

3.9 Rutas actuales del servicio de recolección de desechos sólidos

En esta sección se detallan los cuadros resumen de los datos generales de cada equipo de recolección y los datos de cuantificación de cada ruta, además se representan los mapas con cada una de las rutas de recolección de desechos sólidos con su respectivo equipo asignado. El último mapa que se representa en esta sección es el mapa correspondiente al de las micro rutas, donde micro ruta se define como el recorrido específico que realizan diariamente los vehículos recolectores de desechos sólidos donde han sido asignados, estas van desde la finalización de la ruta hasta el punto común para luego dar inicio al recorrido hacia el relleno sanitario de ASEMUSA.

Tabla 3.7 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

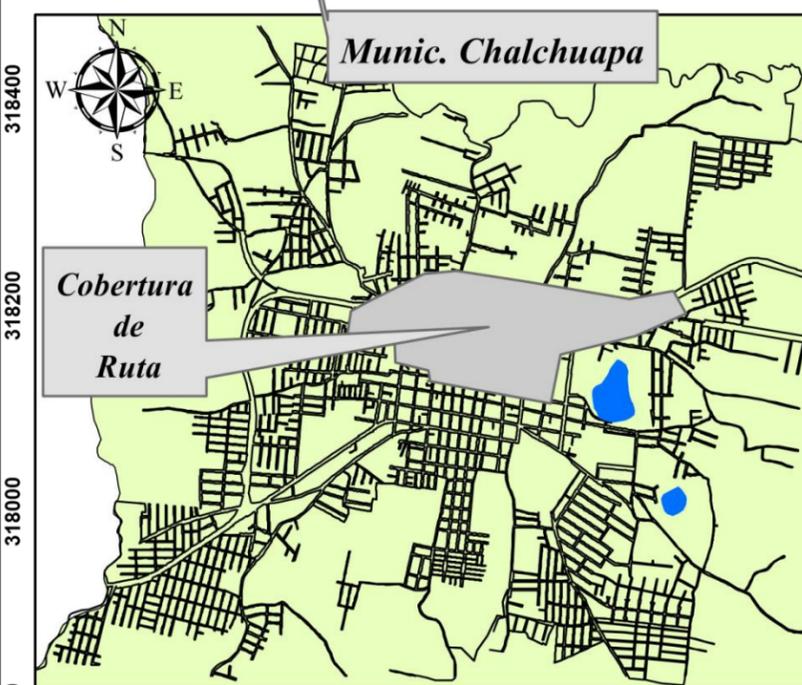
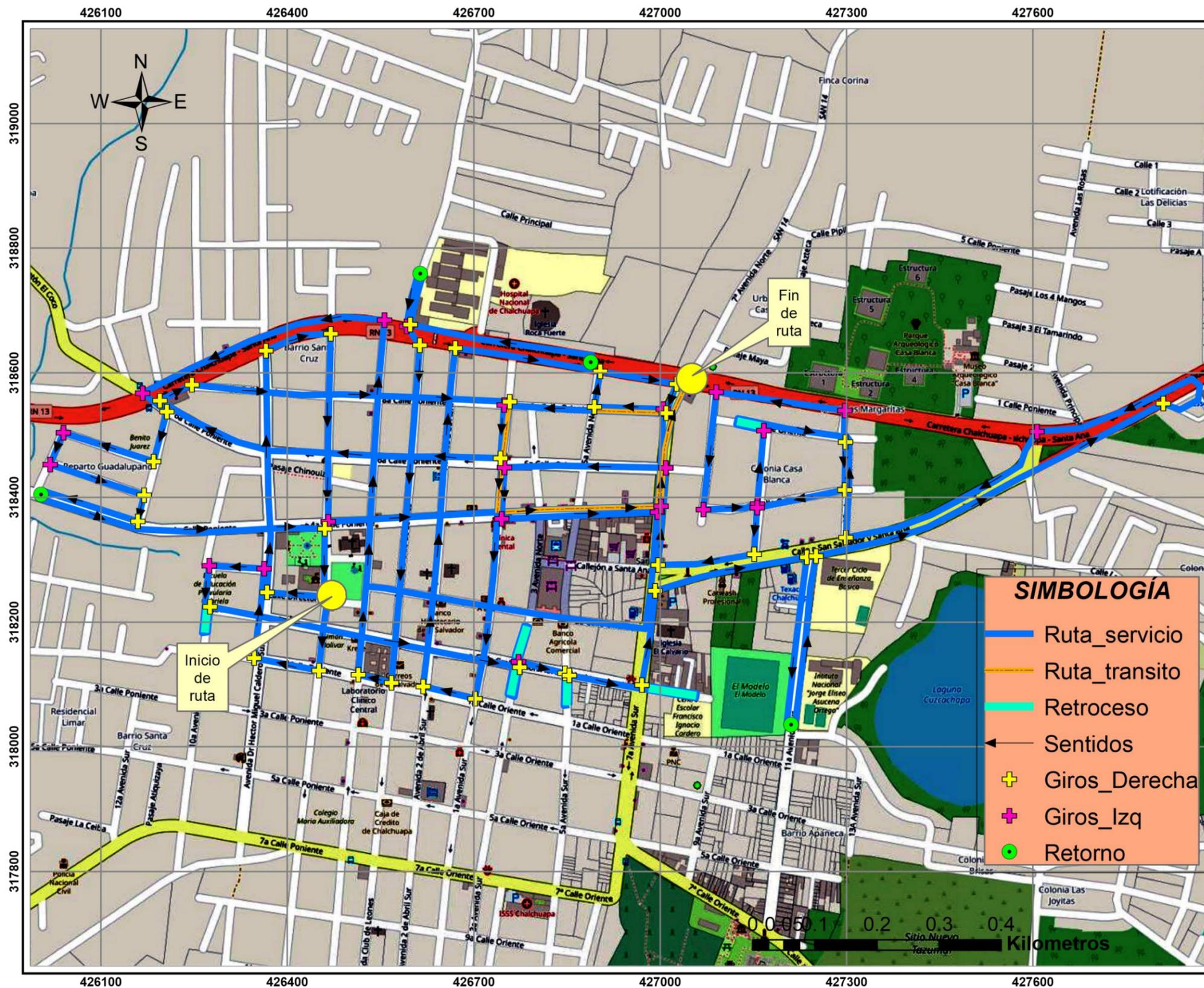
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector:	Urbano
Equipo (EQ):	1
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Promedio de basura recolectada:	7.25 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.8 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ1 R1.

Descripción de ruta R1		
Distancia de recorrido total		14.47 km
Distancia de recorrido en servicio		12.05 km
Distancia de recorrido en tránsito		2.42 km
Distancia recorrida en retroceso		1.1 km
Vueltas a la derecha		39
Vueltas a la izquierda		22
Retornos		3
Distancia recorrida a pie		110 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0.71 Km

Fuente: Elaboración propia.



SIMBOLOGÍA

- Ruta_servicio
- Ruta_transito
- Retroceso
- ← Sentidos
- ⊕ Giros_Derecha
- ⊕ Giros_Izq
- Retorno

Vehículo tipo: Compactador
 Ruta 1
 Capacidad: 10 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 7.25 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 1, frecuencia 3/7 (lunes, miercoles, viernes)
Escala: 1:7,000 **Hoja** 1/32
Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.9 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

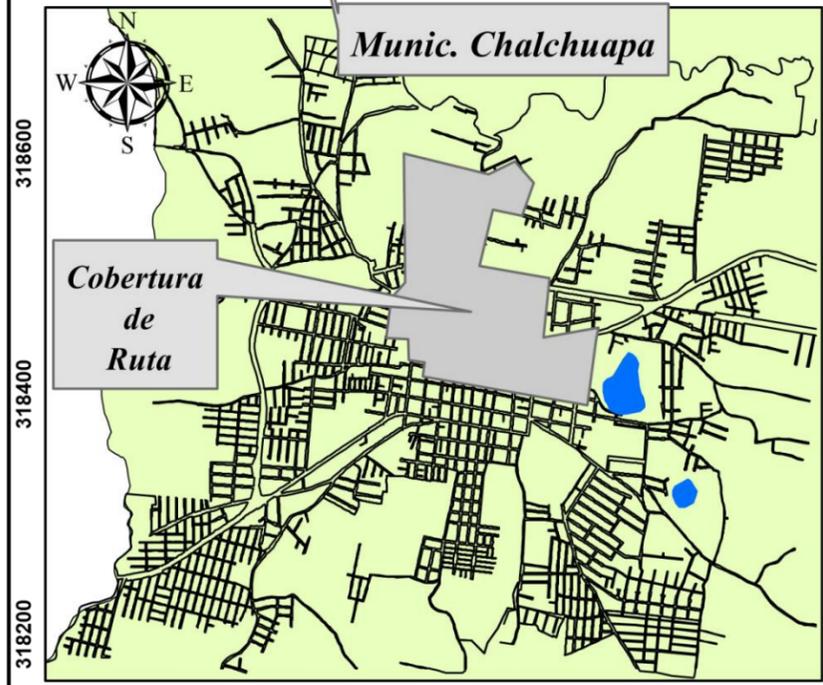
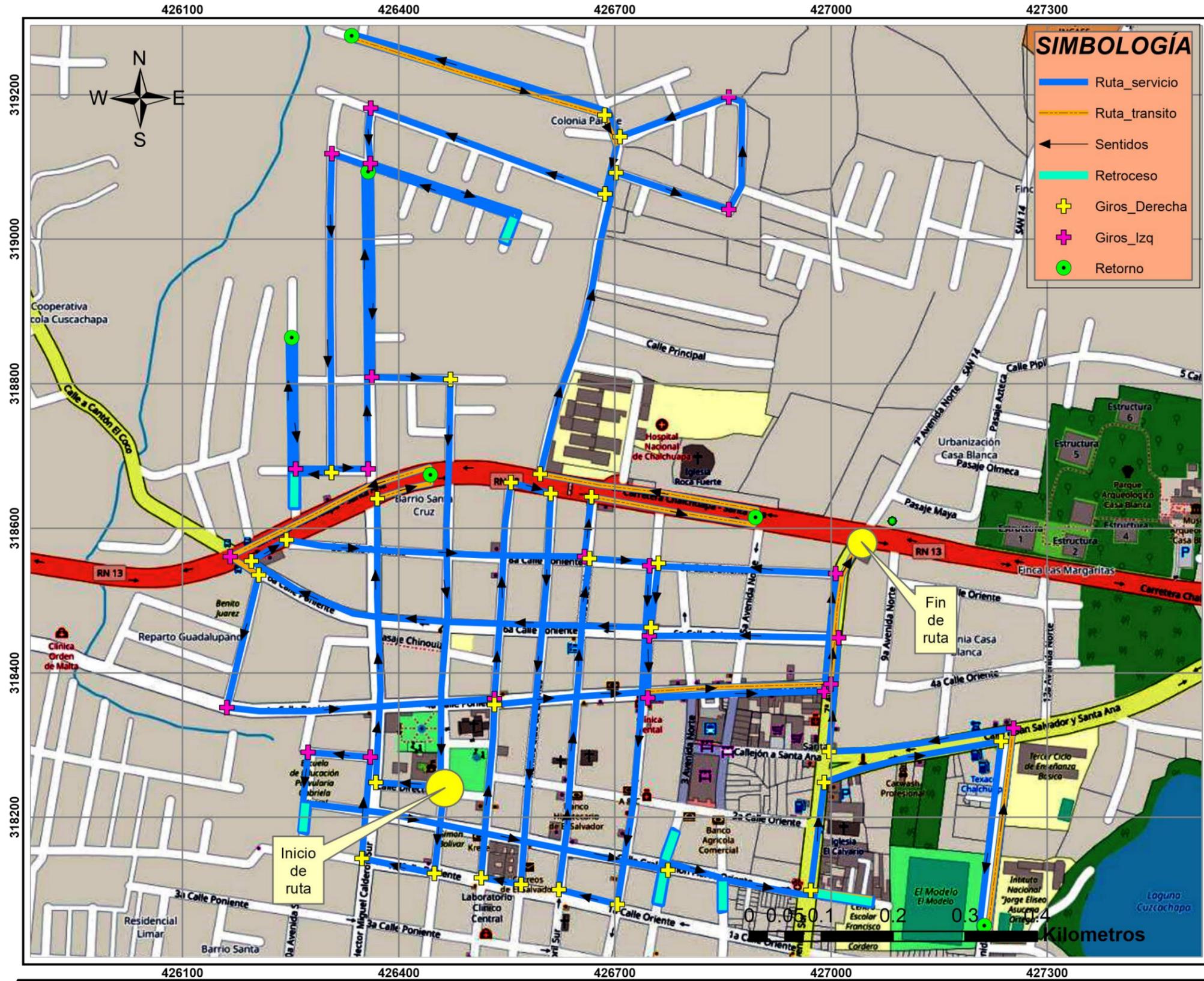
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Urbano
Equipo (EQ):	1
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 Toneladas
Promedio de basura recolectada:	6.64 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.10 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ1 R2.

Descripción de ruta R2		
Distancia de recorrido total		15.5 km
Distancia de recorrido en servicio		13.56 km
Distancia de recorrido en tránsito		1.94 km
Distancia recorrida en retroceso		1.21 km
Vueltas a la derecha		30
Vueltas a la izquierda		21
Retornos		5
Distancia recorrida a pie		0 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0.71 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: compactador
 Ruta 2
 Capacidad: 10 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 6.64 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de
 desechos sólidos en la ciudad y
 sector periurbano de Chalchuapa,
 Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por
 equipo 1, frecuencia
 3/7 (martes, jueves, sabado)

Escala: 1:6,000 **Hoja** 2/32

Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.11 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

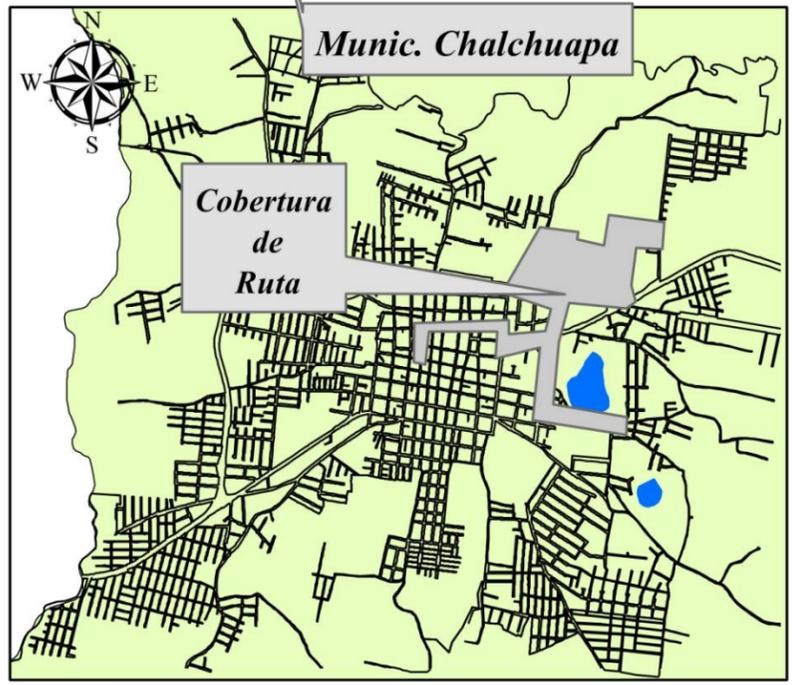
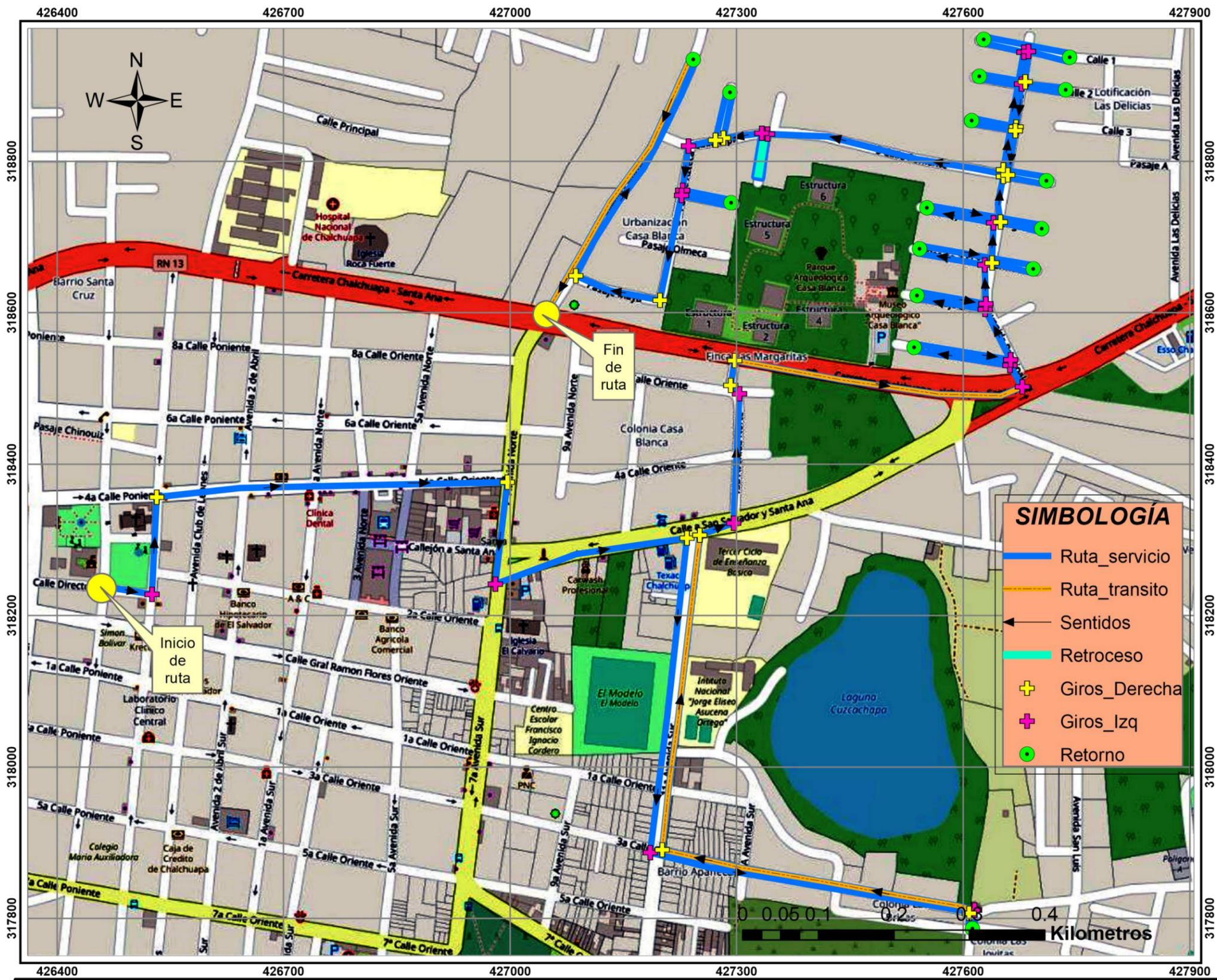
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	2
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Promedio de basura recolectada:	10 toneladas
Gasto de combustible:	1 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.12 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ2 R1.

Descripción de ruta R1		
Distancia de recorrido total		7.76 Km
Distancia de recorrido en servicio		4.52 Km
Distancia de recorrido en tránsito		3.24 Km
Distancia recorrida en retroceso		72 m
Vueltas a la derecha		19
Vueltas a la izquierda		20
Retornos		15
Distancia recorrida a pie		230 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0.67 Km

Fuente: Elaboración propia.



SIMBOLOGÍA

- Ruta_servicio
- Ruta_transito
- ← Sentidos
- Retroceso
- ⊕ Giros_Derecha
- ⊕ Giros_Izq
- Retorno

Vehículo tipo: Compactador
 Ruta 1
 Capacidad: 10 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 10 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 2, frecuencia 3/7 (lunes, miércoles, viernes)
 Escala: 1:5,700 Hoja 3/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.13 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

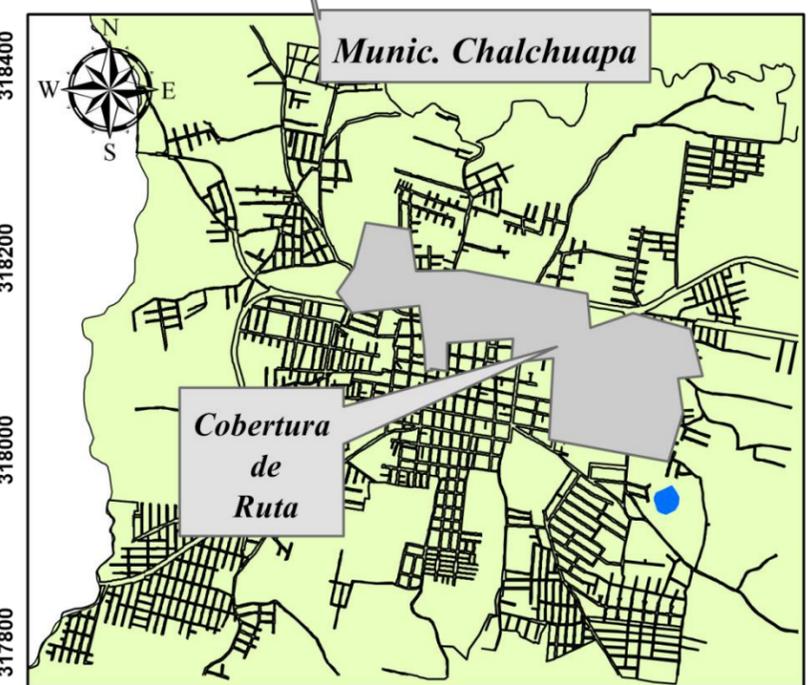
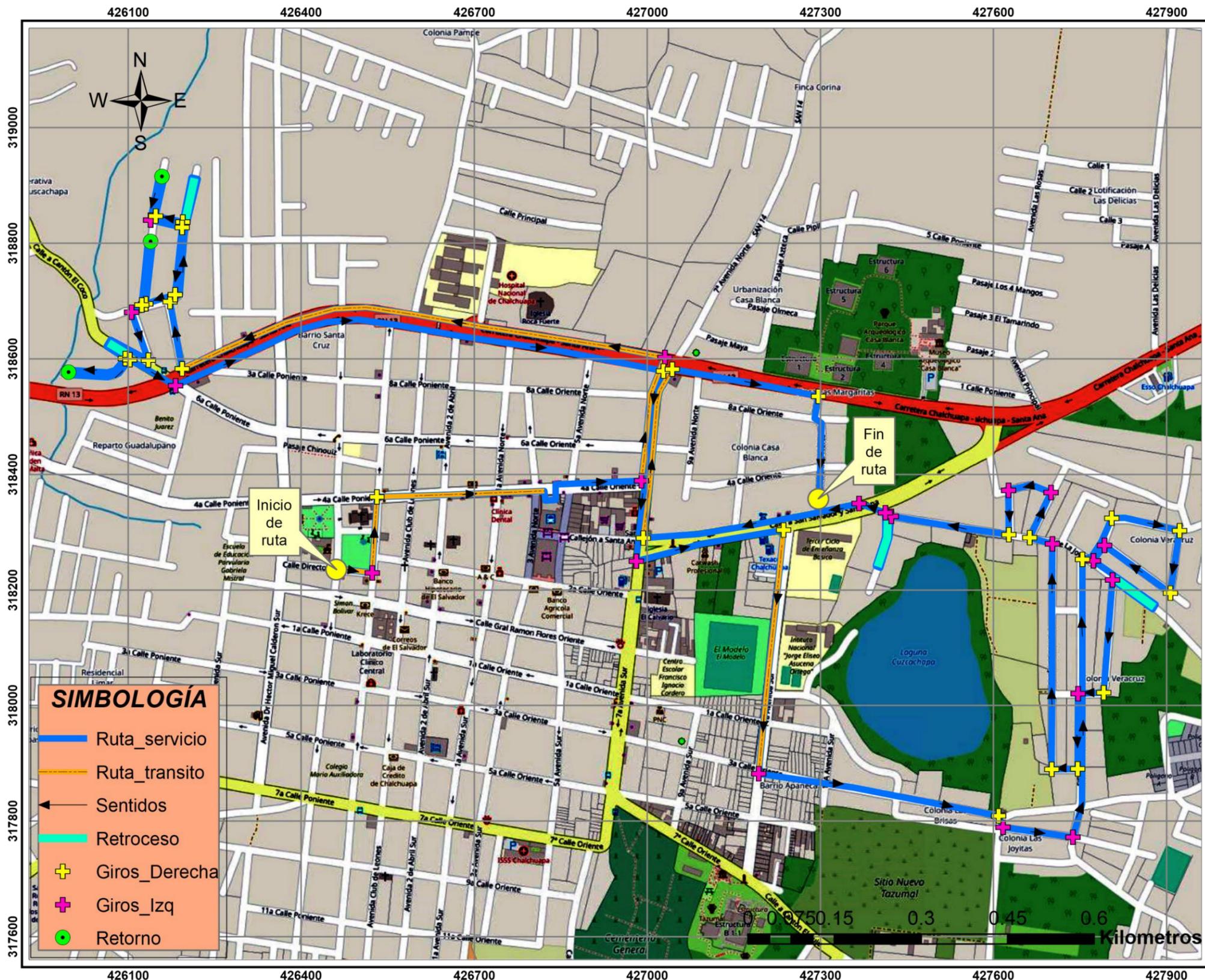
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	2
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Promedio de basura recolectada:	8.08 toneladas
Gasto de combustible:	1.5 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.14 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ2
R2.

Descripción de ruta R2		
Distancia de recorrido total		9.8 Km
Distancia de recorrido en servicio		6.66 Km
Distancia de recorrido en tránsito		3.13 Km
Distancia recorrida en retroceso		110 km
Vueltas a la derecha		26
Vueltas a la izquierda		19
Retornos		2
Distancia recorrida a pie		0 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0.56 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Compactador
 Ruta 2
 Capacidad: 10 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 8.08 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 2, frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)
Escala: 1:7,500 **Hoja** 4/32
Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.15 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

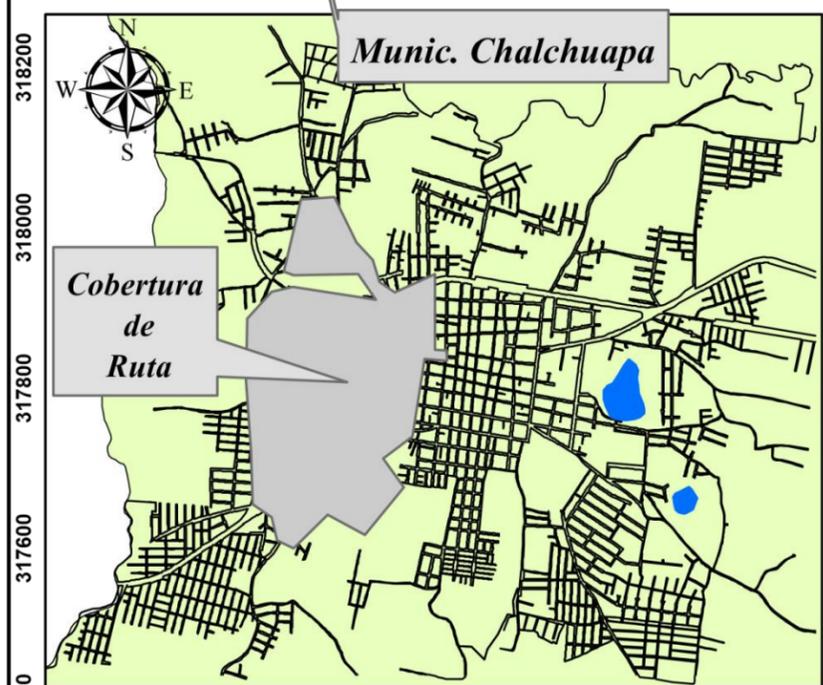
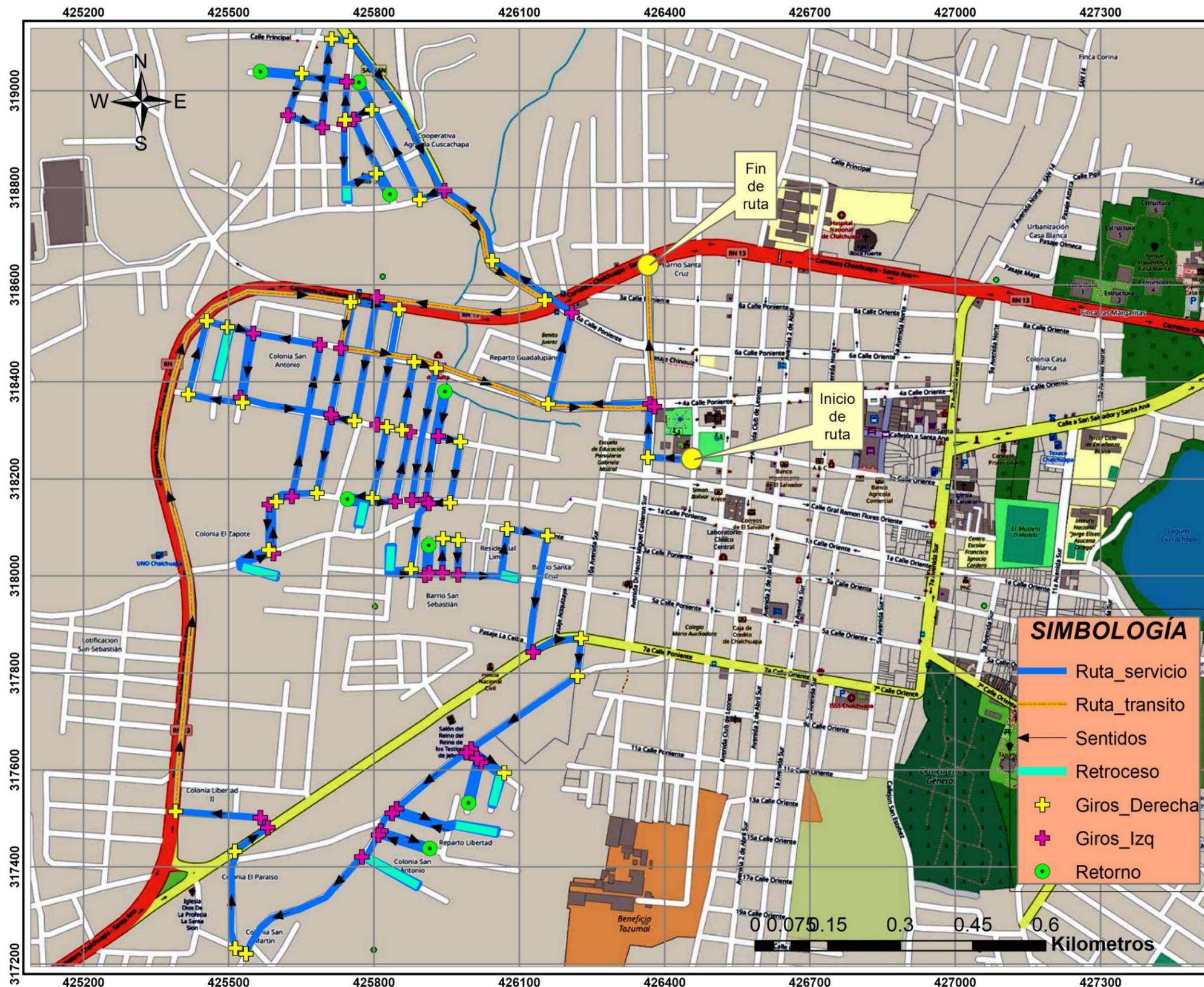
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	3
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Promedio de basura recolectada:	6.11 toneladas
Gasto de combustible:	1.5 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.16 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ3 R1.

Descripción de ruta R1		
Distancia de recorrido total		14.38 Km
Distancia de recorrido en servicio		12.26 Km
Distancia de recorrido en tránsito		2.12 Km
Distancia recorrida en retroceso		540 m
Vueltas a la derecha		40
Vueltas a la izquierda		41
Retornos		7
Distancia recorrida a pie		860 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.40 Km

Fuente: Elaboración propia.



SIMBOLOGÍA

- Ruta_servicio
- Ruta_transito
- Retroceso
- ← Sentidos
- ⊕ Giros_Derecha
- ⊕ Giros_Izq
- Retorno

Vehículo tipo: Cama fija
 Ruta 1
 Capacidad: 8 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 6.11 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 3, frecuencia 3/7 (lunes, miercoles, viernes)
Escala: 1:9,000 **Hoja** 5/32
Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.17 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

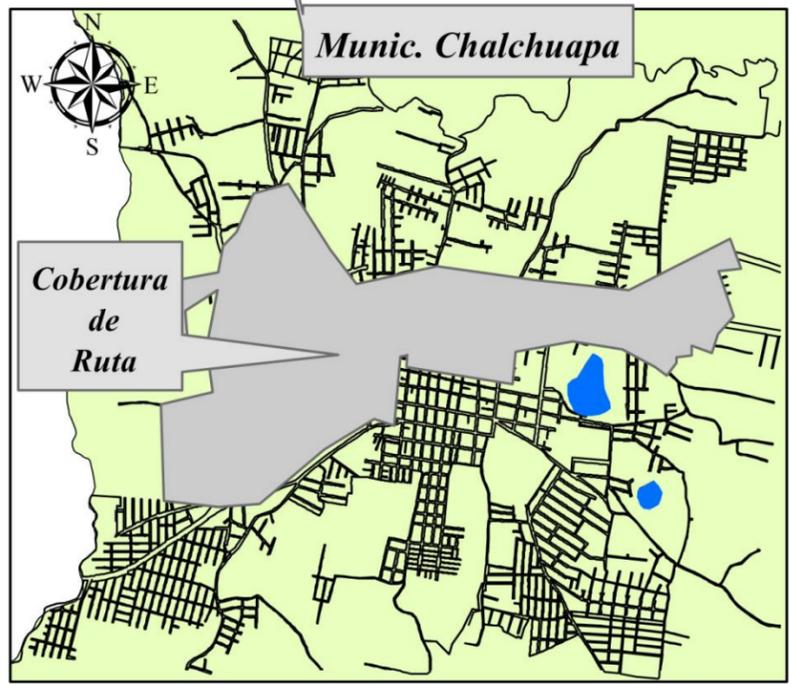
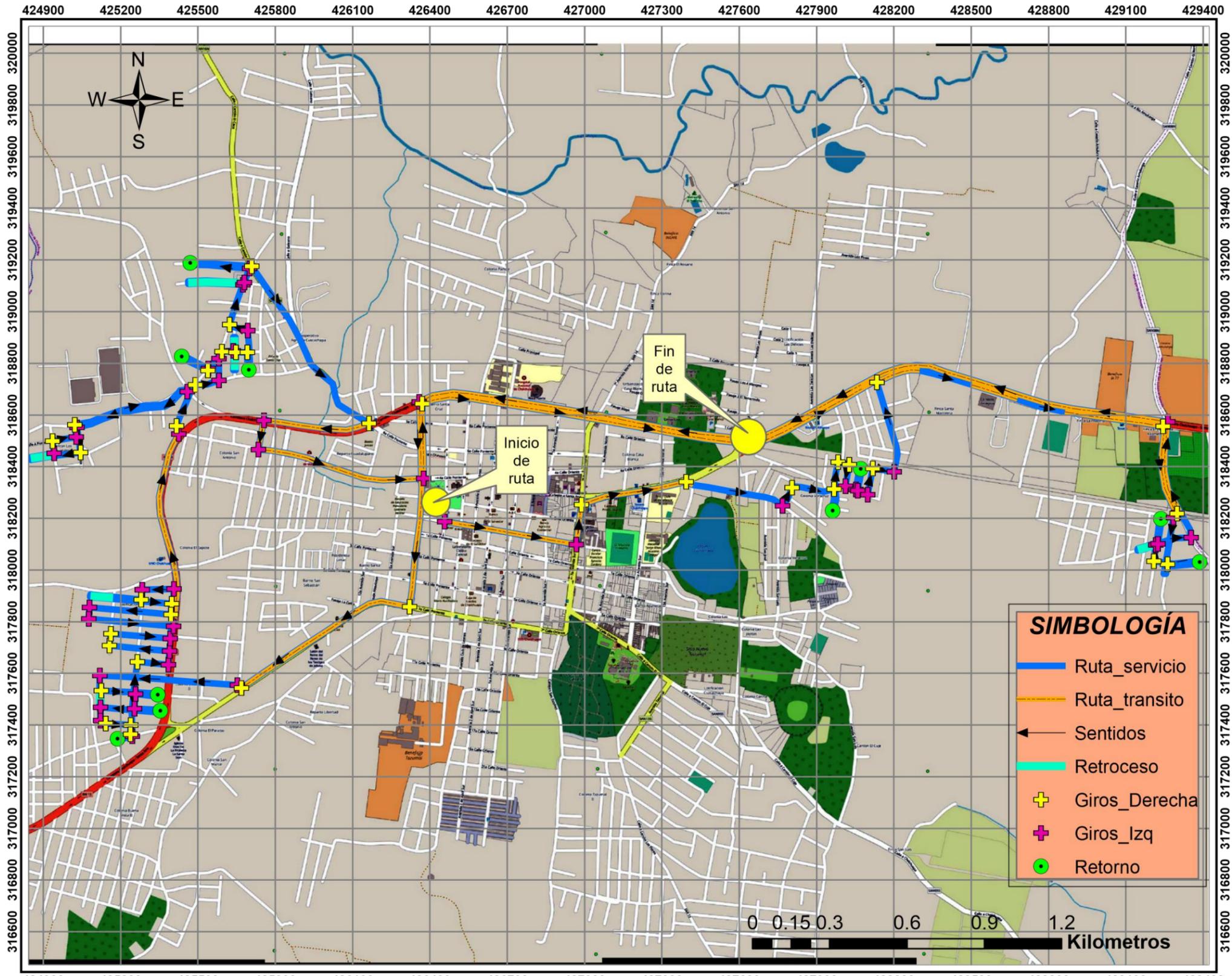
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	3
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Promedio de basura recolectada:	5.38 toneladas
Gasto de combustible:	2.5 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.18 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ3 R2.

Descripción de ruta R2		
Distancia de recorrido total		22.21 Km
Distancia de recorrido en servicio		11.96 Km
Distancia de recorrido en tránsito		10.25 Km
Distancia recorrida en retroceso		600 m
Vueltas a la derecha		36
Vueltas a la izquierda		45
Retornos		9
Distancia recorrida a pie		760 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.40 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Cama fija
 Ruta 2
 Capacidad: 8 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 5.38 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 3, frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)
 Escala: 1:16,900 Hoja 6/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.19 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

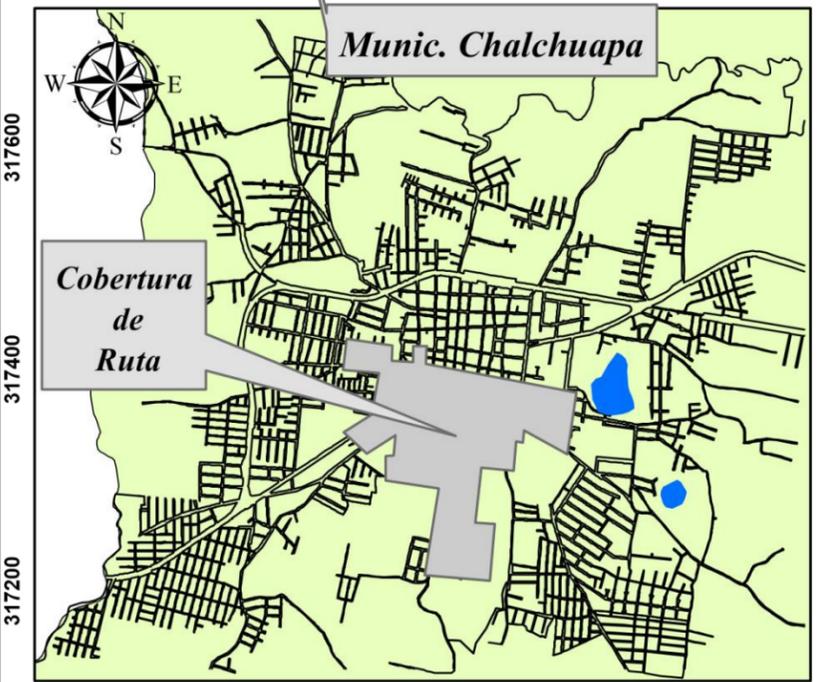
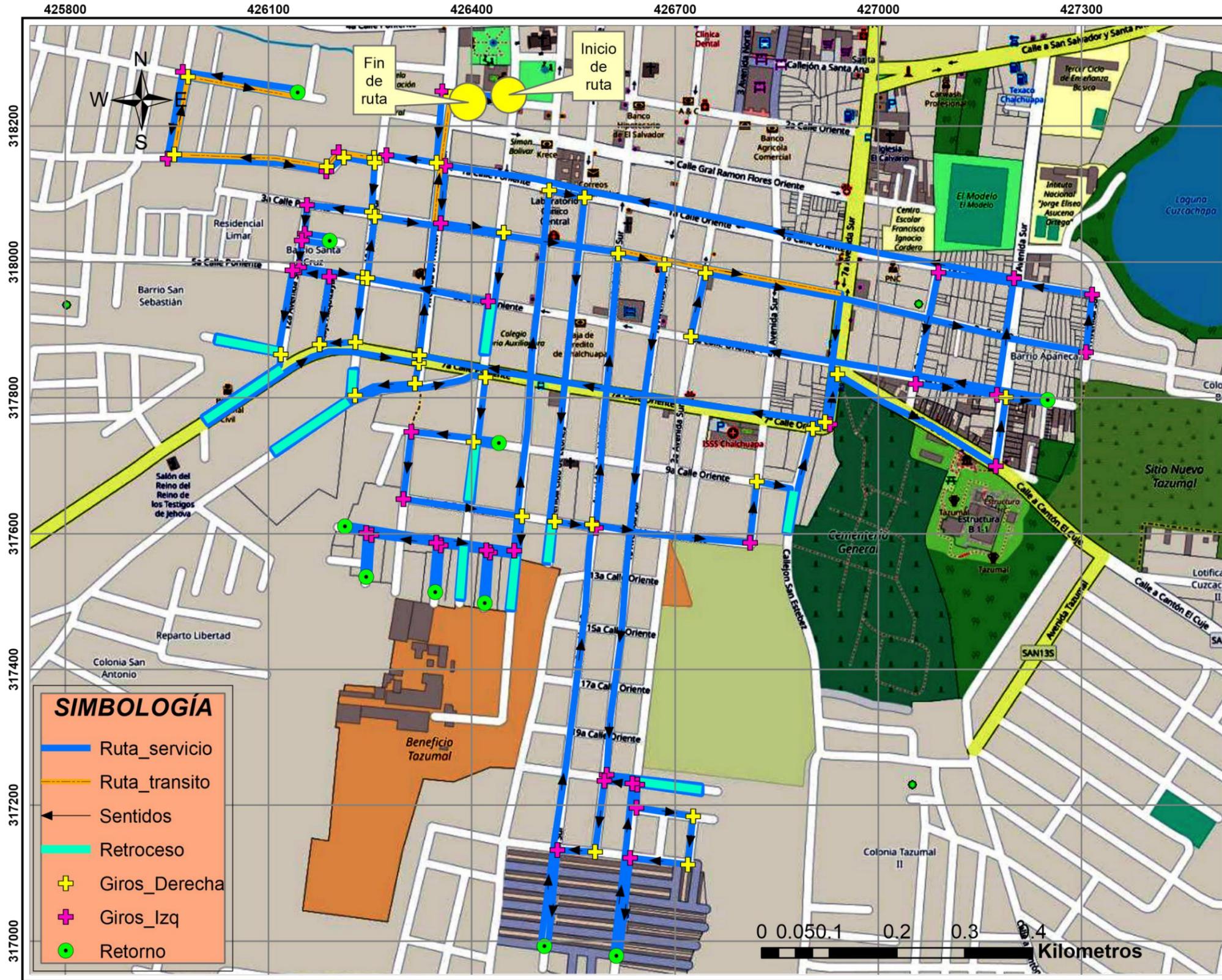
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes.	
Sector:	Urbano y Periurbano
Equipo (EQ):	4
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Promedio de basura recolectada:	8.3 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.20 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ4 R1.

Descripción de ruta R1		
Distancia de recorrido total		17.07 Km
Distancia de recorrido en servicio		14.77 Km
Distancia de recorrido en tránsito		2.30 km
Distancia recorrida en retroceso		980 m
Vueltas a la derecha		38
Vueltas a la izquierda		40
Retornos		9
Distancia recorrida a pie		1300 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.81 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Compactador
 Ruta 1
 Capacidad: 10 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 8.3 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 4, frecuencia 3/7 (lunes, miércoles, viernes)

Escala: 1:6,500 **Hoja 7/32**

Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.21 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

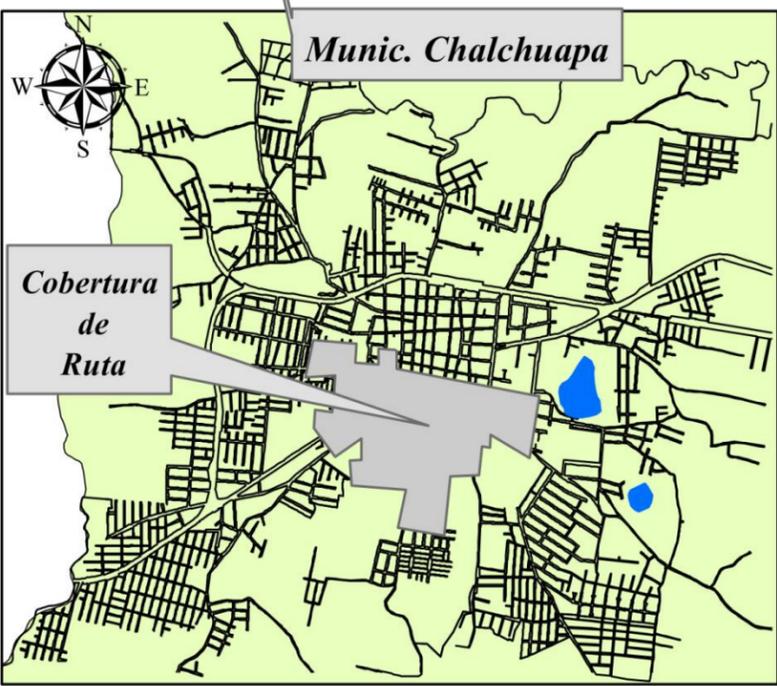
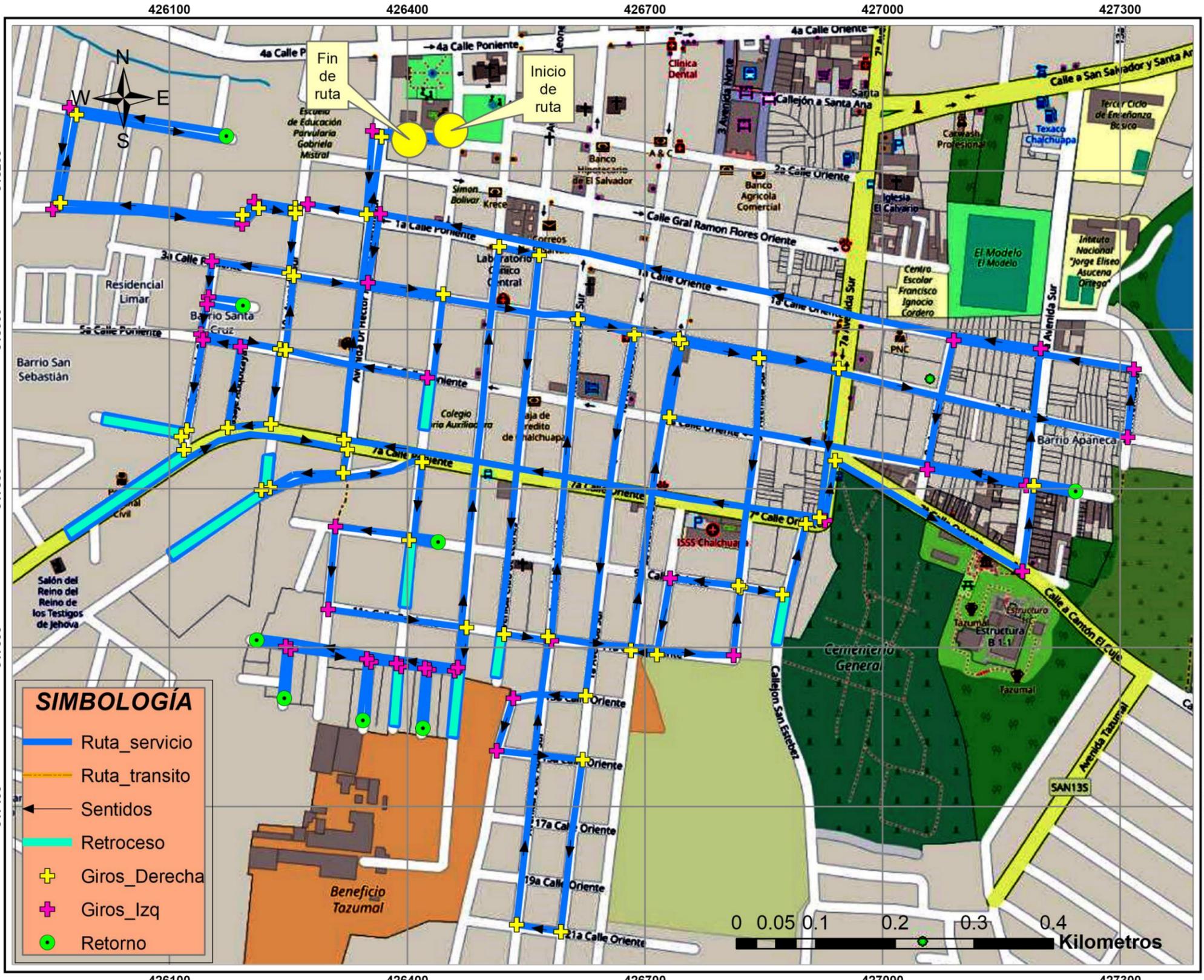
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Urbano y Periurbano
Equipo (EQ):	4
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Promedio de basura recolectada:	8.3 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.22 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ4 R2.

Descripción de ruta R2		
Distancia de recorrido total		16.89 Km
Distancia de recorrido en servicio		15.69 Km
Distancia de recorrido en tránsito		2.20 Km
Distancia recorrida en retroceso		900 m
Vueltas a la derecha		49
Vueltas a la izquierda		39
Retornos		7
Distancia recorrida a pie		1005 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.81 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Compactador
 Ruta 2
 Capacidad: 10 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 8.3 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 4, frecuencia 3/7 (martes, jueves, sabado)
Escala: 1:5,500 **Hoja:** 8/32
Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.23 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

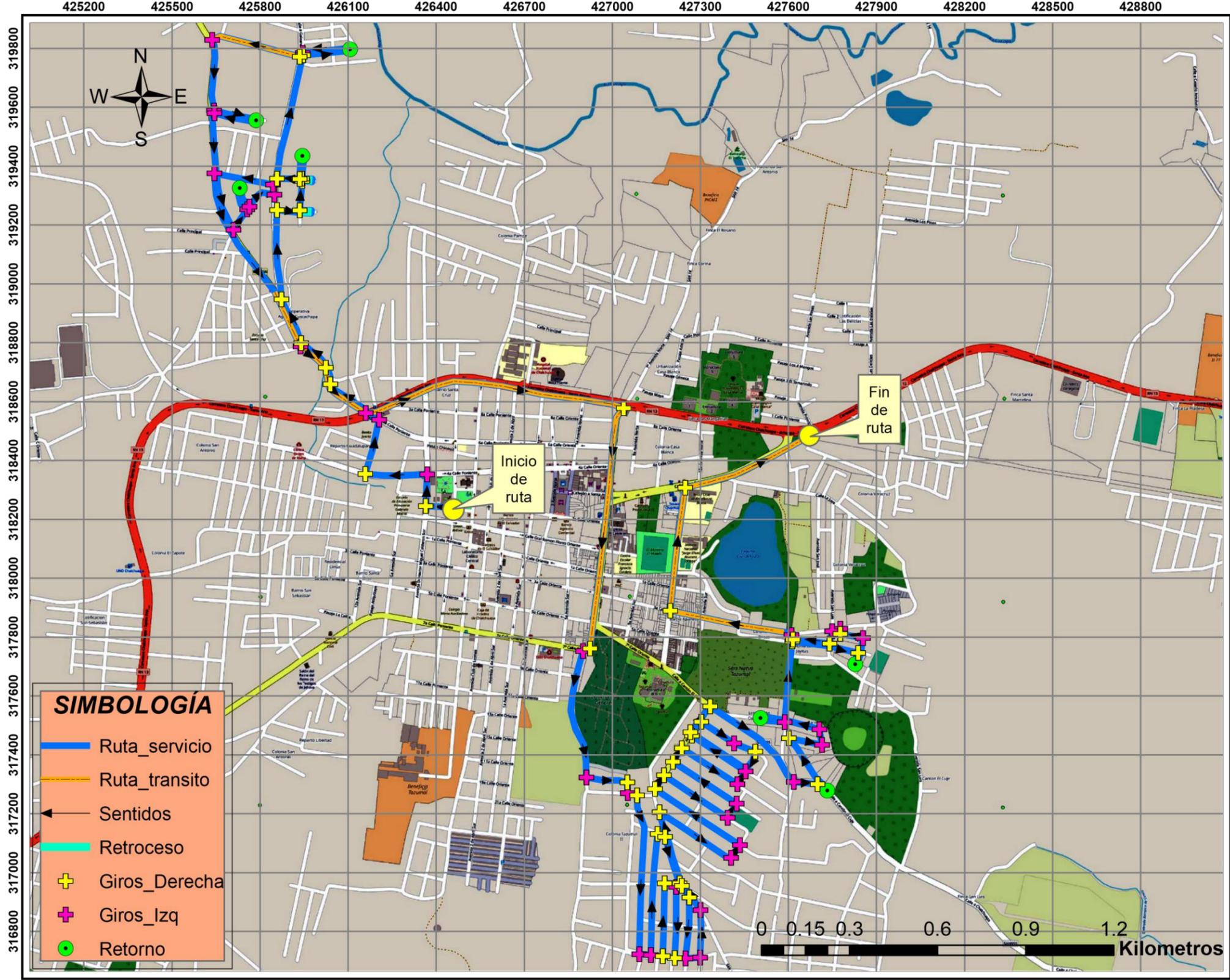
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	5
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Promedio de basura recolectada:	5.53 toneladas
Gasto de combustible:	1.5 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.24 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ5 R1.

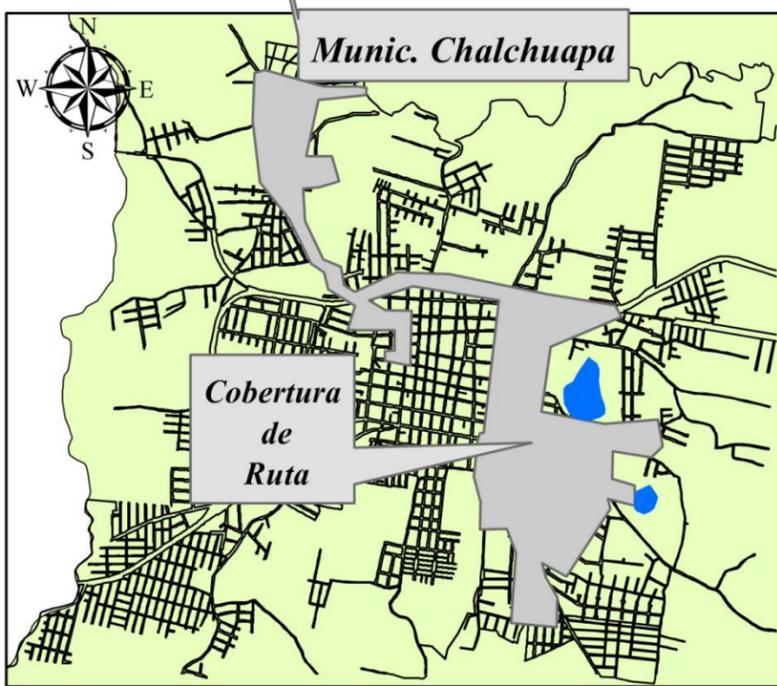
Descripción de ruta R1		
Distancia de recorrido total		17.63 Km
Distancia de recorrido en servicio		15.13 Km
Distancia de recorrido en tránsito		2.5 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 m
Vueltas a la derecha		44
Vueltas a la izquierda		37
Retornos		6
Distancia recorrida a pie		0 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0 Km

Fuente: Elaboración propia.



SIMBOLOGÍA

- Ruta_servicio
- Ruta_transito
- ← Sentidos
- Retroceso
- + Giros_Derecha
- + Giros_Izq
- Retorno



Vehículo tipo: Cama fija
 Ruta 1
 Capacidad: 8 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 5.53 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 5, frecuencia 3/7 (lunes, miércoles, viernes)
 Escala: 1:15,000 Hoja 9/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 3.25 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

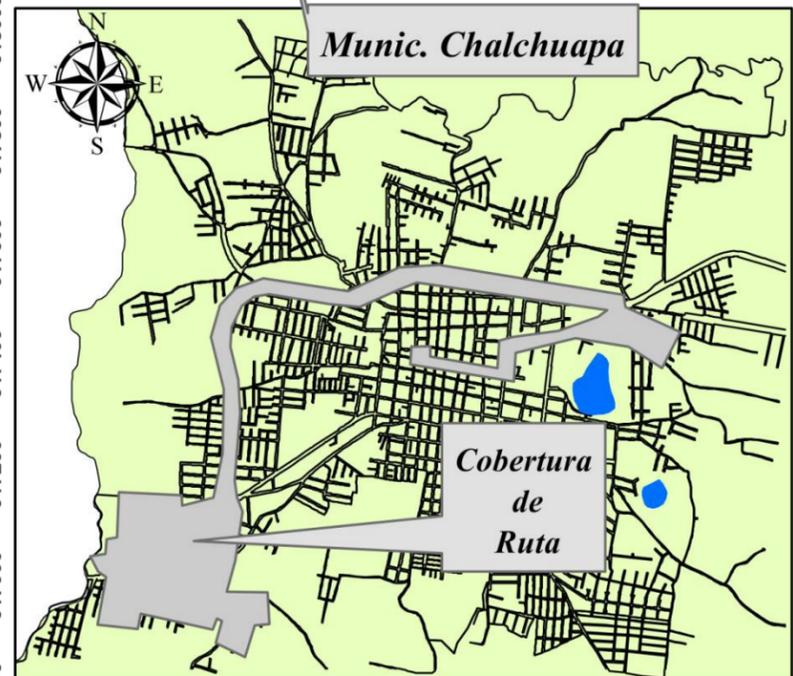
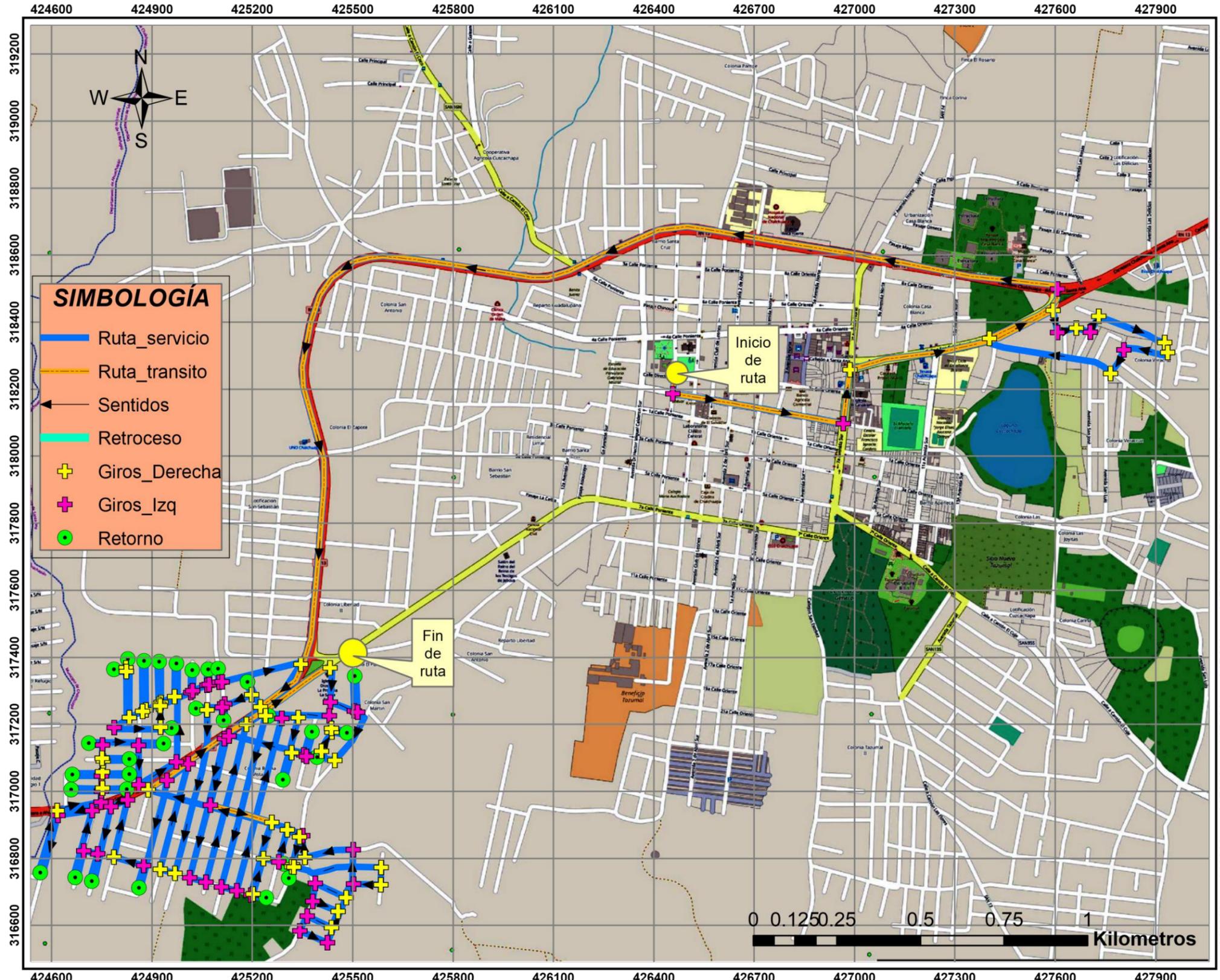
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	5
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Promedio de basura recolectada:	5.93 toneladas
Gasto de combustible:	2.5 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.26 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos EQ5 R2.

Descripción de ruta R2		
Distancia de recorrido total		21.69 Km
Distancia de recorrido en servicio		15.28 Km
Distancia de recorrido en tránsito		6.4 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 m
Vueltas a la derecha		53
Vueltas a la izquierda		54
Retornos		31
Distancia recorrida a pie		0 m
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		3.06 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Cama fija
 Ruta 2
 Capacidad: 8 ton
 Ruta actual
 Recolección aproximada: 5.93 ton

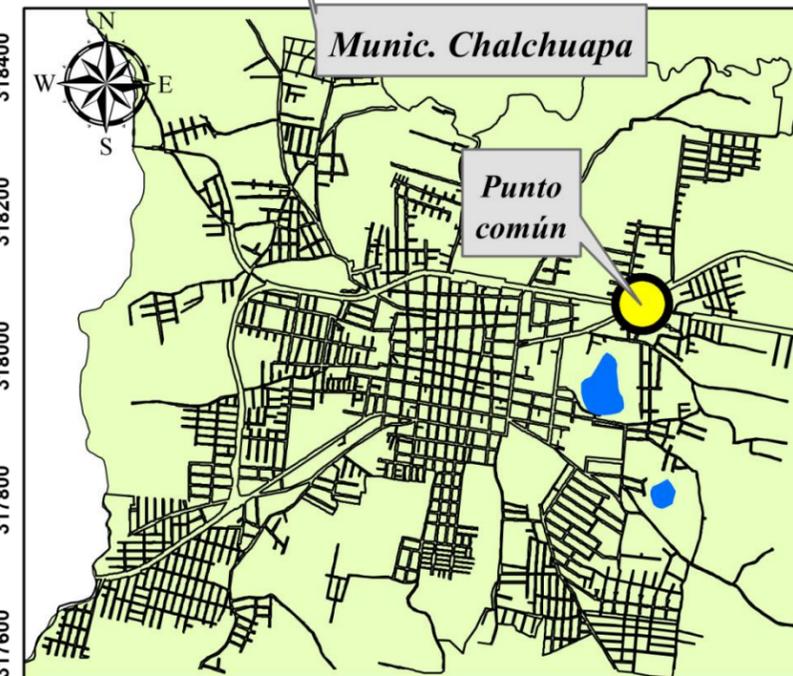
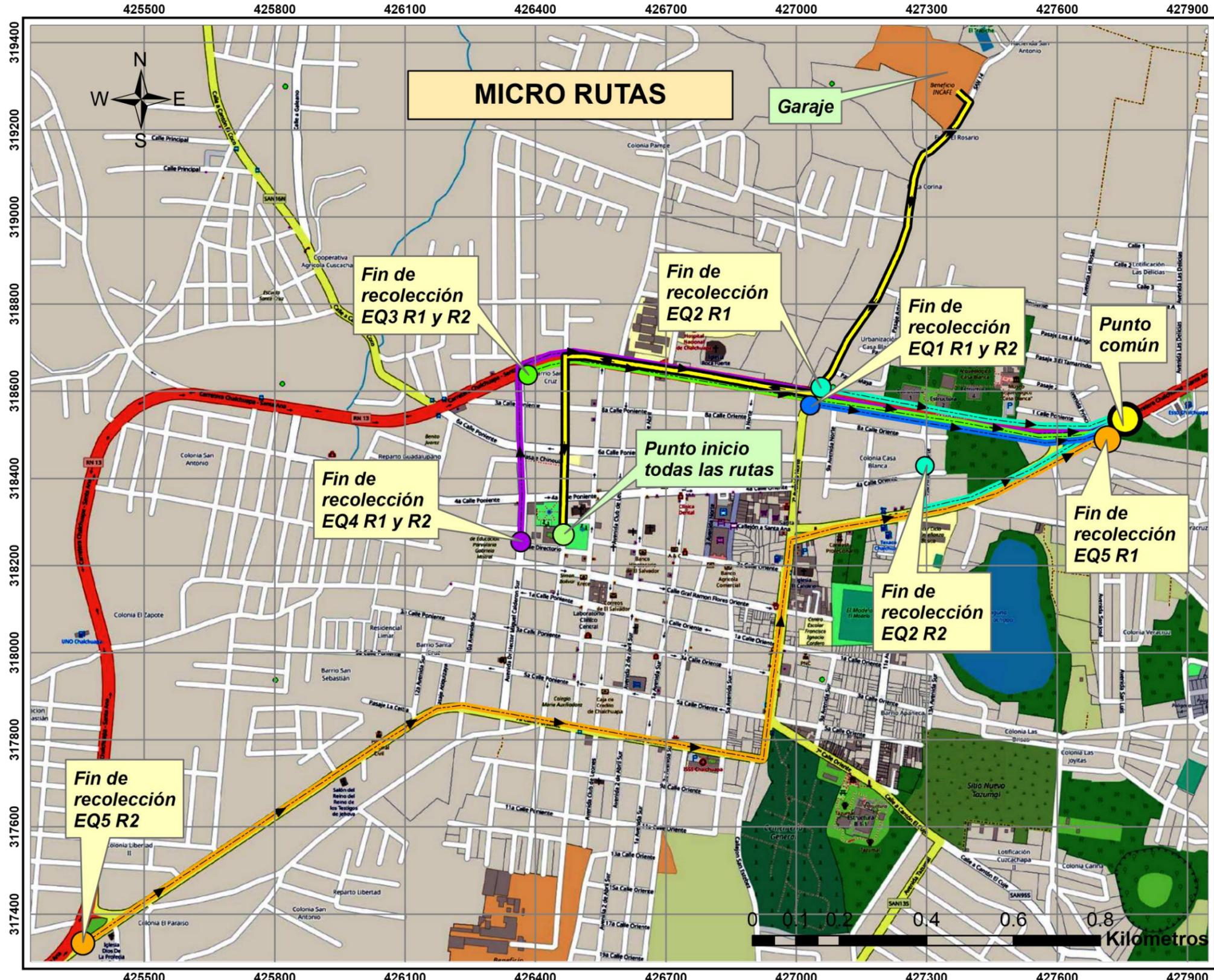


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 5, frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)
 Escala: 1:13,000 Hoja 10/32
 Fecha: septiembre 2019



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: Micro rutas desde punto de finalización de cada una de las rutas hasta el punto común
Escala: 1:10,000 **Hoja** 11/32
Fecha: septiembre 2019

Capítulo 4: Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento de Santa Ana

4.1 Introducción

El diseño de una ruta, es el proceso de optimización de las distancias recorridas y los tiempos en servicio y en circulación, es decir como una medida de tiempo y movimiento (MARN, 2016).

Los propósitos del diseño de las rutas son: (1) dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo, ni mucha ni poca carga, y (2) desarrollar una ruta para cada subsector, de modo que facilite a cada equipo llevar a cabo el trabajo con una menor cantidad de tiempo y recorrido. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980). De acuerdo a lo anterior se presentan dos alternativas: (1) mejora de la ruta actual, que se obtuvo mediante el proceso de digitación, modificando solo ciertos aspectos que no siguen lineamientos del manual de diseño de rutas de recolección y (2) el diseño de nueva ruta de recolección de desechos sólidos.

4.2 Alternativa A1

Una propuesta de mejora permite a la municipalidad contar con un sistema de rutas con cambios leves convenientes, sin modificar los sectores atendidos y delimitados por las rutas actuales, acoplado los parámetros que el manual describe para una ruta más eficiente. La elaboración de una mejora conlleva el ordenamiento del sentido en el recorrido de la ruta que mejor convenga según la ubicación de las comunidades que cada ruta atiende, así como la eliminación de giros innecesarios y procurar distancias más largas, para finalmente reducir la distancia en tránsito y aumentar la distancia de servicio sin modificar de gran manera las áreas actualmente atendidas.

4.2.1 Sectorización

La sectorización es la primera etapa del diseño, para el caso de la alternativa A1 la sectorización se obtuvo mediante la delimitación dada por las rutas actuales, es decir cada sector delimitado representa el área atendida por los camiones recolectores.

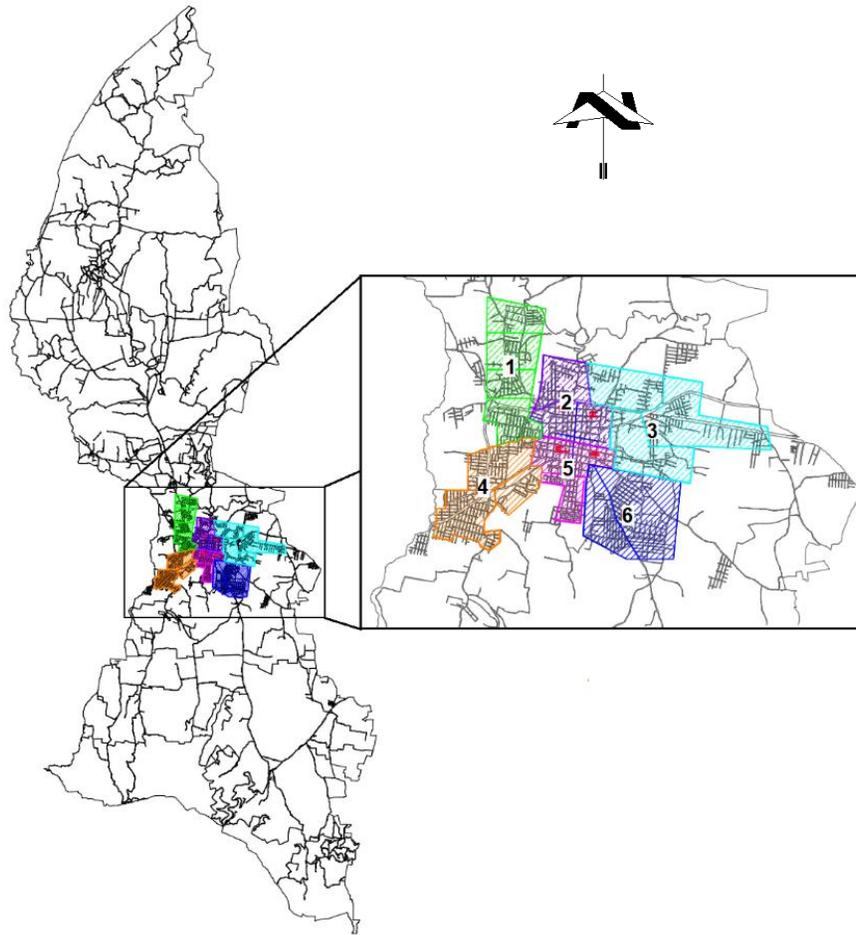


Imagen 4.1 Representación de sectores para alternativa A1 en el municipio de Chalchuapa.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos obtenidos de cada sector son:

- a) Área de cada zona a servir: valor obtenido en el plano del municipio.
- b) Densidad de población de cada zona: valor obtenido de dividir la población entre el área en cada subsector.
- c) Índice de producción de basura per cápita (PPC) de cada zona: cantidad de basura recolectada por cada camión registrada en el relleno sanitario ASEMUSA.

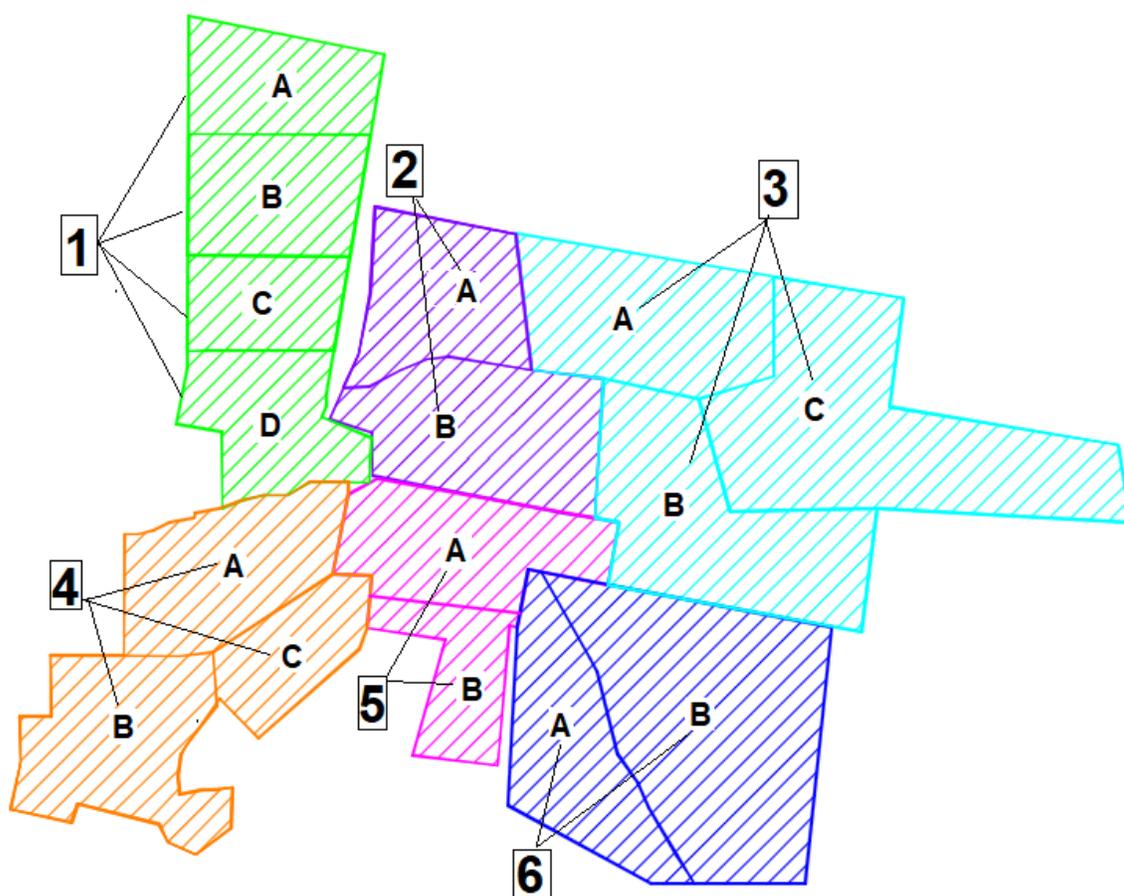


Imagen 4.2 Representación de subsectores para cada sector en alternativa A1.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.1 Tabla de datos para cada subsector alternativa A1

	Sector 1				Sector 2	
Subsector:	A	B	C	D	A	B
Población (hab):	1415	2040	1975	4825	4190	6825
Área (Ha):	24.99	28.80	19.23	28.28	32.71	46.86
Densidad Poblacional (hab/Ha):	56.63	70.82	102.72	170.60	128.11	145.66
PPC (kg/hab/día):	3.91	2.98	2.87	1.27	1.93	1.07
Atendido por equipo:	5	1 y 5	3 y 5	3	2	1 y 2
	Sector 3			Sector 4		

Subsector:	A	B	C	A	B	C
Población (hab):	2070	1935	2155	1470	6780	1515
Área (Ha):	49.35	62.70	66.41	39.21	45.29	17.05
Densidad Poblacional (hab/Ha):	41.95	30.86	32.45	37.49	149.71	88.84
PPC (kg/hab/día):	4.85	4.07	2.50	3.66	0.76	4.03
Atendido por equipo:	2	2 y 5	3	3	5	3
	Sector 5		Sector 6			
Subsector:	A	B	A	B		
Población (hab):	8755	1795	1935	3110		
Área (Ha):	37.74	15.96	38.64	93.16		
Densidad Poblacional (hab/Ha):	232.01	112.48	50.08	33.38		
PPC (kg/hab/día):	0.88	4.62	2.86	1.65		
Atendido por equipo:	4	4	5	5		

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Diagramación

Es la segunda etapa de diseño utilizada en la alternativa 1 para la cual se deben conocer los siguientes datos:

a) Lugar de garaje

El lugar destinado a garaje de las unidades recolectoras es el centro de equipamiento social conocido como Incafé ubicado en calle al centro turístico El trapiche.

b) Punto de inicio de ruta.

El punto de inicio es el mismo para cada grupo de trabajo, y está ubicado en 6ª Avenida Norte entre 4ª Calle Poniente y 2ª Calle Poniente frente a Alcaldía municipal de Chalchuapa. El punto de inicio de la ruta no puede ser modificado por la razón que cada empleado de la alcaldía debe presentarse a la institución para confirmar su inicio de labores.

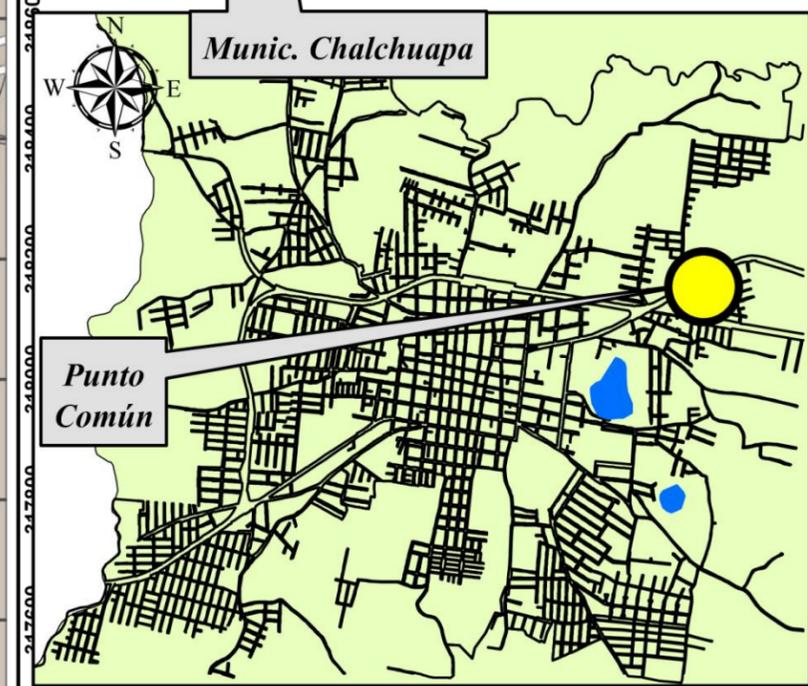
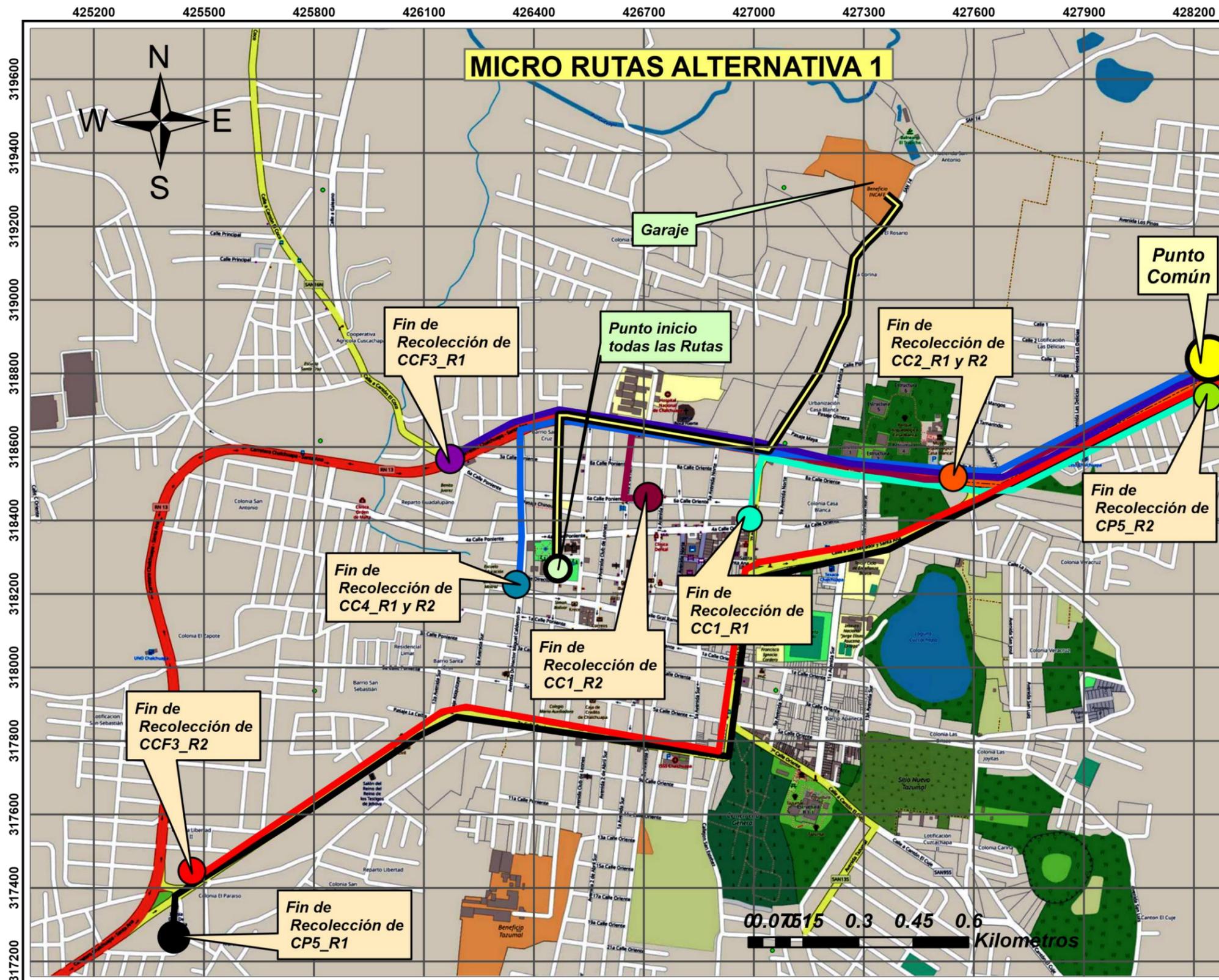
El trayecto recorrido desde el punto de garaje hasta el punto de inicio de ruta por cada camión, está descrito en mapa de micro rutas de cada uno de los equipos de recolección detallado en la siguiente página.

c) Punto de fin de ruta.

El punto “fin de ruta” es diferente en cada ruta y está ubicado en la última comunidad atendida por cada camión recolector, donde finaliza el último tramo del recorrido en servicio de cada ruta y comienza su último recorrido en tránsito hasta un punto denominado “fin común”.

d) Punto fin común.

Es un punto estratégicamente ubicado en el cual todas las rutas llegan luego de completar su recorrido, es decir después del punto “fin de ruta” cada ruta recorre una distancia en tránsito para el punto “fin común” a partir de dicho punto cada equipo de trabajo comienza su recorrido al lugar de disposición final. El detalle del conjunto de los recorridos realizados por cada ruta del punto “fin de ruta” para el punto “fin común” se muestra en el mapa de micro rutas detallado a continuación.



	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p>	<p>Presentan García Hernández William Alejandro Menco Duarte Juan Carlos Pimentel Hernández Wendi Stefanie</p>	<p>Trabajo de Grado "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"</p>	<p>micro rutas, desde punto de finalización de cada una de las rutas hasta el punto común</p> <p>Escala: 1:12,000 Hoja 12/32</p> <p>Fecha: septiembre 2019</p>
--	---	--	---	---

e) Lugar de disposición final.

El lugar de disposición final es el relleno sanitario ASEMUSA ubicado en camones departamento Santa Ana. La trayectoria comprendida desde el punto “fin común” hasta el lugar de disposición final esta descrita en mapa de la micro ruta de punto común al relleno sanitario ASEMUSA, detallado en la siguiente página.

f) Sentidos de circulación.

Obtenidos según mapa base proporcionado por la extensión en línea del programa ArcGIS 10.5, se genera un mapa base de las vías de circulación de la zona de estudio proporcionando los sentidos de circulación de cada vía existente. Indican la orientación permitida de tránsito en una vía de circulación.

g) Topografía.

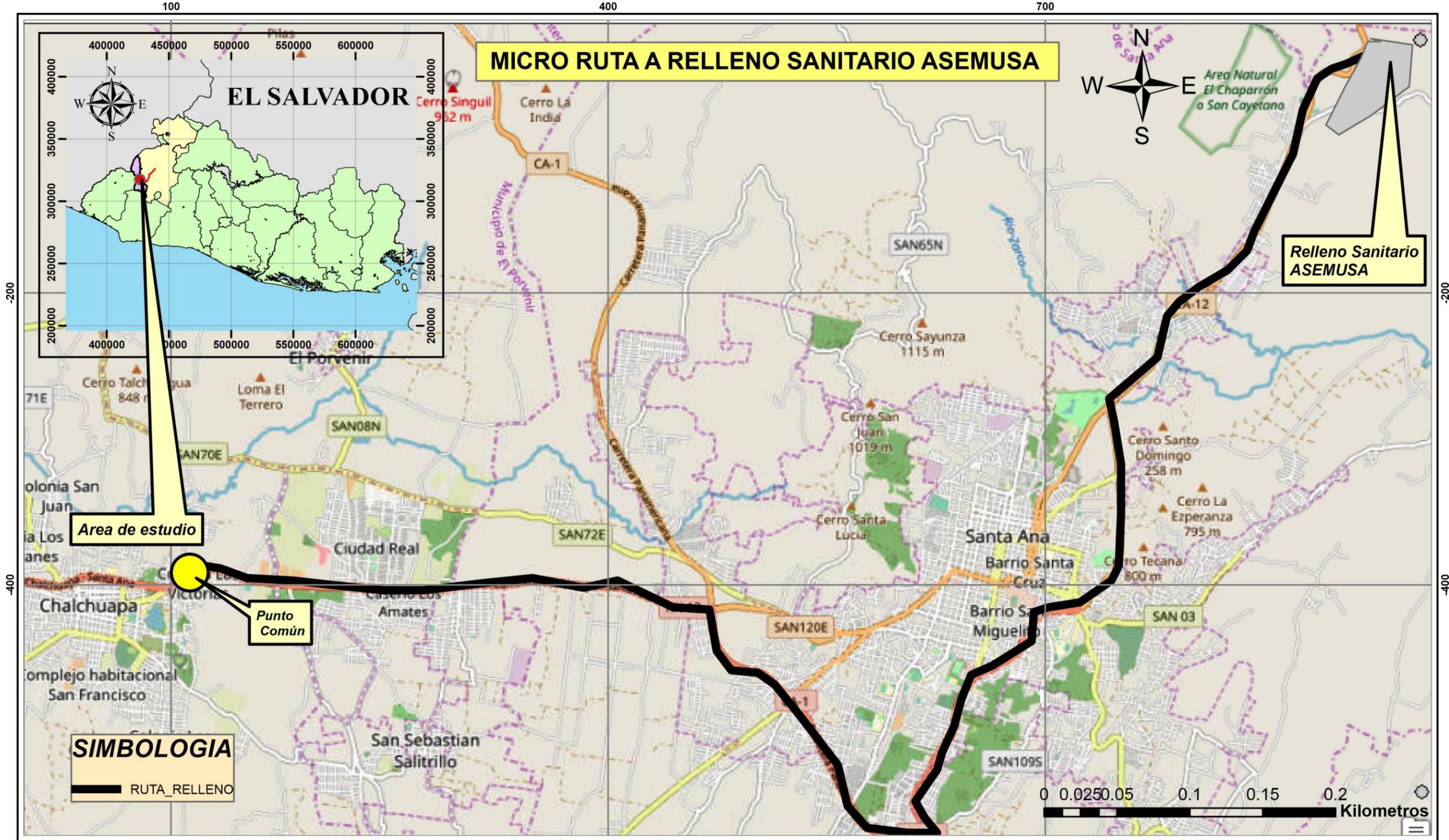
Según la investigación de campo realizada en cada ruta pudo comprobarse que las calles y avenidas recorridas por los camiones recolectores cumplen con las condiciones de servicio en lo que se refiere a la conformación de la rasante y ancho de calzada. La información obtenida se limita al registro de calles con pendientes muy inclinadas en las cuales el camión recolector no debería pasar con casi el total de su capacidad de almacenamiento. En la fase de diagramación se buscó comenzar con comunidades donde están ubicadas altas pendientes, por la razón que al inicio de una ruta el volumen del camión recolector prácticamente está vacío y esto permite evitar derrames de los desechos sólidos y un mejor manejo de las unidades recolectoras por el poco peso. Se detalla el mapa de topografía en la siguiente página después del mapa de micro ruta al relleno sanitario a ASEMUSA.

h) Vías disponibles y no disponibles

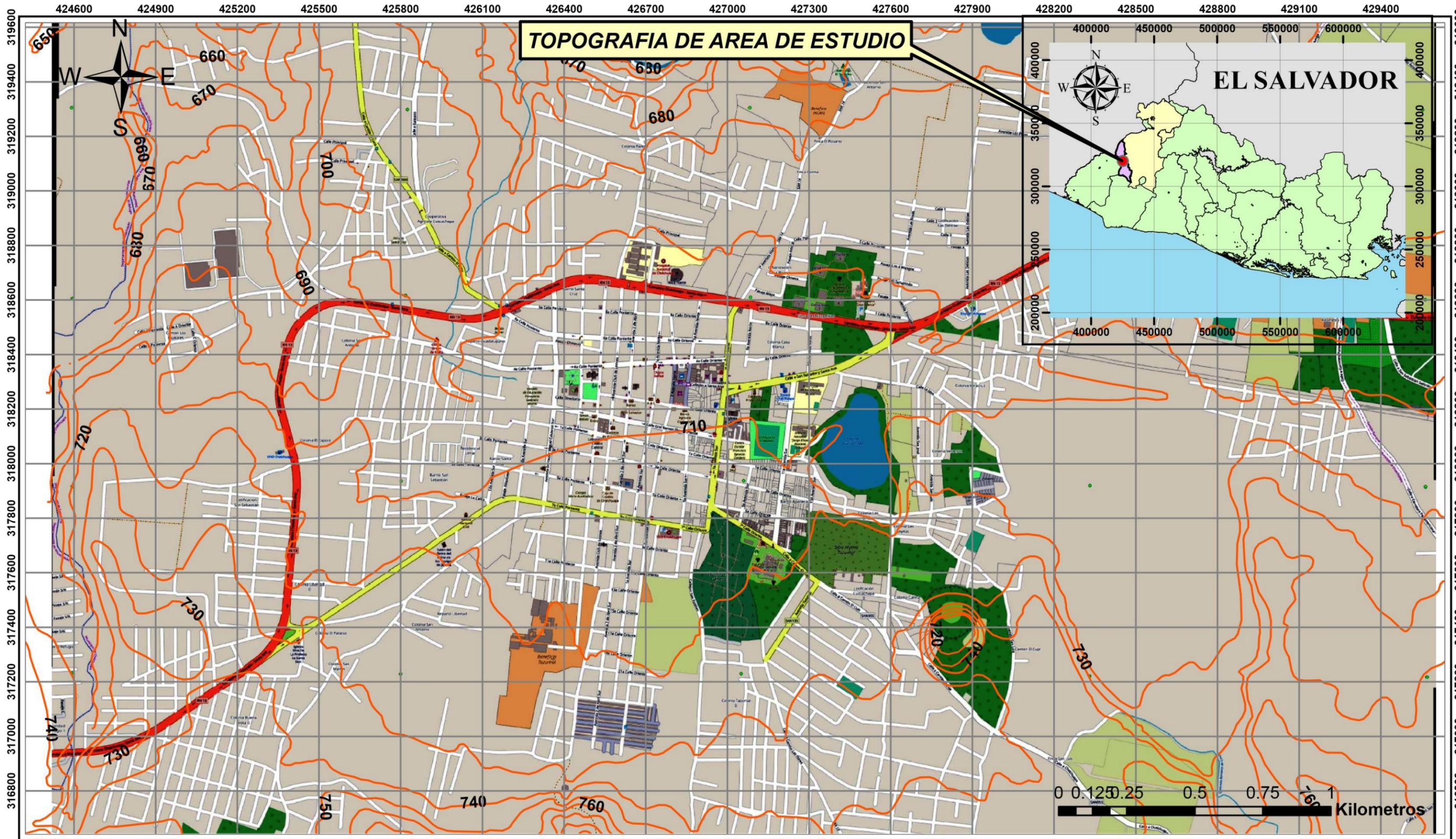
Actualmente en las vías del municipio de Chalchuapa utilizadas para el sistema de recolección de desechos sólidos, no se encontraron vías no disponibles. La disponibilidad de una vía de circulación para el servicio de recolección únicamente depende del sentido de circulación establecido y señalizado.

i) Tipo de trazo de ruta (peine o doble peine).

El tipo de trazo utilizado es el doble peine el cual permite que el camión recolector pase necesariamente una vez por una calle o avenida y se puedan recoger los desechos sólidos en ambos costados.



 <p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p>	Presentan		Trabajo de Grado		Contenido: Micro ruta de punto común hasta relleno sanitario ASEMUSA			
	García Hernández William Alejandro		"Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"		Escala: 1:9,000		Hoja 13/32	
	Menco Duarte Juan Carlos				Fecha: octubre 2019			
	Pimentel Hernández Wendi Stefanie							



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: curvas de nivel, del area de interes

Escala: 1:9,000 **Hoja 14/32**

Fecha: octubre 2019

4.2.3 Rutas del servicio de recolección de desechos sólidos de la alternativa A1

Tabla 4.2 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

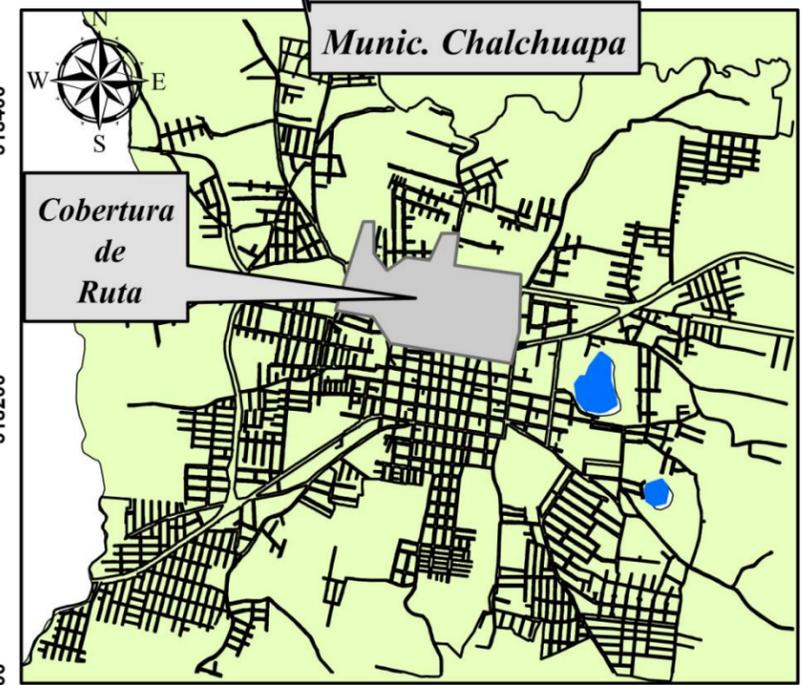
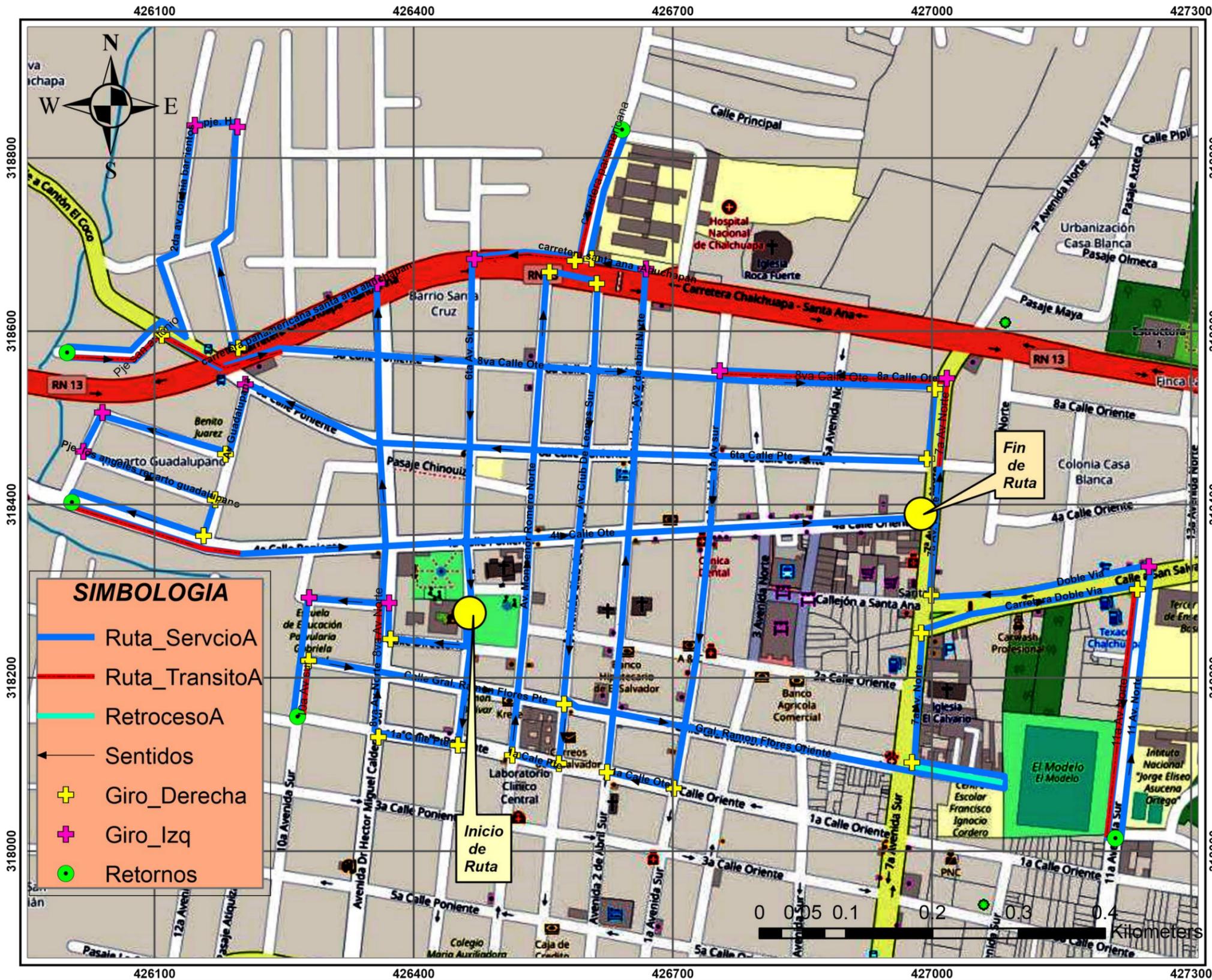
Alternativa A1 Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector:	Urbano
Equipo (EQ):	1
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ1 R1.

Descripción Alternativa A1 Ruta R1		
Distancia de recorrido total		13.4 Km
Distancia de recorrido en servicio		11.73 Km
Distancia de recorrido en tránsito		1.67 Km
Distancia recorrida en retroceso		1.1 Km
Vueltas a la derecha		23
Vueltas a la izquierda		12
Retornos		4
Distancia de punto “fin de ruta” a “fin común”		1.48 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo compactador
 Ruta 1
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox.: 7.8 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

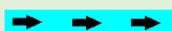
Contenido: ruta realizada por camión compactador equipo 1 frecuencia 3/7 (lunes, miércoles, viernes)
 Escala: 1:5,000 Hoja 15/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.4 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

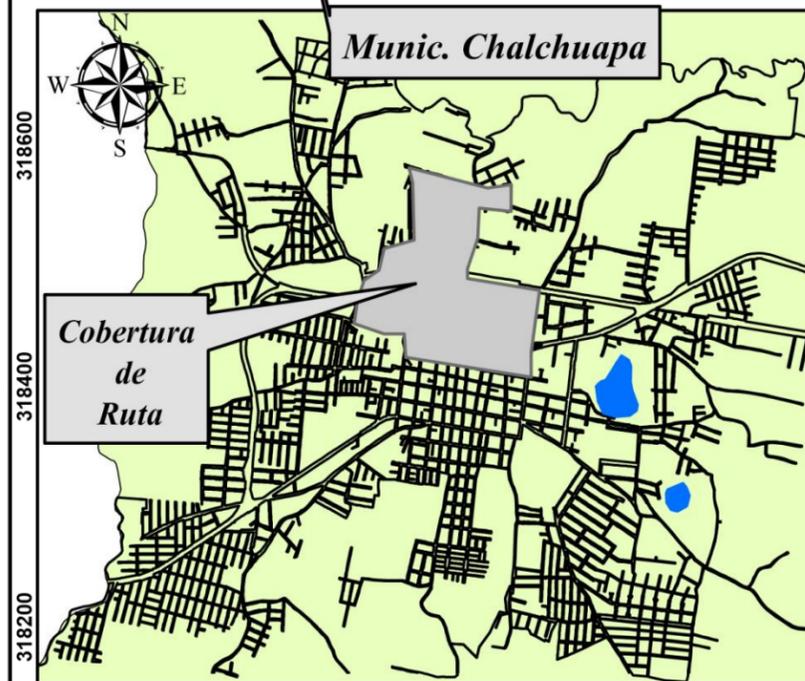
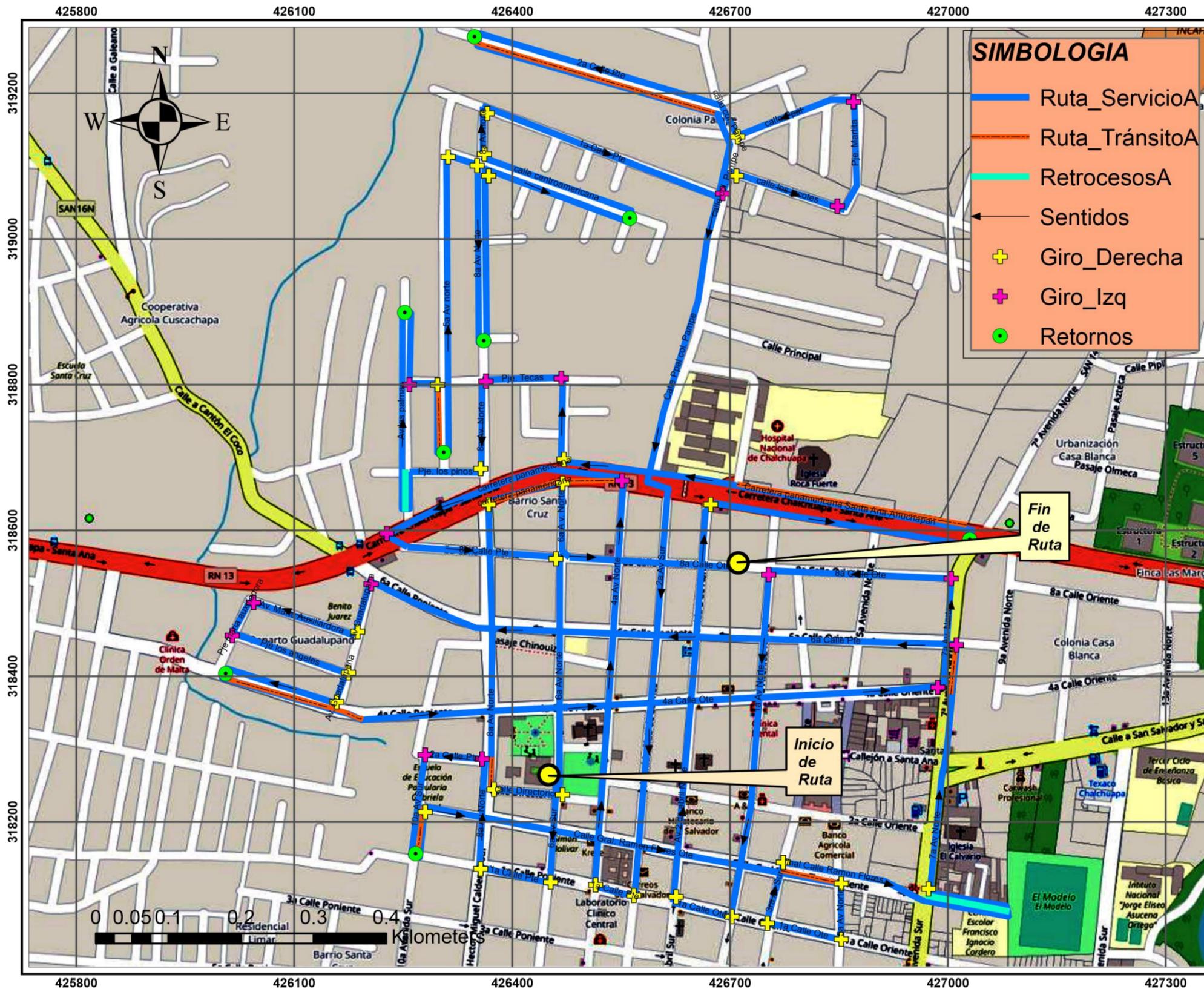
Alternativa A1 Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Urbano
Equipo (EQ):	1
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.5 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ1 R2.

Descripción Alternativa A1 Ruta R2		
Distancia de recorrido total		14.5 Km
Distancia de recorrido en servicio		13.4 km
Distancia de recorrido en tránsito		1.1 km
Distancia recorrida en retroceso		0.5 km
Vueltas a la derecha		32
Vueltas a la izquierda		16
Retornos		7
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.9 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo compactador
 Ruta 2
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 7.8 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 Garcia Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

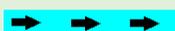
Contenido: ruta realizada por camión compactador equipo #1 frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)
 Escala: 1:6,000 Hoja 16/32
 Fecha: octubre 2019

Tabla 4.6 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

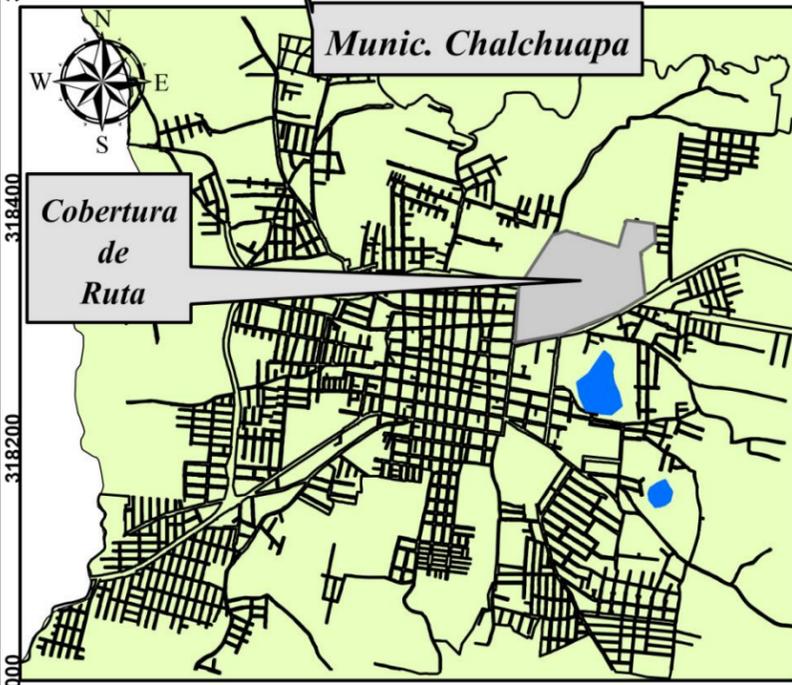
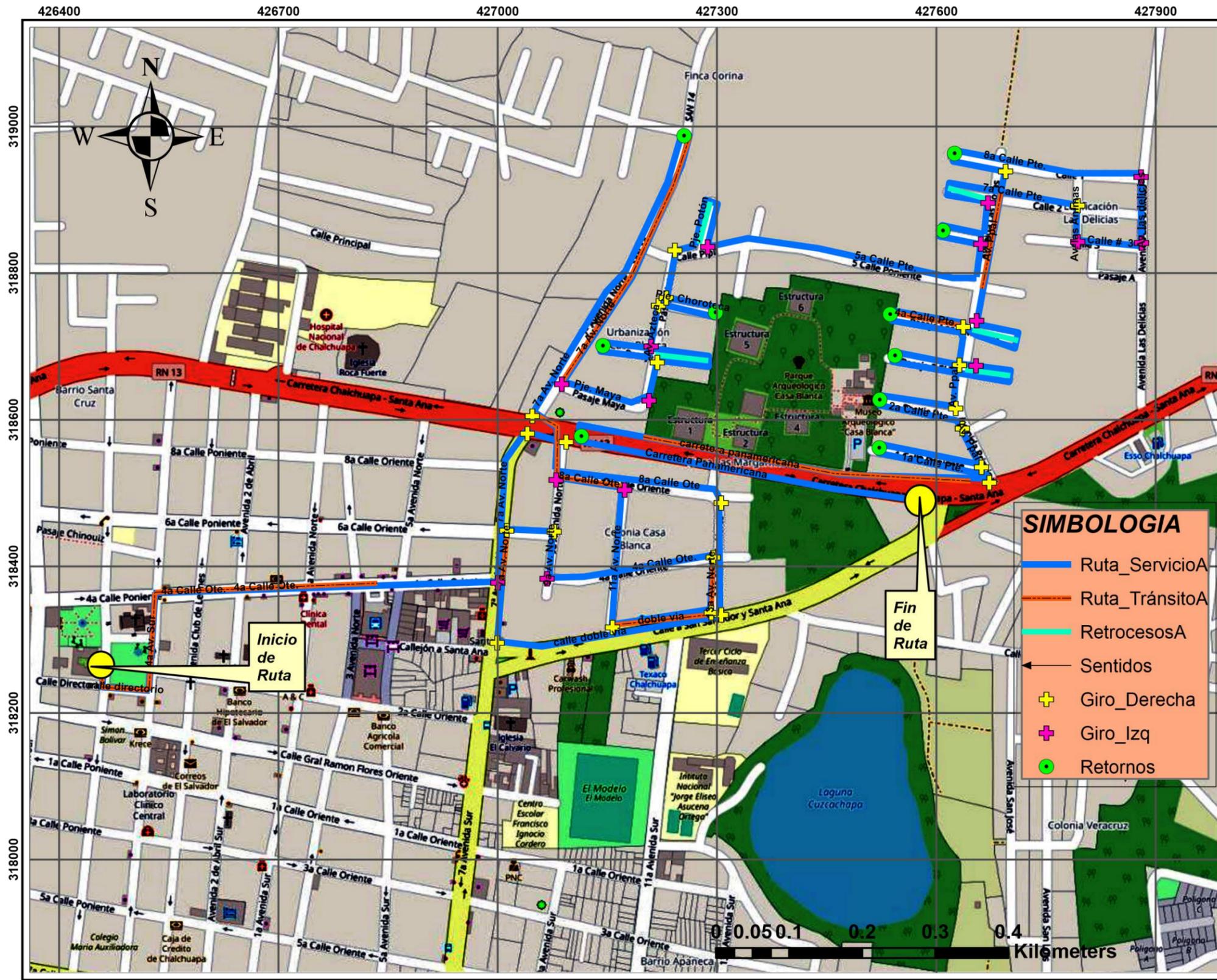
Alternativa A1 Ruta R1	
Días de servicio: Lunes a Sábado	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	2
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 Toneladas
Gasto de combustible:	1 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.7 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ2 R1.

Descripción Alternativa A1 Ruta R1		
Distancia de recorrido total		5.7 Km
Distancia de recorrido en servicio		4.3 Km
Distancia de recorrido en tránsito		1.4 Km
Distancia recorrida en retroceso		72 m
Vueltas a la derecha		23
Vueltas a la izquierda		14
Retornos		10
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0.8 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo compactador
 Ruta 1
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 6.8 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión compactador, equipo #2 frecuencia 6/7 (lunes a sábado)
Escala: 1:8000 **Hoja:** 17/32
Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.8 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

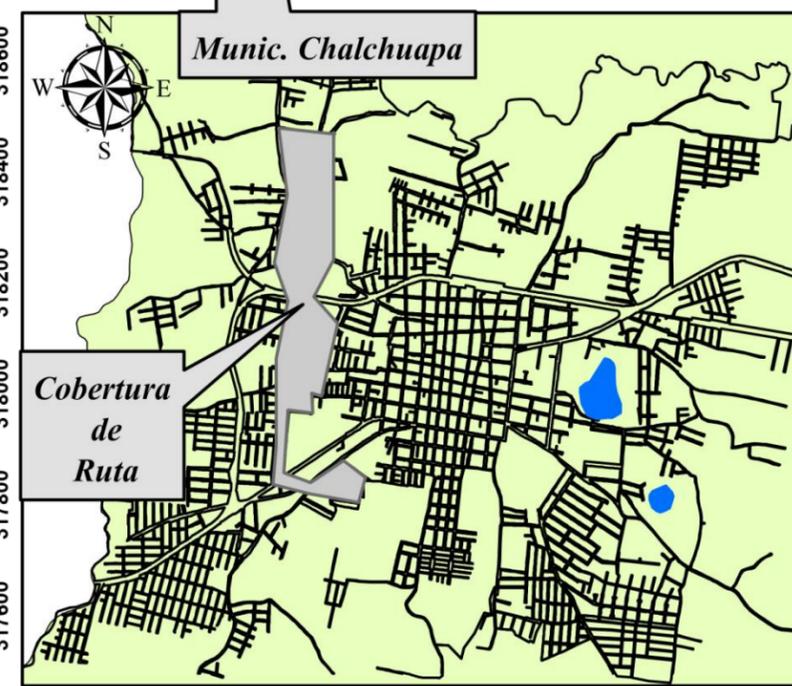
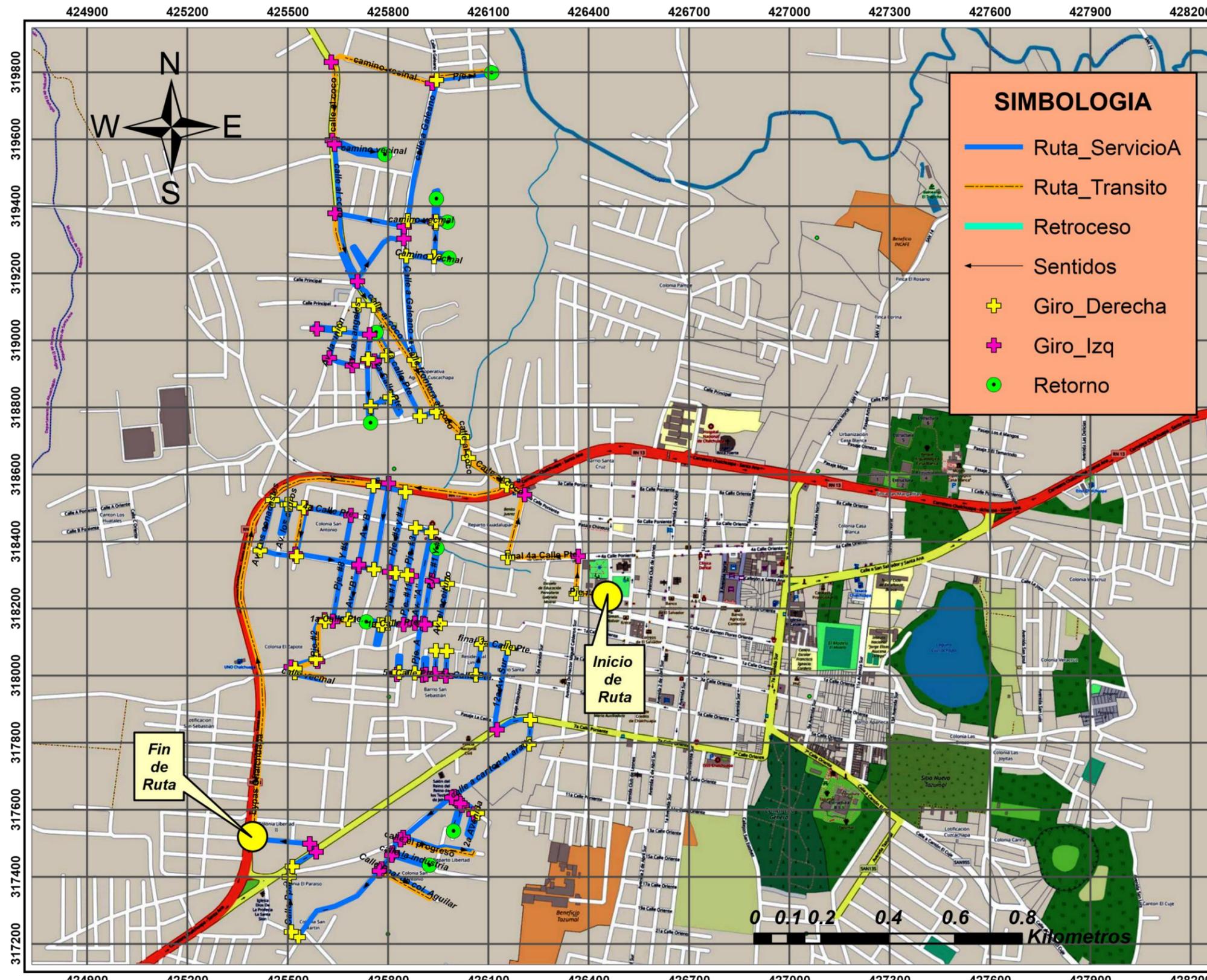
Alternativa A1 Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector:	Urbana
Equipo (EQ):	3
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.9 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ3 R1.

Descripción Alternativa A1 Ruta R1		
Distancia de recorrido total		18.92 Km
Distancia de recorrido en servicio		14.56 Km
Distancia de recorrido en tránsito		4.36 Km
Distancia recorrida en retroceso		0.54 Km
Vueltas a la derecha		22
Vueltas a la izquierda		28
Retornos		5
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		2.2 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehiculo tipo cama fija
 Ruta 1
 Capacidad 8 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 7.1 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de
 desechos sólidos en la ciudad y
 sector periurbano de Chalchuapa,
 Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por
 camión cama fija, equipo 3
 frecuencia 3/7 (lunes, miercoles, viernes)

Escala: 1:12000 Hoja 18/32

Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.10 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

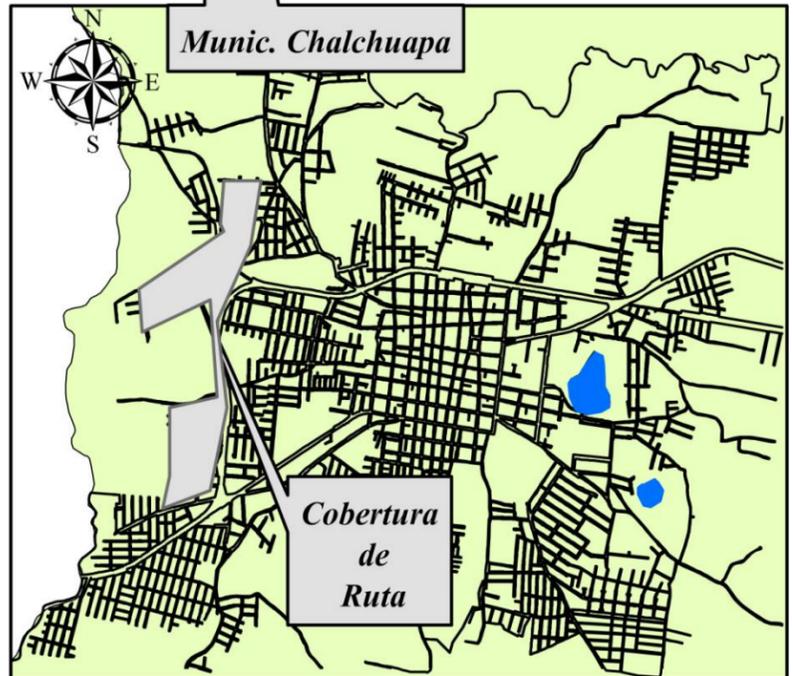
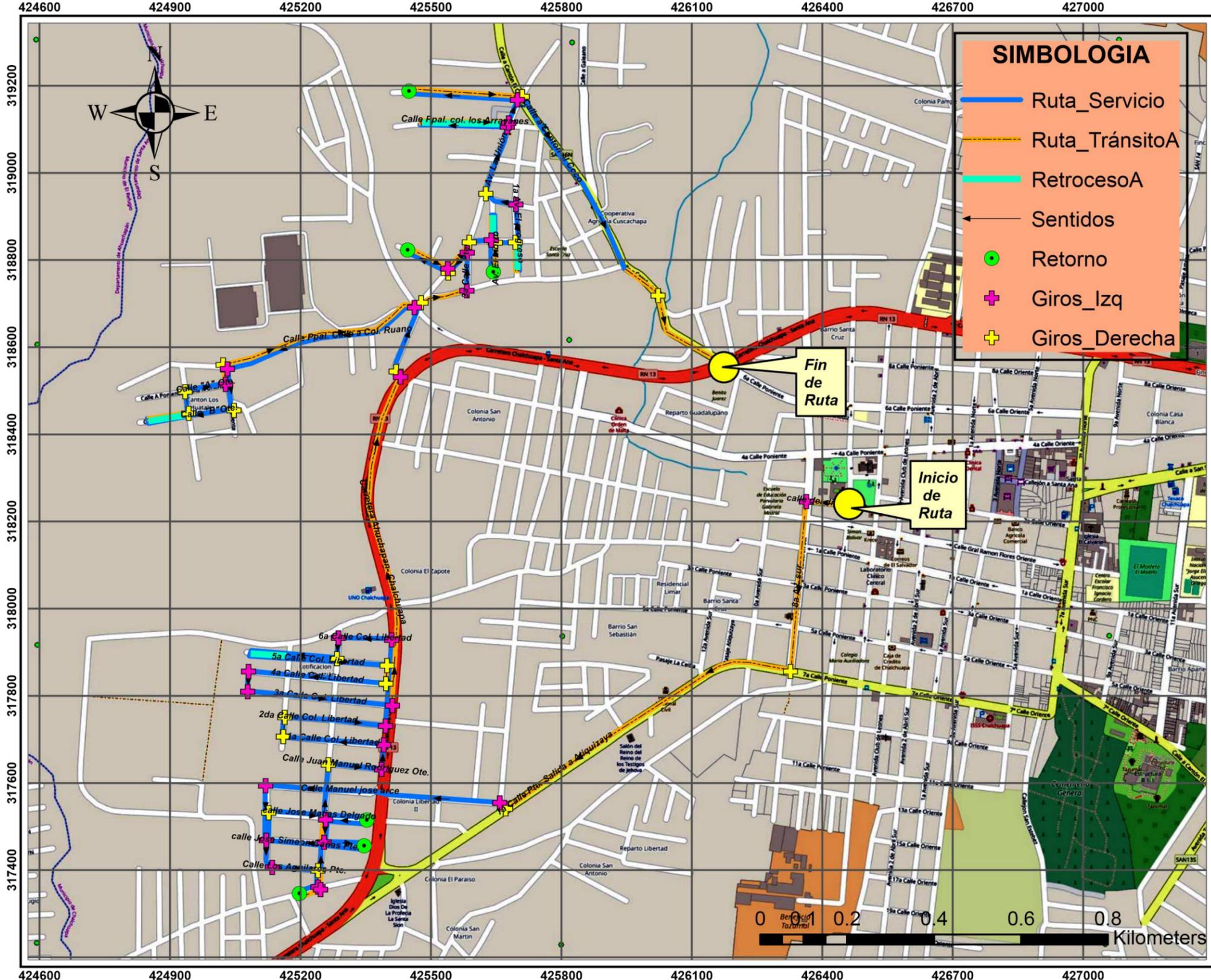
Alternativa A1 Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	3
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	1.5 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.11 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ3 R2.

Descripción Alternativa A1 Ruta R2		
Distancia de recorrido total		12.76 Km
Distancia de recorrido en servicio		8.96 Km
Distancia de recorrido en tránsito		3.8 Km
Distancia recorrida en retroceso		0.53 Km
Vueltas a la derecha		58
Vueltas a la izquierda		52
Retornos		10
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		3.4 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo cama fija
 Ruta 2
 Capacidad 8 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 5.1 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de
 desechos sólidos en la ciudad y
 sector periurbano de Chalchuapa,
 Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por
 camión cama fija, equipo 3
 frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)

Escala: 1:10,000 Hoja 19/32

Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.12 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

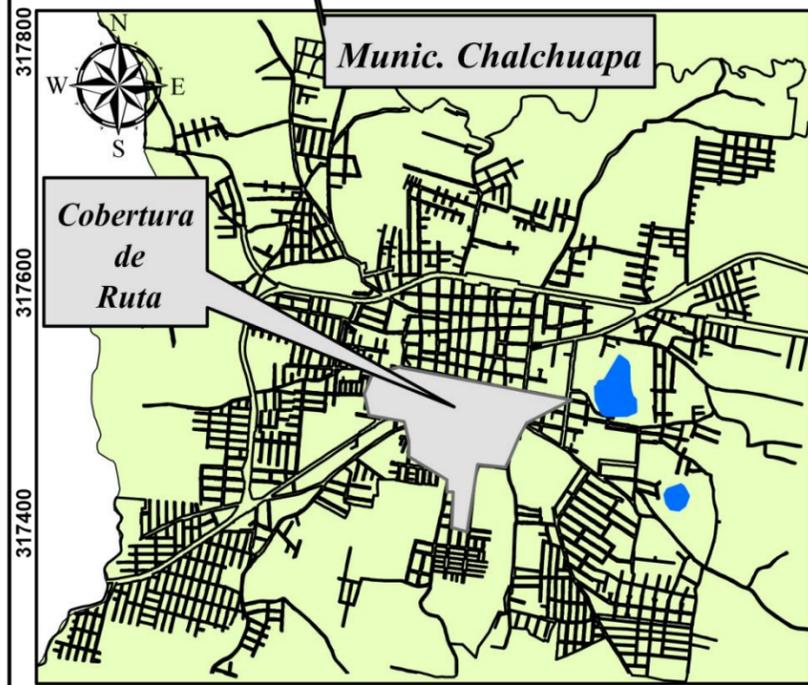
Alternativa A1 Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes.	
Sector:	Urbano y Periurbano
Equipo (EQ):	4
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.13 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ4 R1.

Descripción Alternativa A1 Ruta R1		
Distancia de recorrido total		16.70 Km
Distancia de recorrido en servicio		15.4 Km
Distancia de recorrido en tránsito		2.30 Km
Distancia recorrida en retroceso		0.6 Km
Vueltas a la derecha		45
Vueltas a la izquierda		24
Retornos		9
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		2.3 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo compactador
 Ruta 1
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 8.1 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión compactador equipo #4 frecuencia 3/7 (lunes, miércoles, viernes)
 Escala: 1:6,000 Hoja 20/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.14 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

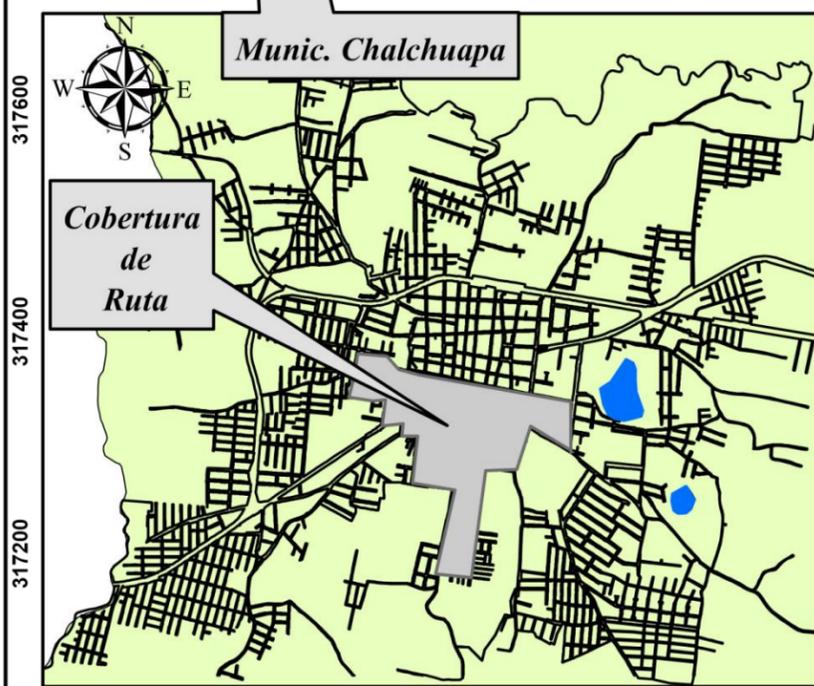
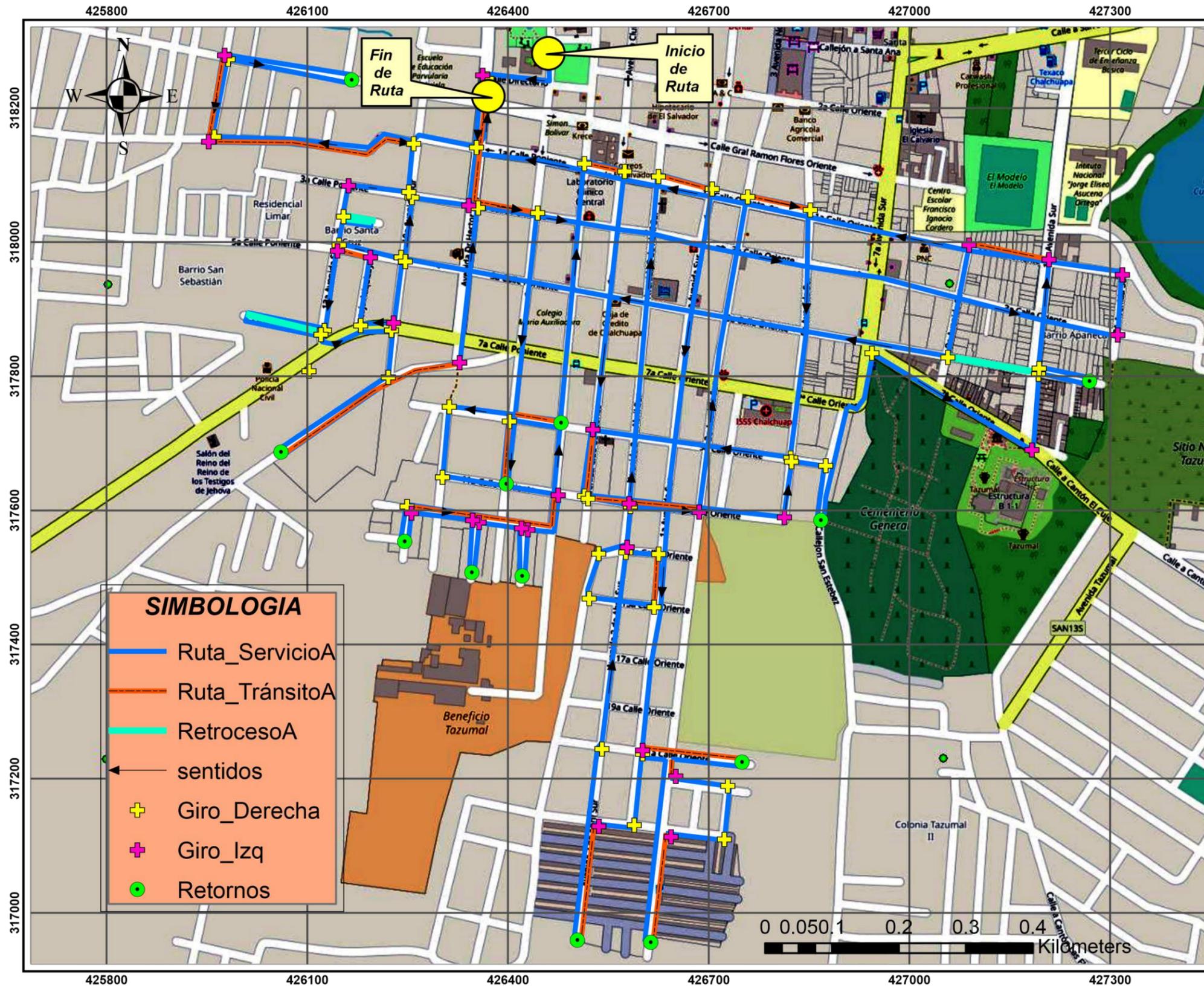
Alternativa A1 Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Urbano y Periurbano
Equipo (EQ):	4
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 Toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.15 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ4 R2.

Descripción Alternativa A1 Ruta R2		
Distancia de recorrido total		15.50 Km
Distancia de recorrido en servicio		13.1 Km
Distancia de recorrido en tránsito		1.6 Km
Distancia recorrida en retroceso		0.9 Km
Vueltas a la derecha		48
Vueltas a la izquierda		27
Retornos		11
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		2.3 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo compactador
 Ruta 2
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 7.9 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión compactador equipo #4 frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)
 Escala: 1:6,500 Hoja 21/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.16 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

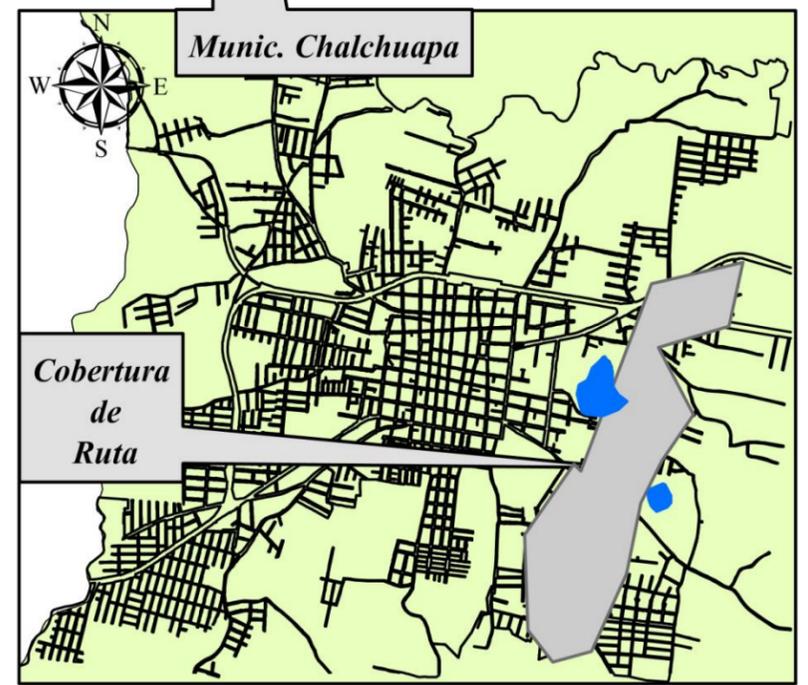
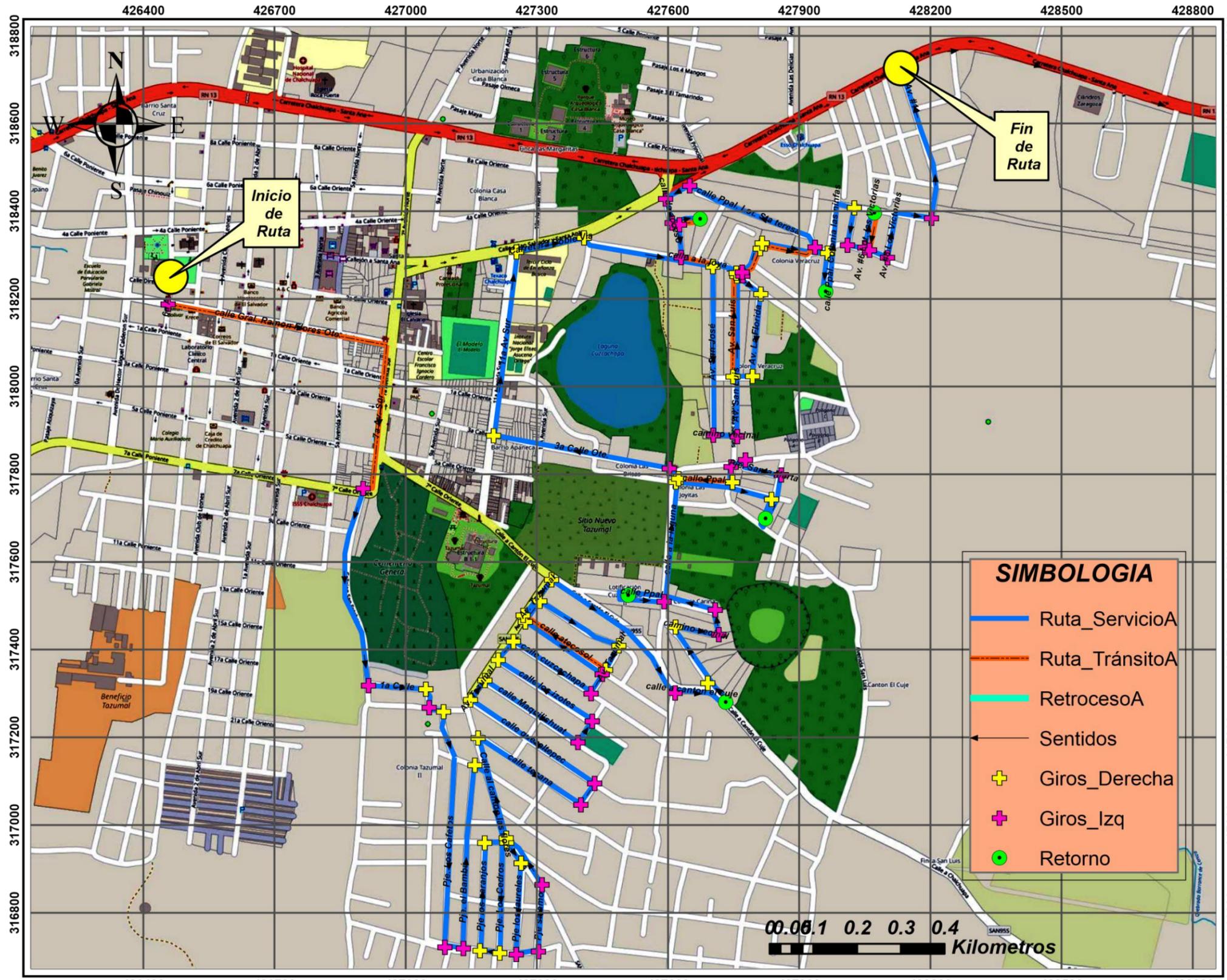
Alternativa A1 Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	5
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.17 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ5 R1.

Descripción Alternativa A1 Ruta R1		
Distancia de recorrido total		17.47 Km
Distancia de recorrido en servicio		14.41 Km
Distancia de recorrido en tránsito		3.06 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 Km
Vueltas a la derecha		45
Vueltas a la izquierda		51
Retornos		31
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		3.6 Km

Fuente: Elaboración propia.



SIMBOLOGIA

- Ruta_ServicioA
- Ruta_TránsitoA
- RetrocesoA
- ← Sentidos
- ⊕ Giros_Derecha
- ⊕ Giros_Izq
- Retorno

Vehículo tipo cama fija
 Ruta 1
 Capacidad 8 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 5.8 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión cama fija, equipo #5
 frecuencia 3/7 (lunes, miércoles, viernes)

Escala: 1:10,000 Hoja 22/32

Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.18 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

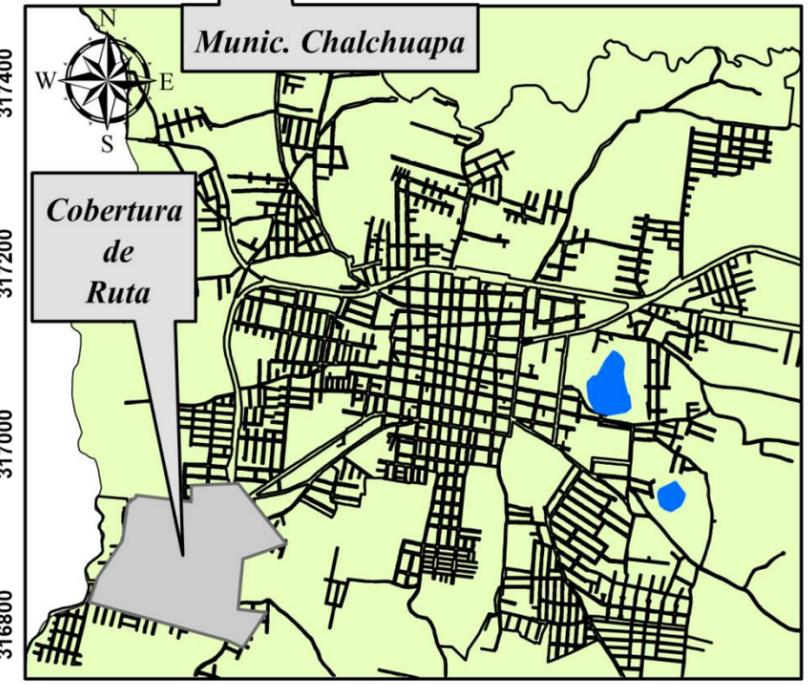
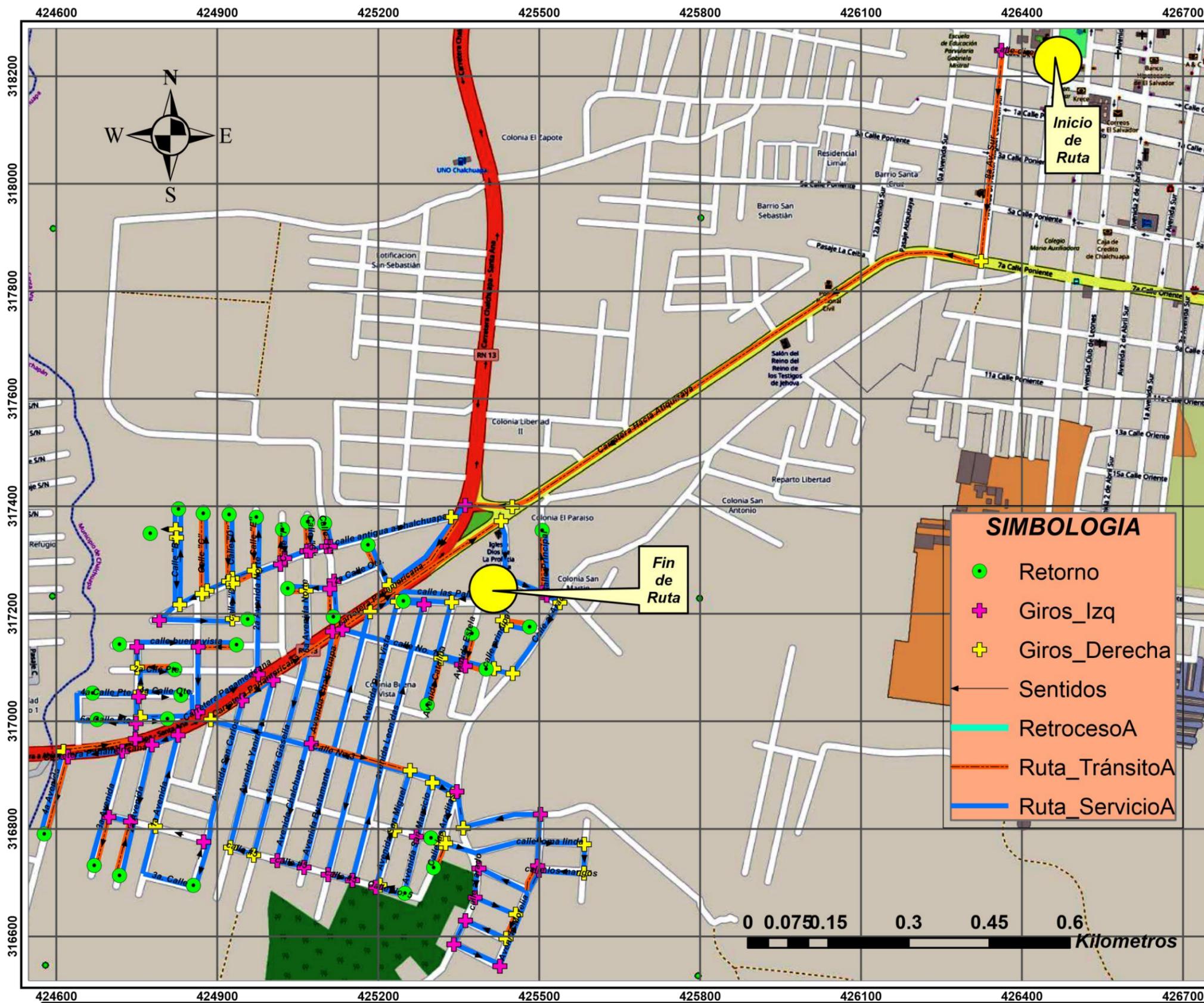
Alternativa A1 Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector:	Periurbano
Equipo (EQ):	5
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	1.5 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.19 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A1 EQ5 R2.

Descripción Alternativa A1 Ruta R2		
Distancia de recorrido total		17.16 Km
Distancia de recorrido en servicio		14.19 Km
Distancia de recorrido en tránsito		2.97 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 Km
Vueltas a la derecha		47
Vueltas a la izquierda		42
Retornos		8
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo cama fija
 Ruta 2
 Capacidad 8 ton
 Alternativa 1
 Recolección aprox: 5.2 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión cama fija, equipo #5 frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)
 Escala: 1:8,000 Hoja 23/32
 Fecha: septiembre 2019

4.3 Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos (alternativa A2)

La alternativa A2 consiste en el diseño de un sistema de recolección nuevo, que sigue por completo los alineamientos descritos en la manual, tomando como punto de partida toda la información obtenida en la investigación.

El diseño tiene como primer paso la sectorización la cual permite crear áreas compactas, que generalmente comprenden colonias o barrios completos con la finalidad de cubrir la mayor cantidad de viviendas que la eficiencia en carga de los camiones recolectores permita. El segundo paso es la diagramación cuya finalidad es cubrir el área asignada en la sectorización para cada ruta y finalmente la digitación que es plasmar en planos todos los detalles y distancias que conforman cada ruta.

A continuación se presenta la metodología para realizar el diseño de la alternativa A2 como segunda propuesta de solución para el servicio de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, departamento Santa Ana.

4.3.1 Sectorización

La sectorización es la primera etapa del diseño, como primer paso se definieron 3 sectores en el municipio de Chalchuapa los cuales son sector:comercial, urbano y periurbano. Sobre el plano de la ciudad se establecieron los límites, en el caso del sector urbano y periurbano la alcaldía municipal ya contaba con la limitación de estos sectores y para el sector comercial se estableció de acuerdo a características del lugar como concentración de locales o puntos de comercio principalmente por la cercanía al mercado municipal.

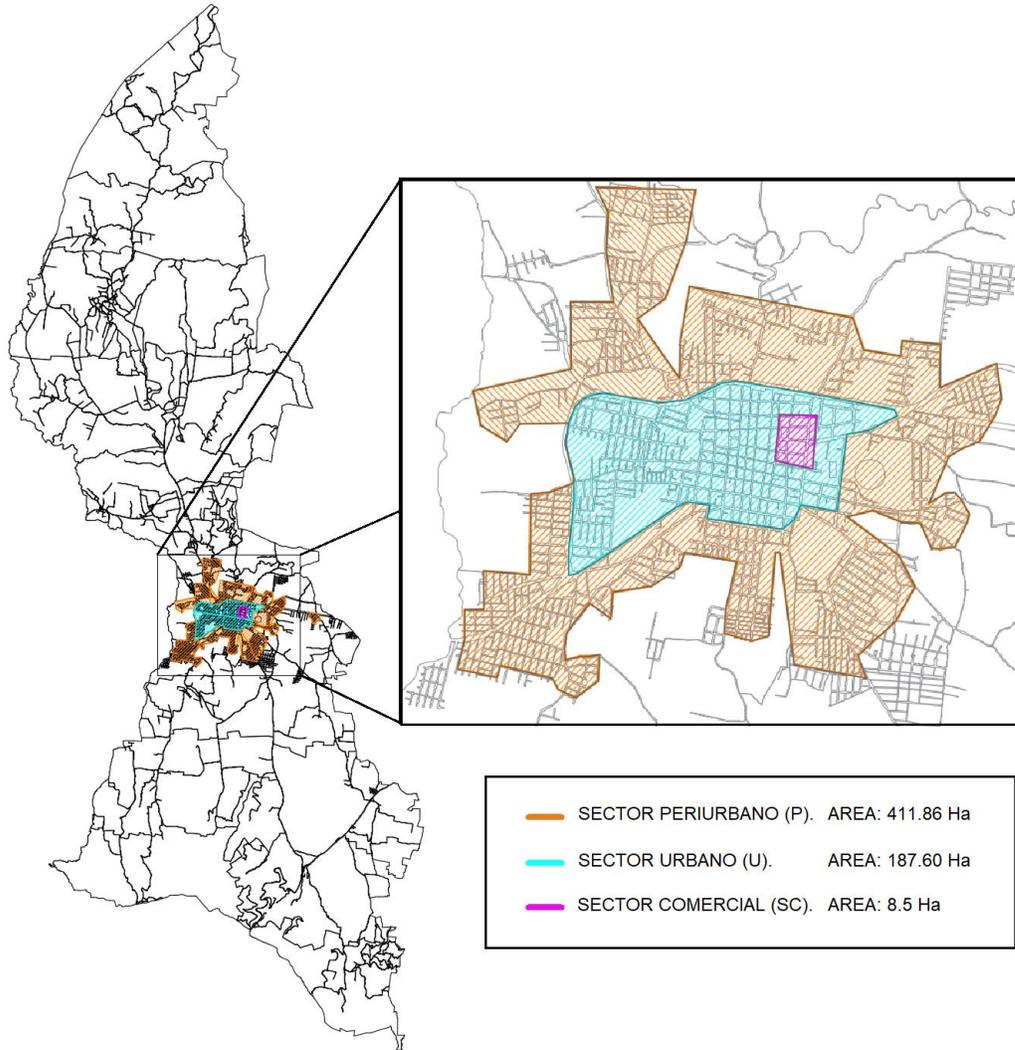


Imagen 4.3 Representación de sectores para diseño en el municipio de Chalchuapa.

Fuente: Elaboración propia.

Como segundo paso debe de dividirse el área total de los sectores en subsectores necesarios de tal forma que cada una de esas áreas genere aproximadamente la cantidad de desechos sólidos residenciales que llene un camión durante su recorrido, para ello se siguieron alineamientos de diseño descritos en el manual “Diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos Dr. Kunitoshi Sakurai”

- **Parámetros de diseño.**

Tabla 4.20 Tabla resumen de datos de cada sector.

Sector	Habitantes	Área (Ha)	Densidad poblacional	PPC
Urbano	19,940.	187.60	106	0.59
Periurbano	48,105	411.86	116	0.33
Comercial	3300	8.5	388	1.62

Fuente: Elaboración propia.

Los valores del área para cada sector de la tabla anterior se obtuvieron por el mapa digital del municipio proporcionado por la alcaldía municipal. La población de cada sector se obtuvo según el número de lotes contabilizados en el mapa multiplicado por el número promedio de habitantes por casa obtenidos en el muestreo descrito en el capítulo 3.6.1.3 “Muestreo estadístico en campo” de este documento, al igual que el valor de producción per cápita (PPC) para cada sector.

Tabla 4. 21 Producción per cápita por sector (PPC)

Sector	PPC obtenido en Muestreo	PPC obtenido según Registro en ASEMUSA
Urbano	0.59 Kg/hab/día	0.59 Kg/hab/día
Periurbano	0.33 Kg/hab/día	0.24 Kg/hab/día
Comercial	1.62 Kg/hab/día	1.78 Kg/hab/día

Fuente: Elaboración propia.

Valores de PPC a utilizar para el diseño:

Sector Urbano 0.59 Kg/hab/día

Sector Periurbano 0.33 Kg/hab/día

Sector Comercial 1.62 Kg/hab/día

- **Subsectores a atender por cada camión recolector según cada sector.**

Sector comercial (Sc).

- Producción diaria Sc:

$$= \frac{\text{Días de la semana}}{\text{Días que se presta el servicio por semana}} (\text{Área Sc})(\text{Densidad poblacional Sc})(\text{PPC Sc})$$

$$\text{Producción diaria Sc} = \frac{7}{6} (8.5 \text{ Ha})(388 \text{ hab/Ha})(1.62 \text{ Kg/hab/día})$$

$$\text{Producción diaria Sc} = 6233.22 \text{ kg/día} = 6.2 \text{ ton/día}$$

Al valor de producción diaria obtenido en el sector comercial, hay que sumarle la cantidad de desechos sólidos recolectado por los barrenderos, ya que dicho valor tiene como disposición final el mercado municipal es decir el sector comercial.

El valor obtenido de producción de desechos sólidos recolectado por los barrenderos según registro en la unidad de desechos sólidos de la alcaldía municipal es de 2.3 ton por día, por lo que el valor de producción diaria total para el sector comercial seria:

$$\text{Producción diaria en sector comercial} = 6.2 + 2.3 = 8 \text{ ton/día}$$

- Calculo para número de subsectores atender por cada camión:

El camión recolector utilizado en el sector comercial es tipo compactador y la capacidad de volumen es de 16 m³ por lo tanto la capacidad en kg por viaje es:

$$(16 \text{ m}^3/\text{viaje}) \times (500 \text{ kg/m}^3) = 8000 \text{ kg/viaje} = 8 \text{ ton/viaje}$$

$$\text{Numero de subsectores} = \frac{\text{generación diaria en sector}}{\text{capacidad por viaje}}$$

$$\text{Numero de subsectores} = \frac{8 \text{ ton/día}}{8 \text{ ton/viaje}} \times 1 \text{ viaje/subsector/día}$$

$$\text{Numero de subsectores a atender por camión} = 1$$

Sector urbano (Su).

- Producción diaria Su:

$$= \frac{\text{Días de la semana}}{\text{Días que se presta el servicio por semana}} (\text{Área Su})(\text{Densidad poblacional Su})(\text{PPC Su})$$

$$\text{Producción diaria Su} = \frac{7}{6} (187.6 \text{ Ha})(106 \text{ hab/Ha})(0.59 \text{ Kg/hab/día})$$

$$\text{Producción diaria Su} = 13687.9 \text{ kg/día} = 13.7 \text{ ton/día}$$

- Calculo para número de subsectores en sector urbano:

$$\text{Producción por viaje} = \frac{16\text{m}^3}{\text{viaje}} * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 8 \text{ ton/viaje}$$

$$\text{Numero de subsectores} = \frac{\text{generación diaria}}{\text{capacidad por viaje}}$$

$$\text{Numero de subsectores} = \frac{13.7 \text{ ton/día}}{8 \text{ ton/viaje}} \times 1 \text{ viaje/subsector/día}$$

$$\text{Numero de subsectores Su} = 1.71 \approx 2$$

- Numero de subsectores a atender por cada camión:

$$\frac{6 \text{ días/semana} * 1 \text{ viaje/día/camión}}{6 \text{ viajes/subsector/semana}} = 1 \text{ Subsector por camión}$$

Sector periurbano (Sp).

- Producción diaria Sp:

Cada una de las rutas de recolección se repite 3 veces por semana, por lo que en el primer día de recolección se recoge los desechos sólidos generados en 3 días. Por ejemplo en el caso que la frecuencia de recolección sea Lunes Miércoles y Viernes, el día Lunes que podríamos denominarlo como el primer día de recolección se recogen los desechos del día Viernes, Sábado y Domingo. Por lo tanto la producción diaria seria:

$$=(\text{Días de recolección})(\text{Área Sp})(\text{Densidad poblacional Sp})(\text{PPC Sp})$$

$$=(3 \text{ días} / 1\text{ra recolección})(411.86 \text{ Ha})(116 \text{ hab/Ha})(0.33 \text{ Kg/hab/día})$$

$$\text{Producción diaria 1a recolección} = 47298 \text{ kg/día} = 47.29 \text{ ton/1ra recolección}$$

$$\text{Producción diaria 2a recolección} = 31532 \text{ kg/día} = 31.5 \text{ ton/2a recolección}$$

- Calculo para número de subsectores en sector periurbano:

La capacidad del camión tipo cama fija que es el que atiende en su mayoría al sector periurbano, es de 8 toneladas.

$$\text{Numero de subsectores} = \frac{\text{generación diaria}}{\text{capacidad por viaje}}$$

$$\text{Numero de subsectores} = \frac{47.62 \text{ ton/1ra recolección}}{8 \text{ ton/viaje}} \times 1 \text{ viaje/subsector/día}$$

$$\text{Numero de subsectores} = 5.95 \approx 6$$

- Numero de subsectores a atender por cada camión:

$$\frac{6 \text{ días/semana} * 1 \text{ viaje/día/camión}}{3 \text{ viajes/subsector/semana}} = 2 \text{ Subsectores por camión}$$

Tabla 4.22 Resumen de valores obtenidos

Sector	No de subsector a atender por cada camión	Área por sector (Ha)	No de subsector por cada sector	Área por subsector (Ha)
Comercial	1	8.5	1	8.5
Urbano	1	187.6	2	93.8
Periurbano	2	411.86	6	68

Fuente: Elaboración propia.

Conociendo el número de subsectores en los que deben dividirse cada sector, se procedió a dividir la ciudad en áreas iguales que representan dichos subsectores, usando herramientas de diseño en AutoCAD de acuerdo a los valores encontrados definidos en la columna “Área por subsector”.

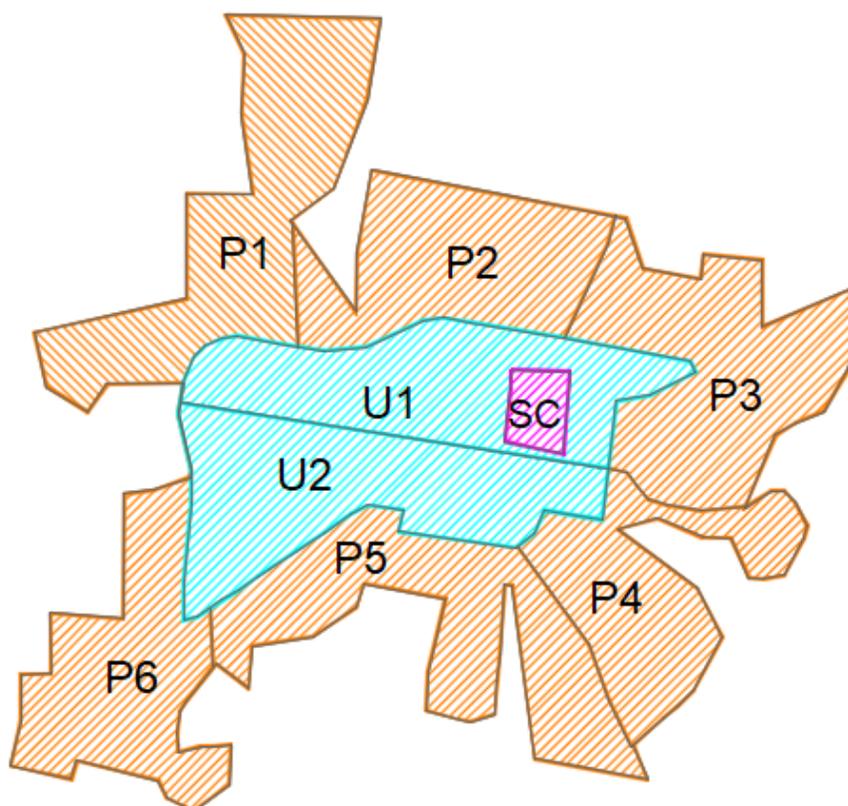


Imagen 4.4 Representación de subsectores para diseño alternativa A2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.23 Tabla de datos para cada subsector alternativa A2

	Sector Periurbano					
Subsector:	1	2	3	4	5	6
lotes:	1408	1210	1318	1150	2382	2153
Población (hab):	7040	6050	6590	5750	11910	10765
Área (Ha):	68.76	68.30	69.09	68.55	68.54	68.62
Densidad Poblacional (hab/Ha):	102.39	88.58	95.38	83.88	173.77	156.88
PPC (Kg/hab/día):	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
Atendido por equipo:	3	2	3	3	5	5
	Sector Urbano		S.			

			Comercial
Subsector:	1	2	C
lotes:	1966	2022	660
Población (hab):	9830	10110	3300
Área (Ha):	93.80	93.80	8.50
Densidad Poblacional (hab/Ha):	104.80	107.78	388.24
PPC (Kg/hab/día):	0.59	0.59	1.62
Atendido por equipo:	1	4	2

Fuente: Elaboración propia.

- **Carga por viaje según subsectores a atender**

Sector comercial (Sc).

El sector comercial no tiene subdivisiones o subsectores por lo tanto la carga por viaje por sector es igual a la carga por viaje del subsector.

Carga por viaje:

$$= (\text{Factor de Frecuencia})(\text{Área de subsector})(\text{Densidad poblacional Sc})(\text{PPC Sc})$$

$$= \frac{7}{6} (8.5 \text{ Ha})(388 \text{ hab/Ha})(1.62 \text{ Kg/hab/día})$$

Carga por viaje = 6233.22 kg = 6.2 ton + carga por barrenderos

Carga por viaje Sc = 6.2 ton + 2.3 ton = 8.5 ton/viaje

Sector Urbano (Su).

Carga por viaje para 1 subsector:

$$= (\text{Factor de Frecuencia})(\text{Área de subsector})(\text{Densidad poblacional Su})(\text{PPC Su})$$

$$= \frac{7}{6} (93.8 \text{ Ha})(106 \text{ hab/Ha})(0.59 \text{ Kg/hab/día})$$

Carga por viaje Su = 6862.7 kg/día = 6.8 ton/día

Sector Periurbano (Sp).

Primera recolección para días lunes, Martes

Carga por viaje para 1 subsector:

$$=(\text{Factor de Frecuencia})(\text{Área de subsector})(\text{Densidad poblacional } Sp)(\text{PPC } Sp)$$

$$=3 (68 \text{ Ha})(117 \text{ hab/Ha})(0.33 \text{ Kg/hab/día})$$

$$\text{Carga por viaje} = 7876.44 \text{ Kg} = 7.87\text{ton}$$

Segunda recolección para días: miércoles, jueves, viernes y sábado.

Carga por viaje para 1 subsector:

$$=(\text{Factor de Frecuencia})(\text{Área de subsector})(\text{Densidad poblacional } Sp)(\text{PPC } Sp)$$

$$=2 (68 \text{ Ha})(117 \text{ hab/Ha})(0.33 \text{ Kg/hab/día})$$

$$\text{Carga por viaje} = 5250.96 \text{ Kg} = 5.2 \text{ ton}$$

4.3.2 Diagramación

La diagramación es la segunda etapa del diseño de las rutas y consiste en desarrollar una ruta de recorrido para cada subsector, de manera que permita a cada equipo llevar a cabo el trabajo de recolección de basura con una menor cantidad de tiempo y recorrido. (Dr. Kunitoshi Sakurai, 1980). Para llevar a cabo el trabajo de diagramación se necesitan los siguientes datos:

a) Lugar de garaje

El lugar destinado a garaje de las unidades recolectoras es el centro de equipamiento social conocido como Incafé ubicado en calle al centro turístico El trapiche.

b) Punto de inicio de ruta.

El punto de inicio es el mismo para cada grupo de trabajo, y está ubicado en 6ª Avenida Norte entre 4ª Calle Poniente y 2ª Calle Poniente frente a Alcaldía municipal de Chalchuapa. El punto de inicio de la ruta no puede ser modificado por la razón que cada empleado de la alcaldía debe presentarse a la institución para confirmar su inicio de labores.

El detalle del recorrido desde el punto de garaje hasta el punto de inicio de ruta por cada ruta, se muestra en la micro ruta alternativa A2.

c) Punto de fin de ruta.

El punto “fin de ruta” es diferente en cada ruta y está ubicado en la última comunidad atendida por cada camión recolector, donde finaliza el último tramo del recorrido en servicio de cada ruta y comienza su último recorrido en tránsito hasta un punto denominado “fin común”.

d) Punto fin común.

Es un punto estratégicamente ubicado en el cual todas las rutas llegan luego de completar su recorrido, es decir después del punto “fin de ruta” cada ruta recorre una distancia en tránsito para el punto “fin común” a partir de dicho punto cada equipo de trabajo comienza su recorrido al lugar de disposición final.

El detalle del conjunto de los recorridos realizados por cada ruta del punto “fin de ruta” para el punto “fin común” se muestra en la micro ruta alternativa A2.

e) Lugar de disposición final.

El lugar de disposición final es el relleno sanitario ASEMUSA ubicado en camones departamento Santa Ana. El detalle de la trayectoria comprendida desde el punto “fin común” hasta el lugar de disposición final esta descrita en la micro ruta a relleno sanitario ASEMUSA.

f) Sentidos de circulación.

Obtenidos según mapa base proporcionado por la extensión en línea del programa ArcGis 10.5, se genera un mapa base de las vías de circulación de la zona de estudio proporcionando los sentidos de circulación de cada vía existente. Indican la orientación permitida de tránsito en una vía de circulación.

g) Topografía.

Según la investigación de campo realizada en cada ruta pudo comprobarse que las calles y avenidas recorridas por los camiones recolectores cumplen con las condiciones de servicio en lo que se refiere a la conformación de la rasante y ancho de calzada.

La información obtenida se limita al registro de calles con pendientes muy inclinadas en las cuales el camión recolector no debería pasar con casi el total de su capacidad de almacenamiento. En la fase de diagramación se buscó comenzar con comunidades donde están ubicadas altas pendientes, por la razón que al inicio de una ruta el volumen del camión recolector lleva poca carga y esto permite evitar derrames de los desechos sólidos y un mejor manejo de las unidades recolectoras por el poco peso. El detalle de la topografía se muestra en el plano “topografía del área de estudio”.

h) Vías disponibles y no disponibles

Actualmente en las vías del municipio de Chalchuapa utilizadas para el sistema de recolección de desechos sólidos, no se encontraron vías no disponibles.

La disponibilidad de una vía de circulación para el servicio de recolección únicamente depende del sentido de circulación establecido y señalado.

i) Tipo de trazo de ruta (peine o doble peine).

El tipo de trazo utilizado es el doble peine el cual permite que el camión recolector pase necesariamente una vez por una calle o avenida y se puedan recoger los desechos sólidos en ambos costados.

4.3.3 Rutas del servicio de recolección de desechos sólidos de la alternativa A2

Tabla 4.24 Datos generales del equipo 1, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

Ruta R1	
Días de servicio: de Lunes a Sábado	
Sector que atiende: Urbano 1	
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

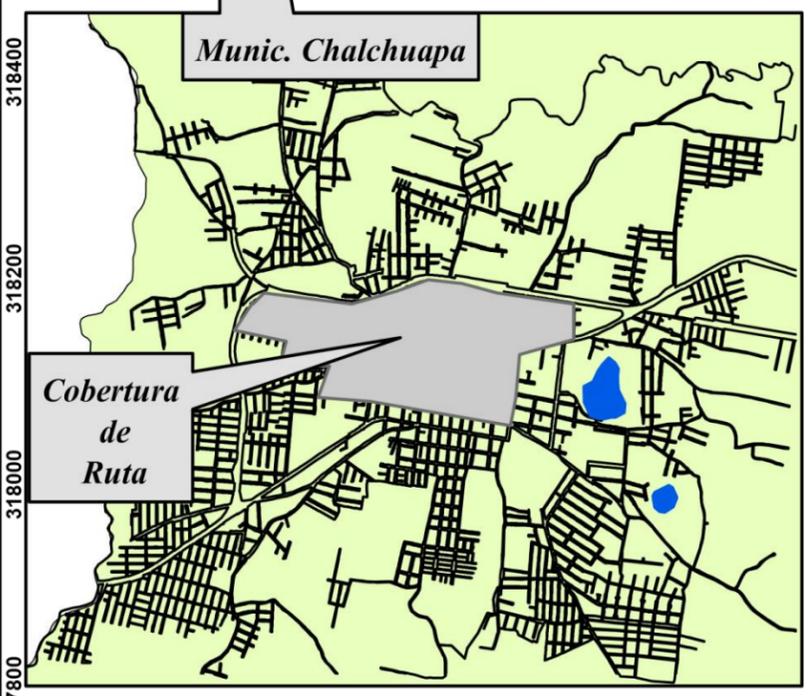
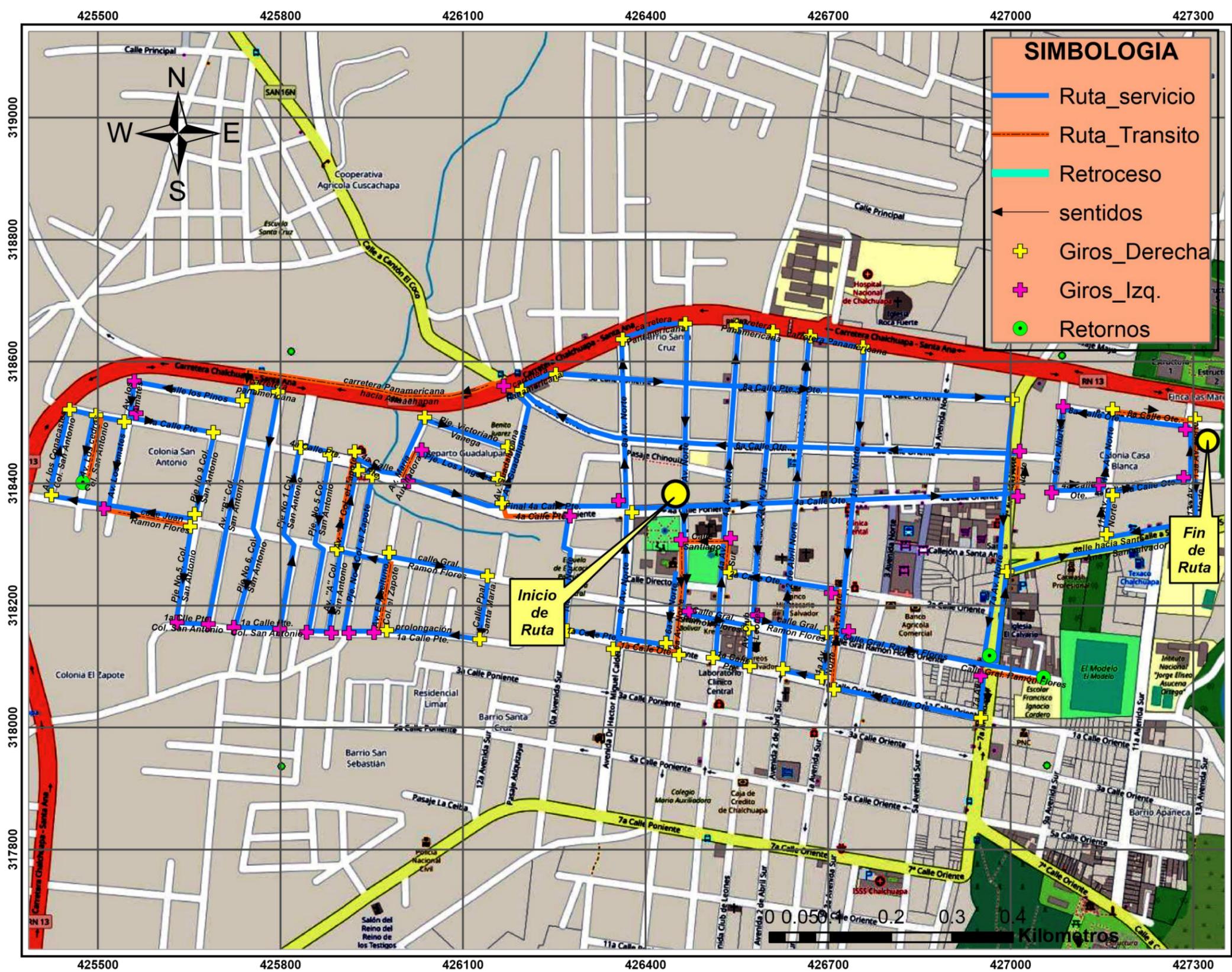
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.25 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2

EQ1 R1.

Descripción Ruta R1		
Distancia de recorrido total		16.40 Km
Distancia de recorrido en servicio		14.20 Km
Distancia de recorrido en tránsito		2.20 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 Km
Vueltas a la derecha		52
Vueltas a la izquierda		30
Retornos		4
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehiculo tipo compactador
 Ruta 1
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 2
 Recolección aprox: 7.8 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de
 desechos sólidos en la ciudad y
 sector periurbano de Chalchuapa,
 Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por
 camión compactador, equipo #1
 frecuencia, 6/7 (lunes a sábado)

Escala: 1:7,000 **Hoja** 24/32

Fecha: octubre 2019

Tabla 4.26 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

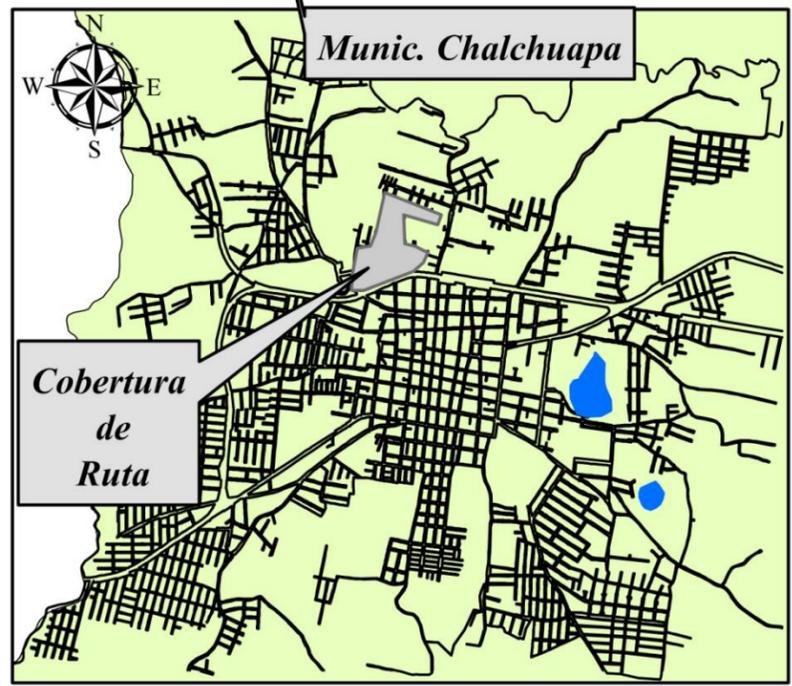
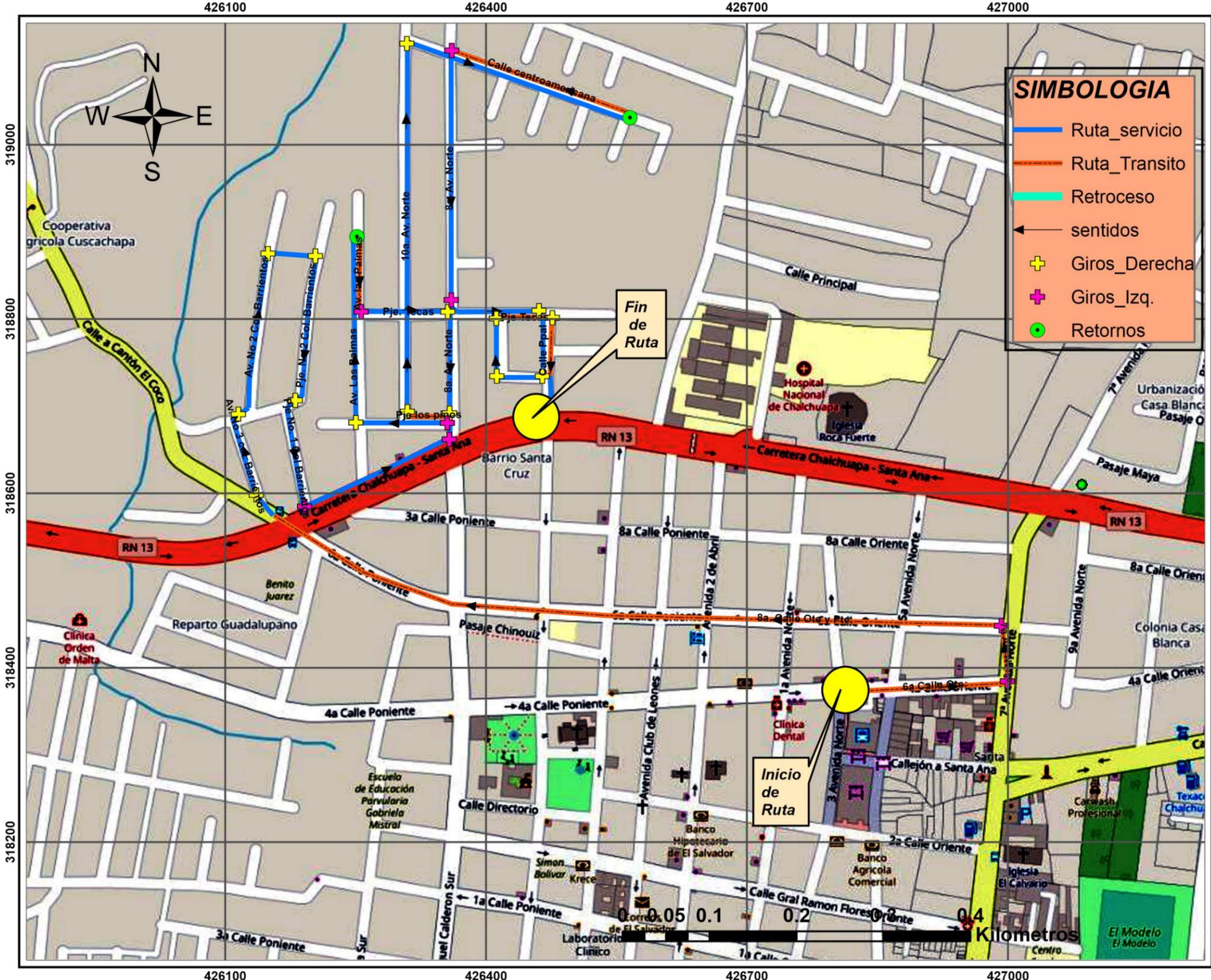
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector que atiende: Periurbano 2b y Comercial	
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Gasto de combustible:	1 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.27 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2
EQ2 R1.

Descripción Ruta R1		
Distancia de recorrido total		4.40 Km
Distancia de recorrido en servicio		3.10 Km
Distancia de recorrido en tránsito		1.3Km
Distancia recorrida en retroceso		0 Km
Vueltas a la derecha		11
Vueltas a la izquierda		10
Retornos		8
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.67

Fuente: Elaboración propia.



Vehiculo tipo compactador
 Ruta 1
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 2
 Recolección aprox: 6 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión compactador, equipo 2 frecuencia, 3/7 (lunes, miércoles, viernes)
 Escala: 1:5,000 Hoja 25/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.28 Datos generales del equipo 2, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

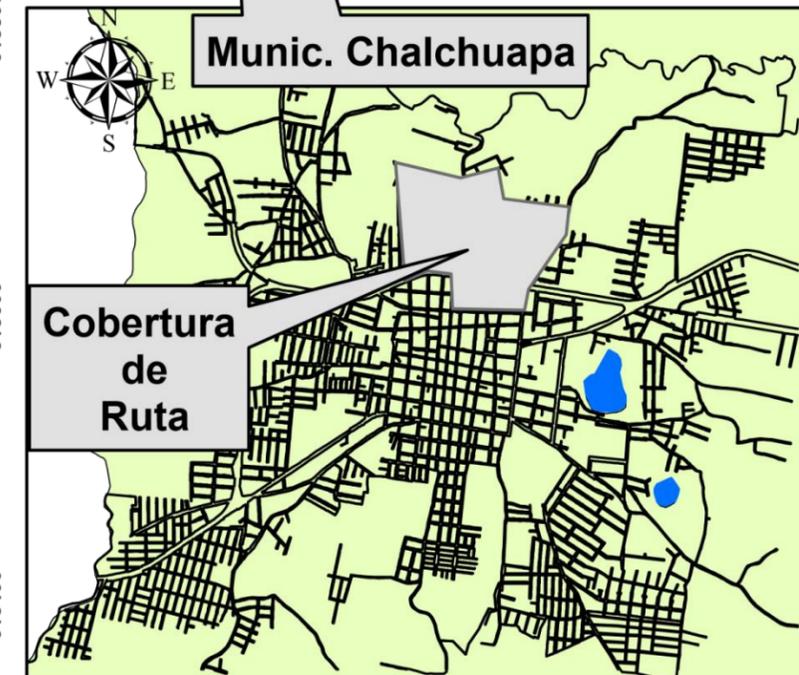
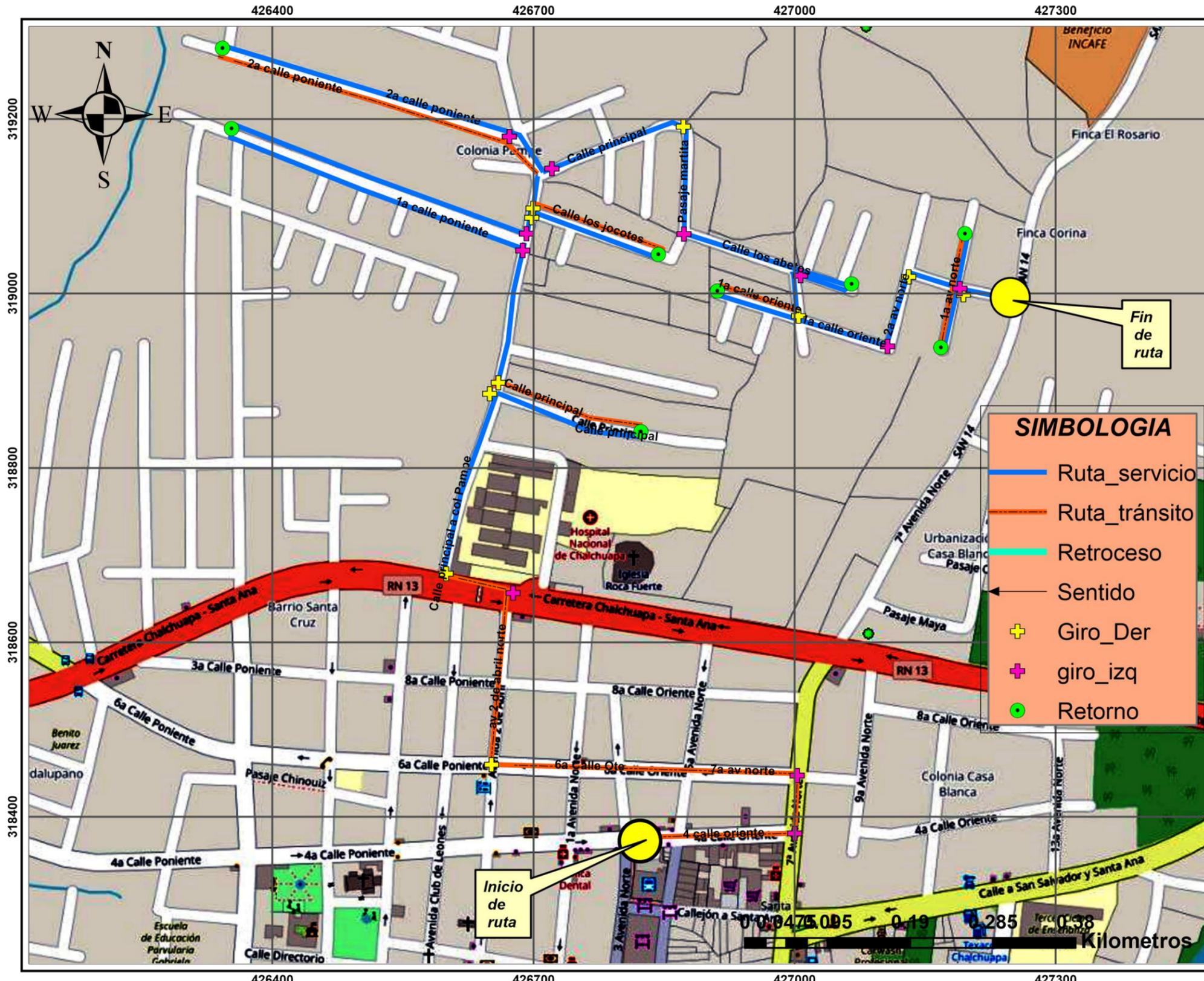
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector que atiende: Periurbano 2a y Comercial	
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 toneladas
Gasto de combustible:	1 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.29 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2
EQ2 R2.

Descripción Ruta R2		
Distancia de recorrido total		4.6 Km
Distancia de recorrido en servicio		3.1 Km
Distancia de recorrido en tránsito		1.5 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 Km
Vueltas a la derecha		15
Vueltas a la izquierda		8
Retornos		2
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.9

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo compactador
 Ruta 2
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 2
 Recolección aprox: 5.8 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 Garica Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión compactador, equipo #2 frecuencia, 3/7 (martes, jueves, sábado)
 Escala: 1:5,000 Hoja 26/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.30 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

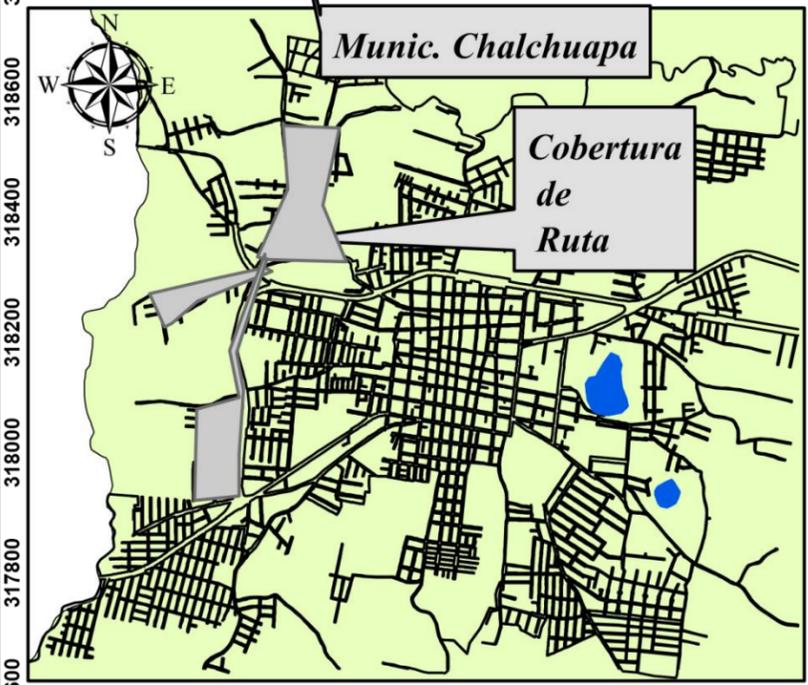
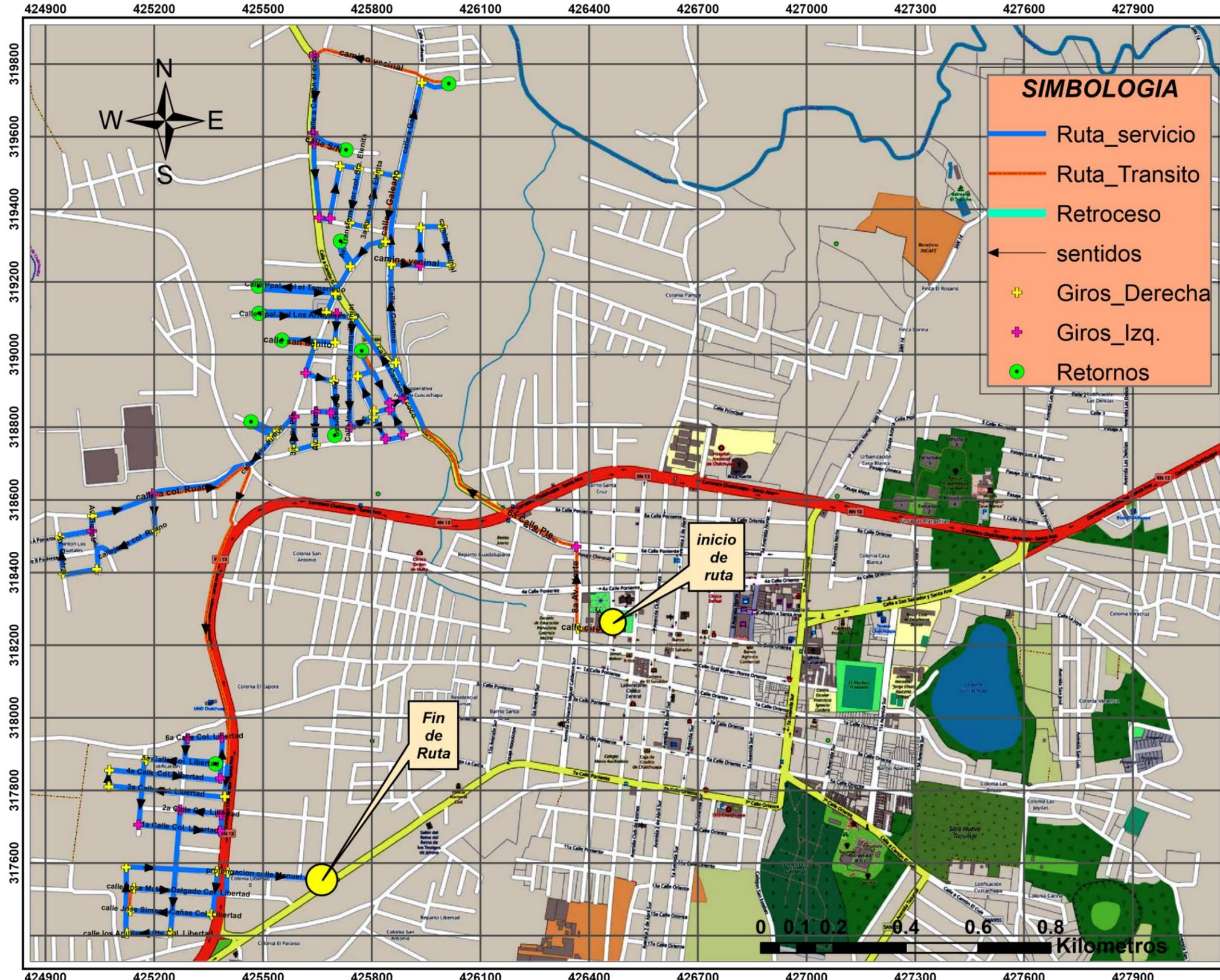
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector que atiende: Periurbano 1 y 6	
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.31 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2
EQ3 R1.

Descripción Ruta R1		
Distancia de recorrido total		14.71 Km
Distancia de recorrido en servicio		11.59 Km
Distancia de recorrido en tránsito		3.12 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 Km
Vueltas a la derecha		44
Vueltas a la izquierda		25
Retornos		10
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		3.2

Fuente: Elaboración propia.



Vehiculo tipo cama fija
 Ruta 1
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 2
 Recolección aprox: 5.6 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión cama fija, equipo # 3 frecuencia 3/7 (lunes, miércoles, viernes)
 Escala: 1:12,000 Hoja 27/32
 Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.32 Datos generales del equipo 3, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

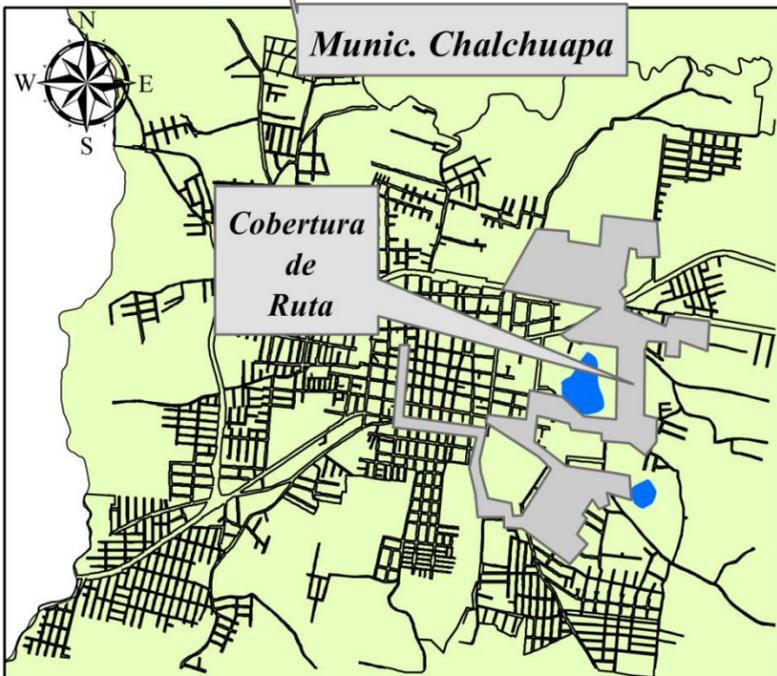
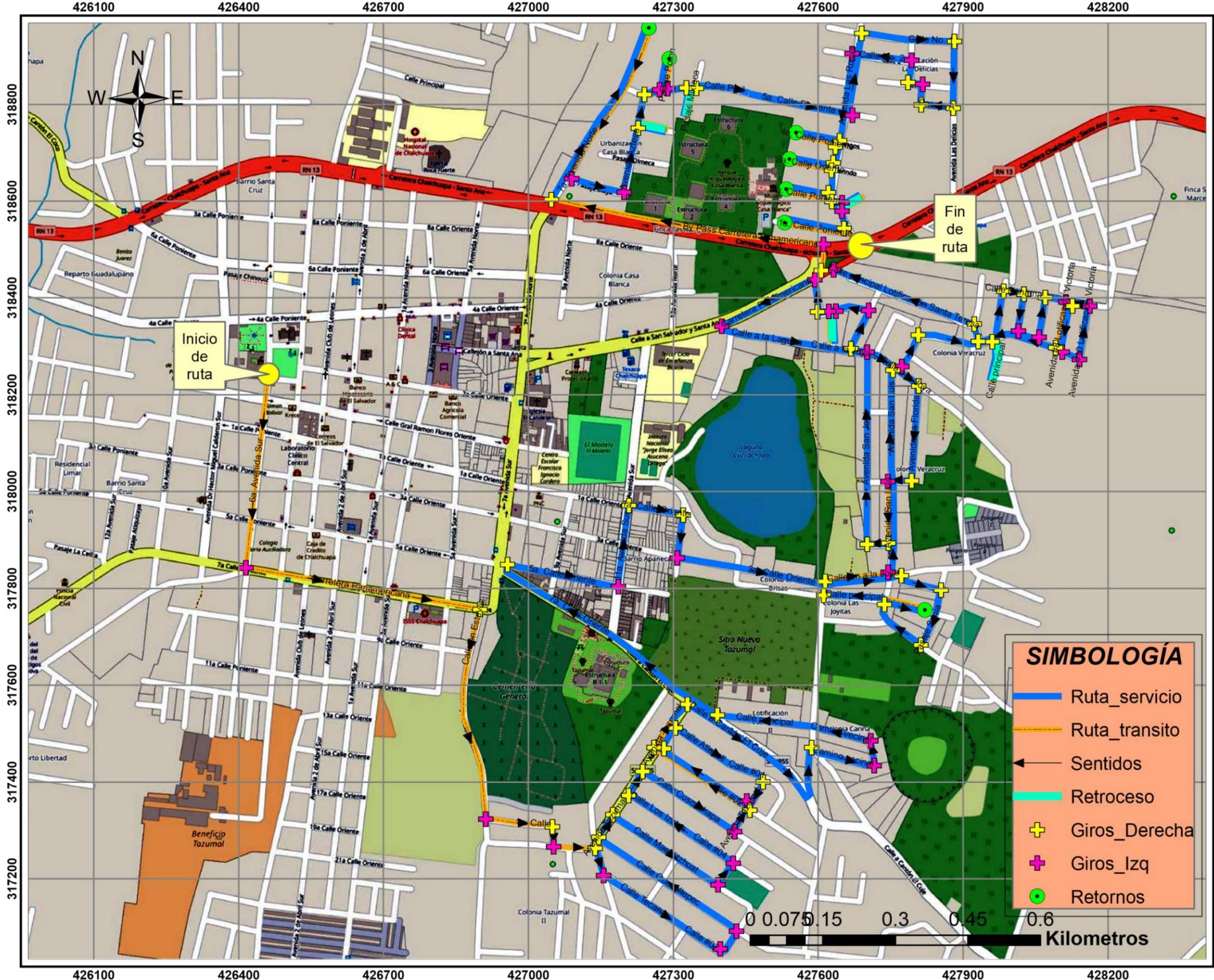
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector que atiende: Periurbano 4 y 3	
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.33 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2
EQ3 R2.

Descripción Ruta R2		
Distancia de recorrido total		16.45 Km
Distancia de recorrido en servicio		12.28 Km
Distancia de recorrido en tránsito		4.17 Km
Distancia recorrida en retroceso		0.30 Km
Vueltas a la derecha		58
Vueltas a la izquierda		40
Retornos		7
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		0.6

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Cama fija
 Ruta 2
 Capacidad: 8 ton
 Alternativa 2
 Recolección aproximada: 6.6 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 3, frecuencia 3/7 (martes, jueves, sábado)
Escala: 1:9,000 **Hoja** 28/32
Fecha: octubre 2019

Tabla 4.34 Datos generales del equipo 4, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

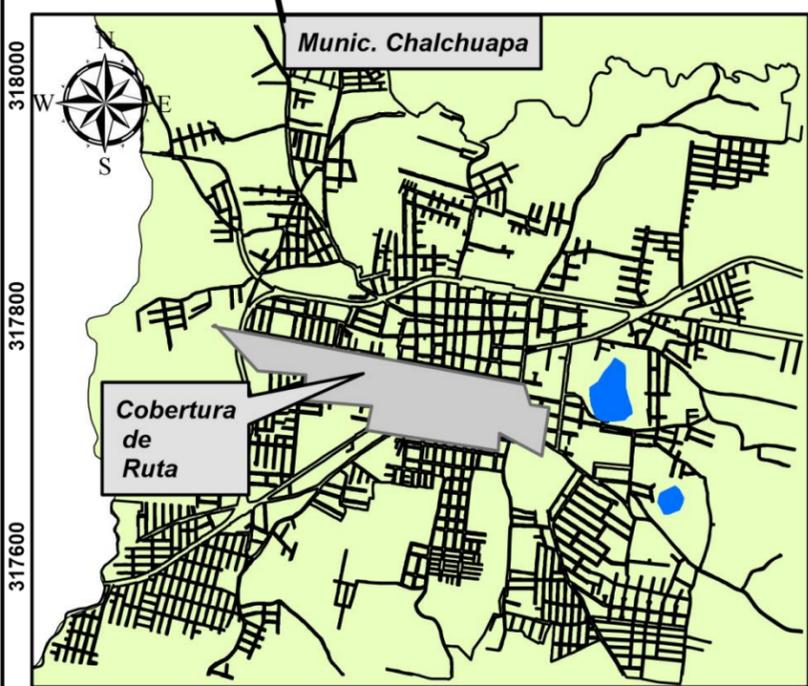
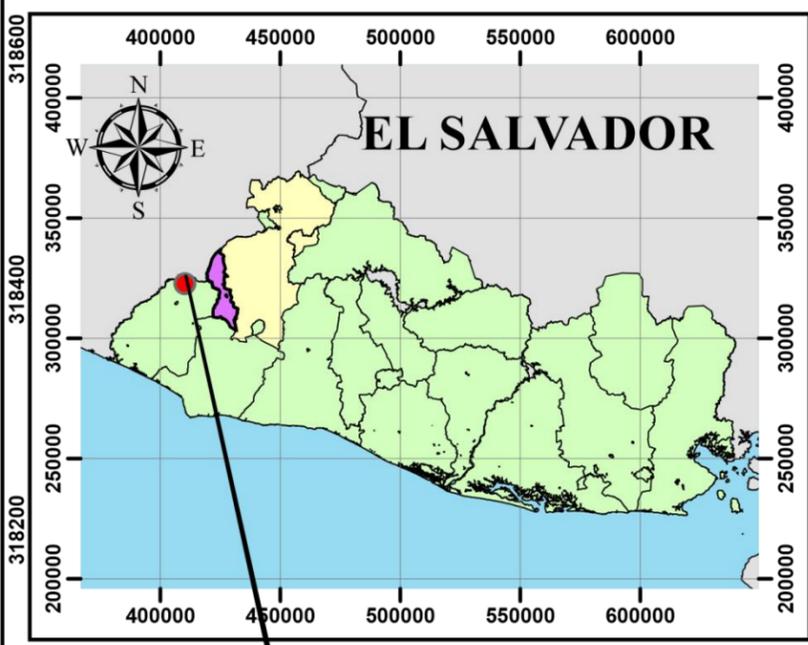
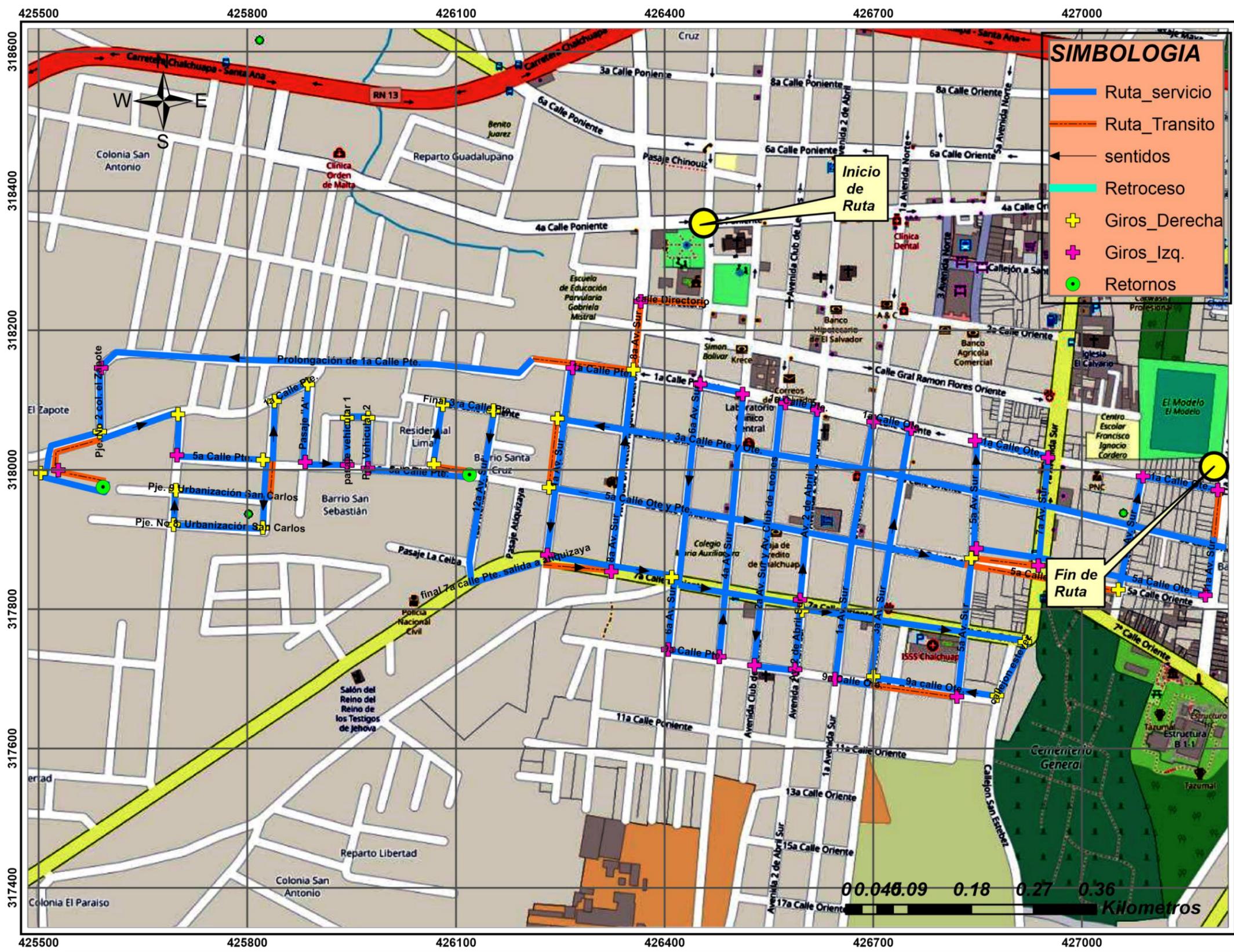
Ruta R1	
Días de servicio: de Lunes a Sábado	
Sector que atiende: Urbano 2	
Camión Tipo	Compactador
Capacidad de camión:	10 Toneladas
Gasto de combustible:	1.5 galón

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.35 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2
EQ4 R1.

Descripción Ruta R1		
Distancia de recorrido total		11.4 Km
Distancia de recorrido en servicio		10 Km
Distancia de recorrido en tránsito		1.4 Km
Distancia recorrida en retroceso		0 Km
Vueltas a la derecha		24
Vueltas a la izquierda		26
Retornos		2
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.5 Km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo compactador
 Ruta 1
 Capacidad 10 ton
 Alternativa 2
 Recolección aprox: 6.7 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por camión compactador, equipo 4 frecuencia 6/7 (lunes a sábado)
Escala: 1:6,000 **Hoja** 29/32
Fecha: septiembre 2019

Tabla 4.36 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R1.

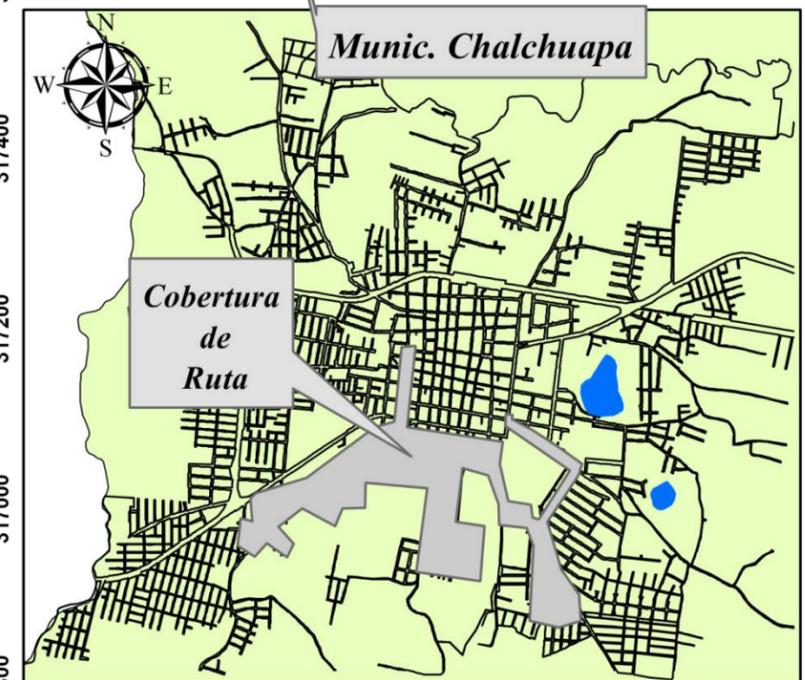
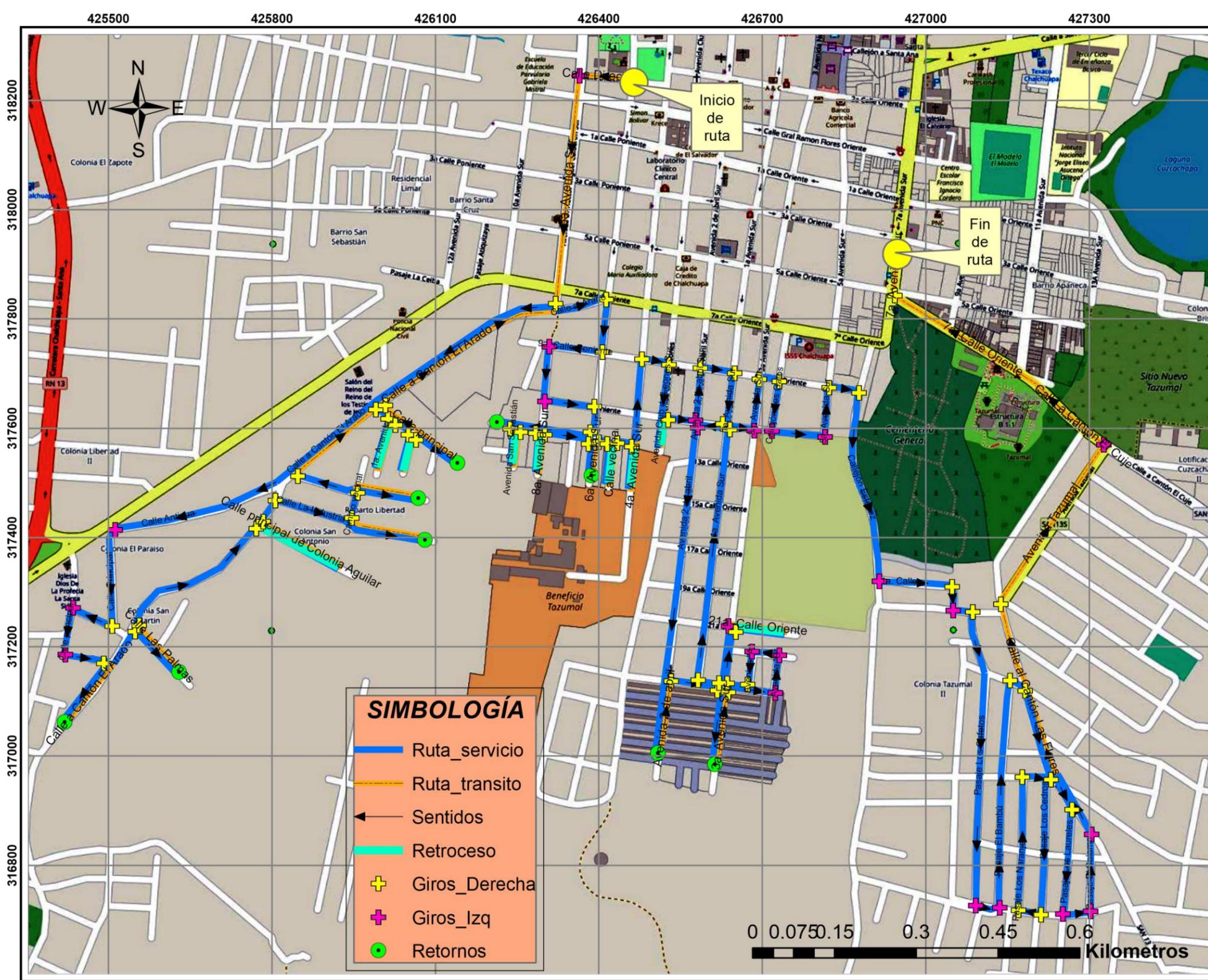
Ruta R1	
Días de servicio: Lunes, Miércoles y Viernes	
Sector que atiende: Periurbano 5	
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

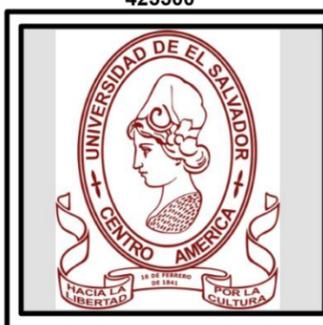
Tabla 4.37 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2
EQ5 R1.

Descripción Ruta R1		
Distancia de recorrido total		14.93 Km
Distancia de recorrido en servicio		10.60 Km
Distancia de recorrido en tránsito		4.33 Km
Distancia recorrida en retroceso		0.80 Km
Vueltas a la derecha		60
Vueltas a la izquierda		23
Retornos		9
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		1.65 km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Cama fija
 Ruta 1
 Capacidad: 8 ton
 Alternativa 2
 Recolección aproximada: 5.8 ton



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 5, frecuencia 3/7 (lunes, miercoles, viernes)
Escala: 1:8,000 **Hoja** 30/32
Fecha: octubre 2019

Tabla 4.38 Datos generales del equipo 5, ruta de recolección de desechos sólidos R2.

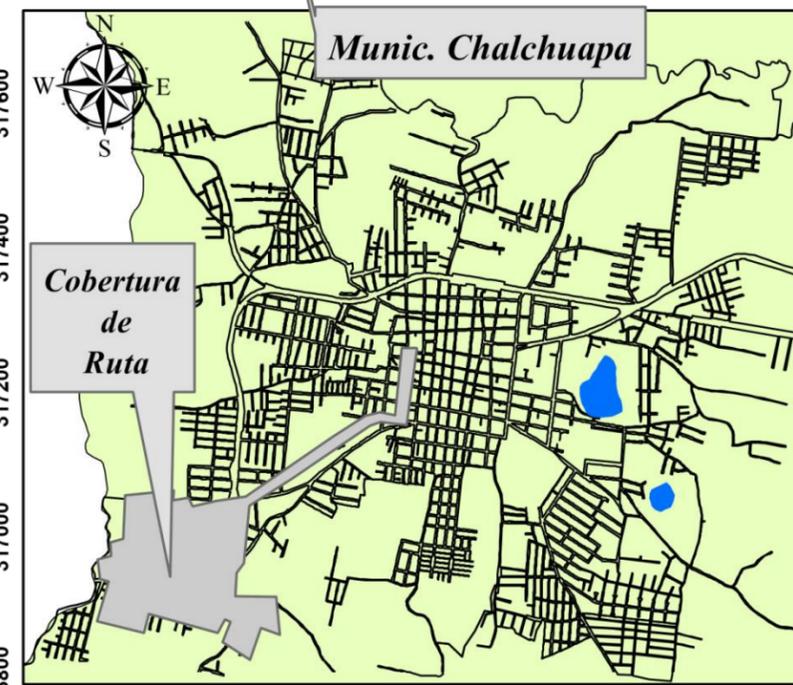
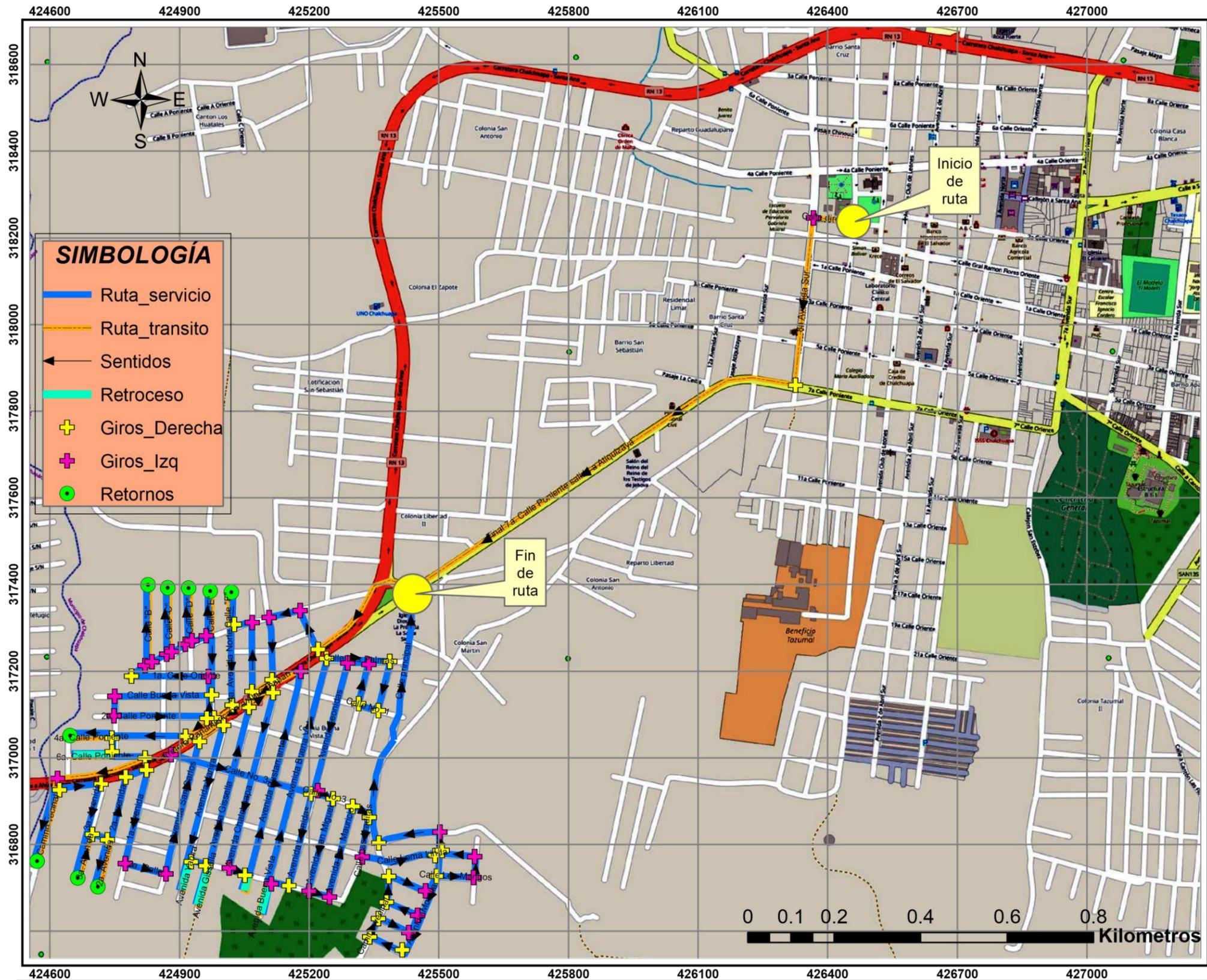
Ruta R2	
Días de servicio: Martes, Jueves y Sábado	
Sector que atiende: Periurbano 6	
Camión Tipo	Cama fija
Capacidad de camión:	8 toneladas
Gasto de combustible:	2 galones

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.39 Cuadro resumen de cuantificación de ruta de recolección de desechos sólidos A2
EQ5 R2.

Descripción Ruta R2		
Distancia de recorrido total		15.09 Km
Distancia de recorrido en servicio		10.97 Km
Distancia de recorrido en tránsito		4.12 Km
Distancia recorrida en retroceso		0.40 Km
Vueltas a la derecha		45
Vueltas a la izquierda		33
Retornos		9
Distancia de punto "fin de ruta" a "fin común"		3.5 km

Fuente: Elaboración propia.



Vehículo tipo: Cama fija
 Ruta 2
 Capacidad: 8 ton
 Alternativa 2
 Recolección aproximada: 6.0 ton

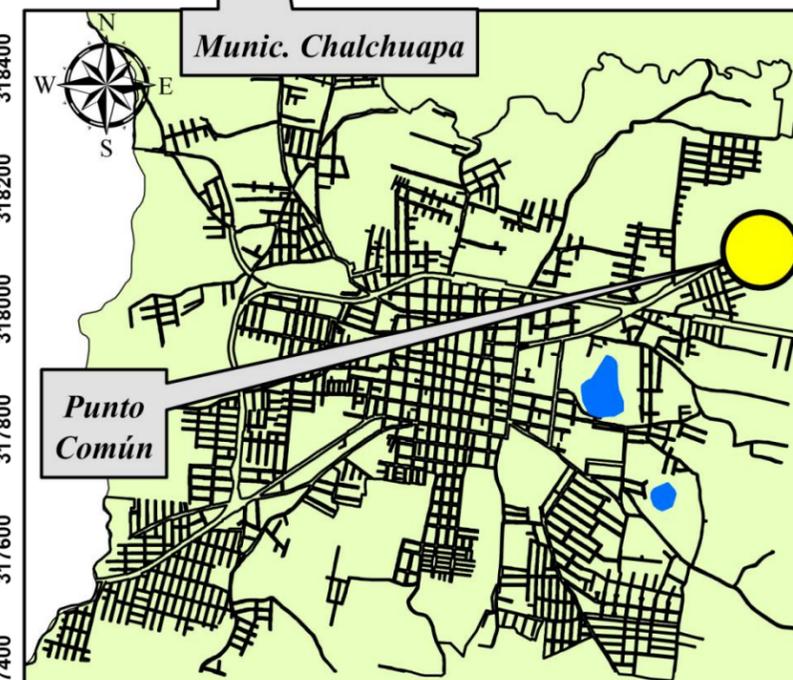
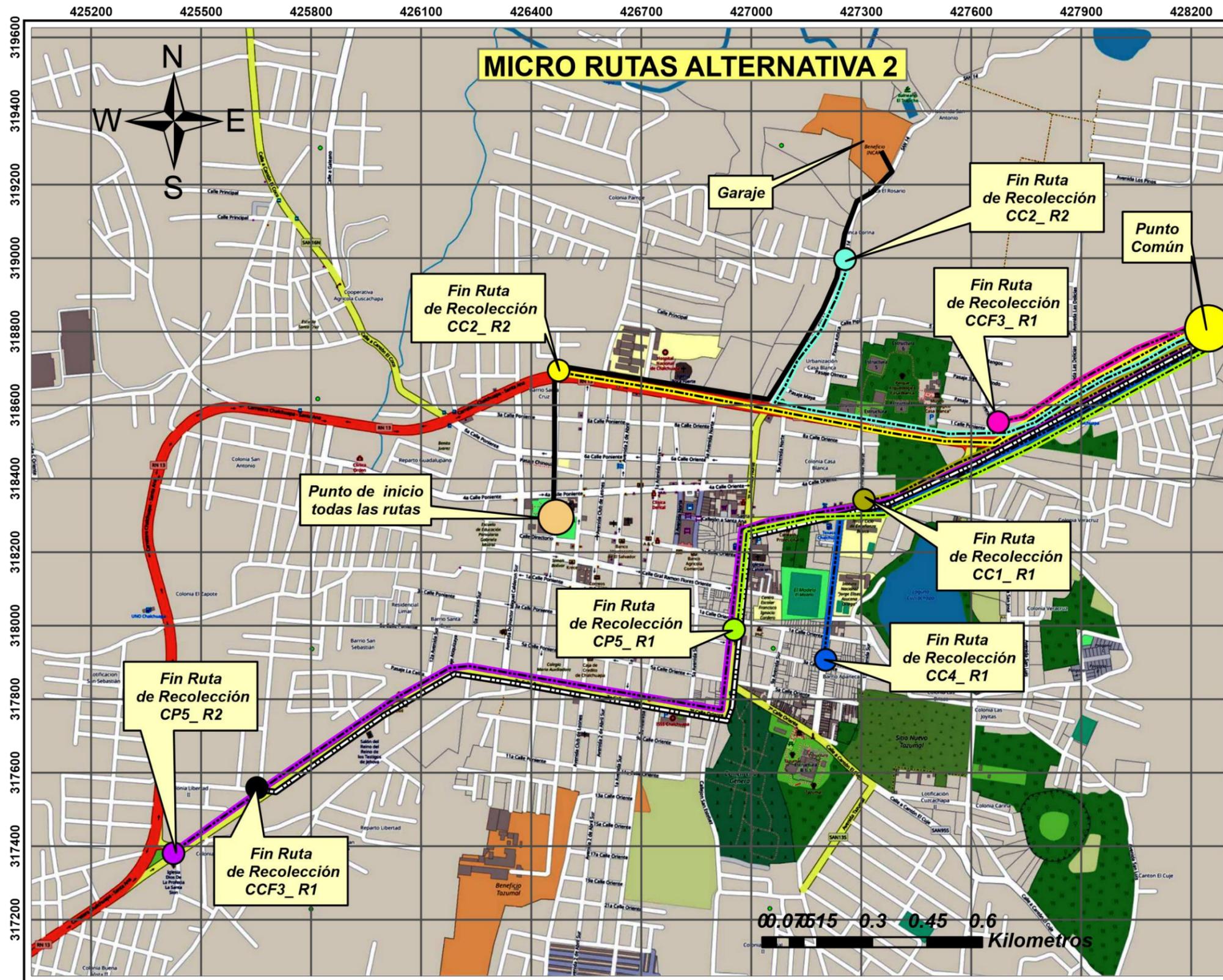


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

Contenido: ruta realizada por equipo 5, frecuencia 3/7 (martes, jueves, sabado)
Escala: 1:10,000 **Hoja** 31/32
Fecha: octubre 2019



425200 425500 425800 426100 426400 426700 427000 427300 427600 427900 428200



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Presentan
 García Hernández William Alejandro
 Menco Duarte Juan Carlos
 Pimentel Hernández Wendi Stefanie

Trabajo de Grado
 "Diseño de ruta de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"

micro rutas, desde punto de finalización de cada una de las rutas hasta el punto común

Escala: 1:12000 Hoja 32/32

Fecha: septiembre 2019

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Luego de realizado el presente trabajo de grado se concluye lo siguiente:

- ❖ El tema de la mala disposición de los desechos sólidos en El Salvador, es una problemática seria, cada municipalidad debería contar con un grupo especializado para buscar soluciones que permitan contar con un sistema de recolección mejor elaborado y abordar la problemática, desde la generación, recolección y disposición final de los desechos sólidos generados.
- ❖ La combinación entre aplicaciones de rastreo instaladas en dispositivos móviles usadas en la investigación y una adecuada interpretación de datos, aportan una herramienta de bajo costo de gran utilidad y confiabilidad para monitorear de manera periódica el sistema de recolección. Los métodos empleados permitieron determinar de manera objetiva la variación existente entre las rutas planeadas y la ejecución real.
- ❖ En la actualidad, no se cuenta con un control estadístico de los datos de generación de desechos sólidos urbanos, así como de población de las diferentes zonas de la ciudad, lo que dificulta tener una aproximación de los desechos sólidos generados en zonas específicas.
- ❖ A lo largo de la investigación se pudo constatar que los habitantes de la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa no practican un adecuado manejo de los desechos sólidos domiciliarios. Los malos hábitos de la población en general, que en su mayoría, se acomodan y dejan toda la responsabilidad de lo que conlleva la recolección de los desechos sólidos a la municipalidad, lo cual reduce la efectividad de recolección.
- ❖ Por último, otro aspecto a tomar en cuenta, debido a su importancia es que la municipalidad hasta el momento no cuenta con la cantidad de vehículos con las características necesarias para realizar la una adecuada y completa recolección de los desechos sólidos generados por los habitantes de la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa.

5.2 Recomendaciones

Las recomendaciones que se presentan a continuación, son propuestas que tienen como finalidad ayudar a la municipalidad o entidades interesadas, al mejoramiento en lo relacionado con la recolección de los desechos sólidos urbanos.

- ❖ Capacitar personal en el uso de la herramienta digital ArcGis con su extensión ArcMap, para poder contribuir con el área de catastro, con un ordenamiento territorial, registros viales y mantener control en las variaciones o futuras ampliaciones de rutas de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa.
- ❖ Utilizar los valores de pesos registrados en el lugar de disposición final, para llevar un control estadístico de generación de desechos, con la finalidad de estimar con anticipación las tendencias de generación y poder así elaborar planes de contingencia de recolección para las fechas y periodos que presentan picos de generación.
- ❖ A la alcaldía municipal, capacitar al personal encargado de la distribución de los camiones recolectores, en la implementación de tecnología (aplicaciones o dispositivos de rastreo), para tener un mejor control y registro de las rutas que realiza cada camión recolector.
- ❖ Con el propósito de consolidar, conocimientos relacionados al procedimiento de recolección por parte de los equipos de trabajo se recomienda realizar una capacitación a los empleados, por una persona capacitada que conozca el sistema de recolección nuevo para aclarar procedimientos que no se tengan muy claros y evitar que estos se realicen a criterio subjetivo.
- ❖ Se recomienda colocar contenedores de basura (ver anexo 2), en puntos estratégicos, como por ejemplo las colonias que cuentan con pasajes peatonales como acceso y en

colonias con mayor densidad poblacional, para facilitar a los equipos recolectores realizar su labor.

- ❖ A la alcaldía municipal, trabajar de la mano con las Asociaciones de desarrollo comunal (ADESCO), para crear incentivos dirigidos a la población, tales como concursos a las “Colonias más limpias” y así poder promover en las comunidades los buenos hábitos para el adecuado manejo de los desechos sólidos domiciliarios.
- ❖ Definir e implementar programas de educación comunitaria, para mejorar la disposición de los desechos sólidos como la separación de los mismos, con ello aprovechar recursos y disminuir la cantidad que se deposita en el relleno sanitario.
- ❖ Considerar en el diseño de rutas una estación de transferencia, que permita almacenar temporalmente los desechos sólidos recolectados. De tal forma que las unidades recolectoras disponibles sean divididas, en las que realizaran las rutas hasta la estación de transferencia y otras que transportarán los desechos de la estación de transferencia al lugar de disposición final.
- ❖ Se recomienda a la Alcaldía Municipal contar con una aplicación o programa que permita monitorear y almacenar datos de cada ruta de recolección. Para lo cual puede solicitar a la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente, en el Departamento de Ingeniería y Arquitectura la elaboración de un programa o aplicación que permita optimizar el sistema de recolección y poder solventar problemas a futuro.

Referencias bibliográficas

Asociación Ecológica de los Municipios de Santa Ana (ASEMUSA).

Recuperado de: <http://www.marn.gob.sv/el-relleno-sanitario-de-santa-ana-iniciara-operaciones-a-mediados-de-diciembre/>

COMURES. (2007). Manejo integral de desechos sólidos, una experiencia nacional de COMURES. San Salvador.

Gestión de los residuos sólidos municipales.

Recuperado de: <http://www.marn.gob.sv/wp-content/uploads/PROYECTO-FINAL-DE-LA-LEY-DE-RESIDUOS-de-El-Salvador-12-oct-2016.pdf>

Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales.

Recuperado de: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/pequena.pdf

Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio. (2014).

Metodología de la Investigación 6ta Edición.

Información de la organización de ASEMUSA.

Recuperado de: http://www.upch.edu.pe/faest/images/stories/upcyd/sgc-sae/normas-sae/Ley_27314_Ley_General_de_Residuos_Solidos.pdf

MARN. (2006). Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales.

San Salvador: ediciones Asamblea Legislativa.

Manual de Recolección y Transporte de los Residuos Sólidos, 2017.

Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos (FOCIMIRS), pp. 4-12.

Noticia de problemática basura (2017).

Recuperado de: <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Basura-un-problema-en-crecimiento-20171203-0069.html>

Programa Nacional para el Manejo Integral de los desechos sólidos

Recuperado de: <http://www.marn.gob.sv/descarga/programa-nacional-para-el-manejo-integral-de-los-desechos-solidos/>

Reglamento Especial sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos,

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador.

VI Censo de Población y V de Vivienda, El Salvador, 2007.

Recuperado de: <http://www.censos.gob.sv>

- Asamblea Legislativa. (1980). *Código Municipal*. San Salvador: Diario Oficial.
- Asamblea Legislativa. (1998). *Ley de medio ambiente*. San Salvador: Diario Oficial.
- Bautista, C. C. (2000). Consideraciones generales sobre la gestión de residuos sólidos en El Salvador. *Revista Electrónica de la UFG*. Obtenido de <http://www.ufg.edu.sv/ufg/theorethikos/enero2001/cientifico02.htm>
- BID. (22 de Diciembre de 1997). *Guía para evaluación de impacto ambiental*. Obtenido de www.ingenieroambiental.com/eiaguiaresiduosolidos.pdf
- Castellón. (23 de Julio de 2008). *Problemática de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe*. Obtenido de www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A35.pdf
- Combustible RDF. (2004). *DIALLD Valoramos el ambiente*. Obtenido de <http://www.dialld.com/Tecnologia/PLANTA-DE-TRATADO-RESIDUOS/Combustible-RDF.html>
- Dr. Kunitoshi Sakurai. (1980). *Diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos*. OPS/OMS.
- García, G., Barry, D., & Gómez, I. (1998). *Gestión local de los desechos sólidos en la región metropolitana de San Salvador*.
- Ilari, R., Clavero, M., & Fernández, J. (2014). *CTR Mediterraneo*. Obtenido de <http://www.ctrmediterraneo.com/noticias/el-compostaje-como-alternativa-para-los-rsu-residuos-solidos-urbanos/>
- Manejo de los desechos sólidos*. (s.f.). Obtenido de desechos-solidos.com: <https://desechos-solidos.com/manejo/>
- MARN. (2010). *Residuos sólidos*. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/residuos-solidos/>
- MARN. (3 de Octubre de 2013). *Saneamiento Ambiental*. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/residuos-solidos/>
- MARN. (2014). *Municipios conocen plan nacional de mejoramiento del manejo de los desechos sólidos*. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/municipios-de-santa-ana-conocen-plan-de-sostenibilidad-para-el-relleno-sanitario/>
- MARN. (2016). *Curso de gestión de manejo de desechos sólidos*. En *Modulo I Conceptos básicos de gestión de residuos sólidos* (pág. 4).
- MARN. (2016). *Curso de gestión de manejo de desechos sólidos*. En *Modulo I Conceptos básicos de gestión de residuos sólidos* (págs. 3-11).
- MARN. (2016). *Curso de gestión del manejo de los desechos sólidos comunes*. En *Modulo II Técnicas para determinar la generación e indicadores existentes* (pág. 3).

- MARN. (2016). Curso de gestion del manejo de los desechos solidos comunes. En *Módulo IV Planificación de Sistemas de Aseo, Importancia de Zonificación, Diseño de Rutas e Indicadores* (pág. 3).
- MARN. (2016). Curso de gestion del manejo de los desechos solidos comunes. En *Módulo I Importancia del servicio de aseo* (pág. 3).
- MARN. (2016). Curso de gestion del manejo de los desechos solidos comunes. En *Módulo III Parámetros de Diseño de Rutas de Recolección* (págs. 2-3).
- MARN. (2016). Curso de gestión del manejo de los desechos solidos comunes,. En *Modulo I Importancia de participacion ciudadana en limpieza publica* (pág. 1).
- MARN. (2016). *Ley General de Gestion Integral de Residuos Solidos*. San Salvador.
- MSPAS, M. d. (1988). *Codigo de salud*. San Salvador: Diario Oficial.
- Oscanoa, F. M. (Julio de 2009). Tesis Diseño de una planta de tratamiento de residuos solidos en un sector urbano Universidad, Nacional Mayor de San Marcos, curso: tesis de ingeniería química, profesos: García Pantigozo.
- Quezada, E. B., Torres Gurrola, M. A., & Romero Navarrete, J. A. (2015). Evaluacion de Rutas de Recoleccion de Reaiduos Solidos Urbanos con Apoyo de Dispositivos de Rastreo Satelital . *Revista internacional de contaminación ambiental*, 323.
- Real Academia Española*. (2018). Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=58tzLGO>
- Sakurai, D. K. (22 de Enero de 1999). *Fulltext*. Obtenido de Diseño de las rutas de recolección: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/diseno/diseno.html>
- SEDESOL. (1967). *Pirolisis*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd61/tecnadmvo/cap6.pdf>
- Servicios, C. (18 de Febrero de 2016). *cgm servicios*. Obtenido de <https://www.cgm servicios.es/compactadoras-de-residuos-que-son-y-beneficio-que-aportan/>
- Significados*. (2 de Agosto de 2018). Obtenido de <https://www.significados.com/colonia/>
- Tangri, N., & Wilson, M. (Marzo de 2017). *Analisis de tecnologia de riesgo*. Obtenido de <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/Gasificaci%C3%B3n-y-pir%C3%B3lisis-2017-ESP-1.pdf>
- Victoria. (2005). *Obras Publicas, Ayuntamiento Municipal*. Tamaulipas Mexico: Victoria.

Anexos



Fotografía 1 Cuarta calle poniente cerca de la colonia San Antonio, municipio de Chalchuapa.

Fuente: Obtenida de página de noticiero Chalchuapaneco



Fotografía 2 Terminal de buses dirección al coco, vista a 6ta calle oriente, municipio de Chalchuapa.

Fuente:

Elaboración

propia.



Fotografía 3 Terminal de buses dirección al coco, vista a 6ta calle oriente, municipio de Chalchuapa.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 4 Carretera panamericana hacia Ahuachapán RN-13, cerca del desvío al coco, municipio de Chalchuapa.

Fuente: Elaboración propia.



Fotografía 5 Costado de la carretera panamericana hacia Ahuachapán RN-13, cerca del desvío al coco, municipio de Chalchuapa.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 1 Entrevista

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



ENTREVISTA DIRIGIDA AL JEFE DE LA UNIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA ALCALDIA MUNICIPAL DE CHALCHUAPA.

1. ¿Cuáles son las comunidades que se atienden?
2. ¿Con cuántos camiones recolectores cuentan para brindar el servicio?
3. ¿Cuál es la capacidad de los camiones recolectores?
4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección de los desechos sólidos?
5. ¿Cuánto personal es necesario en cada camión recolector?
6. Horarios de recolección de basura, días, comunidades y horas de inicio de jornadas.



<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</p>	<p>Presentan</p> <p>Garcia Hernandez William Alejandro Menco Duarte Juan Carlos Pimentel Hernandez Wendi Stefanie</p>	<p>Trabajo de Grado</p> <p>"Diseño de rutas de recolección de desechos sólidos en la ciudad y sector periurbano de Chalchuapa, Departamento Santa Ana"</p>	<p>Contenido: Ubicación de contenedores de basura</p>
			<p>Escala: 1:15,000 Hoja 1/1</p>
			<p>Fecha: septiembre 2019</p>

Anexo 2 Ubicación de contenedores

Anexo 3 Especificaciones técnicas del contenedor

Descripción

Alta calidad en construcción de contenedores para basura de 2.8m³, adecuados para ser manipulados por los camiones municipales. (Grupo Tare, empresas) (Costo: \$2,200)

Características:

- Capacidad 2.8m³
- Rodos metálicos
- Pintura anticorrosiva
- Eje de pivote en acero AISI-1020
- Desagües en el fondo del contenedor
- Paredes y fondo en lámina A36 de 1/8"
- Soldaduras AWS7018 con proceso MIG
- Dimensiones y diseño bajo planos de HEIL.
- Refuerzos plegados en frío (No es angular encajuelado)

