



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO GEÓGRAFO Y DEL MEDIO AMBIENTE**

**TEMA: DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE CARGA LATERAL
PARA LA PARROQUIA LA ECUATORIANA**

AUTOR: VARGAS ROBALINO, KARLA SOLEDAD

DIRECTOR: SINDE GONZÁLEZ, IZAR

SANGOLQUÍ - ECUADOR

2019

CERTIFICADO DEL DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCION DE CARGA LATERAL PARA LA PARROQUIA LA ECUATORIANA**” realizado por la señorita Vargas Robalino Karla Soledad, el mismo que sido ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar a las señoritas para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 4 de diciembre del 2018

Ing. Izar Sinde Gonzáles MSc.

DIRECTOR

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Karla Soledad Vargas Robalino, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación “*DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE CARGA LATERAL PARA LA PARROQUIA LA ECUATORIANA*” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 10 de diciembre del 2018

Karla Soledad Vargas Robalino

CI: 0605728716

AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

AUTORIZACIÓN

Yo Karla Soledad Vargas Robalino, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación “*DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE CARGA LATERAL PARA LA PARROQUIA LA ECUATORIANA*” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 10 de diciembre del 2018

Karla Soledad Vargas Robalino

CI: 0605728716

DEDICATORIA

A mis padres Lucía y Patricio, porque cada logro conseguido es gracias a ellos, por sus consejos, su apoyo incondicional e infinito amor. No puedo sentirme más afortunada de tenerlos para mí.

A Mamita Tere y Papito Fato que son mis abuelitos, quienes me han enseñado que lo más importante es la familia, que todo es posible si estamos unidos, por el ejemplo que me han dado durante mi vida, por su desprendimiento y generosidad, por su dedicación y paciencia. Por la bendición de tenerlos conmigo y llenarles de orgullo al ver que otra de sus nietas culmina sus estudios.

A Omar, la persona más leal y entregada que ha conocido; porque tengo la fortuna de tenerlo conmigo y de mostrarme tal y como soy sin miedos ni reparos. Por acompañarme en este duro trayecto y no soltarme jamás.

A Darío, uno de los mejores hombres que conozco, quien siempre ha estado pendiente de mí y dispuesto a ayudarme en cualquier circunstancia, quien siempre me brinda su sonrisa, su compañía, un buen viaje y una buena cerveza para charlar.

Kaly.

AGRADECIMIENTOS

A mi director el Ing. Izar Sinde, por su guía y consejos a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A toda mi familia, quienes festejan los logros conseguidos por cada miembro, porque son parte fundamental de mi vida, porque gracias al ejemplo de cada uno de ellos consigo soñar un poquito más.

A los amigos que he conocido en este tiempo, en quienes he confiado y he llegado a querer.

ÍNDICE

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY	xiv
CAPITULO I.....	1
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1.Antecedentes	4
1.2.Definición del problema.....	8
1.3.Justificación e importancia del problema.....	10
1.4.Objetivos	13
1.4.1.Objetivo General	13
1.4.2.Objetivos Específicos.....	13
1.5.Metas.....	14
CAPITULO II	15
2.MARCO TEÓRICO.....	15
2.1.Servicios de recolección de Desechos Solidos.....	15
2.1.1.Servicio de Aseo Urbano.....	15
2.1.1.1.Separación de desechos sólidos.....	16
2.1.1.2.Aprovechamiento de residuos sólidos.....	17
2.1.1.3.Recolección y transporte de desechos sólidos.....	19
2.1.1.3.1.Barrido y limpieza.....	19
2.1.1.3.2.Disposición final	19

2.2. Clasificación de la recolección de residuos sólidos.	20
2.3. Rutas de recolección.....	23
2.4. Situación actual y problemática de la recolección de los residuos sólidos en el Ecuador.	25
2.5. Recolección en Quito	32
2.5.1. Recolección Domiciliaria.....	33
2.5.2. Recolección a Mayores Productores	34
2.5.3. Limpieza.....	34
2.5.4. Recolección Especial.....	35
2.6. Macro Rutas de recolección	36
2.7. Micro Rutas de recolección.....	39
2.8. Criterios para implementar un sistema de recolección de Carga Lateral	40
2.9. Indicadores	45
2.9.1. Promedio de Personas por Hogar.....	45
2.9.2. Producción Per Cápita de Residuos Sólidos	45
2.10. Herramientas de Sistemas de Información Geográfica.....	46
2.10.1. Network Analyst	46
2.10.2. Densidad de Kernel	46
2.10.3. TIN (Triangulated Irregular Network)	47
2.10.4. DEM (Digital Elevation Model)	48
2.11. Aplicaciones SIG usadas en el Levantamiento de Campo.....	48
2.12. Áreas de Servicio	50
CAPITULO III	52
3. METODOLOGÍA	52
3.1. Cálculo de la densidad poblacional y la cantidad de desechos producidos en la zona.	54
3.1.1. Densidad Población.....	54
3.1.2. Densidad de DSU	54
3.2. Actualización de los ejes viales de la parroquia La Ecuatoriana.	55
3.3. Establecimiento de las zonas adecuadas para ubicar los contenedores de desechos sólidos. ...	56
3.3.1. Curvas de nivel.....	56
3.3.2. Vía.....	57

3.3.3.Zonas sensibles.....	58
3.3.4.Zonas prioritarias.....	58
3.4.Levantamiento En Campo.....	59
3.5.Creación de rutas de recolección utilizando los ejes viales actualizados.....	61
3.5.1.Cálculo de la cantidad de contenedores	61
3.5.1.1.Considerando el número de personas a atender	61
3.5.1.2.Considerando el trayecto recorrido	63
3.5.2.Áreas De Servicio.....	63
3.5.3.Cantidad de contenedores a recolectar	64
3.5.4.Micro Rutas de recolección.....	64
3.5.5.Rutas de recolección.....	65
3.6.Caso de uso.....	66
3.7.Creación de un Geo visualizador Web accesible al público utilizando ArcGIS On Line.....	67
CAPITULO IV.....	69
4.RESULTADOS.....	69
4.1.Densidad poblacional y la cantidad de desechos producidos en la zona de estudio.	69
4.1.1.Densidad Poblacional.....	69
4.1.2.Densidad de DSU	71
4.2.Actualización de los ejes viales de la parroquia La Ecuatoriana.	74
4.3.Zonas adecuadas para ubicar los contenedores de desechos sólidos.	76
4.4.Levantamiento en campo	81
4.5.Creación de las rutas de recolección de carga lateral utilizando los ejes viales actualizados. .	83
4.5.1.Cálculo De La Cantidad De Contenedores	83
4.5.1.1.Considerando la cantidad de personas	83
4.5.1.2.Considerando el trayecto recorrido	83
4.5.2.Áreas De Servicio.....	84
4.5.3.Cantidad de contenedores a recolectar	86
4.5.4.Micro Rutas de recolección.....	86
4.5.5.Rutas de recolección.....	88
4.5.5.1.Micro Ruta De Recolección 1	88

4.5.5.2.Micro Ruta De Recolección 2	90
4.5.5.3.Micro Ruta De Recolección 3	91
4.5.5.4.Micro Ruta De Recolección 4	92
4.6.Caso De Uso.....	94
4.7.Geo Visualizador.....	94
4.8.Discusión De Resultados.....	100
CAPITULO V	102
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
5.1.Conclusiones	102
5.2.Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Administraciones Zonales del DMQ</i>	4
Tabla 2 <i>Motivos de fallas en el parque automotor de EMASEO-EP</i>	7
Tabla 3 <i>Factores de Recolección</i>	62
Tabla 4 <i>Reporte de la cantidad de personas por barrio</i>	71
Tabla 5 <i>Reporte de la cantidad de desechos producidos por barrio</i>	74
Tabla 6 <i>Reporte de vehículos recolectores</i>	86
Tabla 7 <i>Contenedores por Micro ruta de recolección</i>	86
Tabla 8 <i>Cuadro informativo de Micro Rutas de Recolección</i>	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actividades de Recolección.....	15
Figura 2. Contenedores por color en España	21
Figura 3. Contenedor de Carga Lateral	22
Figura 4. Servicios de recolección que brinda EMASEO-EP al DMQ.....	33
Figura 5. Frecuencias y Turnos de Recolección de DSU.....	38
Figura 6. Lugar apto para colocar un contenedor	44
Figura 7. Triangulated Irregular Network	47
Figura 8. Aplicaciones para Capturar Información en Campo	49
Figura 9. Collector for ArcGIS	50
Figura 10. Áreas de Servicio	51
Figura 11. Flujo de trabajo de la metodología	53
Figura 12. Reglas Topológicas.....	55
Figura 13. Variables consideradas para la contenerización	56
Figura 14. Procedimiento para importar curvas de nivel	56
Figura 15. Polígonos de Recolección.....	61
Figura 16. Movimientos del Vehículo Recolector en la Zona de Trabajo	66
Figura 17. Modificación de las rutas de recolección.....	67
Figura 18. Flujograma de la creación del geo visualizador	67
Figura 19. Rangos de Densidad Poblacional.....	69
Figura 20. Densidad Poblacional de la Parroquia	70
Figura 21. Densidad de Desechos	72
Figura 22. Densidad de Desechos de la parroquia La Ecuatoriana.....	73
Figura 23. Ejes viales actualizado	75
Figura 24. Curvas de nivel acotadas manualmente	76
Figura 25. Curvas de nivel en ArcGIS	77
Figura 26. TIN y DEM de la Parroquia La Ecuatoriana	78
Figura 27. Transitabilidad de los vehículos de carga lateral	79
Figura 28. Vías contenerizables previas al levantamiento de campo.....	80
Figura 29. Micro basurales de la zona	81

Figura 30. Vías aptas para contenerizar posterior levantamiento de campo	82
Figura 31. Áreas de servicio de los contenedores	84
Figura 32. Contenedores de la parroquia La Ecuatoriana	85
Figura 33. Micro Rutas de Recolección	87
Figura 34. Micro Ruta 1	88
Figura 35. Tabla de Atributos Micro Ruta 1	89
Figura 36. Micro Ruta 2	90
Figura 37. Micro Ruta 3	91
Figura 38. Micro Ruta 4	92
Figura 39. Cambio en las rutas de recolección	94
Figura 40. Entorno de la aplicación	95
Figura 41. Etiqueta de la aplicación	95
Figura 42. Control de escala y botón de inicio de la visualización	95
Figura 43. Barra secundaria	96
Figura 44. Gráfico estadístico de contenedores por calle	96
Figura 45. Infografía de los contenedores	97
Figura 46. Información de población y desechos sólidos de la zona de estudio	97
Figura 47. Población beneficiada con la recolección de carga lateral	98
Figura 48. Información sobre el Índice de Producción Per Cápita de desechos sólidos	98
Figura 49. Botón de escala y sistema de coordenadas del mapa a visualizar	99
Figura 50. Barra de medición y adición de información	99

RESUMEN

La población del Distrito Metropolitano de Quito ha crecido aceleradamente ocasionando entre otras cosas cambio en el uso del suelo e incrementando la producción de desechos sólidos urbanos (DSU). La recolección de los DSU es una labor realizada por la municipalidad que consiste en trasladarlos desde la zona de acopio hasta su disposición final utilizando vehículos de carga posterior o lateral. El presente trabajo de titulación propone el diseño de rutas de recolección de carga lateral para la parroquia La Ecuatoriana perteneciente a la Administración Zonal Quitumbe utilizando herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) con el objetivo de solucionar los problemas de acumulación de DSU en las calles y aceras de la zona. Se calculó tanto la densidad poblacional como la cantidad de dichos desechos utilizando indicadores provistos por el INEC, se actualizaron los ejes viales y se determinaron las calles aptas para que un vehículo de carga lateral transite normalmente tomando en cuenta las pendientes, el material de la capa de rodadura y el ancho de las mismas obteniendo como resultado que el 23.53% de las vías de la parroquia en estudio son aptas para ser contenerizadas, que son necesarios 133 contenedores de 3,2 m³ de capacidad para abastecer a 19.772 habitantes aproximadamente, además el área de estudio fue dividida en 4 micro rutas de recolección conformadas por 33, 28, 36 y 36 contenedores respectivamente que serán atendidas por 2 vehículos de carga lateral de 25 m³ de capacidad.

PALABRAS CLAVE:

- **SIG**
- **CARGA LATERAL**
- **MICRO RUTAS**

SUMMARY

The population of Quito's Metropolitan District has grown rapidly causing, among other things, changes in land uses and increasing the production of urban solid waste (DSU). The collection of DSU is a task carried out by the municipality that consists of moving them from the collection area to their final disposal using rear or side loading vehicles. This title work proposes the design of lateral load collection routes for "La Ecuatoriana" parish belonging to "Quitumbe" Zonal Administration using GIS (Geographic Information Systems) tools with the aim of solving the problems of accumulation of DSU in the streets and sidewalks in the area. Both, the population density and the amount of such waste were calculated using indicators provided by INEC, the road axes were updated and the streets suitable for a side-loading vehicle to travel normally taking into account the slopes, the layer material were determined of rolling and the width of them obtaining like result: 23.53% of the routes of the parish in study are apt to be containerized, is necessary 133 containers of 3,2 m³ of capability to supply approximately 19,772 inhabitants, in addition the study area was divided into 4 micro collection routes consisting of 33, 28, 36 and 36 containers, respectively, which will be served by 2 side-loading vehicles of 25 m³ capability.

KEYWORDS

- **GIS**
- **SIDE-LOADING**
- **MICRO COLLECTION**

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Gracias al avance tecnológico que se ha venido dando en los últimos años, la generación y disponibilidad de información en cualquier ámbito se ha vuelto cada vez más sencilla.

Esta información sea cual sea el campo al que pertenece busca ser georreferenciada, es decir, ser asignada a una posición geográfica para poder ser usada posteriormente para muchos más fines de los que fueron levantados inicialmente.

Si bien esto no es algo novedoso, la situación actual es más favorable que nunca para el desarrollo de herramientas que permitan la utilización de toda esta información al tiempo que se consideran los datos relativos a su posición en el espacio (Olaya, 2014).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es la combinación de software, hardware y datos geográficos diseñados para almacenar, organizar, analizar, modificar y compartir en toda forma posible información referenciada geográficamente teniendo como objetivo resolver problemas de planificación (CIESAS, 2014).

Este sistema permite separar información en forma de capas temáticas pudiendo ser almacenadas independientemente unas de otras, permitiendo trabajarlas de manera dinámica y sencilla, facilitando al profesional la forma de relacionar la información existente por medio de la topología de los objetos y de sus formatos (CIESAS, 2014).

Uno de los proveedores reconocidos de Sistemas de Información Geográfica es ESRI (Environmental System Research Institute) quien en su sitio oficial web asegura que dentro de las múltiples aplicaciones que tienen los SIG sirven para controlar tiempos y movimientos de vehículos (ESRI, 2018).

A través del software *ArcGIS* y su herramienta *Network Analyst*, los negocios, servicios públicos y otras organizaciones pueden beneficiarse, ya que la herramienta les ayuda a ejecutar sus operaciones eficazmente y mejorar la toma de decisiones estratégicas. Por ejemplo, *Network Analyst* sirve para buscar rutas más cortas de paradas de buses teniendo en cuenta distintos tipos de restricciones como lapsos de tiempo, capacidad de los vehículos y tiempos máximos de viaje; se puede mejorar el servicio al cliente a través de tiempos de respuesta o ubicación de instalaciones más convenientes (ESRI, 2018).

La recolección de desechos sólidos urbanos (DSU) en las ciudades, consiste en realizar su traslado desde la zona de acopio, en un vehículo recolector ya sea este de carga posterior o lateral hasta el lugar de disposición final (Racero & Pérez, 2006).

En algunas ciudades las distancias a recorrer, la capacidad de los camiones recolectores y el inminente crecimiento poblacional han obligado a que las rutas de recolección sean modificadas para poder abastecer las necesidades de toda la población (Racero & Pérez, 2006).

Adicionalmente, la capacidad de los camiones, las largas distancias a recorrer y el crecimiento acelerado de nuevos centros de población, han sido un aporte importante para el mal diseño de las rutas de recolección haciendo que este servicio que es brindado por las

municipalidades no cumpla con las expectativas esperadas por los pobladores de las urbes (Racero & Pérez, 2006).

Para la recolección de DSU se necesita utilizar vehículos especializados; los camiones recolectores de desechos sólidos suelen formar parte de las flotas de vehículos de limpieza en las zonas urbanas. El elemento característico de un vehículo de recolección es la unidad compactadora de desechos que disminuye el volumen de carga de los desechos recolectados optimizando el servicio de recolección (TMMA, 2017).

A través de la Ordenanza Metropolitana N.º 0309, sancionada el 16 de abril del 2010 en el Distrito Metropolitano de Quito se creó la Empresa Pública Metropolitana de Aseo EMASEO-EP con el objeto de operar el sistema de aseo del DMQ dentro de las actividades de barrido, recolección y transporte de residuos sólidos urbanos e industriales.

EMASEO-EP maneja una gran cantidad de información en cuanto al tiempo que le toma a cada camión recolector en llegar a su destino, la cantidad de DSU que cada camión recolecta por cada ruta diseñada en los distintos barrios de la urbe entre otros datos mostrados en su sitio web oficial (Díaz D. , 2013).

En cuanto a las herramientas geográficas, se utilizará la extensión del software *ArcGIS Network Analyst*, así como también *ArcGIS Online* para generar un geo visualizador de las rutas creadas en el presente documento de titulación.

Éste proyecto de titulación busca apoyar la problemática de recolección de basura con la creación de nuevas rutas de recolección de carga lateral para cumplir y facilitar el servicio de

recolección de desechos sólidos urbanos (DSU) dentro de la parroquia La Ecuatoriana valiéndose del uso de Sistemas de Información Geográfica para el desarrollo de la misma, permitiendo complementar de manera positiva la gestión de EMASEO-EP.

1.1. Antecedentes

Dentro del último siglo la población a nivel mundial ha crecido de manera significativa lo que desencadena algunas consecuencias; dentro de estas está el impacto ambiental inmediato provocado por los asentamientos urbanos mismos que ocasionan cambios en el uso de suelo con evidentes procesos de contaminación entre otras cosas (SEMARNAT, 2006).

Las ciudades en crecimiento demandan agua, alimentos y energía para sostener sus diversos procesos; transformando bienes y servicios, generando desechos sólidos y líquidos, contaminantes que afectan a los principales sustratos como son aire, agua y suelo degradando los ecosistemas (SEMARNAT, 2006).

Una de esas ciudades indiscutiblemente es Quito, que debido a su vertiginoso crecimiento se ha dividido en 8 administraciones zonales como se muestra en la Tabla 1, que cuentan con 32 parroquias urbanas y 33 rurales y suburbanas:

Tabla 1

Administraciones Zonales del DMQ

ADMINISTRACIONES ZONALES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	A.Z. Valle de los Chillos
	A.Z. La Delicia
	A.Z. Quitumbe
	A.Z. Tumbado
	A.Z. Calderón
	A.Z. Eugenio Espejo
	A.Z. Manuela Sáenz
	A.Z. Eloy Alfaro

Para evidenciar este crecimiento se tomaron datos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) que indican que desde el año 1950, la población del DMQ se ha multiplicado siete veces hasta alcanzar 2'239.191 habitantes en el año 2010 mismo que representa el 15,5% de la población nacional y el 86,9% de la provincia de Pichincha. Entre los años 2001 y 2010 la población del DMQ se incrementó en 399.338 habitantes (21%) con un promedio de incremento del 2,17% anual (Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda, 2012, pág. 14).

Desde 1990 hasta nuestros días, Quito pasó de ser la ciudad que en su mayoría albergaba a los migrantes internos a ser el sitio de tránsito y residencia de migrantes de diversas nacionalidades conformados mayoritariamente por centroamericanos, europeos, africanos y sudamericanos. También acoge a refugiados de situaciones violentas como los perseguidos por la guerrilla colombiana y a venezolanos víctimas de la crisis económica que este país está atravesando (La Hora, 2017).

Según Lilia Granja, directora de Asylum Access Ecuador, existen aproximadamente 35.000 personas en condición de refugio o en trámite de obtenerla en la zona urbana, y más de 9.000 en la zona rural de Quito (La Hora, 2017).

Pues bien, como parte del incremento de la población en la urbe, las zonas y sectores también se han visto obligados a modificarse y expandirse, como por ejemplo el sur de Quito que desde los primeros planes reguladores se vio como una zona con una gran capacidad de crecimiento.

El sur de Quito se ha densificado mucho en los últimos años ya que ha contado con proyectos en el que el principal contribuyente ha sido el estado y que hoy en día cuenta con colaboración tanto municipal como privada (Villacrés, 2014).

Según las proyecciones poblacionales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) se muestra que en 2020 el cantón Quito será el más poblado del país con 2'781.641 habitantes superando a Guayaquil que actualmente cuenta con una población de 2'644.891 habitantes (INEC, 2017).

Debido a este crecimiento poblacional, uno de los problemas que se tendrá que enfrentar la administración en el DMQ es la generación de desechos sólidos urbanos (DSU). El Diario “El Telégrafo” en la publicación del 21 de enero del 2016 menciona que: “En el país se generan más de 4'000.000 de toneladas de basura anualmente, de las cuales cerca de la mitad (43%) proviene de Quito (Sierra) y Guayaquil (Costa)”, de forma similar, el INEC en un reporte publicado en 2014 asegura que los ecuatorianos en el sector urbano producen en promedio $0,842\text{Kg.dia}^{-1}$ de residuos sólidos (EMASEO-EP, 2015).

En el caso específico de Quito los problemas con los DSU se han venido dando desde mayo de 2014, no solo por el incremento de la producción de éstos sino también por su método de recolección.

Se debe mencionar que los vehículos recolectores de carga posterior tienen una vida útil de 7 años, que la empresa de recolección cuenta con 58% de los mismos en operación y que cuentan con 5 camiones de carga lateral para las partes contenerizadas de la ciudad pero que sin embargo la capacidad de estos autos ha sido sobredimensionada, provocando que su deterioro sea

acelerado debido a que deben recolectar aproximadamente 420 contenedores de basura cuando su capacidad de estos es de solo 400 (Comisión de Salud del Consejo Meropolitano, 2015).

Adicionalmente en 2016, la alcaldía de Quito decidió ampliar la cobertura de las zonas contenerizadas de la ciudad sin antes realizar campañas informativas para que los ciudadanos conozcan el funcionamiento de los contenedores a ser implementados y obviando la adquisición de vehículos de carga lateral para abastecer la nueva demanda de DSU (Chacón, 2017).

Por estas razones en un reporte del mismo año se destaca que:

Tabla 2

Motivos de fallas en el parque automotor de EMASEO-EP

Fallas del parque automotor	% de falla
Falta de mantenimiento preventivo	40
Falta de capacitación de los conductores	20
Falta de lubricación de brazos mecánicos	20
Exceso de peso de los contenedores debido al aumento de DSU y desechos inadecuados	20

Fuente: (Chacón, 2017).

Por otro lado, la Empresa Metropolitana de Aseo EMASEO-EP es la institución municipal encargada del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos del DMQ que dentro de los principales servicios prestados a la comunidad se encuentran (EMASEO-EP, 2016):

- Barrido manual del espacio público.
- Limpieza mediante hidrolavado de las plazas emblemáticas.
- Recolección manual por medio de los camiones de carga posterior.
- Recolección mecanizada realizada por los camiones de carga lateral.

- Recolección a mayores productores realizado por camiones de carga frontal.
- Transferencia y transporte de todos los residuos recolectados del Norte, Centro, Sur y Parroquias no descentralizadas de Quito.

Estos servicios son prestados a la población del Distrito abasteciendo las necesidades de aproximadamente 2'500.000 habitantes (EMASEO-EP, 2016).

1.2. Definición del problema

El diario “El Telégrafo” del 21 de abril de 2018 en su publicación asegura que el crecimiento del Sur del Distrito Metropolitano de Quito ha sido importante debido al prominente desarrollo urbanístico de la capital, sobre todo en la Administración Zonal Quitumbe donde se concentra una extensa población migratoria (El Telégrafo, 2018).

Como parte del ejemplo del desarrollo del sur de la ciudad, el 4 de mayo del presente año se inauguró la Plataforma Gubernamental de Desarrollo Social construida en Quitumbe, en la cual según Verónica Rodríguez gerente de la plataforma funcionan el Ministerio de Salud Pública, el Ministerio de Desarrollo y Vivienda (MIDUVI), el Registro Civil, la Cancillería del Estado, el Ministerio de Inclusión Económica y Social, el Instituto de Economía Popular y Solidaria, BanEcuador y el SRI (Jiménez, 2018).

Dentro de los múltiples servicios que ofrece esta plataforma en sus distintas entidades los más destacados son los que atienden a los migrantes dentro de nuestro país, es decir las visas temporales, visas permanentes, naturalizaciones, temas de inclusión de la comunidad extranjera, temas relativos de la población ecuatoriana migrante retornada, certificados del Código Orgánico

General de Procesos, temas atinentes a la población ecuatoriana en el exterior, certificaciones de vigencia de poderes, apostillas y legalizaciones (Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, 2018).

Ahora bien, dentro de la Administración Zonal Quitumbe se encuentra una de las parroquias más grandes de la ciudad, la parroquia La Ecuatoriana, lo confirman datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) mismos que revelan que en este punto de la urbe viven cerca de 22 mil habitantes (El Telégrafo, 2018).

En cuanto a la generación y recolección de desechos sólidos, EMASEO-EP ha recepcionado varias quejas de parte de los moradores de dicha parroquia debido a que existen algunos sitios estratégicos de la zona en donde se acumulan los DSU que los moradores arrojan con frecuencia.

Según datos proporcionados por la página oficial de EMASEO-EP la parroquia La Ecuatoriana cuenta únicamente con recolección tradicional o pie de vereda y carece de recolección mecanizada o de carga lateral (EMASEO-EP, 2016).

Por esta razón el presente estudio tiene como finalidad establecer zonas adecuadas para la ubicación de contenedores de basura en la parroquia La Ecuatoriana, considerando la densidad poblacional de la zona de estudio, la cantidad de desechos sólidos producidos por la misma, la longitud y estado de la vía, la topografía del lugar, teniendo en cuenta la ubicación y cantidad de los contenedores generar rutas de recolección de DSU de carga lateral a través de análisis de redes con el objetivo de abastecer de este servicio a la parroquia antes mencionada.

1.3. Justificación e importancia del problema

La Constitución del Ecuador del 2008 en el artículo 14 reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por otro lado, mediante Ordenanza Metropolitana N.º 0309, sancionada el 16 de abril del 2010, se creó la Empresa Pública Metropolitana de Aseo EMASEO-EP, con el objeto de operar el sistema de aseo del DMQ dentro de las actividades de barrido y recolección de residuos sólidos.

En la publicación del Diario “El Comercio” del 12 de noviembre de 2017 se aborda el tema del crecimiento poblacional en las periferias del Distrito al explicar que: “Universidades, cadenas de supermercados, colegios, hospitales y centros comerciales proliferan en las periferias de Quito, para brindar servicios a quienes han migrado de las centralidades hacia los valles, y los extremos norte y sur de la ciudad”. Por otra parte, se menciona que “...se han tramitado 2.987 proyectos de conjuntos privados, del 2014 al 2017, mismos que están ubicados en Calderón, los valles de Tumbaco y Los Chillos, Turubamba y La Ecuatoriana”.

Al comparar la población del área urbana y rural entre los censos de 2001 y 2010, se registra una disminución de la proporción de población urbana del DMQ, mostrando un claro contraste ya que en el 2001 representaba el 76,6% y en el 2010 fue el 72,3%, es decir 1'619.146 habitantes (INEC, 2017).

Adicionalmente la población rural, en el mismo periodo, registró un incremento de 4,3 puntos porcentuales, evidenciando una tendencia de la población a establecerse en las áreas en proceso de consolidación, ubicadas en los extremos norte y sur de la ciudad y en los valles de Los

Chillos y Tumbaco - Cumbayá, Turubamba y La Ecuatoriana (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2011).

La generación de DSU es una actividad inherente al ser humano, por lo que la acumulación de éstos es un problema de salud pública ya que resultan ser focos de contaminación exponiendo a los habitantes de las distintas ciudades a contraer enfermedades, por esta razón es necesaria la existencia de un sistema funcional de recolección de residuos sólidos (Salamanca, 2015).

Dentro de los impactos indirectos de la acumulación de residuos sólidos en las aceras y veredas de la urbe están: la transformación en reservorios de insectos y roedores; los insectos son causantes de diversos tipos de enfermedades como dengue, parasitismo e infecciones de la piel. Además, la falta de una ruta de recolección en algunas zonas provoca la quema de basura a cielo abierto aumentando los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, incluyendo el cáncer.

Dentro de la Administración Zonal Quitumbe se han presentado cambios de usos de suelo debido al acelerado crecimiento poblacional; una de las parroquias que ha evidenciado este cambio ha sido La Ecuatoriana que ha sufrido un crecimiento vertiginoso en los últimos 5 años al albergar una gran cantidad de migrantes que provienen en su mayoría de Venezuela y Colombia. En cuanto a lo que se refiere a la generación y recolección de desechos sólidos, EMASEO-EP ha receptado algunas quejas por parte de los moradores de la parroquia, pues la producción de DSU ha ido en aumento ocasionando la aparición de fauna urbana no deseada como roedores, provocando molestias en general (El Comercio, 2017).

A consecuencia de este tipo de inconvenientes, la Empresa Metropolitana de Aseo EMASEO-EP se ve en la necesidad de considerar la implementación de la cuarta etapa de contenerización en el DMQ asegura Emilio Ochoa Técnico de la empresa.

En la actualidad el servicio que brinda EMASEO-EP a la parroquia La Ecuatoriana es la recolección tradicional o pie de vereda. Adicionalmente se tiene que la recolección de carga lateral es el método por el cual se transporta los DSU que se encuentran en los contenedores distribuidos en distintos barrios del DMQ, este sistema ha sido implementado por EMASEO-EP a partir del 2012 (EMASEO-EP, 2015).

Esta actividad consiste en ubicar contenedores de basura de 2.400 y 3.200 litros de capacidad en puntos críticos en donde se formaban microbasurales y zonas en donde los desechos se encontraban desperdigados constantemente debido a minadores de basura o a fauna urbana teniendo como premisa principal la factibilidad de recolección (EMASEO-EP, 2016).

Dentro de los beneficios de los contenedores se encuentra que la población no está atada a un horario de recolección fijo, los contenedores permiten recolectar más cantidad de desechos sólidos en un punto específico de acopio. Se debe destacar que evitan el constante problema de la basura desperdigada por las aceras. Los contenedores dispuestos por EMASEO-EP tienen una ubicación fija sin obstaculizar el tránsito vehicular o los ingresos a parqueaderos de las viviendas (Ochoa, 2016).

La creación de nuevas rutas de recolección de carga lateral es un método que permite combinar con el método tradicional de recolección o pie de vereda para abastecer las necesidades de la población del sector (Ochoa, 2016).

Debido al crecimiento poblacional y el obvio aumento de DSU el diseño de las rutas de los camiones de carga lateral y el número operativo de los mismos deben ser establecidos en un sistema funcional de recolección mecanizada para evitar la acumulación de DSU.

Por estas razones el presente proyecto de titulación propone diseñar rutas de recolección de carga lateral, establecer las zonas adecuadas para la ubicación de los contenedores con la finalidad de reducir el tiempo de permanencia de los DSU en las calles, aceras y lugares públicos de la parroquia La Ecuatoriana. Adicionalmente, se debe establecer el número de camiones de carga lateral necesarios para abastecer la recolección de DSU en la zona de estudio y determinar el número necesario de contenedores.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar rutas de recolección de carga lateral de desechos sólidos urbanos en la parroquia La Ecuatoriana perteneciente a la Administración Zonal Quitumbe.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la densidad poblacional a servir y la cantidad de desechos sólidos generados, esto a través de información catastral.
- Obtener y actualizar los ejes viales de la parroquia La Ecuatoriana.
- Establecer las zonas adecuadas para ubicar los contenedores de desechos sólidos en la parroquia La Ecuatoriana a través de análisis espacial.
- Crear las rutas de recolección de residuos de carga lateral utilizando los ejes viales actualizados y datos de impedancia.

- Implementar un geo visualizador web accesible al público a través de la plataforma de ArcGIS online.

1.5. Metas

- Un reporte y un mapa escala 1:5.000 de densidad poblacional de la zona de estudio.
- Un reporte y un mapa escala 1:5.000 de la cantidad de desechos producidos por la zona de estudio.
- Una geodatabase que contenga *feature class* de: escuelas, centros de salud, microbasurales y mercados, zonas adecuadas para la ubicación de contenedores, ejes viales corregidos y actualizados y rutas de recolección mecanizada.
- Un reporte de la cantidad necesaria de camiones para abastecer la ruta de recolección, el tiempo empleado en cada ruta y el horario de recolección.
- Un visualizador de mapas que contenga: las rutas de recolección, la ubicación de los contenedores, y el horario de recolección publicado en ArcGIS online.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Servicios de recolección de Desechos Sólidos

2.1.1. Servicio de Aseo Urbano

Dentro de las localidades tanto urbanas como rurales, la recolección de los desechos sólidos es un servicio público brindado por las municipalidades que buscan salvaguardar la salud de los pobladores, atendiendo una de las necesidades prioritarias como es la higiene y el orden del espacio físico en donde se desarrollan sus actividades cotidianas. La recolección de los desechos sólidos cuenta con ciertas actividades como se puede observar en la **Figura 1**. Actividades de Recolección (ONAPLAN – GTZ , 2001).:

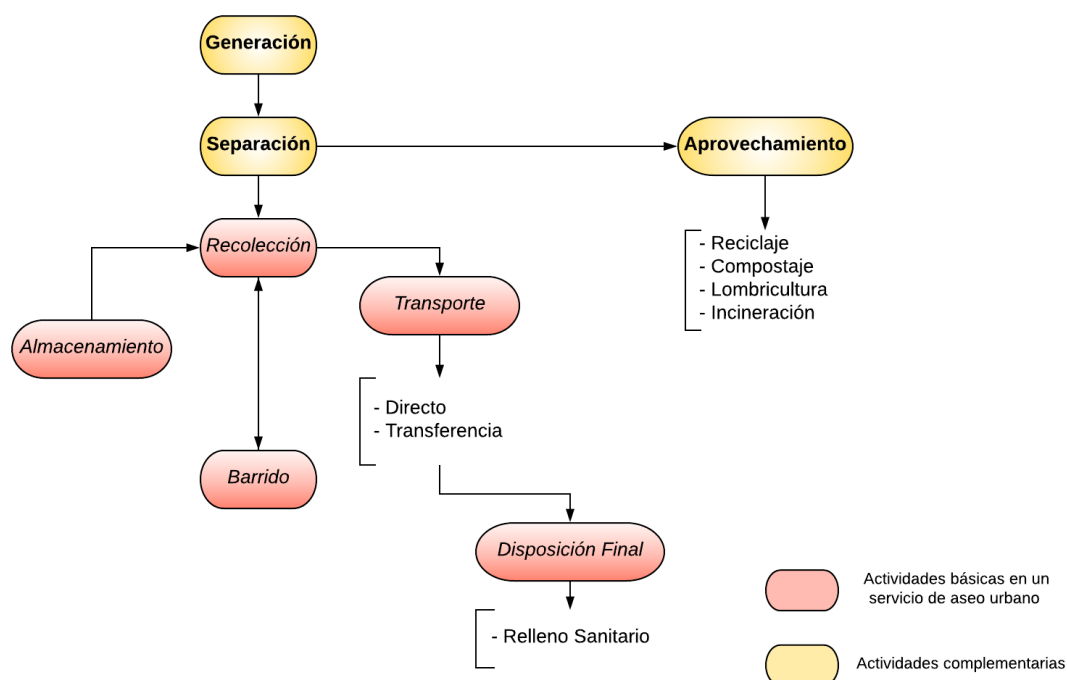


Figura 1. Actividades de Recolección

Fuente: (ONAPLAN – GTZ , 2001).

2.1.1.1. Separación de desechos sólidos

Según el Ministerio del Ambiente la separación de los desechos es el proceso que sufren los residuos sólidos en la misma fuente generadora, antes de ser almacenados (Ministerio del Ambiente, 2016).

La separación de los desechos consiste en colocar en distintos envases cualquier tipo de desecho que sujeto a ser reciclado, reduciendo en cierto porcentaje el material que es depositado en los rellenos sanitarios (Universidad de Buenos Aires, 2018).

Fundamentalmente la separación de desechos sólidos es una labor que debe realizarse desde el punto de origen, para que posterior a su recolección sean separados de manera correcta y puedan ser aprovechados rápida y fácilmente (Universidad de Buenos Aires, 2018).

Generalmente los desechos sólidos son depositados en tachos de basura de distintos colores que deben ser recolectados de manera diferenciada o en fundas de distintos colores para los residuos que se pueden reciclar y para los que no.

En España, por ejemplo, se separan los desechos en tres recipientes de distintos colores; en Suiza el consumidor separa el vidrio por colores por el simple hecho que el vidrio de color no puede ser transparente luego de ser reciclado y en Noruega todos los productos deben llevar en sus etiquetas información sobre es el recipiente en el que deben ser depositados, logrando que esta nación recicle 460.000 toneladas de desechos de 510.000 que producen anualmente (Planeta Recicla, 2015).

2.1.1.2. Aprovechamiento de residuos sólidos

El aprovechamiento es el proceso a través del cual los materiales recuperados son reutilizados para obtener beneficios sanitarios, ambientales o económicos (Alzate, 2009).

Existen varios mecanismos de aprovechamiento de residuos sólidos, dentro de los cuales se destacan:

- *Reciclaje:*

Es el proceso que consiste en reutilizar materiales desechados teniéndolos como materia prima para transformarlos en nuevos productos. Los materiales a ser reciclados deben estar secos y separados de los demás desechos; también implica cambiar la forma y la función del producto original como, por ejemplo: las botellas plásticas suelen ser utilizadas como bloques para construir casas o macetas en el ornamento de las viviendas, las llantas usadas se utilizan como suelas de zapatos, cartón en forma de tubo para fundir columnas circulares, entre otros (Aristizabal & Sáchica, 2001).

Dentro de las ventajas del reciclaje se encuentra la reducción de la contaminación y el intento de preservar los recursos naturales.

- *Compostaje*

El compostaje es el proceso natural de descomposición de materia orgánica, rica fuente de nutrientes para las plantas que contiene nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y mejora la estructura y las propiedades del suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015).

El compostaje es una técnica que permite a los residuos orgánicos descomponerse para que sirvan de abono y mejoren la calidad tanto del suelo en donde es colocado como de las plantas que absorben estos nutrientes (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008)

Dentro de las ventajas del compostaje está que, al aumentar los nutrientes al suelo para evitar la erosión y la desertificación del mismo, también ayuda a que los dueños de cultivos inviertan menos en fertilizantes de origen químicos. Adicionalmente se debe mencionar que se ha comprobado que los desechos orgánicos compostados de manera adecuada poseen propiedades fitosanitarias, que permiten controlar las plagas de las plantas de manera natural, evitando el uso de plaguicidas químicos (Alvarez, 2008).

- *Lombricultura*

La lombricultura es una técnica que empezó a desarrollarse a finales de los cuarenta en Estados Unidos y consiste en criar lombrices domésticas para obtener abono de estas y mejorar las características fisicoquímicas de suelo (Díaz E. , 2002).

En su gran mayoría los desechos orgánicos como rastrojo, estiércol, cascarilla de café y bagazo son utilizados como insumos agrícolas para suelos que no han sido tratados anteriormente, de forma general cualquier residuo ya sea este vegetal o animal un ambiente propicio para la proliferación de lombrices (Izar, 2014). Las lombrices participan en la aireación, fertilización, formación del suelo y con su humus logran mejorar los aspectos físicos, químicos y biológicos del suelo (Izar, 2014).

2.1.1.3. Recolección y transporte de desechos sólidos

La recolección y el transporte de los desechos sólidos son dos actividades estrechamente ligadas y de las más costosas dentro del proceso del servicio de aseo. Dependiendo de la zona a atender los vehículos recolectores suelen variar en cuanto a sus características; por ejemplo, en las zonas rurales se suelen utilizar camionetas o volquetas para transportar los desechos sólidos a su disposición final; en cambio en las zonas urbanas se utilizan vehículos compactadores que cuentan con una tolva para reducir el volumen de los desechos sólidos.

2.1.1.3.1. Barrido y limpieza

El servicio de barrido y limpieza de las áreas públicas es una labor que se realiza manual o mecánicamente por los empleados de las distintas empresas encargadas del aseo municipal. En la mayoría de las ciudades de Latinoamérica una persona recoge de manera manual de 30 a 90 kg. de basura y puede recolectar de 1 a 2 kg.día⁻¹ de residuos (Rodríguez, 2002), en cambio el barrido mecánico se lo realiza utilizando barredoras mecánicas equipadas de cepillo giratorio, recolectando aproximadamente, 100 ton.día⁻¹ de residuos (Secretaría del Ambiente, 2008).

Generalmente esta actividad se la realiza en las avenidas principales de la urbe y complementa a las actividades de recolección de pie de vereda o de carga lateral.

2.1.1.3.2. Disposición final

La disposición final es la última etapa del manejo de los desechos sólidos que consiste en depositar los DSU recolectados en un sitio apartado de la población que cuenta con instalaciones debidamente equipadas, operadas por personal capacitado, cumpliendo normas ambientales determinadas en donde los desechos sólidos son tratados y enterrados.

Los rellenos sanitarios son sitios aislados en donde los desechos sólidos recolectados son compactados y cubiertos permitiendo su descomposición de manera controlada, estos sitios que usan principios de ingeniería están encargados principalmente de salvaguardar la salud de la población y reducir el impacto ambiental producido por el depósito de desechos sólidos a cielo abierto (del Farra & Ixtaina, 2012).

2.2. Clasificación de la recolección de residuos sólidos.

En términos generales, la recolección de desechos sólidos puede clasificarse en distintos tipos dependiendo de la cobertura que se pretenda tener, los desechos a recolectar y los equipos disponibles que disponibles para la recolección.

Por ejemplo, atendiendo al tipo de residuos a recolectar, puede ser:

- General

Los residuos son recolectados sin discriminar ningún tipo de material, es decir se depositan en el mismo contenedor tanto desechos orgánicos e inorgánicos para ser trasladados hasta su disposición final.

- Selectiva o Diferenciada

Los residuos son recolectados en días distintos o en recipientes diferentes ya que se separan generalmente desde el origen.

Cada vivienda deposita los desechos orgánicos e inorgánicos a ser recolectados, y el sistema de aseo municipal los trata y dispone de manera diferente, incrementando la tasa de desechos reciclados de una manera significativa (Relevo, 2017).

Se disponen contenedores de distintos colores con leyendas específicas que informen a la población que debe depositar en cada recipiente, facilitando su posterior tratamiento. Un ejemplo de este mecanismo es España, ya que pone a disposición de la ciudadanía 5 contenedores de distintos colores en donde se depositan (Relevo, 2017):



Figura 2. Contenedores por color en España

Fuente: (Relevo, 2017).

Por otro lado, se puede clasificar a la recolección según sitio de recolección; entonces:

- Recolección de parada fija o de esquina

Este método consiste en alertar a los pobladores de la urbe haciendo sonar una bocina para que depositen los desechos sólidos en cada esquina de las calles, o los entreguen al camión recolector en el momento indicado (SEDESOL, 2012).

- Recolección puerta a puerta

Este tipo de recolección consiste en sacar las bolsas de basura a la puerta de cada domicilio o local comercial según sea el calendario semanal de recolección; en algunos países se depositan los residuos en contenedores individuales que le pertenecen a cada vivienda que también ayuda a la recolección diferenciada (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2016).

- Recolección mecanizada



Figura 3. *Contenedor de Carga Lateral*

Fuente: (Salamanca, 2015).

La recolección mecanizada utiliza sistemas mecánicos para realizar su labor, se la asocia principalmente con a la recolección de contenedores, utilizados en las zonas altamente pobladas.

Los vehículos que se emplean en la recolección de carga lateral cuentan con un brazo robotizado a su costado derecho o izquierdo para poder vaciar los contenedores en la tolva compactadora, esta acción es controlada por el conductor del vehículo que observa todo el proceso desde la cabina de mando (Salamanca, 2015).

Dentro de los contenedores más utilizados están los de 2.400 y 3.200 litros que debido a su tamaño facilitan a la recolección puntual, además reducen mucho el riesgo de averías por golpes como es el caso de los contenedores móviles.

Estos contenedores cuentan con un pedal lateral que ayuda a abrir las compuertas para depositar los DSU; así mismo tiene dos agarraderas laterales que se usan para que el camión de carga lateral los levante (Salamanca, 2015).

Este sistema se ha venido implementando en las distintas ciudades para beneficiar a los usuarios aumentando la comodidad a la hora de desechar los RSU, también impactan positivamente a la ciudad ya que evita que los desperdicios estén regados por las calles o que se desarrollen plagas por la acumulación de los desechos (Salamanca, 2015).

2.3. Rutas de recolección

Una ruta de recolección de DSU es el recorrido específico que realiza cada vehículo recolector a lo largo de su área de trabajo teniendo como fin almacenar, compactar y

posteriormente transportar los desechos generados por los pobladores a su disposición final (SEDESOL, 2012).

Al realizar la planificación del ruteo, pueden presentarse algunos problemas, estos se pueden clasificar en dos grupos: problemas por vértices y problemas por arcos (Campos, 2015), sin embargo (Díaz D. , 2013) menciona que los problemas de recolección de desechos sólidos se los encuadra dentro los problemas de arcos debido a que la densidad de los puntos es muy alta y se encuentran dispersos a lo largo de los arcos de una red, es decir que los vehículos recolectores deben recorrer todos o parte de los enlaces (arcos o aristas) de un área o grafo.

Este tipo de problemas se los conoce como Problema del Cartero Chino (CPP) que a grosso modo consiste en atravesar un área designada cubriendo todos los nodos presentes en la misma teniendo como origen y llegada un nodo en específico.

Para la planificación de rutas de recolección se debe tomar en cuenta la capacidad de almacenamiento que tienen los vehículos recolectores, según la literatura este problema se denomina *Capacitated Vehicle Routing Problem* cuyo objetivo está en atender a todos los habitantes de un área conocida dispersos geográficamente con una flota de vehículos de capacidad homogénea mismos que se encuentran un centro de acopio o punto de origen (Galindres, Toro, & Zuluaga, 2015).

Por otro lado (Bangala & Osorio, 2011) en su trabajo de titulación mencionan que en la recolección de DSU uno de los problemas que se presenta es *el Green Capacitated Vehicle Routing Problem* (GCVRP) que consiste en partir de un sitio específico con una determinada flota vehicular de capacidad limitada, los cuales deben distribuir sus bienes y servicios a clientes dispersos geográficamente en un área determinada cumpliendo con: maximizar la utilización de volumen de los vehículos, cuidar del combustible consumido por el camión recolector, minimizar

la distancia recorrida en cada viaje realizado por el vehículo así como también minimizar el tiempo y costo de los recorridos realizados.

Otro problema que se acopla a la recolección de DSU es el Problema de Enrutamiento de Vehículos o (VPR). Su objetivo es diseñar la mejor ruta desde uno o varios puntos de partida dirigidos a zonas distribuidas geográficamente, cuyo objetivo es minimizar el coste de transporte basado en la distancia total recorrida y el tiempo de viaje (Daza, Montaya, & Narducci, 2009).

Los problemas por arcos que más se asemejan al sistema de recolección de DSU que maneja EMASEO-EP son los anteriormente descritos ya que los vehículos recolectores se reúnen en un punto específico para partir hacia todos sus lugares de destino, descargan los desechos en las estaciones de transferencia y culminada su labor regresan al punto de origen; cada vehículo cuenta con un horario determinado de operación y son de capacidad limitada tanto los vehículos de carga posterior como los de carga lateral.

2.4. Situación actual y problemática de la recolección de los residuos sólidos en el Ecuador.

En la gran mayoría de los países y particularmente en determinadas regiones, la producción de desechos es una grave consecuencia de la concentración de la población en áreas urbanas, el avance y desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y la búsqueda de un mejor nivel de vida, provocan la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales (Ministerio del Ambiente, 2016).

En el Ecuador se han creado algunas leyes en cuanto a los desechos sólidos no peligrosos. La Constitución del Ecuador del 2008 en el artículo N.º 014 “...reconoce el derecho de la

población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir...” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador , 2008).

De la misma forma en el artículo N.º 0264, dentro las competencias de los Gobiernos Municipales se otorgan: “*...prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, recolección y manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley*” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador , 2008).

En cuanto al Acuerdo Ministerial N.º 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), conforme al artículo N.º 066 sobre la Recolección y Transporte otorga la responsabilidad a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales la recolección de los residuos y/o desechos sólidos no peligrosos tomando en cuenta (Ministerio del Ambiente, 2015).:

- La recolección de los DSNP se hará mediante mecanismos de recolección manual, mecanizada y semi-mecanizada.
- Se debe establecer la recolección de DSNP de tal forma que no propicien condiciones adversas a la salud y contaminen el ambiente.
- Durante la recolección los operarios deberán evitar que existan lixiviados o residuos de DSNP en la vía pública.

Finalmente la Ordenanza Metropolitana N.º 0332, establece como fines del sistema de gestión integral de residuos sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito, la reducción de residuos

sólidos desde la fuente de generación; el fomento de la organización social mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos, el establecimiento de mecanismos e instrumentos para apoyar programas metropolitanos que promuevan las buenas prácticas de producción, manejo y separación, comercio, reconversión y reciclaje, consumo, eliminación y disposición de los residuos en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito (Consejo Metropolitano de Quito, 2010).

Dentro de las principales competencias de las municipalidades está el asegurar la salud, bienestar y calidad de vida de la población, sin embargo, el Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe analiza y menciona que una de las grandes limitaciones identificadas es la falta de capacidad institucional de las mismas para identificar, desarrollar e implementar planes y programas locales de manejo de residuos sólidos. Los GADM han procurado brindar la atención a sus pobladores dentro de lo que sus posibilidades presupuestarias anuales les permiten; pero existen algunas limitaciones que influyen al cumplimiento de esas labores como, por ejemplo (Tello, Martínez, Daza, Soulier, & Terraza, 2010):

- Falta del soporte sectorial sobre la base del conocimiento del servicio de aseo urbano.
- Escasez de personal especializado y capacitado acerca del manejo de residuos sólidos.
- Carencia de unidades especializadas en manejo y gestión de residuos sólidos.
- Bajos ingresos tributarios (municipalidades pequeñas).

Dentro del país una de las empresas que menos problemas de recolección ha presentado a nivel nacional es la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca EMAC -EP que debido a la calidad de su servicio mantiene la certificación ISO 9001 (EMAC-EP, 2016).

La Unidad de Recolección de EMAC-EP recolecta diariamente una cantidad aproximada de 394 toneladas de DSU; el promedio de desechos que cada habitante de la zona urbana genera es de 0,542 kg. día⁻¹, cuya disposición final es el relleno sanitario Pichacay (EMAC-EP, 2016).

Asimismo, el GADM de Cuenca cuenta con recolección diferenciada, es decir que los residuos se separan desde el origen, las fundas negras se recolectan de lunes a sábado y las fundas celestes los miércoles y jueves. Los desechos permitidos por cada funda son (EMAC-EP, 2016):

Fundas Negras:

- *Restos orgánicos y de alimentos:* Cáscaras de vegetales y frutas, restos de alimentos y desechos de animales.
- *Vajilla y empaques descartables:* Tarrinas, platos, vasos, sorbetes, empaques de tortas y envases descartables de espuma-flex.
- *Basura de baño:* Papel higiénico pañales desechables, toallas higiénicas tubos de pasta dental, afeitadoras.
- *Restos inertes:* Colillas de tabaco, restos de cerámica, madera, tela, polvo y basura de barrido
- *Fundas plásticas ruidosas:* snacks, fideos, envolturas de golosinas.

Fundas Celestes:

- *Plásticos rígidos y duros:* Utensilios de cocina, tachos plásticos, armadores de ropa, restos de muebles, platos plásticos, jabas, juguetes, cajas de CD's y otros.
- *Envases plásticos y cubiertos:* Botellas de gaseosas, envases de yogurt, envases de jugos, shampoo, cosméticos, cubiertos de plástico, botellones, tarrinas, piolas y otros.
- *Plásticos Suaves:* Fundas plásticas de halar, fundas de leche, fundas de alimentos, plásticos para empacar alimentos o bebidas, plásticos para envolver maletas y otros.
- *Papel y cartón:* Cuadernos, libros, revistas periódicos, cajas, bandejas de huevos, fundas de cemento envases tetrapack papel picado y otros.
- *Chatarra y artículos electrónicos:* Piezas de cobre, bronce o aluminio como: alambres, enseres metálicos de cocina, ollas, cucharas, electrodomésticos y otros.
- *Aluminios y latas:* envases de aerosol, envolturas papel aluminio, envases de alimentos, latas de bebidas, y otros.

Para el cumplimiento del reciclaje se impartió la Ordenanza Municipal que Regula la Gestión Integral de los Desechos y Residuos Sólidos en el Cantón Cuenca la cual destaca de manera obligatoria que los habitantes deben clasificar los desechos para favorecer y agilizar las actividades de reducción, recolección, tratamiento, reutilización y reciclaje de desechos sólidos; también menciona que los ciudadanos deben conocer y respetar los horarios, las frecuencias y demás disposiciones para la recolección de los desechos por parte de la EMAC-EP (Consejo Cantonal de Cuenca, 2010).

Así mismo se ha creado una Patrulla Ambiental de la EMAC-EP que verifica el cumplimiento de la Ordenanza; también se imparten multas que van desde los 20 dólares a

ciudadanos que arrojan desechos en la calle o sacan la basura fuera del horario incluidos aquellos que no reciclan (El Tiempo, 2010).

Otro de los GAD Municipales que cuenta con un sistema de integral de manejo de desechos sólidos es la Municipalidad de Loja.

Dentro del GAD Municipal la Dirección de Higiene es la encargada de (Dirección de Higiene Municipal, 2017):

- Recolectar y transportar los residuos sólidos producidos por los hogares.
- Diseñar rutas, frecuencias y horarios de recolección de la urbe.
- Promover la clasificación de los desechos desde los domicilios
- Limpiar las calles y avenidas de todo el cantón.
- Impartir campañas de concienciación a los habitantes sobre la generación, manejo, diferenciación y disposición final de los DSU.

En 2014 se expidió la Ordenanza Reformatoria del Código Municipal de Higiene y Abasto en cuyo Capítulo I, Sección III, Artículo 166 se precisa que: “...*las personas que fueren sorprendidas in fraganti arrojando basura fuera de los lugares autorizados, o que luego de la investigación respectiva fueren identificados como infractores, serán sancionados con la multa de 0.5 a 30 unidades de valor constante, dependiendo del volumen de basura expulsada ilegalmente*” (Municipio de Loja, 2014).

En la misma sección el Artículo 169 se especifica que: “*serán sancionadas las personas que almacenen basura en recipientes inadecuado o quien mezcla la basura y no la separe cuando exista esa disposición por parte de la Dirección Municipal de Higiene*” (Municipio de Loja, 2014).

Adicionalmente en 2016 Israel Lima, jefe de Saneamiento Ambiental, manifestó que clasificar correctamente los desechos sólidos ayuda a que el trabajo de la planta de tratamiento a realizar su trabajo de manera más rápida. También se capacita de manera constante a los estudiantes de las unidades educativas de toda la ciudad para que separen los desechos desde sus casas y conozcan sobre el tratamiento de los DSU (Municipio de Loja, 2016).

Loja es tomada como un referente a nivel nacional en innovación y desarrollo en cuanto a reciclaje de DSU. El GADM de Loja juntamente con la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (ASEPLAS) han socializado el proyecto de utilizar fundas oxo-biodegradables las cuales se descomponen en un tiempo aproximado de 6 meses en lugar de utilizar las fundas de poliéster, proponiendo así la utilización de elementos amigables con el ambiente y facilitando la vida de la población (Municipio de Loja, 2017).

Pero en el país también existen municipalidades que presentan inconvenientes al momento de recolectar los DSU dentro de su jurisdicción; un ejemplo de esto es la Municipalidad de Guayaquil.

La empresa encargada de la recolección de desechos sólidos es Puerto Limpio, la cual establece los horarios, las zonas y frecuencias de recolección, los equipos necesarios para su labor cumpliendo las exigencias del Municipio de Guayaquil (Puerto Limpio, 2017).

La empresa recolecta casi 4.200 toneladas de basura al día, trabajando los 7 días de la semana, pero el servicio de recolección de DSU no arroja buenos resultados. Según el informe de veeduría entregado por Puerto Limpio en 2017 se informa que las zonas de clase media y media alta generan aproximadamente 395 toneladas de DSU, muchos de estos barrios reciben recolección diariamente, sin embargo en los barrios del sur y suroeste se producen alrededor de

955 toneladas de desechos sólidos y solo se los recolecta tres veces a la semana, remarcando la desigualdad social en la ciudad (Hidalgo, 2017).

Otro de los inconvenientes que presenta la ciudad es la contaminación de los estuarios; paulatinamente el agua se ha tornado de negra a verde por la presencia de escombros, desechos domiciliarios, etc., incontables veces las fundas de basura son colocadas en calles ubicadas en pendientes, que posteriormente terminan en los estuarios. Dentro de los sitios más contaminados son La Chala, Las Ranas, Mogollón y Puerto Lisa (El Telégrafo, 2018). A causa de la acumulación de desechos existe la presencia de plagas como mosquitos del dengue, ratas, grillos, cucarachas, entre otros, mismos que afectan a la población en especial a los niños

Para solucionar estos problemas, desde 2003 el Municipio de Guayaquil ha contratado a Visolit S.A., empresa que cuenta con 17 embarcaciones y aproximadamente 100 hombres que son los encargados de extraer toneladas de basura al día de los estuarios, pero esta labor no es suficiente ya que existen sectores de la ciudad que no cuentan con un eficiente sistema de recolección tradicional o contenerizada y cuyos desechos son depositados en los estuarios constantemente (El Universo, 2016).

2.5. Recolección en Quito

Por medio de la Ordenanza Metropolitana N.º 0309, aprobada el 16 de abril del 2010, se establece que la Empresa Pública Metropolitana de Aseo, es la encargada del barrido, recolección y transporte de todos los residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos del Distrito Metropolitano de Quito (EMASEO-EP, 2016). Esta empresa ofrece los siguientes

servicios a la comunidad como se muestra en la **Figura 4**. Servicios de recolección que brinda EMASEO-EP al DMQ.:

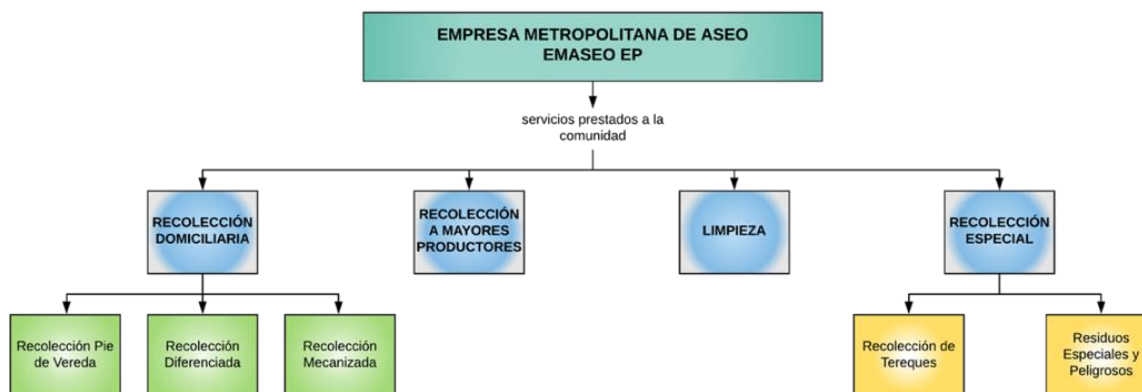


Figura 4. Servicios de recolección que brinda EMASEO-EP al DMQ.

Fuente: (EMASEO-EP, 2016).

2.5.1. Recolección Domiciliaria

Recolección de Pie de Vereda: el servicio brindado por EMASEO-EP consiste en recolectar los desechos domésticos de las casas por las calles y avenidas de la ciudad de Quito; esta labor es realizada tanto diurna como nocturnamente con frecuencias de lunes, miércoles y viernes como primera frecuencia y martes, jueves y sábado como segunda frecuencia (EMASEO-EP, 2016).

Recolección Diferenciada: a ciertos barrios de la urbe se ofrece recolección diferenciada a pie de vereda, a los pobladores de estos barrios se les solicita que separen los residuos reciclables generados desde la fuente y que los ubique al pie de la vereda los días señalados, brindando una oportunidad de trabajo a los recicladores. Los barrios que reciben este servicio son: El Vergel, Ciudad Jardín, Terranova, 23 de mayo, Mariscal Ayacucho, Balcones del Norte, Urb. El Condado, Quito Tennis, Monteserrín, Amagás del Inca, Colinas del Pichincha, Ñaquito Alto, Pinar Alto, El Bosque, Jacarandá, San Juan, Miravalle, Pillagua (EMASEO-EP, 2016).

Recolección Mecanizada: Para implementar este sistema de recolección EMASEO-EP ha realizado un análisis técnico en el cual se han puesto como prioridad los barrios que podrían convertirse en puntos críticos para botadero de basura. En 2015 EMASEO-EP arranca con su tercera etapa de contenerización equipando al DMQ cuenta con 4520 contenedores distribuidos en ciertas zonas, abasteciendo a aproximadamente 1'000.000 de habitantes de la capital (EMASEO-EP, 2016).

2.5.2. Recolección a Mayores Productores

Se entiende como mayores productores a los establecimientos que generan grandes cantidades de residuos sólidos, tal es el caso de: mercados, centros comerciales, universidades, industrias en general; estos deben depositar sus residuos en contenedores móviles para que un camión recolector de carga frontal pueda realizar su labor. Actualmente EMASEO-EP cuenta con 19 rutas de recolección, abasteciendo a aproximadamente 600 establecimientos (EMASEO-EP, 2016).

2.5.3. Limpieza

Se brindan servicios como:

Baterías Sanitarias

Existen 15 baterías sanitarias semifijas que se encuentran en el Centro Histórico a las cuales se les da mantenimiento; adicional a esto también se encuentran disponibles el alquiler de 25 baterías móviles en caso de eventos públicos o privados (EMASEO-EP, 2016).

Limpieza de eventos públicos

EMASEO-EP brinda servicios de limpieza en eventos públicos y privados antes, durante y después de los mismos, abasteciéndolos de tachos y personal de limpieza para cada evento (EMASEO-EP, 2016).

Limpieza de mercados

EMASEO-EP a través de su gestión trata de crear conciencia en los comerciantes para mantener su espacio de trabajo limpio y libre de desechos acumulados. Periódicamente se programa el servicio de hidro lavado, buscando la higiene, seguridad, salubridad, mejoramiento de imagen y conciencia ambiental de comerciantes y compradores.

Barrido Manual

La empresa cuenta con 282 personas encargadas del barrido manual de calles, parques, plazas de residuos inorgánicos del DMQ. Se ofrece el servicio de barrido manual en el Centro Histórico tres veces al día teniendo como cifras que cada trabajador recorre cerca de 2,5 km. al día (EMASEO-EP, 2016).

2.5.4. Recolección Especial

Recolección de Tereques: Todos los domingos de cada mes la empresa brinda este servicio de manera gratuita, teniendo como objetivo el evitar que los residuos voluminosos sean depositados en las calles, avenidas y terrenos baldíos de la ciudad. Se recolectan muebles viejos, electrodomésticos, llantas usadas y residuos de construcción o poda (EMASEO-EP, 2016).

Residuos Especiales y Peligrosos: A través de la Secretaría del Ambiente y el programa Quito a Reciclar, EMASEO-EP puso a disposición de la ciudad contenedores especiales para separar residuos peligrosos de la basura domiciliaria. Se cuenta con 20 contenedores dispuestos en entidades publicas, privadas, parques y plazas, en los cuales se especifica que desechos ha de depositarse (EMASEO-EP, 2016).

Adicionalmente y según la Ordenanza N.º 0332 dentro de las competencias de las Municipalidades está en determinar las macro y micro rutas de recolección, por tanto:

2.6. Macro Rutas de recolección

Se entiende por macro rutas a la división de las ciudades en sectores operativos, así como también a la determinación de la cantidad de camiones recolectores que abastecerán a las mismas. Principalmente se trata de establecer el tamaño de las rutas de tal forma que estas sean uniformes para que el vehículo recolector realice el mismo trabajo indistintamente de la ruta a la que ha sido asignado (Márquez, 2010).

Como parte de la división de manera homogénea se procura particionar el territorio tomando en cuenta las características topográficas, la producción de los desechos sólidos, así como también los distintos accidentes geográficos presentes (Díaz D. , 2013).

Por otro lado en la Ordenanza Metropolitana N.º 0332 aprobada el 9 de noviembre de 2010 se define a la macro ruta como la división geográfica homogénea del territorio para distribuir los equipos de recolección; así mismo en el artículo 16 del Subcapítulo IV de la misma ordenanza se especifica que la empresa encargada del transporte y recolección de los desechos sólidos generados establecerá el recorrido que deben seguir los vehículos recolectores; de la

misma forma deberán impartir capacitaciones e inducciones al personal abordando el tema de la división del territorio y los vehículos dispuestos por zonas entre otros (Consejo Metropolitano de Quito, 2010).

Para la creación de las macro rutas se debe tener en consideración principalmente (Henao & Piedrahita, 2015).

- Las rutas no deben traslaparse.
- Establecer rutas y horarios de recolección fijos para lograr mayor cooperación de la comunidad.
- Se debe procurar un diseño regular, aunque muchas veces las macro rutas se ven modificadas por la presencia de accidentes geográficos, las dimensiones de las calles, entre otros

Por otra parte, mediante Ordenanza Metropolitana N.º 0309, sancionada el 16 de abril del 2010, se crea la Empresa Pública Metropolitana de Aseo EMASEO-EP, con el objeto de operar el sistema de aseo del DMQ dentro de las actividades de barrido y recolección de residuos sólidos.

El la **Figura 5.** se muestra la forma se encuentran estructuradas los horarios y frecuencias de recolección de DSU.

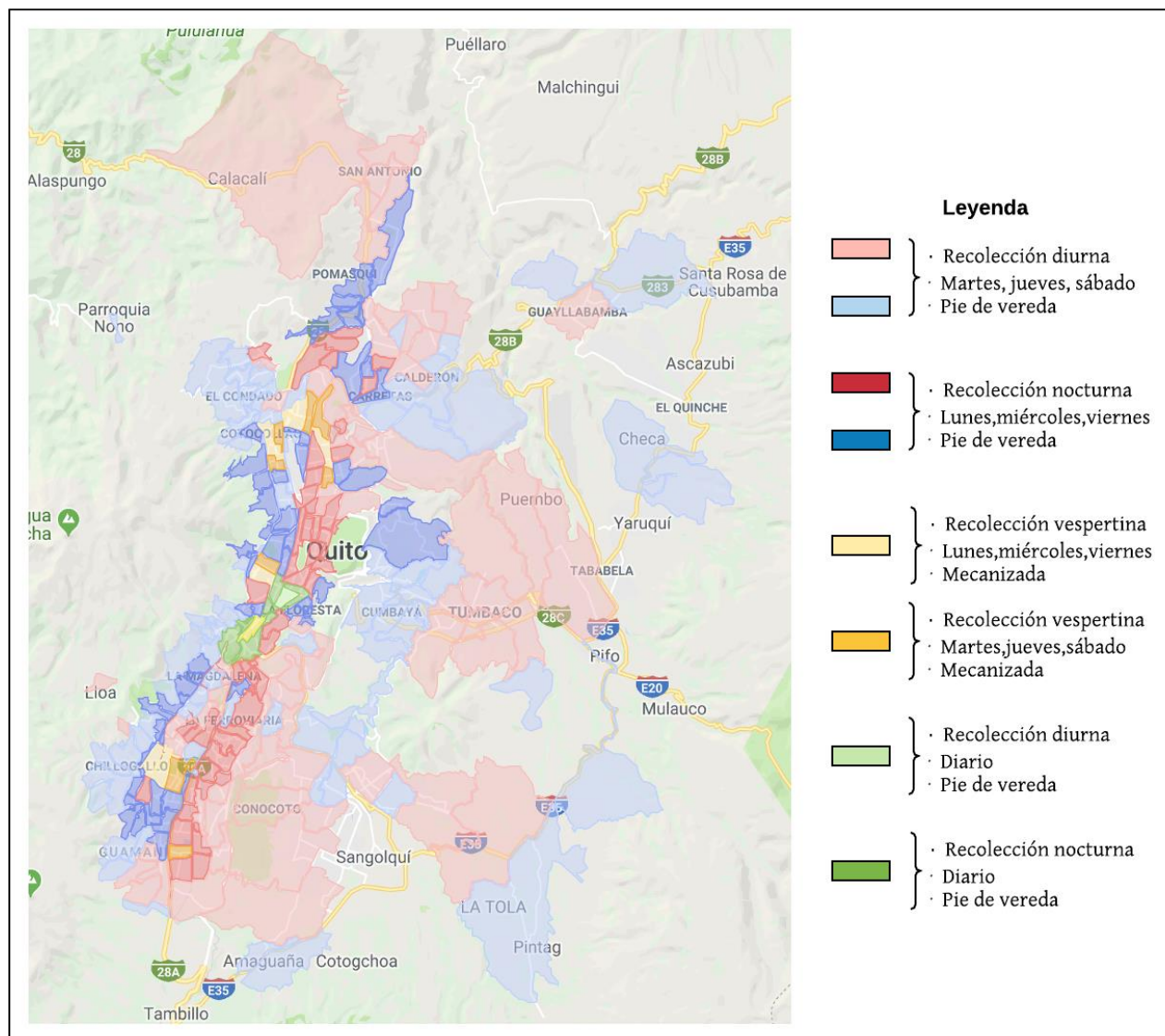


Figura 5. Frecuencias y Turnos de Recolección de DSU.

Fuente: (EMASEO-EP, 2016).

Para la división de la ciudad se ha tomado en cuenta la Av. 10 de Agosto en el norte y la Av. Morán Valverde en el sur estableciendo así que la recolección de DSU del Este de la ciudad se los realiza de manera diurna los días martes, jueves y sábado; de la misma manera la recolección de la parte oeste de la ciudad se lo realiza en turnos nocturnos los días lunes, miércoles y viernes (Díaz D. , 2013).

Habiendo establecido las frecuencias se consideran la Av. Mariscal Sucre y la Av. Oriental para determinar los horarios de recolección teniendo que las rutas ubicadas dentro de estas avenidas se recolectan nocturnamente y las rutas que se encuentran fuera de las mismas se recolectan de manera diurna (Díaz D. , 2013).

Según las divisiones de EMASEO-EP dentro de la parroquia La Ecuatoriana se encuentran 7 subdivisiones denominadas:

- La Estancia - Manuelita Sáenz
- Ciudadela Ibarra
- Girón Sur 2
- Martha Bucaram
- Mariscal Sucre - Chillogallo 2
- La Ecuatoriana
- Santospamba - El Tránsito

2.7. Micro Rutas de recolección

En la Ordenanza Municipal N.º 0332 se definen a las micro rutas como el trayecto detallado de los camiones recolectores a nivel de calles y manzanas dentro de una macro ruta anteriormente establecida (Consejo Metropolitano de Quito, 2010).

Por otro lado (Henaó & Piedrahita, 2015) explican que las micro rutas son el trayecto específico que deben cumplir los camiones recolectores en las áreas del territorio donde han sido asignados con el objetivo de recolectar de manera adecuado los desechos generados por los mismos.

Para definir una micro ruta se debe tener en cuenta los siguientes aspectos (Márquez, 2010):

- Sitio de disposición final de los DSU.

- Parqueadero de los vehículos recolectores.
- Sentidos de circulación vehicular.
- Hora de mayor cantidad de tránsito y congestión vehicular.
- Topografía del sitio.
- Vías transitables y no transitables por el vehículo recolector.
- Tipo de trazo de rutas.

El objetivo de las micro rutas es la recolección de los DSU generados por la población de dicha zona en el menor tiempo posible (Gutiérrez, 2008).

Para diseñar las micro rutas se pueden tomar en cuenta algunos métodos, como, por ejemplo, la experiencia del equipo de diseñadores de estas y de su conocimiento sobre el área de estudio, el tiempo que se demora un vehículo recolector en realizar su trabajo o la cantidad de desechos que puede haber en los distintos días de recolección. También se emplean métodos que se basan en modelos de redes, prediseños que deben ser comprobados en campo (Gutiérrez, 2008).

Por otro lado se sabe que los problemas de rutas son de los inconvenientes más frecuentes que aquejan a la logística de transporte, ya que siempre se busca la reducción de recursos (costes, vehículos, tiempo) dentro de un conjunto de rutas a ser atendidas por una determinada flota de vehículos que deben abastecer de su servicio (de recogida/de entrega/o ambas) a un grupo de personas determinado en un área de trabajo asignado (Campos, 2015).

2.8. Criterios para implementar un sistema de recolección de Carga Lateral

Para implementar el sistema contenerizado las municipalidades deben inicialmente verificar las propiedades de las calles en donde se va a establecer este servicio. Adicional a esto

se debe tener muy claro la cantidad de personas a las cuales se va a servir y la cantidad de desechos que estas producirán, para posteriormente definir el tipo de contenedor a utilizar y cuantos contenedores son necesarios para abastecer el área estudiada (Salamanca, 2015).

Para contenerizar un área urbana según (Ochoa, 2016) se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los contenedores deben estar ubicados a la derecha en el sentido del tránsito.
- De tener aceras amplias los contenedores serán dispuestos sobre las mismas, caso contrario se los colocará en la calzada ocupando el espacio de un auto estacionado.
- Se evita ubicar los contenedores en esquinas que obstaculicen la visión vehicular, así como también bajo ventanas o balcones que puedan ocasionar accidentes con el brazo mecánico del vehículo contenedor.
- Se prescinde la colocación de contenedores en lugares donde se dificulte la maniobrabilidad de los equipos de carga lateral, sea, por ejemplo, por la presencia de cables a baja altura, árboles, etc.
- El ancho de las vías adecuado para que el camión de carga lateral transite y realice su labor es de 5 metros como mínimo.
- Se descartan las vías en donde el camión contenedor deba dar giros en U, o pasajes muy angostos.
- Se establece que la distancia entre cada contenedor puede variar entre 100 m a 130 m sin afectar el grado de utilización por parte de los usuarios.

- Se descartan vías cuya pendiente sea muy pronunciada; se considera que el pendiente límite es de 10% para evitar que el camión recolector trabaje de manera sobrecargada
- El pedal del contenedor siempre debe quedar hacia la acera.
- Para la ubicación de los contenedores se debe dar preferencia a espacios baldíos y parques, debido a que, al ser espacios no utilizados en el primer caso y públicos en el segundo, se reduce el nivel de objeción que puede tener la ubicación de un contenedor. Por otra parte, usualmente los terrenos baldíos y parques son centros de acopio de basura (microbasurales), por lo que al ubicar contenedores en estos lugares se soluciona este problema y se aprovecha la costumbre la gente de colocar la basura allí.

En su informe (Salamanca, 2015) menciona que:

- Si en la zona a implementar la recolección de carga lateral existiese calles contenerizadas previamente, se deberá respetar la disposición y ubicación de los contenedores para evitar que los moradores cambien los hábitos de utilización de estos.
- La distancia máxima del usuario al contenedor debe ser de 100 metros a 130 metros entre cada contenedor.
- Se recomienda colocar los contenedores en viviendas que posean paredes amplias, veredas anchas, donde no obstaculicen accesos peatonales o de vehículos.
- Los contenedores necesarios para abastecer a moradores de conjuntos habitacionales o multifamiliares deberán ser ubicados fuera de sus instalaciones, teniendo como objetivo brindar comodidad a los operadores de los vehículos recolectores, y evitando malos olores dentro de la zona residencial anteriormente mencionada.

- Siempre que sea posible, se sugiere colocar los contenedores en confluencias de calles; para poder brindar este servicio a más gente y utilizando menos contenedores.
- Se debe evitar colocar contenedores:
 - Sobre las aceras cerca de espacios designados para parqueaderos de autos.
 - En medio de dos espacios señalizados para estacionar autos, es decir que el contenedor quede ubicado entre dos autos.
- Es conveniente apartar los contenedores:
 - Al menos 5 metros de los pasos peatonales, pasos cebra o semáforos.
 - De las paradas señalizadas de autobuses urbanos, de entradas y salidas de peatones en estaciones de transferencia de transporte público.
- Se sugiere verificar que los contenedores estén ubicados de tal manera que no obstaculicen la visibilidad de los peatones para cruzar la calle en un paso cebra, así mismo no deben impedir la visibilidad de señales de tránsito tanto verticales como horizontales.
- Se debe tomar en cuenta espacios libres de cualquier obstáculo como árboles frondosos, aleros, balcones. En caso de que haya presencia de los mismos se debe considerar un espacio libre de 4,50 metros por encima del nivel de la acera para que el brazo mecánico del camión recolector opere sin ningún inconveniente.

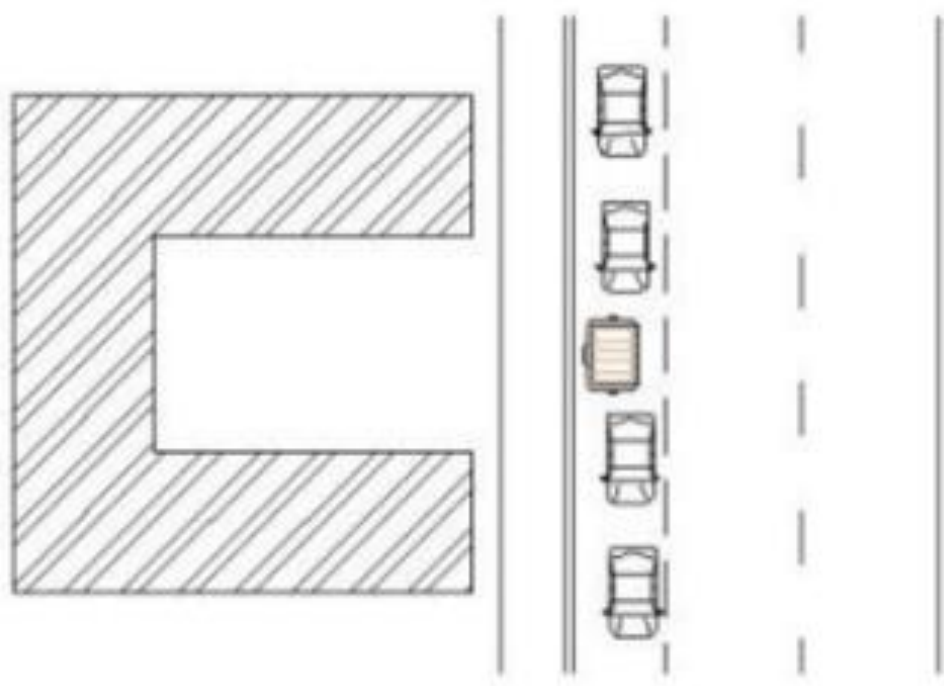


Figura 6. Lugar apto para colocar un contenedor

Fuente: (Salamanca, 2015).

Además, en el Distrito Metropolitano de Quito se han expedido Ordenanzas Municipales para la conservación y buen uso de los contenedores dispuestos en el la urbe. Por ejemplo, en la Ordenanza N.º 0213 en la Sección VII, Art. II.357.2, numeral 3, de Contravenciones de Tercera Clase y sus Sanciones se especifica que se castigará con una multa de 1 salario básico unificado a las personas que destruyan contenedores, papeleras o mobiliario urbano instalado para la recolección de desechos (Consejo del Distrito Metropolitano de Quito, 2007)

Adicionalmente en la Ordenanza N.º 0332, Sub Sección V, Art. 24, se menciona que en las zonas donde se ha establecido la recolección de carga lateral, los usuarios están en obligación de trasladar los DSU a los mismos, y que en caso de que existan urbanizaciones, barrios o conglomerados en donde los camiones de carga lateral no pudieren ingresar, los usuarios se verán

obligados a llevar los DSU hasta donde la entidad encargada del aseo crea conveniente (Consejo Metropolitano de Quito, 2010).

2.9. Indicadores

2.9.1. Promedio de Personas por Hogar

Según (INEC, 2010) se define como hogar a la unidad social conformada por una o un grupo de personas que se juntan en el mismo alojamiento y comparten la misma comida, es decir que es un conjunto de personas que residen en la misma vivienda, unidas por lazos de parentesco y que cocinan en común para todos los miembros.

De esta manera para el presente estudio se utilizó el Promedio de Personas por Hogar que es el Número total de habitantes según la División Político Administrativa versus el total de hogares censados. Para el presente estudio de titulación el Promedio de personas por Hogar es de 3,8 personas.

2.9.2. Producción Per Cápita de Residuos Sólidos

Tal como lo especifica la Constitución de la República del Ecuador y en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, los GADs cumplen una importante labor al generar información ambiental dentro de sus jurisdicciones por medio de la prestación de servicios básicos como agua potable, alcantarillado, manejo y gestión integral de los desechos sólidos producidos, entre otros (INEC, 2014). Con ayuda del Instituto Nacional de Estadística y Censos se ha logrado determinar algunos indicadores; de esta manera el Índice de Producción Per Cápita de Residuos Sólidos (PPCRS) es la relación de los procesos de producción, consumo y la población del país, es decir es “la razón entre la evolución del balance de residuos, visto desde la perspectiva de la oferta frente a la evolución demográfica de todo el

territorio nacional dada en el periodo definido que para este indicador es anual” (INEC, 2014, p. 3).

Para el presente trabajo de titulación y como lo especifica el Ministerio el Ambiente en su Ficha Informativa del proyecto K009 el PPCRS es de $0,73 \text{ kg} \cdot (\text{dia} \cdot \text{año})^{-1}$ (MAE, 2018).

2.10. Herramientas de Sistemas de Información Geográfica

2.10.1. Network Analyst

ESRI quien es proporciona dentro de su Sistema de Información Geográfica ArcGIS la extensión Network Analyst misma que brinda un análisis especial basada en redes de reparto, servicios más cercanos, áreas de atención de un servicio, etc. Esta herramienta permite modelar de manera más real las condiciones de funcionamiento de una red, y construir redes partiendo de datos geográficos (Aguirre & Dimas, 2016).

Esta herramienta utiliza modelos de datos de red de transporte configurable, los cuales permiten representar de manera específica los requerimientos y restricciones de sus redes. Hace posible planificar las rutas de toda una flota vehicular, calcular los tiempos de conducción, encontrar el área en la cual un servicio es útil, tener en cuenta a cuanta población se beneficiaría de la colocación de un servicio en específico, entre otros (ESRI Australia, 2018).

2.10.2. Densidad de Kernel

En el portal de (ESRI, 2018) se menciona que: “para el análisis de densidad se toma cantidades conocidas de algunos fenómenos y se las expande a través del paisaje basándose en: la cantidad que se mide en cada ubicación y la relación espacial de las ubicaciones de las cantidades medidas” adicionalmente se destaca que: “ la herramienta de densidad de Kernel sirve para calcular la densidad de las entidades en la vecindad de las mismas.”

Es posible trabajar con información tipo punto o línea y como resultado se tendrá un *shape* tipo *raster*.

2.10.3. TIN (Triangulated Irregular Network)

Las redes irregulares de triángulos han sido utilizadas para expresar de manera digital la morfología del terreno. Los TIN son una forma de datos geográficos que se basan en vectores los cuales son se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (ESRI, 2018)

Las aristas de los TIN son triángulos adosados unos con otros que se utilizan para visualizar entidades importantes como montañas, arroyos, hundimientos, etc. (ESRI, 2018).

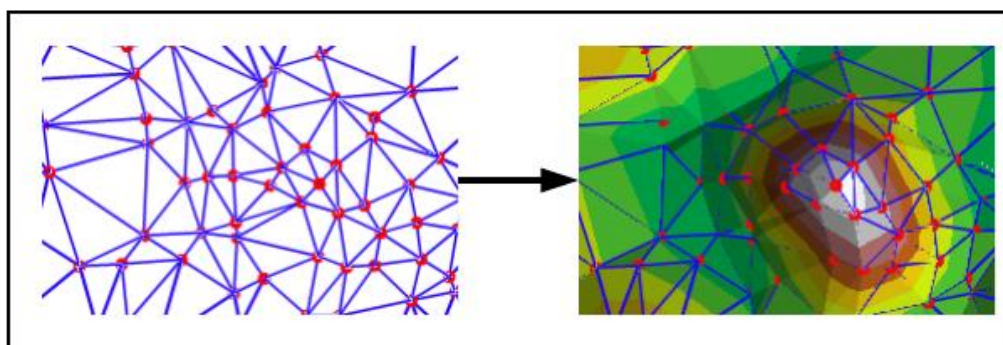


Figura 7. Triangulated Irregular Network

Fuente: (ESRI, 2018).

Para realizar un TIN se requiere que las unidades estén en metros o pies, ya que las triangulaciones de Delaunay no son válidas cuando hay datos con coordenadas angulares, y usualmente son utilizadas donde se requieran estudios de planimetría, determinación de área de ciertas superficies, entre otras (ESRI, 2018).

2.10.4. DEM (Digital Elevation Model)

Miller y Laflamme en 1958 en su trabajo de investigación desarrollado en Massachusetts definen al DEM como “una representación estadística de la superficie continua del terreno mediante un número puntos con coordenadas (x,y,z) conocidas en un sistema de coordenadas”

Es decir que el DEM representa los valores de las alturas que se encuentran sobre el nivel medio del mar buscando caracterizar los accidentes geográficos propios del terreno (INEGI, 2018).

Los DEM son utilizados para estudios de ingeniería civil o en ciencias de la tierra, ya que la forma del terreno y sus accidentes geográficos son de interés cartográfico, geológico, e hidrológico. A partir de este se pueden derivar otras representaciones de interés como, por ejemplo, conocer la morfología del terreno (MDT) o la vegetación presente en el área de interés (MDS); además a partir de estos es posible obtener datos de apoyo como curvas de nivel, mapas de pendientes, puntos acotados de altura, entre otros (INEGI, 2018).

2.11. Aplicaciones SIG usadas en el Levantamiento de Campo

ArcGIS ahora ofrece algunas aplicaciones que permiten optimizar tiempo y recursos, desde la fase de diseño, hasta el análisis y la materialización de la información como producto final. Ahora existen algunas aplicaciones que sirven para capturar datos en campo como son:

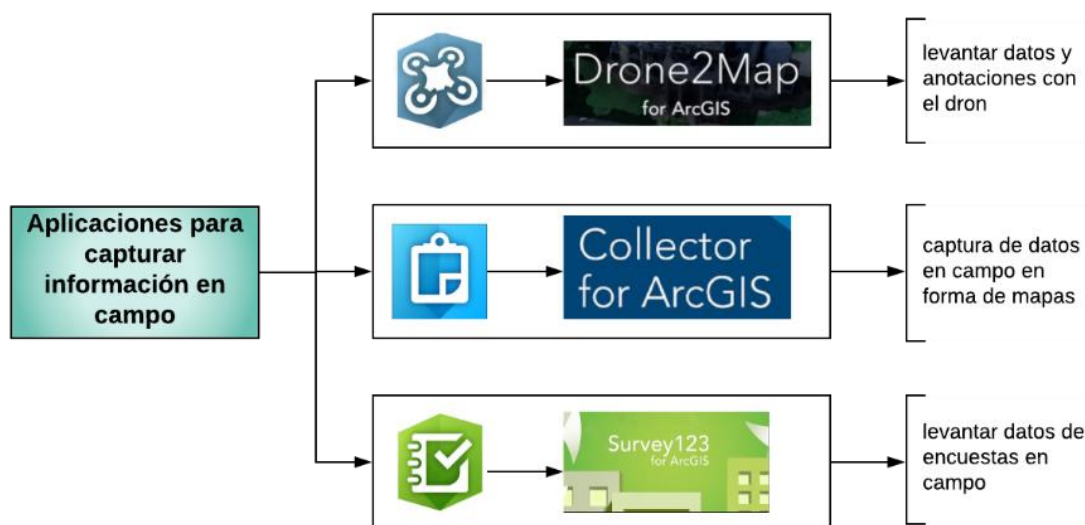


Figura 8. Aplicaciones para Capturar Información en Campo

Para el presente trabajo de titulación se utilizará *Collector for ArcGIS* ya que dentro de sus múltiples ventajas es posible adjuntar fotografías o videos en cada entidad facilitando la documentación de las distintas características del área de estudio a levantar, esta aplicación también permite editar tablas relacionadas con las capas introducidas en la misma (ESRI-España, 2017).

Adicionalmente es posible manejar entidades tipo punto, línea o polígono como en cualquier ordenador portátil o PC, también es posible conectar un receptor GPS de alta precisión y obtener datos con altas precisiones (ESRI-España, 2017).

Adicionalmente la aplicación permite capturar información, modificar y guardar datos *off line* contando en el dispositivo móvil con mapas base y los *feature services* necesarios, luego del levantamiento y disponiendo de internet se sincroniza la información y se convierte en información disponible en nuestra PC (ESRI-España, 2017).

La aplicación está disponible para Android y IOS de manera gratuita y los requerimientos para funcionar en un dispositivo móvil son principalmente:

- Android 4.2 (Jelly Bean) o posterior
- Procesador: ARmv7 o posterior, o bien x86
- Compatibilidad con OpenGL ES 2.0
- Soporte de ubicación precisa (GPS y basada en red)



Figura 9. Collector for ArcGIS

Fuente: (ESRI, 2018).

2.12. Áreas de Servicio

Un área de servicio de red es una región que abarca todas las calles a las que se puede acceder dentro de una distancia determinada o el tiempo de viaje desde una o más instalaciones.

Las áreas de servicio comúnmente se utilizan para visualizar y medir la accesibilidad. Por ejemplo, un polígono de tiempo de recorrido de tres minutos alrededor de una tienda de comestibles puede determinar qué residentes son capaces de llegar a la tienda en el transcurso de tres minutos y, por lo tanto, tienen más probabilidades de comprar allí (ESRI, 2018).

En su blog (ESRI, 2018) menciona que por medio de la extensión *Network Analyst* se puede encontrar áreas de servicio ubicadas cerca de cualquier ubicación de una red, es decir que un área de servicio es una región que logra abarcar todas las vías accesibles.

Las áreas de servicio muestran como varía la accesibilidad a cierto servicio debido a que están en función de los valores de impedancia, así mismo, luego de crear los polígonos concéntricos se puede determinar la superficie de terreno, el número de personas a las cuales se les beneficiaría con el servicio de interés, etc. (ESRI, 2018).

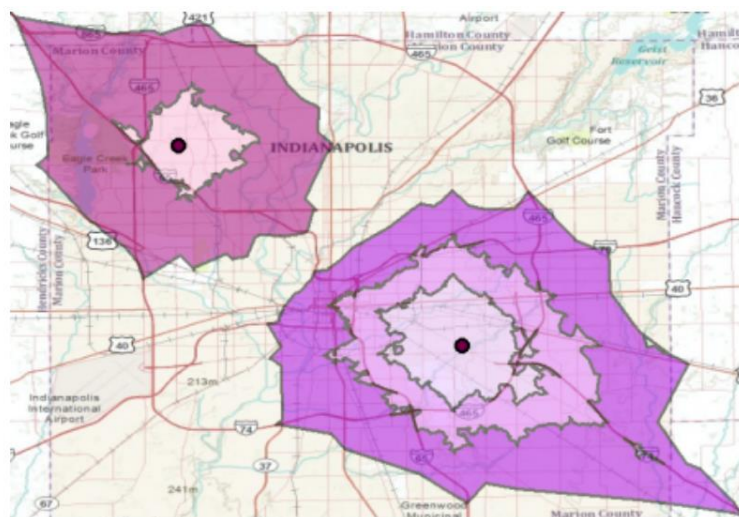


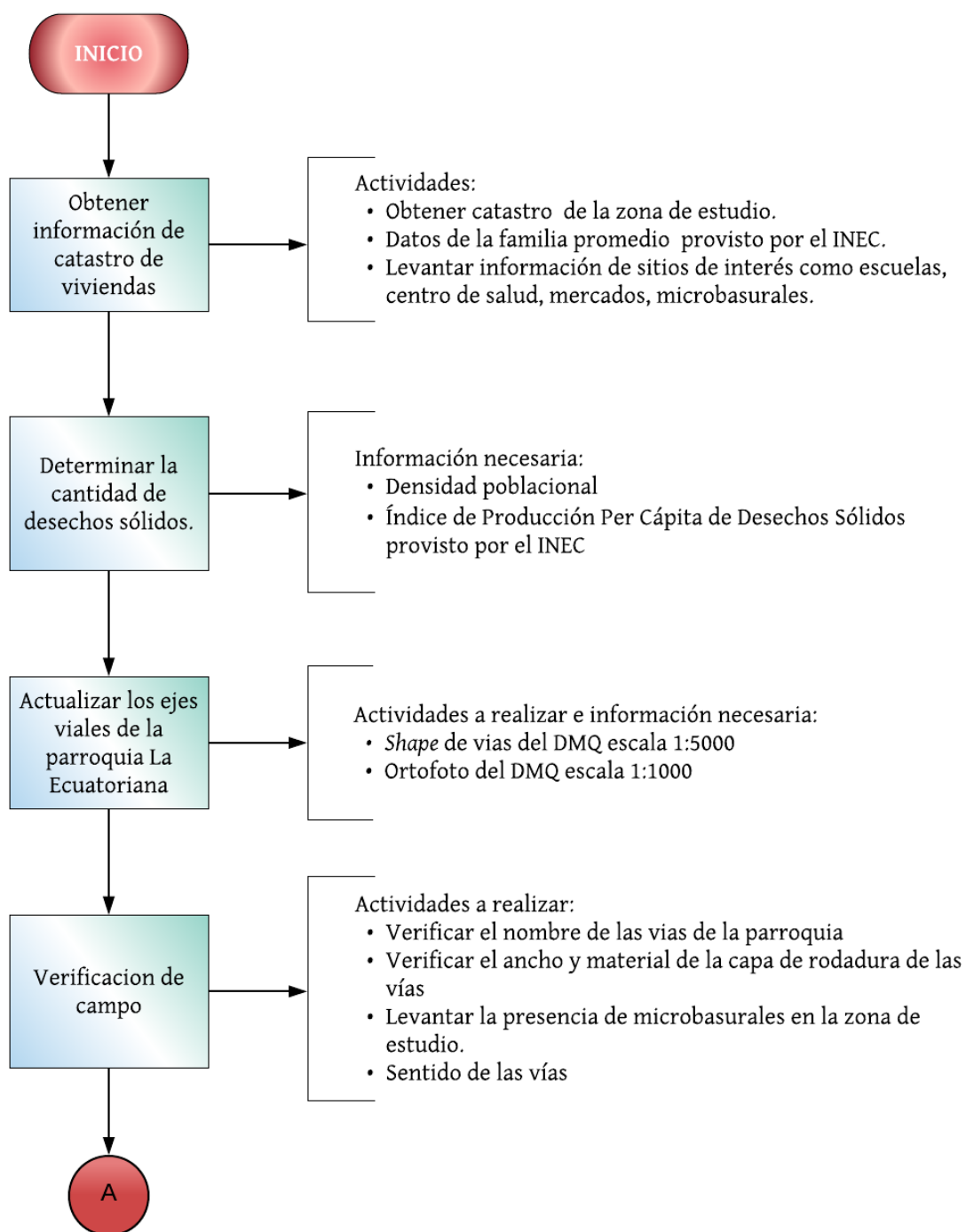
Figura 10. Áreas de Servicio

Fuente: (ESRI, 2018).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

Se presenta la metodología usada en el presente trabajo de titulación en forma de flujograma:



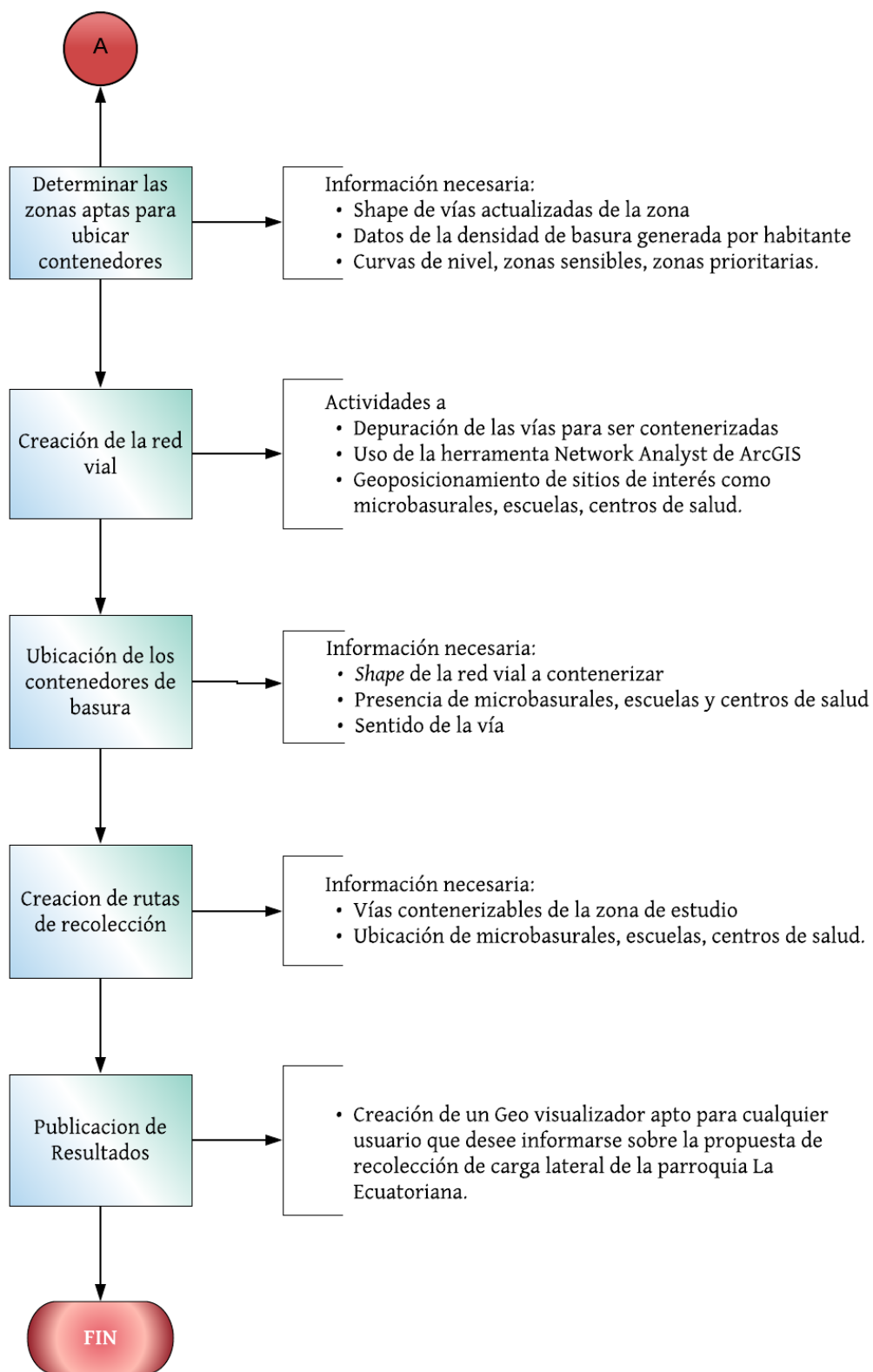


Figura 11. Flujo de trabajo de la metodología

3.1. Cálculo de la densidad poblacional y la cantidad de desechos producidos en la zona.

3.1.1. Densidad Población.

Como insumo inicial se cuenta con el catastro urbano proporcionado por EMASEO-EP. La información de catastro permitió definir los linderos de los predios de la parroquia La Ecuatoriana. Además, esta información también facilita datos importantes como el tipo de propiedad (horizontal o vertical).

A continuación, se asignó el número de personas que habitan en cada predio, este valor se obtuvo del Promedio de Personas por Hogar calculado por el INEC, el cual establece que una familia se compone en promedio de 3.8 personas. Este valor fue asignado a cada predio.

Posteriormente se generalizó la información catastral dejando como unidad mínima la manzana predial, y se realizó una sumatoria del número de predios que contiene cada manzana para finalmente ser multiplicado por el Promedio de Personas por Hogar.

Para obtener la densidad poblacional mediante la herramienta *Kernel Density* del software ArcGIS fue necesario transformar la geometría de la información; es decir se convirtió de un *feature* de polígonos a un *feature* de puntos “centroide”. Una vez realizada esta transformación se empleó la herramienta ya mencionada, interpolando los datos de personas por manzana. Finalmente se reporta la densidad poblacional en # personas. km⁻².

3.1.2. Densidad de DSU

Para generar un índice de densidad de DSU, se parte del Índice de Producción Per Cápita de Desechos Sólidos obtenido del INEC que reporta un valor de 0.73 kg.día⁻¹ en el año 2018.

Este índice fue multiplicado por el número de personas contenidas en una manzana predial, obteniendo la cantidad de desechos que se producen en la misma.

Con el cálculo anterior almacenado en una tabla espacial (*feature*), se procedió a emplear la herramienta “*Kernel Density*” para obtener un *raster* que expresa la densidad de DSU en kg. $(\text{km}^2 \cdot \text{día})^{-1}$.

3.2. Actualización de los ejes viales de la parroquia La Ecuatoriana.

Para la actualización de los ejes viales de la parroquia La Ecuatoriana se utilizó como insumo inicial los ejes viales en formato *shapefile* provistos por los técnicos de EMASEO-EP del DMQ del año 2016 a escala 1:5.000, así como también la ortofoto del DMQ del año 2011 a escala 1:1.000.

Para depurar los errores de conectividad de las vías se utilizó la herramienta *Topology* del software ArcGIS. Se corrigieron segmentos mal conectados, sobrepuestos, etc. por medio de las reglas topológicas que el software proporciona **Figura 12. Reglas Topológicas**








	Must Be Larger Than Cluster Tolerance
	Must Not Overlap
	Must Not Intersect
	Must Not Self-Overlap
	Must Not Self-Intersect
	Must Be Single Part
	Must Not Intersect Or Touch Interior

Figura 12. Reglas Topológicas

Fuente: (ESRI, 2018).

3.3. Establecimiento de las zonas adecuadas para ubicar los contenedores de desechos sólidos.

Tomando en cuenta el informe técnico de (Ochoa, 2016) se determinan las zonas aptas y no aptas para ser transitadas por los camiones de carga lateral, utilizando las siguientes variables principales:

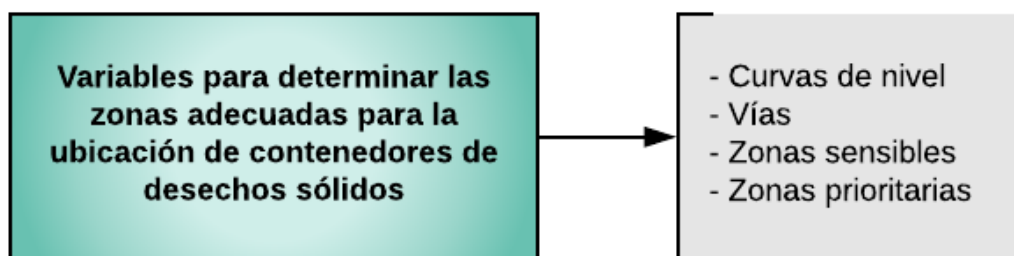


Figura 13. Variables consideradas para la contenerización

3.3.1. Curvas de nivel

Inicialmente el insumo se encontró en formato *.dwg*, sin las alturas asignadas, por lo que se procedió a acotarlo de manera manual en el software AutoCAD, para poder generar posteriormente los insumos correspondientes.

A continuación, las curvas de nivel fueron transformadas a formas *.shp* en ArcGIS, con procedimiento descrito en la **Figura 14**. Procedimiento para importar curvas de nivel

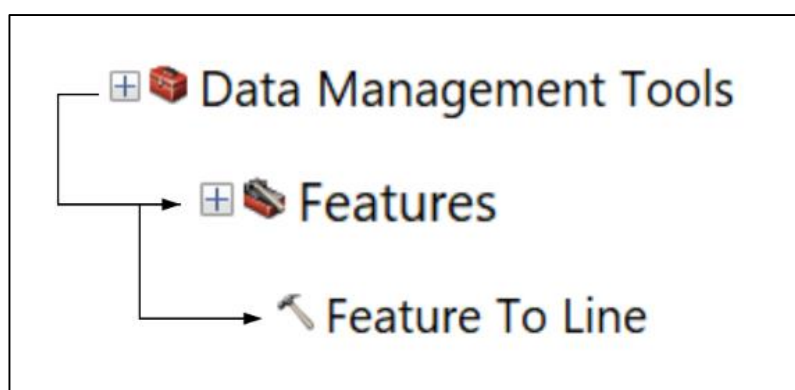


Figura 14. Procedimiento para importar curvas de nivel

Una vez etiquetadas las curvas de nivel se creó un modelo TIN (Triangular Irregular Network), seguidamente un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) para trabajar con datos en formato *raster*.

A partir del DEM se clasificaron las pendientes por medio de los criterios que utiliza la empresa EMASEO-EP, detallados en el documento elaborado por Emilio Ochoa personal a cargo de la Gerencia de Operaciones (Ochoa, 2016).

Las pendientes en las cuales un vehículo de carga lateral puede transitar son menores a 10%. Definiendo las pendientes en dos clases:

- Transitables (pendiente menor o igual al 10%)
- No transitables (pendiente mayor al 10%)

3.3.2. Vías

Para determinar que vías son aptas para ser contenerizadas se tomaron en cuenta algunas consideraciones mediante fotointerpretación y posterior verificación en campo.

Para proponer la ubicación los contenedores se comprobaron que no existan árboles, farolas, señales de tránsito, balcones y terrazas lo suficientemente bajas que entorpezcan o eviten la maniobra de vaciado de desechos del contenedor en la tolva compactadora del vehículo recolector. El ancho mínimo de las vías a tomar en cuenta fue de 5 m, estas vías fueron clasificadas de acuerdo a la capa de rodadura, seleccionando como prioritarias las vías pavimentadas y adoquinadas donde el vehículo no presentará dificultad de movilización. Por otro lado, las vías cuyo material es distinto al anterior como por ejemplo empedrado o tierra no fueron consideradas para contenerizar por la dificultad de movilización en las mismas (Salamanca,

2015). Las áreas no consolidadas tampoco son aptas para ser contenerizadas, debido a que se estaría haciendo un mal uso los equipos recolectores de carga lateral, siendo estas áreas aptas para implementar un tipo de recolección basado en el método tradicional o pie de vereda (Ochoa, 2016).

3.3.3. Zonas sensibles

Sabiendo que la población de la urbe va en ascenso, no todas las áreas de la zona consolidada gozan de igual calidad de recolección de DSU, lo cual implica que algunos habitantes tengan que vivir cerca de microbasurales generados por sí mismos (Bonfanti, 2004). Por esta razón, el presente trabajo de titulación tomó en cuenta puntos sensibles donde se considera que no debería evidenciarse la presencia de DSU.

Se consideraron como puntos sensibles a:

- Unidades Educativas
- Centros de salud.

3.3.4. Zonas prioritarias

Se establecieron como zonas prioritarias a:

- Mercados
- Microbasurales presentes en la zona de estudio.

Estos lugares requieren especial atención en el proceso de recolección debido a que son potenciales focos de acumulación de basura.

3.4. Levantamiento En Campo

Para la selección de una aplicación de levantamiento de datos en campo, se consideró que la herramienta pueda trabajar off-line; es decir, no requiera de un paquete de datos de navegación para su uso. Por lo cual se escogió la aplicación *Collector for ArcGIS* disponible en *Play Store*.

Como insumos iniciales se debe contar con:

- Una cuenta de ArcGIS on-line.
- Un *Web Feature Service* editable que permita añadir y modificar el nombre y material de la capa de rodadura de las vías, así como también la presencia de microbasurales.
- Un *Web Map Service (WMS)* que contiene el *Web Feature Service* antes mencionados
- ArcGIS Pro (licencia obtenida de la cuenta de ArcGIS on-line)

Se inició un proyecto en ArcGIS Pro con la cuenta de ArcGIS on-line, en el cual se crearon los *features* de vías (geometría de línea) y de microbasurales (geometría de punto). Mediante el módulo de publicación de servicios de ArcGIS se pudo establecer el *feature service*, el mismo que se encuentra disponible en la página oficial de ArcGIS on-line. Este servicio debe ser compartido para todo el público, ser editable y poder realizar procesos de sincronización (principal característica para trabajar off-line).

El WMS se creó directamente en la página de ArcGIS on-line, añadiéndole el *feature service* creado en el paso anterior y un *Base Map* de libre acceso provisto por ESRI. De igual forma este servicio debe ser almacenado en *ArcGIS on-line*.

Se instaló la aplicación *Collector for ArcGIS* en un *smartphone*. Para inicializar la cesión se debe contar con una contraseña y usuario de la cuenta de *ArcGIS on-line*. La aplicación permite almacenar el *feature service* del levantamiento de campo en una geodatabase temporal en el *smartphone*. Adicionalmente permite descargar un archivo *.tpk* que comprende de los *tiles* del *Base Map* de ESRI. Este proceso se realizó conectado a una red *Wifi*.

Los campos o denominados en inglés *fields* son los atributos editables para cada *feature*, que adicionalmente para este trabajo de titulación fue diseñado para almacenar fotografías.

El trabajo en campo se realizó en una semana, permitiendo capturar y verificar información como:

- Nombre de la vía
- Material de la capa de rodadura
- Sentido de la vía (un solo sentido o de doble sentido)

En otros *feature* de tipo puntual y poligonal, se identificó la presencia de microbasurales y escuelas y centros de salud respectivamente, para posterior a esto, levantar la información competente a los nombres de las calles principal y secundaria donde se encuentran ubicados los mismos

La información obtenida fue sincronizada con la cuenta de *ArcGIS on-line*. Luego de este proceso se descargó la base de datos contenida en la Web para ser tratada en *ArcGIS Desktop*.

3.5. Creación de rutas de recolección utilizando los ejes viales actualizados.

3.5.1. Cálculo de la cantidad de contenedores

Para determinar la cantidad de contenedores a colocar en el área de estudio se emplean los siguientes cálculos:

3.5.1.1. Considerando el número de personas a atender

$$Q = PPCRS \times Nh \quad (1)$$

Q: Cantidad de desechos (kg. día-1)

PPCRS: Índice de Producción Per Cápita de Residuos Sólidos

Nh: Número de habitantes a atender

Para determinar la cantidad real de personas se creó polígonos de recolección, delimitados por las vías contenerizables. Posterior a esto y contando como insumo previo la densidad de personas por manzanas se realiza un Join para así obtener el número de personas por polígono de recolección.

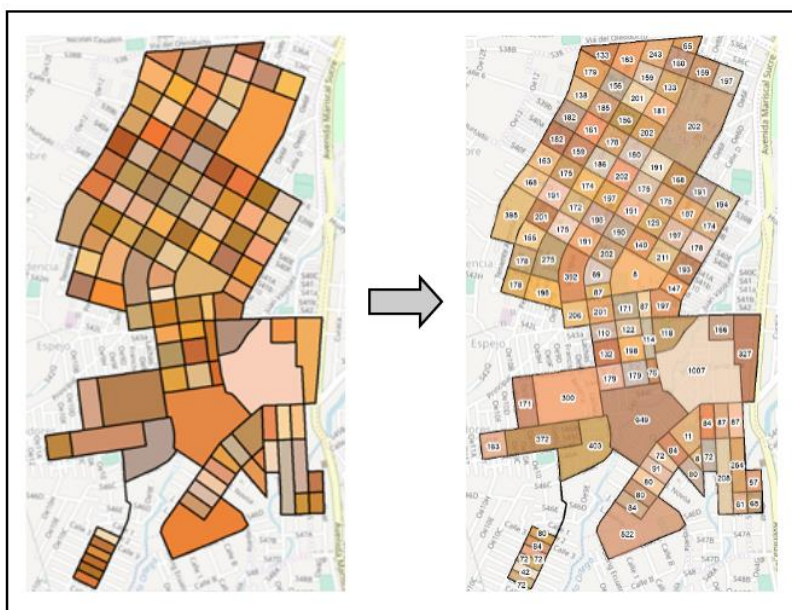


Figura 15. Polígonos de Recolección

Habiendo calculado la cantidad de desechos se emplea la fórmula que (Ochoa, 2016) recomienda:

$$N_{CONT1} = \frac{Q \times Fr}{Pv \times Vu \times K} \quad (2)$$

Q: Cantidad de desechos (kg. día-1)

Fr: Factor de Recolección (días)

Pv: Peso volumétrico del contenedor (kg.m-3)

Vu: Volumen útil del contenedor (m3)

K: Porcentaje de llenado del contenedor

En donde el Factor de Recolección (Fr) está relacionado con los días por semana que se recolectan los desechos sólidos. En la siguiente tabla se indica el factor para cada tipo de frecuencia de recolección.

Tabla 3
Factores de Recolección

Frecuencia de recolección	Factor de recolección (Fc)
Diaria	1
6 veces / semana	2
3 veces / semana	3
2 veces / semana	4
1 vez / semana	7

Fuente: (EMASEO-EP, 2016).

El Peso Volumétrico (**Pv**) está relacionado con las dimensiones estándar de un contenedor multiplicado por un factor de conversión expresado en (kg.m⁻³), el Volumen útil del contenedor (**Vu**) está determinado por la cantidad de desechos que puede albergar el mismo, que para el presente estudio se tomaron en cuenta los de 3.200 litros.

3.5.1.2. Considerando el trayecto recorrido

Sabiendo que cada polígono de recolección es distinto, se establece otra fórmula teniendo como principales parámetros la distancia recorrida por el camión recolector de carga lateral y la distancia máxima entre contenedores como lo asegura (Ochoa, 2016) teniendo que:

$$N_{CONT2} = \frac{\Sigma Ev}{\Delta d \times 2} \quad (3)$$

En donde:

ΣEv : Sumatoria de ejes viales (m)

Δd : Distancia entre cada contenedor (m)

Finalmente, el número de contenedores a colocar en la zona de estudio será:

$$N_T = \frac{N_{CONT1} + N_{CONT2}}{2} \quad (4)$$

Además, se debe considerar 10% extra de contenedores totales a implementar en la zona ya que existirán posibles rupturas, abolladuras o cualquier percance en el momento de implementación y posterior uso, estos contenedores no se colocan en la zona, solamente se los tienen en stock.

3.5.2. Áreas De Servicio

Se utilizó la extensión Service Area de la herramienta Network Analyst.

Una vez calculados los contenedores a implementar se procede a distribuirlos en toda el área de estudio teniendo en cuenta que la distancia entre contenedores debe ser de 120 metros (Salamanca, 2015).

3.5.3. Cantidad de contenedores a recolectar

Dentro de los camiones recolectores más utilizados están los de 25 m³ de capacidad, mismos que gracias a su tolva compactadora pueden reducir los desechos sólidos introducidos a la quinta parte de su volumen; por el número de contenedores a recolectar por camión se lo define como:

$$Cont_{camión} = \frac{CC}{V_{DC}} \quad (5)$$

En donde:

Cont. camión: número de contenedores por camión recolector

CC: Capacidad del camión recolector (m³)

VDC: Volumen de los desechos sólidos compactados

Para determinar los contenedores a recolectar se debe tomar en cuenta un coeficiente de holgadura que considera cierto porcentaje de los contenedores calculados previamente, evitando que el camión recolector regrese completamente repleto a su disposición final. Este coeficiente corresponde al 7% del total de contenedores a recolectar por camión (Salamanca, 2015).

3.5.4. Micro Rutas de recolección

El área de estudio debe dividirse en micro rutas de recolección ya que la capacidad de recolección de los vehículos es limitada.

Para determinar las micro rutas de recolección se toma en cuenta la siguiente fórmula

$$\#MR = \frac{N_T}{Cont_{camión} - (H \times Cont_{camión})} \quad (6)$$

En donde:

NT: número total de contenedores a implementar en la zona de estudio

Cont. camión: número de contenedores por camión recolector

H: coeficiente de holgadura

Una vez calculado el número de rutas en las que será dividida la zona de estudio se procede a determinar las rutas de recolección de cada micro ruta.

3.5.5. Rutas de recolección

Para determinar las rutas de recolección se utilizó la extensión Vehicle Routing Problem de la herramienta Network Analyst.

En dicha herramienta se establecen las siguientes condiciones:

Orders: en el presente ítem se agregarán los contenedores asignados por cada micro ruta de recolección.

Depots: se agregarán el centro de operaciones “La Forestal” que es de donde parten los vehículos recolectores a sus diferentes destinos y la estación de transferencia “Et Sur” que es la disposición final de los desechos sólidos en el sur de la ciudad.

Routes: en el siguiente ítem se determina principalmente el nombre de la ruta, una breve descripción de la misma, el tiempo de inicio y final de los viajes, la cantidad de desechos a recolectar, el número de contenedores a visitar, el tiempo que el camión recolector se demorará en cada parada.

El movimiento del camión recolector se lo explica de la siguiente forma:

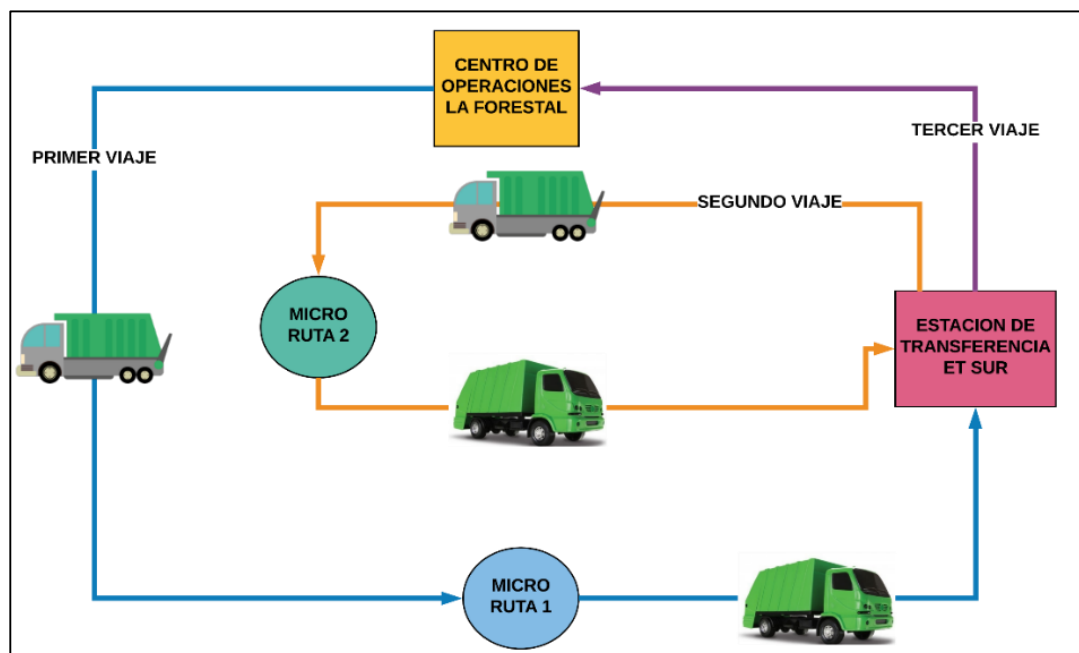


Figura 16. Movimientos del Vehículo Recolector en la Zona de Trabajo

3.6. Caso de uso

Utilizando la herramienta *Network Analyst* se simuló la dificultad de transitar algunas vías contenerizables de cada Micro Ruta de recolección para recalculer los nuevos trayectos que recorrerán los vehículos de carga lateral y determinar el tiempo que les tomará realizar su labor. Simulando que existen arreglos en la vía se bloquean algunas calles por donde está previsto transite el vehículo de carga lateral.

Utilizando la herramienta *Create Network Location Tool* es posible añadir paradas y barreras de tránsito si se desea modificar de alguna manera lo anteriormente calculado en caso de algún imprevisto. Finalmente utilizando el botón *Solve* se generará la nueva ruta de recolección de DSU.

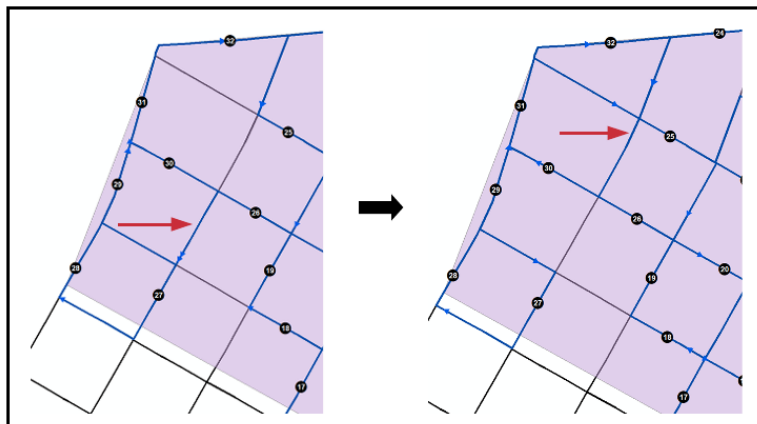


Figura 17. Modificación de las rutas de recolección

3.7. Creación de un Geo visualizador Web accesible al público utilizando ArcGIS On Line.

La creación y diseño del geo visualizador responde al siguiente flujo de trabajo:

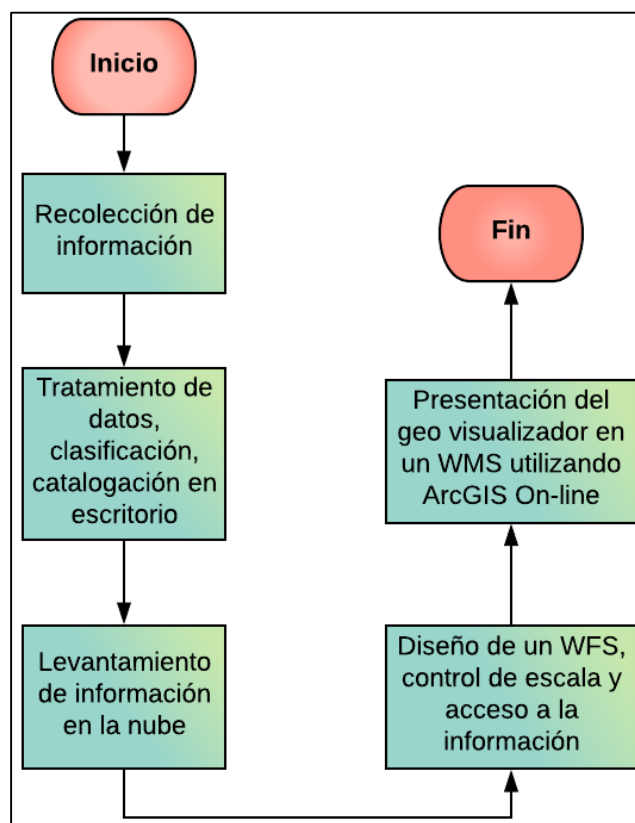


Figura 18. Flujograma de la creación del geo visualizador

Luego de haber obtenido los datos necesarios para el análisis y elaboración de las rutas de recolección de carga lateral se procede a levantar esta información en un *Web Feature Service* (WFS) que permitió definir la simbología y el control de escala de los *layers* que contendrá, es decir se configura la composición del mapa con el que el usuario interactuará posteriormente. Adicional a esto y antes de publicar el servicio se restringe al usuario el acceso de información por lo que se busca que este geo visualizador solo sea de consulta y navegación, más no de edición o administración.

Posteriormente, en *ArcGIS On line* se diseñó el entorno con el que el usuario tendrá contacto, es decir, se colocan botones que permiten modificar la escala de visualización, realizar consultas y obtener información de lo que se muestra en el mismo utilizando plantillas propuestas por ESRI.

Finalmente, los *layers* contenidos en el WFS disponibles para cualquier usuario en general en el WFS serán:

- Escuelas y Unidades Educativas
- Centros de Salud
- Micro basurales
- Vías actualizadas de toda la parroquia
- Vías contenerizables (vías que cumplan con las exigencias anteriormente descritas)
- Contenedores
- Rutas de recolección
- Estaciones de Operaciones y Transferencia Trayectos que cumplan los vehículos recolectores para llegar a su zona de trabajo

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Densidad poblacional y la cantidad de desechos producidos en la zona de estudio.

4.1.1. Densidad Poblacional

Como se observa en la **Figura 19** las zonas en donde existe menos cantidad de personas son las que están ubicadas hacia el oeste de la parroquia siendo estas las menos consolidadas de la parroquia estudiada cuyo rango va desde 0 – 1.192 personas.km⁻². Adicionalmente se observa que el área donde existe la mayor cantidad de personas está ubicada en el centro de la parroquia delimitada por las calles S38E al Norte, S42E al Sur, Segundo Darquea al Este, Oe7 al Oeste, teniendo un rango de 9.533 - 10.725 personas.km⁻² como se observa en la **Figura 20**.










Color	Valor de densidad poblacional ($\frac{\#personas}{km^2}$)
	9.533 - 10.725
	8.341 - 9.533
	7.150 - 8.341
	5.958 - 7.150
	4.766 - 5.958
	3.575 - 4.766
	2.383 - 3.575
	1.192 - 2.383
	0 - 1.192

Figura 19. Rangos de Densidad Poblacional

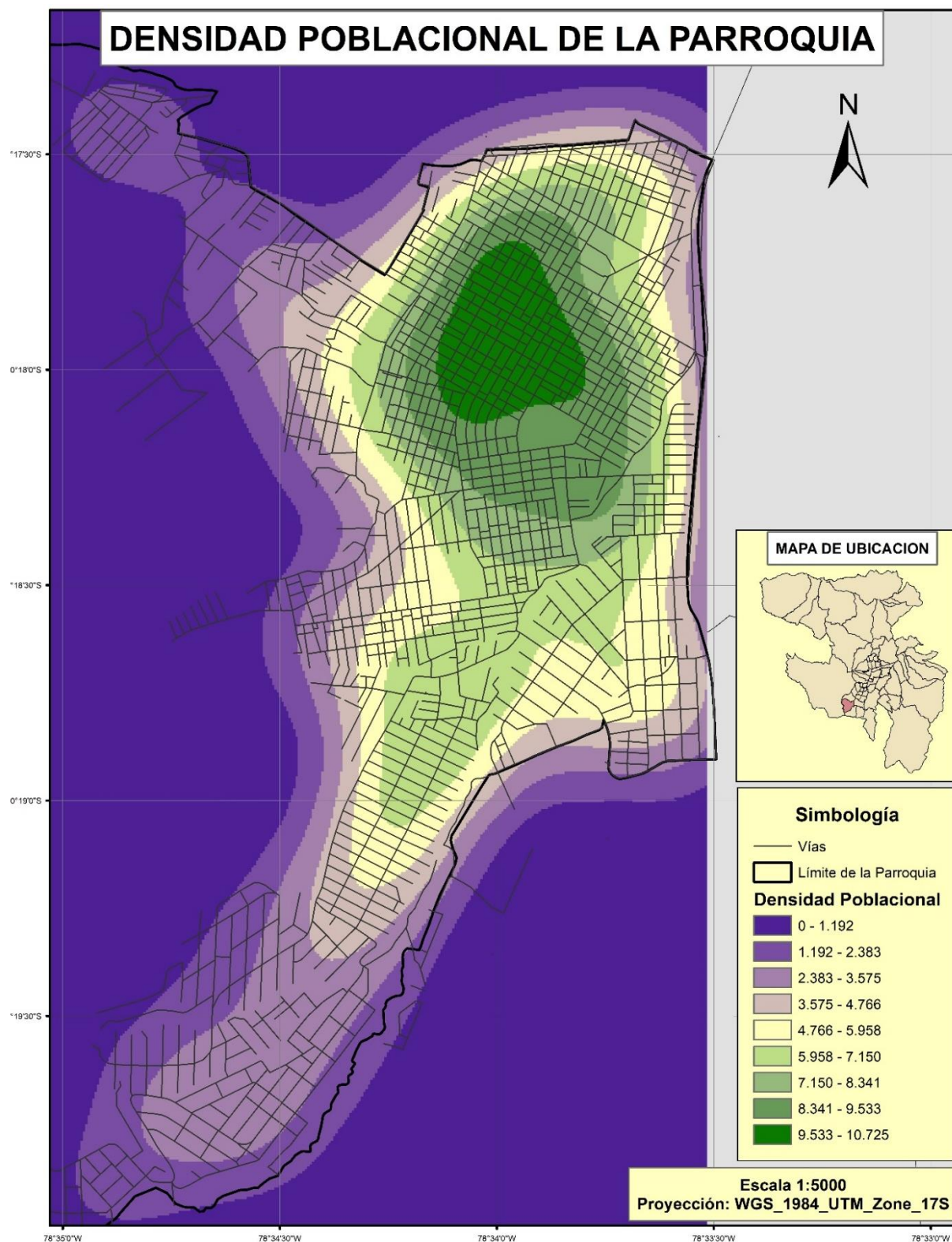


Figura 20. Densidad Poblacional de la Parroquia

Tabla 4*Reporte de la cantidad de personas por barrio*

Barrio	Número de personas
La Independencia	971
2 de Febrero	6.592
Las Orquídeas	6.020
La Merced	1.621
San Francisco Sur	4.170
La Ecuatoriana	5.440
Los Cóndores	2.033
Nuevos Horizontes del Sur	4.118
San Alfonso	1.094
Manuela Sáenz	2.017
San Francisco Huarcay	1.695
Protec. Ecuatoriana	1.094

4.1.2. Densidad de DSU

Como se muestra en la **Figura 21** las zonas en donde existe poca cantidad de desechos sólidos son las ubicadas al oeste de la parroquia, no así en el centro de la misma. Existen áreas en donde la producción de desechos oscila entre 7.896 - 9.870 kg.km⁻² de DSU al día, de la misma forma hay focos de contaminación como por ejemplo los ubicados en el sur y oeste de la parroquia que oscilan entre 15.793 - 17.767 kg.km⁻² de DSU al día como se observa en la **Figura 22**.








Color	Valor de densidad poblacional $\left(\frac{kg}{km^2 \times día}\right)$
	15.793 - 17.767
	13.819 - 15.793
	11.845 - 13.819
	9.870 - 11.845
	7.896 - 9.870
	5.922 - 7.896
	3.948 - 5.922

Figura 21. Densidad de Desechos

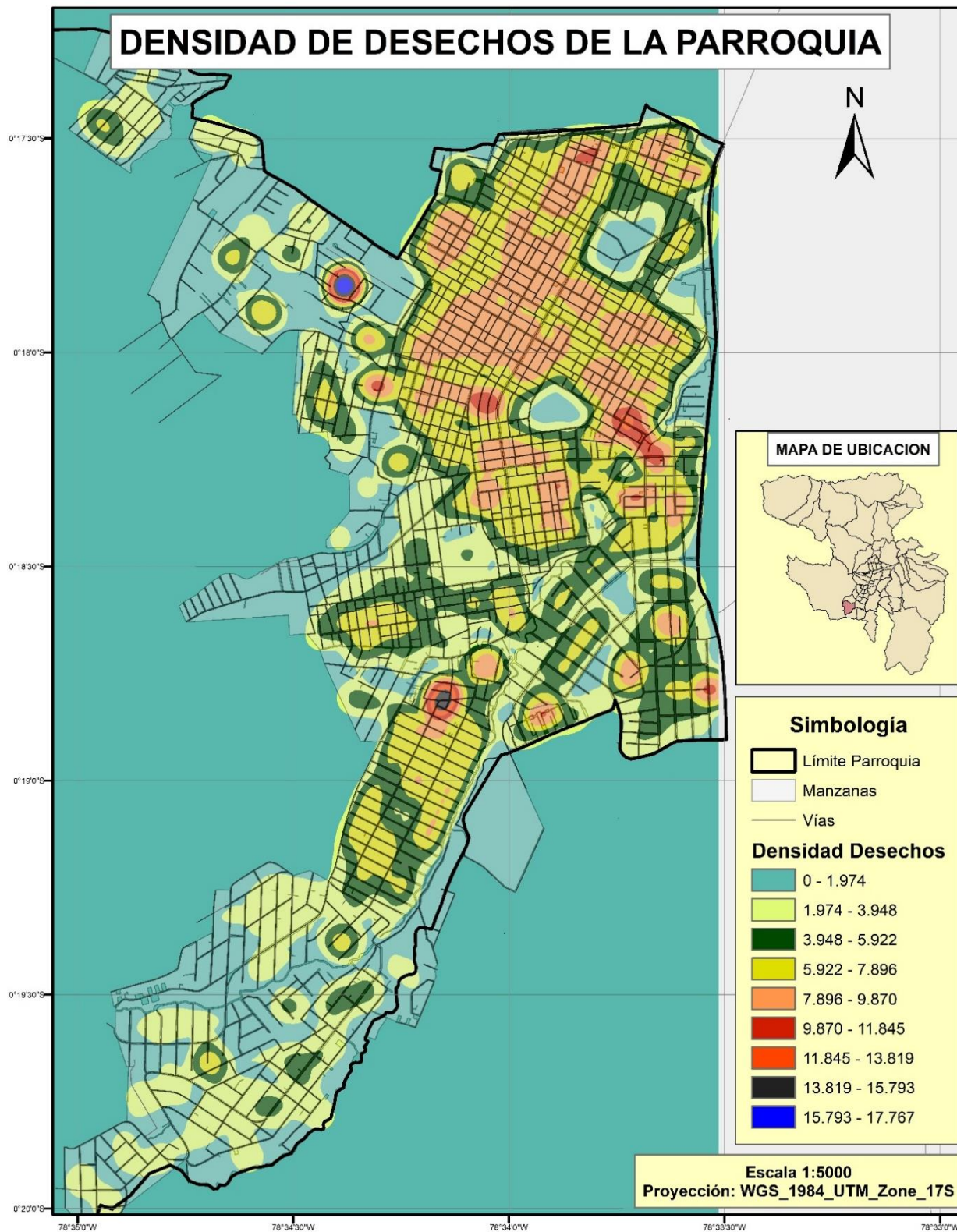


Figura 22. Densidad de Desechos de la parroquia La Ecuatoriana

Tabla 5
Reporte de la cantidad de desechos producidos por barrio

Barrio	Cantidad de desechos sólidos (ton)
La Independencia	0,71
2 de Febrero	5,07
Las Orquídeas	4,50
La Merced	1,34
San Francisco Sur	3,21
La Ecuatoriana	4,27
Los Cóndores	1,56
Nuevos Horizontes del Sur	3,16
San Alfonso	1,02
Manuela Sáenz	1,62
San Francisco Huarca	1,38
Protec. Ecuatoriana	0,88

4.2. Actualización de los ejes viales de la parroquia La Ecuatoriana.

Se obtuvieron 1.047 errores de topología los cuales se corrigieron por medio de las reglas topológicas que el software ArcGIS ofrece al usuario, se obtuvo el mapa de vías actualizado que consta en la **Figura 23**.

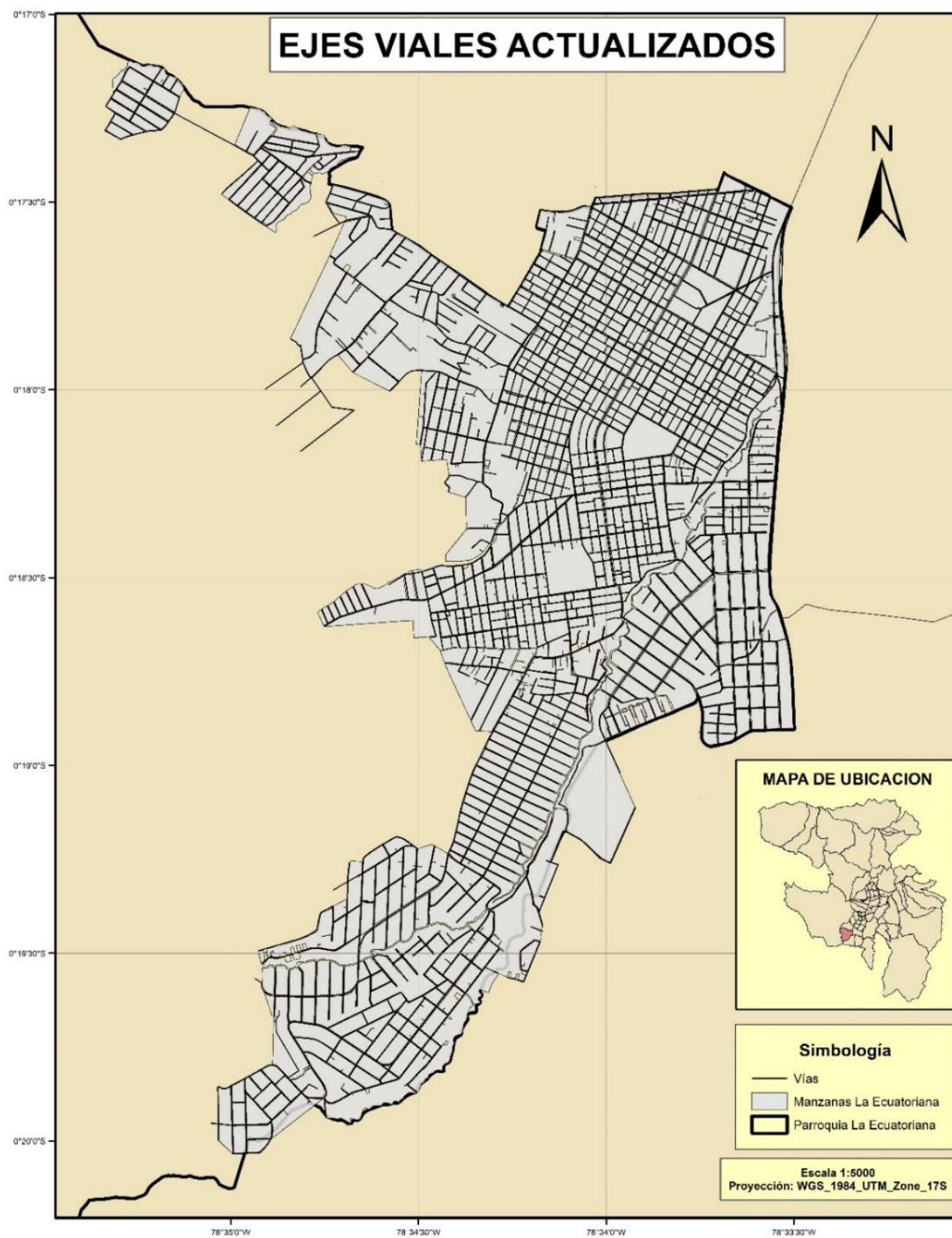


Figura 23. Ejes viales actualizado

4.3. Zonas adecuadas para ubicar los contenedores de desechos sólidos.

- **Curvas de nivel**

Las curvas de nivel fueron acotadas manualmente y llevadas al software ArcGIS. En la **Figura 24** se puede observar una muestra de la tabla de atributos asociada a las curvas de nivel y en la **Figura 25** un gráfico que muestra su distribución:

Table							
curvas_DMQ							
	FID *	Shape *	Layer	Elevation	DocName	DocType	Shape Length
	2655	Polyline Z	CURVAS_L_E	3100	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	22965,005101
	2858	Polyline Z	CURVAS_L_E	3025	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	21847,240733
	2920	Polyline Z	CURVAS_L_E	3125	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	20375,073877
	3813	Polyline Z	CURVAS_L_E	3075	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	21862,541555
	4255	Polyline Z	CURVAS_L_E	3150	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	18549,446098
	4355	Polyline Z	CURVAS_L_E	3050	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	21061,81628
	4872	Polyline Z	CURVAS_L_E	3175	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	17397,549212
	5420	Polyline Z	CURVAS_L_E	3200	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	16427,444633
	5862	Polyline Z	CURVAS_L_E	3325	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	14014,016621
	5988	Polyline Z	CURVAS_L_E	3300	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	14099,076732
	6045	Polyline Z	CURVAS_L_E	3225	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	15210,362789
	6079	Polyline Z	CURVAS_L_E	3350	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	13289,665351
	6341	Polyline Z	CURVAS_L_E	3275	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	14090,368975
	6436	Polyline Z	CURVAS_L_E	3250	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	14259,059399
	6567	Polyline Z	CURVAS_L_E	3375	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	12851,343014
	6886	Polyline Z	CURVAS_L_E	3400	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	11927,630158
	7221	Polyline Z	CURVAS_L_E	3425	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	11686,195231
	8638	Polyline Z	CURVAS_L_E	3450	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	11146,767261
	8645	Polyline Z	CURVAS_L_E	3475	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	10671,574314
	8650	Polyline Z	CURVAS_L_E	3500	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	9890,379751
	10053	Polyline Z	CURVAS_L_E	3525	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	9368,336709
	10112	Polyline Z	CURVAS_L_E	3575	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	6574,788192
	10284	Polyline Z	CURVAS_L_E	3550	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	8225,307552
	11790	Polyline Z	CURVAS_L_E	3625	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	2916,463763
	12258	Polyline Z	CURVAS_L_E	3600	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	4788,548463
	12998	Polyline Z	CURVAS_L_E	3000	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	32499,427697
	22133	Polyline Z	CURVAS_L_E	2975	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	29319,891066
	25386	Polyline Z	CURVAS_L_E	3700	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	450,624422
	25502	Polyline Z	CURVAS_L_E	3675	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	1263,00738
	25505	Polyline Z	CURVAS_L_E	3650	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	2142,351067
	31408	Polyline Z	CURVAS_L_E	2950	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	26631,372128
	42898	Polyline Z	CURVAS_L_E	2925	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	21043,212831
	52559	Polyline Z	CURVAS_L_E	2900	QUITUMBE GRUPO 7.dwg	DWG	19691,641894

Figura 24. Curvas de nivel acotadas manualmente



Figura 25. Curvas de nivel en ArcGIS

De forma posterior a la obtención y depuración de las curvas de nivel, estas fueron utilizadas para la creación de un TIN y posterior DEM **Figura 26.**

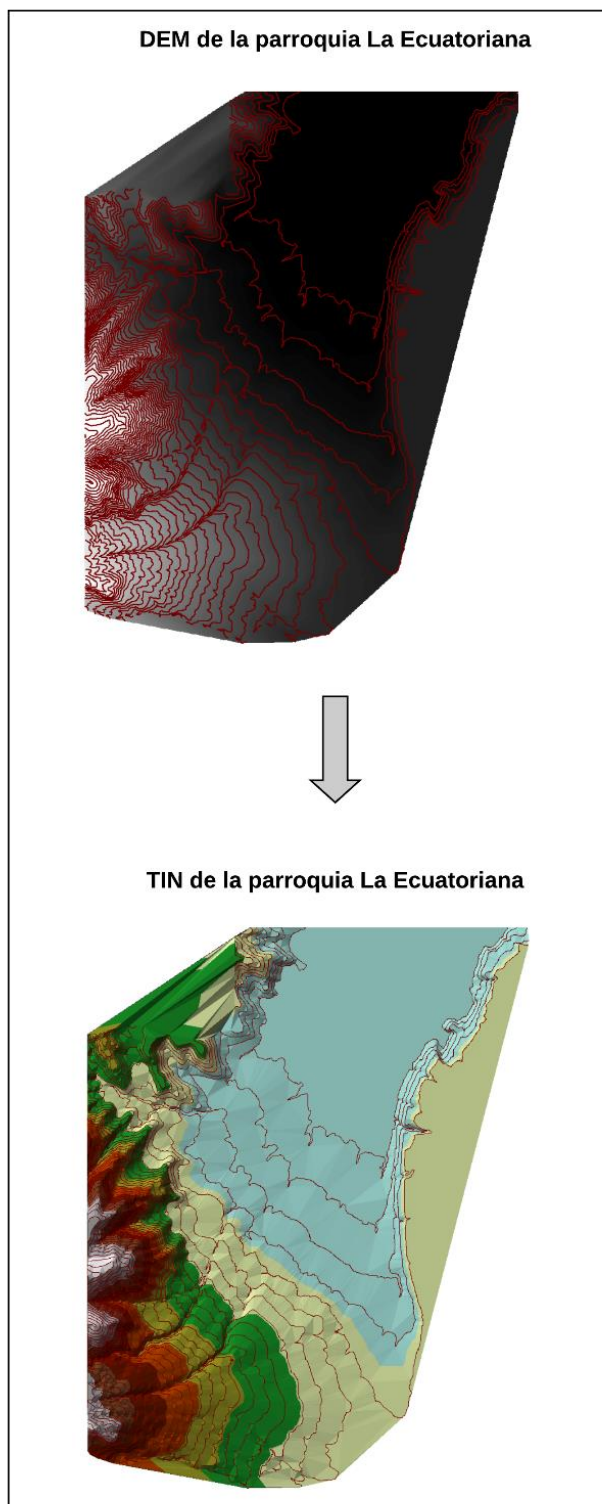


Figura 26. TIN y DEM de la Parroquia La Ecuatoriana

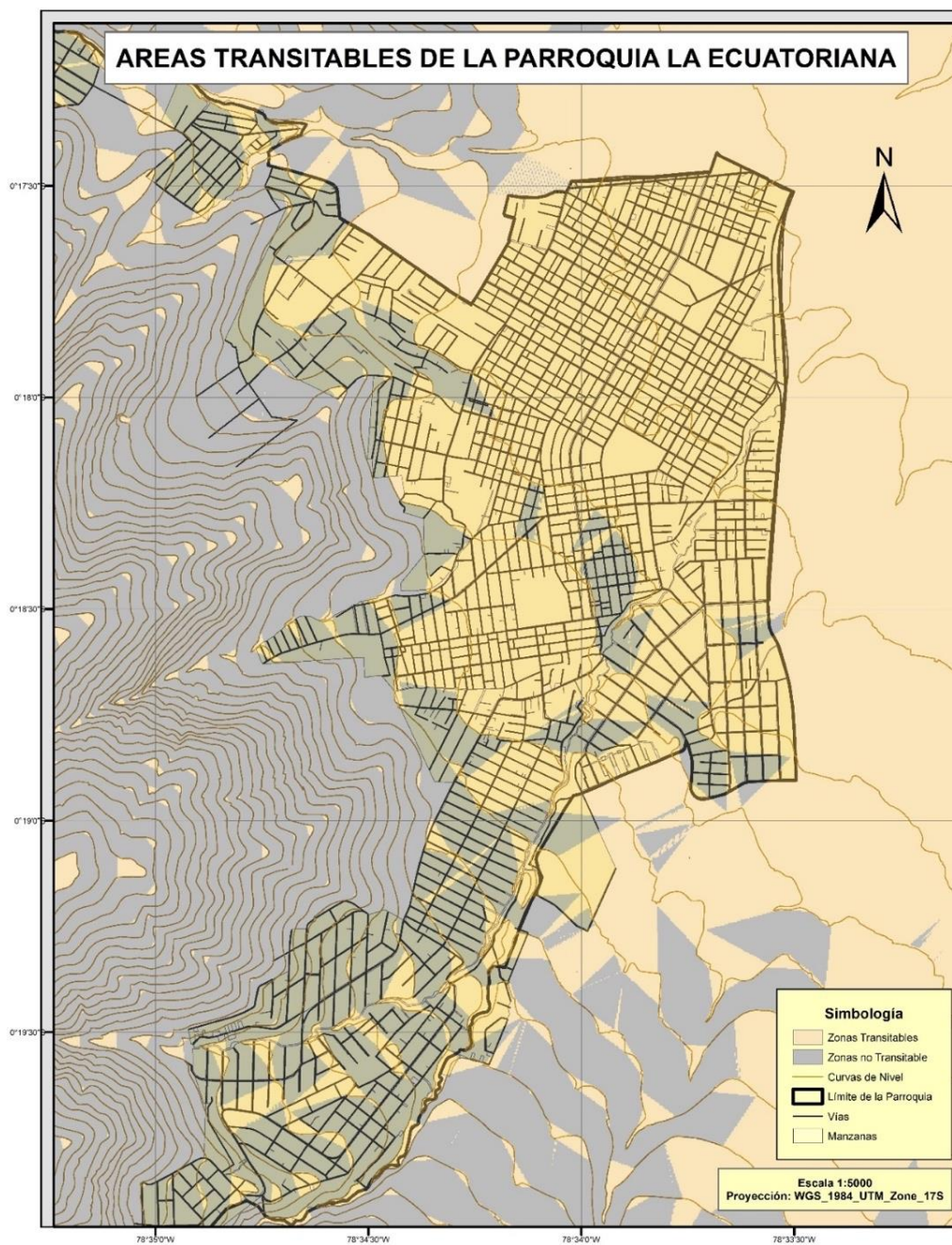


Figura 27. Transitabilidad de los vehículos de carga lateral

Para saber que pendientes son accesibles a los camiones contenedores se realizó una reclasificación de éstas, obteniendo un Mapa de Transitabilidad que refleja las zonas donde el vehículo de carga lateral puede realizar su labor.

- **Vías**

Habiendo identificado por medio de la ortofoto del DMQ las vías que miden de 5 metros en adelante, se procedió a depurar el mapa original de vías para obtener lo que se ilustra en la **Figura 28**.

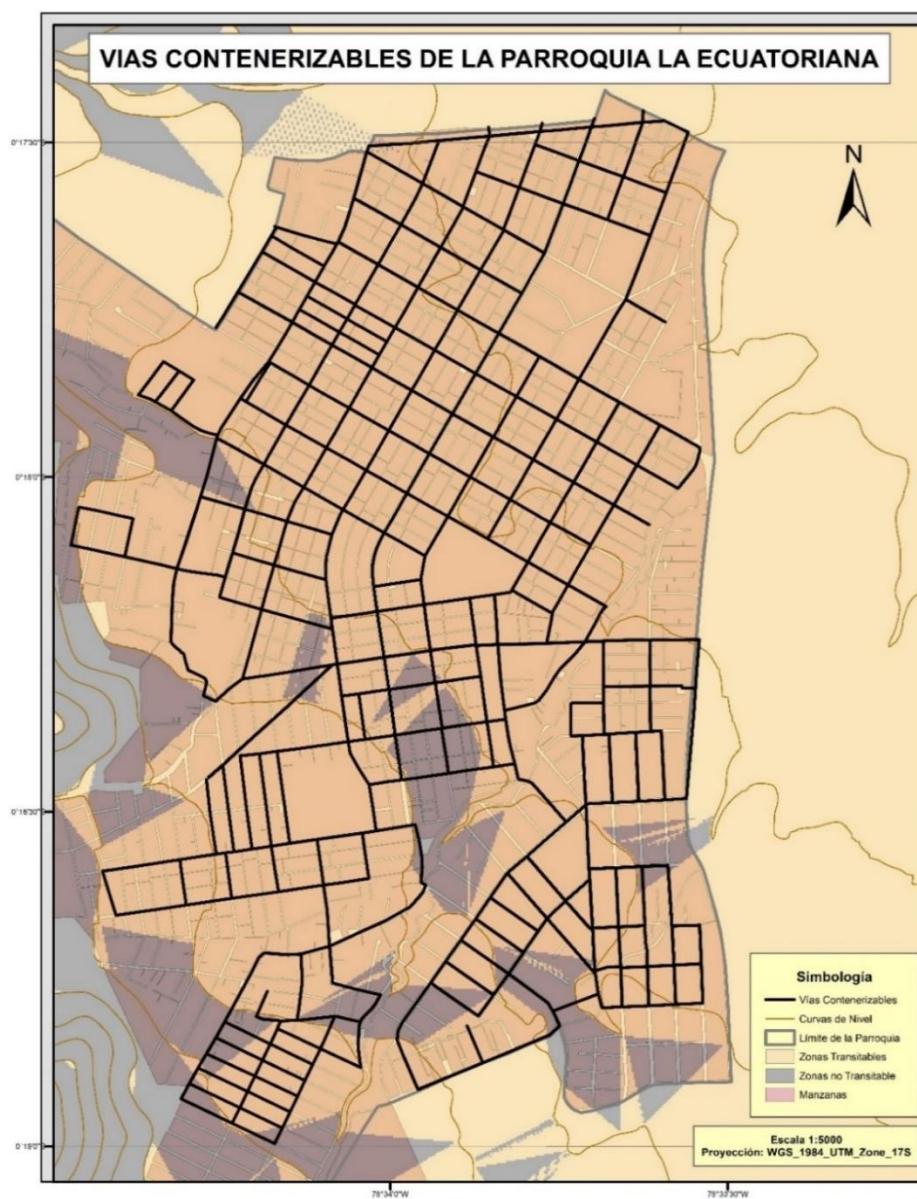


Figura 28. Vías contenerizables previas al levantamiento de campo

4.4. Levantamiento en campo

El trabajo de campo fue realizado a lo largo de una semana; se visitó la zona de estudio para observar y verificar el estado de las vías anteriormente depuradas y el material de la capa de rodadura, la existencia de obstáculos para la maniobrabilidad del brazo mecánico de los camiones recolectores de carga lateral, como cables de luz o teléfono, balcones.

Se registró de forma gráfica y georreferenciada la presencia de microbasurales, escuelas, centros de salud y hospitales en la zona de estudio.



Figura 29. Micro basurales de la zona

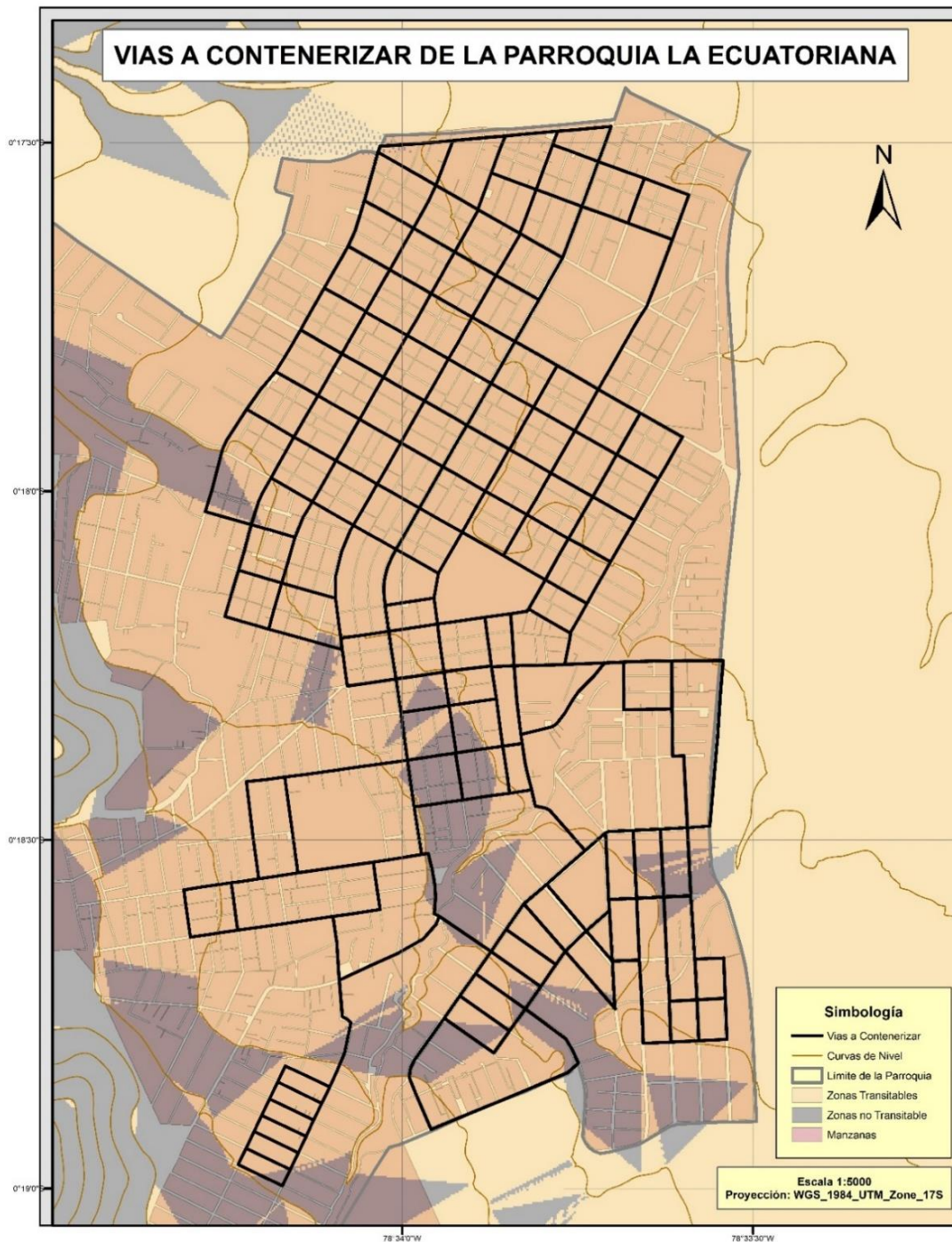


Figura 30. Vías aptas para contenerizar posterior levantamiento de campo

Luego de haber verificado las condiciones de las vías en campo se tiene como producto final las vías contenerizables que aparecen en la **Figura 30**.

Se descartaron las vías que no fueran pavimentadas o adoquinadas, debido a que el vehículo de carga lateral corre riesgo de quedarse estancado o atrapado en vías de tierra.

4.5. Creación de las rutas de recolección de carga lateral utilizando los ejes viales actualizados.

4.5.1. Cálculo De La Cantidad De Contenedores

4.5.1.1. Considerando la cantidad de personas

Luego de haber creado polígonos de recolección delimitados por las vías contenerizables, sumando la población total de los polígonos que tocan a alguna vía contenerizable, se obtuvo que la cantidad real de personas a servir es de 19.772 habitantes.

Una vez obtenido el número real de habitantes, se emplea la **Ecuación (1)**

Posteriormente se calcula el número total de contenedores tomando en cuenta la cantidad de habitantes. Utilizando la **Ecuación (2)** se obtuvo que el número necesario de contenedores es igual a **108**.

4.5.1.2. Considerando el trayecto recorrido

Tomando en consideración los polígonos de recolección anteriormente creados y sabiendo que cada uno es distinto del otro se toma en cuenta la longitud de las vías contenerizables y se calcula el número de contenedores a colocar tomando en cuenta esta variable y la distancia entre contenedores. Aplicando la **Ecuación (3)** se obtiene que la cantidad necesaria de contenedores a implementar es igual a **157**.

Finalmente, para obtener el número de contenedores a colocar en la zona de estudio se hizo el promedio de los valores anteriores, obteniendo un total de **133 contenedores**.

4.5.2. Áreas De Servicio

Habiendo ubicado los contenedores previamente calculados en toda el área de estudio y con la densidad de desechos presente en la zona, se generaron áreas de servicio de los contenedores, estableciendo que la distancia entre contenedores será de 120 metros como se muestra en la **Figura 31**. Finalmente, los contenedores estarán dispuestos como en la **Figura 32**.

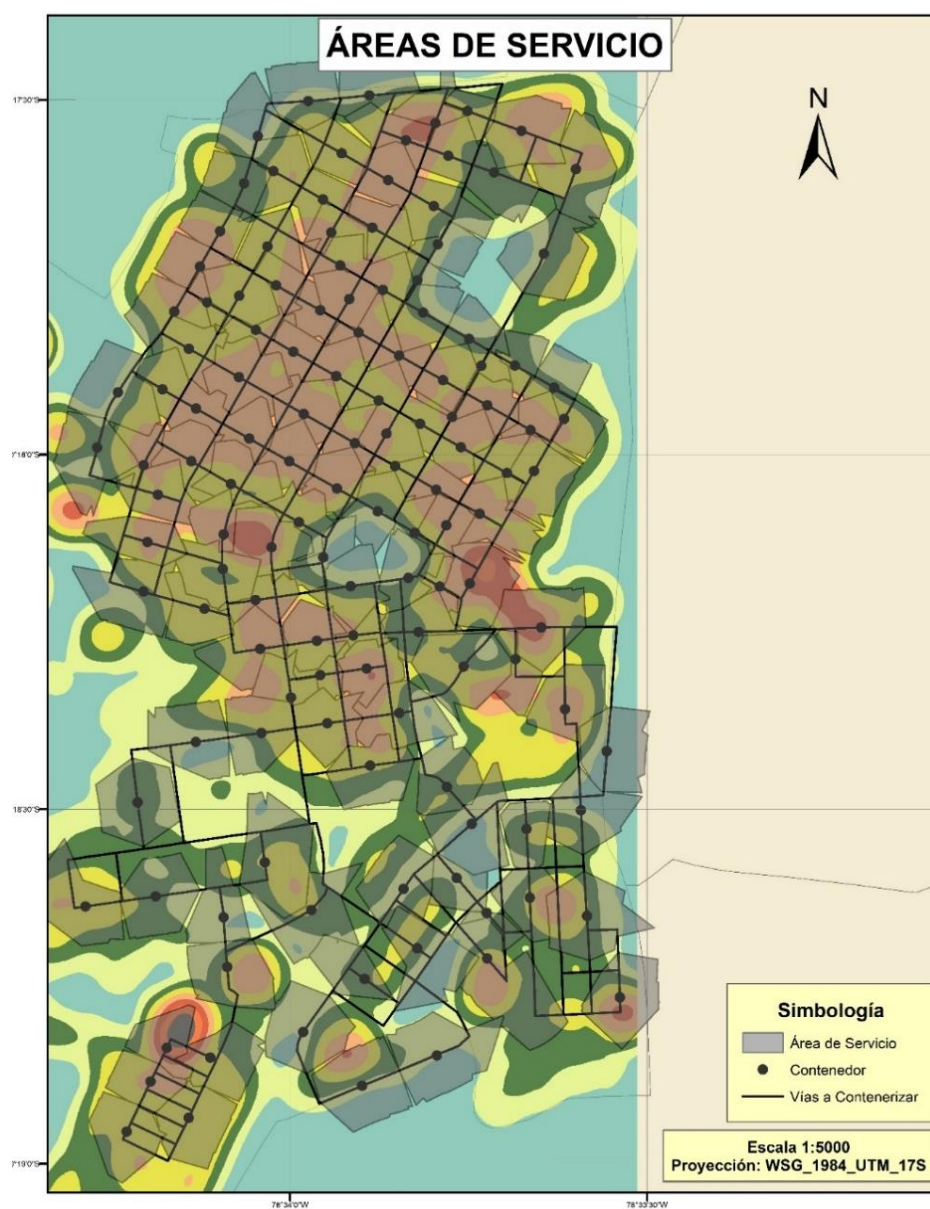


Figura 31. Áreas de servicio de los contenedores

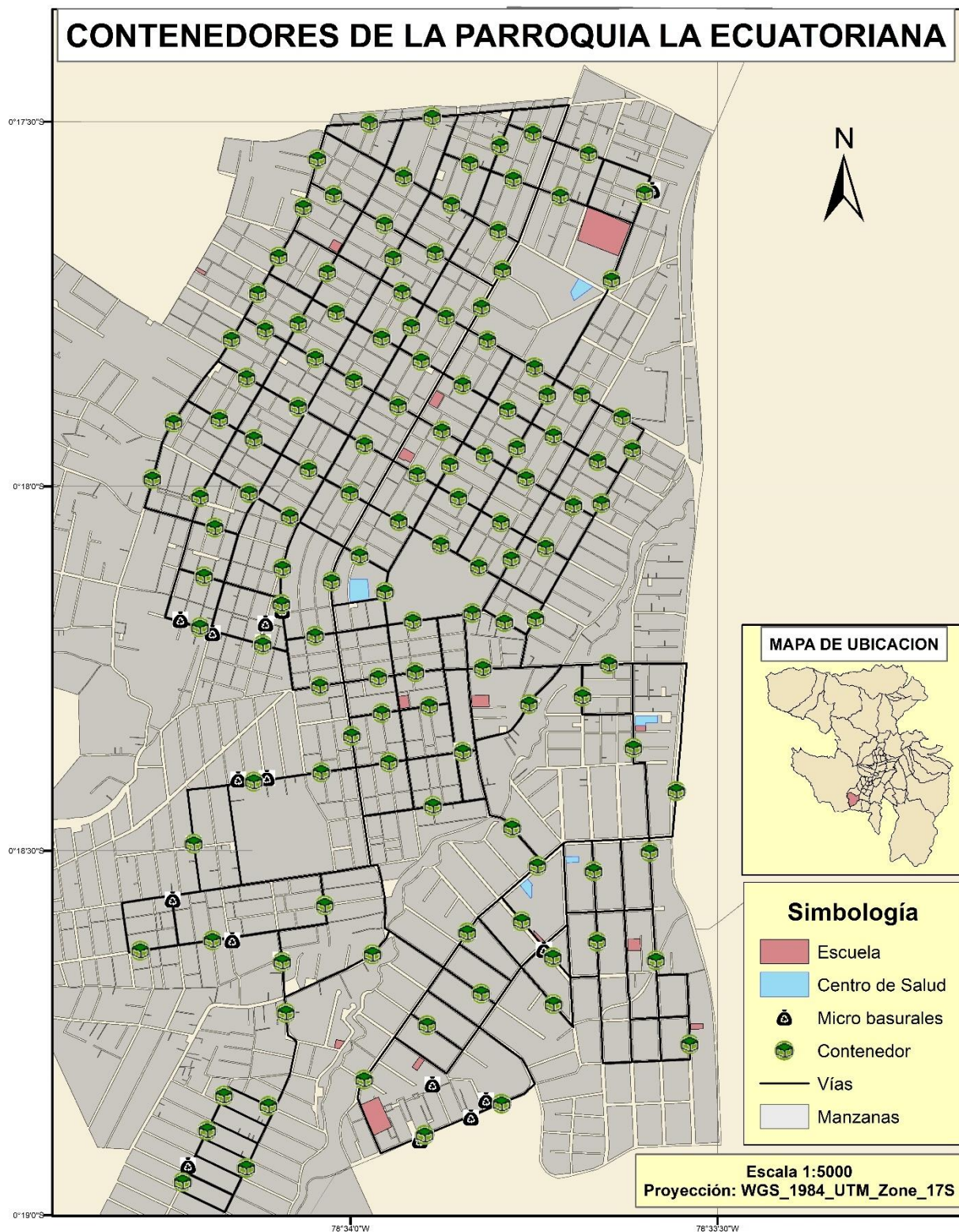


Figura 32. Contenedores de la parroquia La Ecuatoriana

Tabla 6
Reporte de vehículos recolectores

Vehículo	Capacidad	Capacidad de compactación
A	25m ³	1:5
B	25m ³	1:5

4.5.3. Cantidad de contenedores a recolectar

Utilizando la **Ecuación (5)** se calcula el número de contenedores que es posible recolectar a cada camión mismos que para el presente estudio serán **39 contenedores**.

El coeficiente de holgadura es del 7% (Salamanca, 2015) que restando de la cantidad de contenedores que puede recolectar un vehículo de carga lateral, la cantidad final serán **36 contenedores** por vehículo.

4.5.4. Micro Rutas de recolección

Habiendo calculado el número de contenedores a recolectar se divide la zona de estudio utilizando la **Ecuación (6)** que indica que la misma contará con **4 micro rutas** de recolección.

Como se muestra en la **Tabla 7** cada micro ruta contara con el siguiente número de contenedores a recolectar:

Tabla 7
Contenedores por Micro ruta de recolección

Micro Ruta de Recolección	# de contenedores por micro ruta
MR1	33
MR2	28
MR3	36
MR4	36

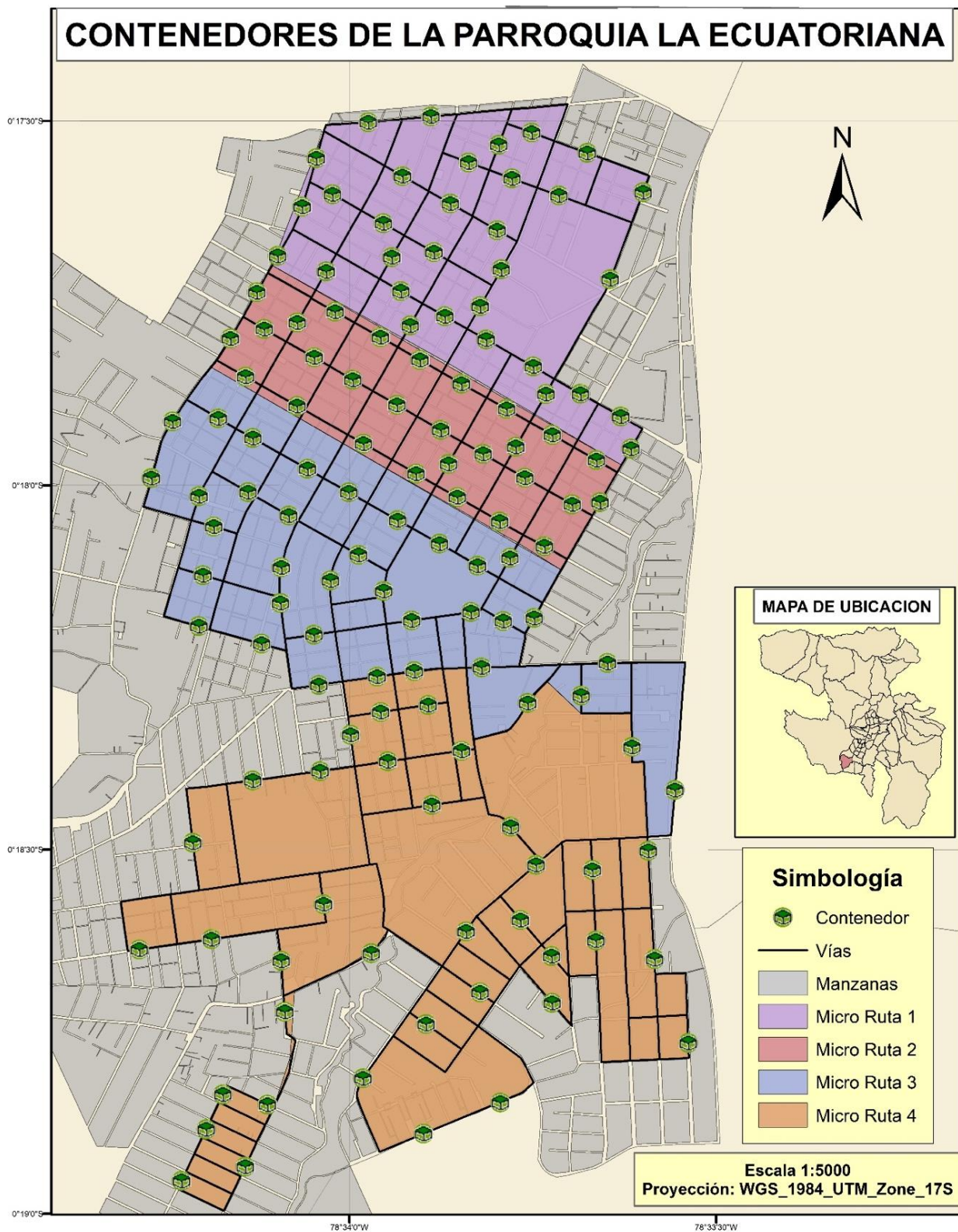


Figura 33. Micro Rutas de Recolección

4.5.5. Rutas de recolección

Por medio de la herramienta *Network Analyst* se logró establecer el tiempo que se demora el vehículo de carga lateral en cubrir cada una de las zonas asignadas, así como el trayecto que cumpliría dentro de cada una de las mismas

Utilizando la extensión *Vehicle Routing Problem* se establecen los requerimientos para generar las rutas de recolección. Se debe mencionar que EMASEO-EP posee un sistema que permite monitorear y ubicar geográficamente a los camiones recolectores por medio de un sistema GPS llamado AVL o *Automatic Vehicle Location* por medio del cual se ha establecido que la velocidad promedio de los camiones recolectores en movimiento es de 50 km.h^{-1} y que la velocidad promedio de los camiones dentro de las micro rutas de recolección es de 35 km.h^{-1} .

4.5.5.1. Micro Ruta De Recolección 1

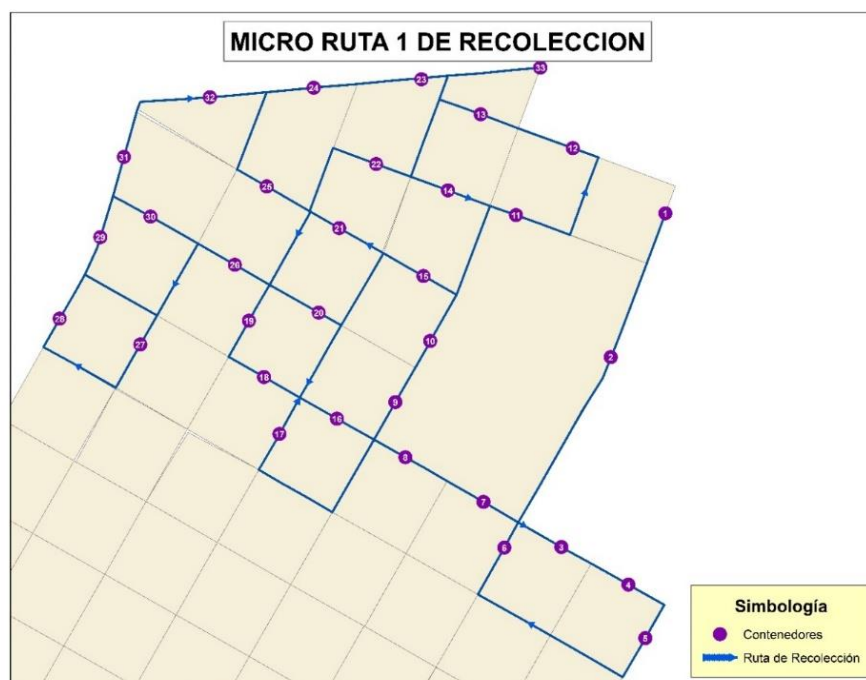


Figura 34. Micro Ruta 1

La Micro Ruta 1 está conformada por 33 contenedores. Como se menciona en el informe técnico de (Ochoa, 2016) el tiempo que se demora el vehículo de carga lateral en recolectar los primeros contenedores no es el mismo que cuando la ruta de recolección está por terminar, por lo que se penalizó a cada contenedor con un tiempo estimado de recolección como se muestra en la **Figura 35**.

Cont_MR1_VRP						
	OBJECTID *	SHAPE *	NOMBRE	SERVICETIME	TimeStart1	TimeEnd1
	1	Point M	C_1	2	19:00:00	22:30:00
	2	Point M	C_2	2	19:00:00	22:30:00
	3	Point M	C_3	2	19:00:00	22:30:00
	4	Point M	C_4	2	19:00:00	22:30:00
	5	Point M	C_5	2	19:00:00	22:30:00
	6	Point M	C_6	2	19:00:00	22:30:00
	7	Point M	C_7	2	19:00:00	22:30:00
	8	Point M	C_8	2	19:00:00	22:30:00
	9	Point M	C_9	2	19:00:00	22:30:00
	10	Point M	C_10	2	19:00:00	22:30:00
	11	Point M	C_11	3	19:00:00	22:30:00
	12	Point M	C_12	3	19:00:00	22:30:00
	13	Point M	C_13	3	19:00:00	22:30:00
	14	Point M	C_14	3	19:00:00	22:30:00
	15	Point M	C_15	3	19:00:00	22:30:00
	16	Point M	C_16	3	19:00:00	22:30:00
	17	Point M	C_17	3	19:00:00	22:30:00
	18	Point M	C_18	3	19:00:00	22:30:00
	19	Point M	C_19	3	19:00:00	22:30:00
	20	Point M	C_20	3	19:00:00	22:30:00
	21	Point M	C_21	5	19:00:00	22:30:00
	22	Point M	C_22	5	19:00:00	22:30:00
	23	Point M	C_23	5	19:00:00	22:30:00
	24	Point M	C_24	5	19:00:00	22:30:00
	25	Point M	C_25	5	19:00:00	22:30:00
	26	Point M	C_26	5	19:00:00	22:30:00
	27	Point M	C_27	5	19:00:00	22:30:00
	28	Point M	C_28	5	19:00:00	22:30:00
	29	Point M	C_29	5	19:00:00	22:30:00
	30	Point M	C_30	5	19:00:00	22:30:00
	31	Point M	C_31	7	19:00:00	22:30:00
	32	Point M	C_32	7	19:00:00	22:30:00
	33	Point M	C_33	7	19:00:00	22:30:00

Figura 35. Tabla de Atributos Micro Ruta 1

Por otro lado, se ha de tomar en cuenta el tiempo en el que el vehículo contenedor recorrerá la micro ruta para tener el tiempo total de recolección; entonces el tiempo estimado de recolección de la Micro Ruta 1 del presente estudio de titulación es de 2 horas 13 minutos.

Adicionalmente para tener el tiempo total de operación del vehículo de carga lateral se consideró el tiempo en el que el camión se demora desde el Centro de Operaciones La Forestal hasta la zona de trabajo y el tiempo que se demora en llegar de la zona de trabajo a la Estación de Transferencia ET Sur lugar en donde se descargan los DSU. Por lo que el tiempo total que emplea el vehículo de carga lateral en realizar su labor es de 3 horas 4 minutos.

4.5.5.2. Micro Ruta De Recolección 2

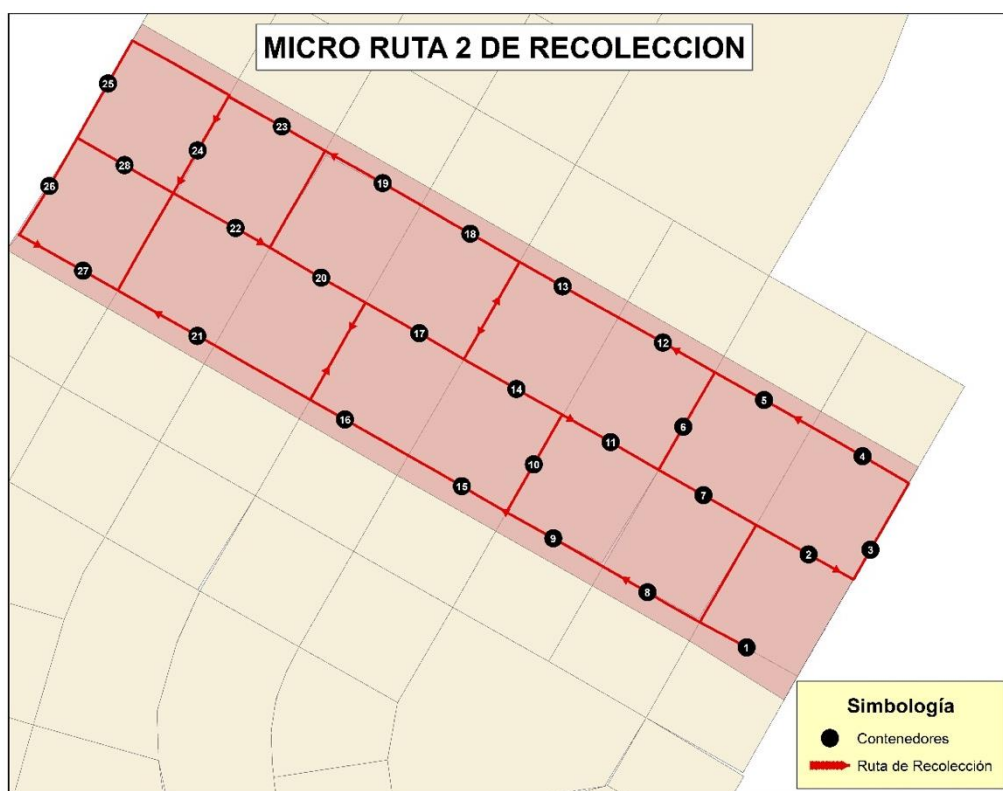


Figura 36. Micro Ruta 2

La Micro Ruta 2 está conformada por 28 contenedores y tomando las consideraciones antes mencionadas el tiempo estimado de recolección del vehículo de carga lateral en la Micro Ruta 2 es de 1 hora 39 minutos.

En este caso para tener el tiempo total de operación del vehículo de carga lateral se consideró el tiempo en el que el vehículo se demora desde la ET Sur lugar desde donde parte el vehículo recolector para iniciar sus labores en la nueva zona de trabajo, el tiempo que se demora en regresar a la ET Sur luego de haber recolectado los DSU y el tiempo que se demora en regresar al Centro de Operaciones La Forestal, lugar donde se estaciona el vehículo de carga lateral. Por lo que el tiempo total que emplea el vehículo de carga lateral en realizar su labor es de 2 horas 10 minutos

4.5.5.3. Micro Ruta De Recolección 3



Figura 37. Micro Ruta 3

La Micro Ruta 3 está conformada por 36 contenedores, tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas se tiene que el tiempo estimado de recolección del vehículo de carga lateral en la Micro Ruta 3 es de 2 horas 36 minutos.

Para tener el tiempo total de operación del vehículo de carga lateral se consideró el tiempo en el que el camión se demora desde el Centro de Operaciones La Forestal hasta la zona de trabajo y el tiempo que se demora en llegar de la zona de trabajo a la Estación de Transferencia ET Sur lugar en donde se descargan los DSU.

Por lo que el tiempo total que emplea el vehículo de carga lateral en realizar su labor es de 3 horas 31 minutos.

4.5.5.4. Micro Ruta De Recolección 4

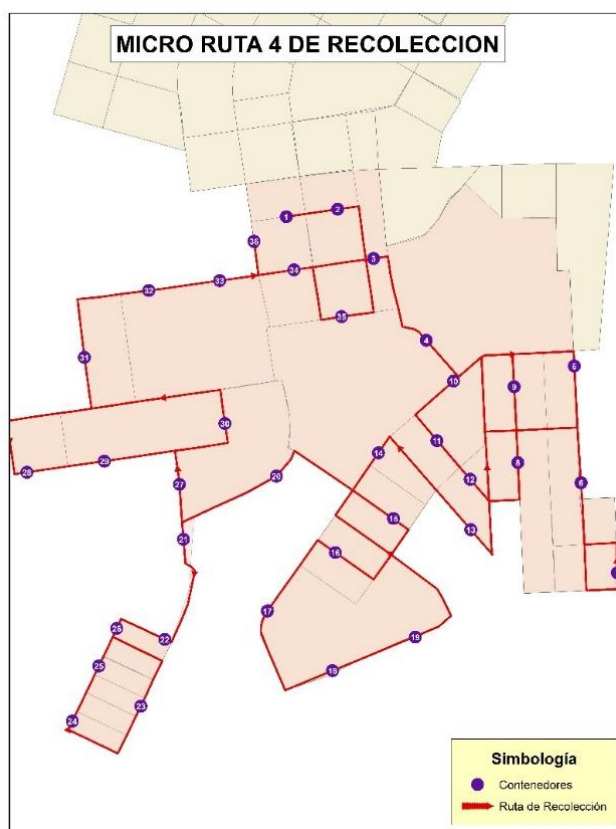


Figura 38. Micro Ruta 4

La Micro Ruta 4 está conformada por 36 contenedores y tomando las consideraciones antes mencionadas el tiempo estimado de recolección del vehículo de carga lateral en la Micro Ruta 4 es de 2 horas 45 minutos.

En este caso al igual que en el de la Micro Ruta 2 para tener el tiempo total de operación del vehículo de carga lateral se consideró el tiempo que el vehículo se demora desde la Estación de Transferencia ET Sur hasta llegar a su nueva zona de trabajo, el tiempo que se demora en llegar de la zona de trabajo a la Estación de Transferencia ET Sur lugar en donde se descargan los DSU y el tiempo que se demora en regresar de la Estación de Transferencia ET Sur a la Forestal, lugar donde se estaciona el vehículo de recolector. Por lo que el tiempo de operación del camión recolector para la Micro Ruta 4 es de 3 horas 18 minutos.

Adicionalmente se menciona que la empresa EMASEO-EP ha designado la utilización de 2 vehículos de carga lateral para la parroquia La Ecuatoriana, por lo que cada camión de carga lateral estará a cargo de dos micro rutas de recolección como se explica en la **Tabla 8**

Tabla 8
Cuadro informativo de Micro Rutas de Recolección

Ruta de Recolección	Vehículo Recolector	Horas de recolección	Horas de operación
Micro Ruta 1	Vehículo #1	2h 13 min	3h 04 min
Micro Ruta 2	Vehículo #1	1h 39 min	2h 10 min
Micro Ruta 3	Vehículo #2	2h 36 min	3h 31 min
Micro Ruta 4	Vehículo #2	2h 45 min	3h 18 min

4.6. Caso De Uso

Se utilizó la MR1 para modificar la ruta de recolección inicial en caso de suscitarse algún inconveniente como se muestra en la **Figura 39**.

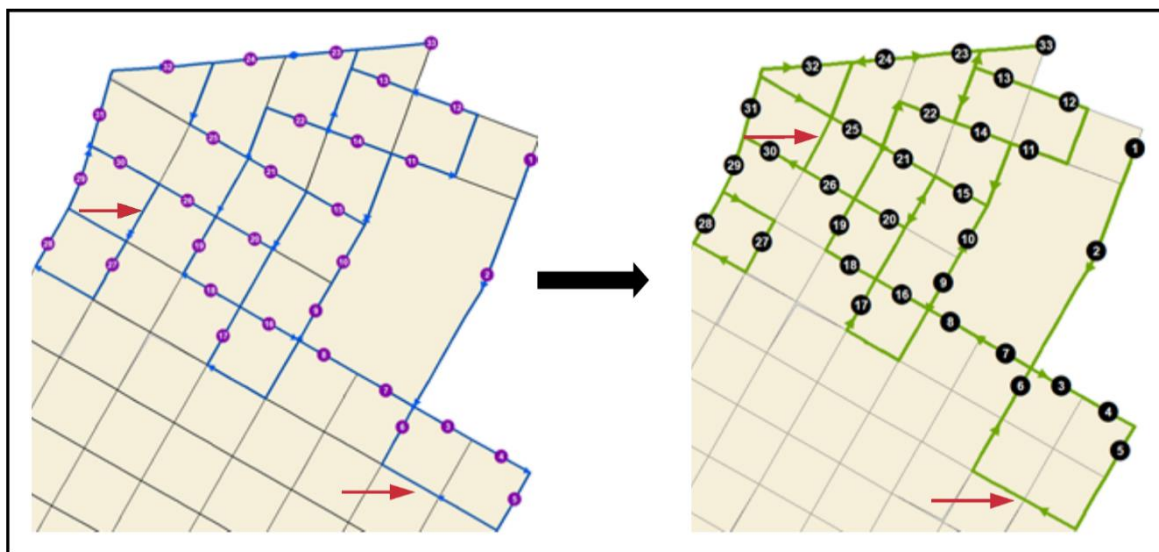


Figura 39. Cambio en las rutas de recolección

Realizando la modificación de la ruta de recolección al vehículo de carga lateral le tomará 2 horas 17 minutos en realizar su labor a lo largo de toda la MR1 cuando originalmente eran 2 horas 13 minutos lo que nos permite evidenciar que es fácil reprogramar las rutas en caso de algún eventual corte de calle.

4.7. Geo Visualizador

A través de ArcGIS On line se creó una aplicación web que permite a cualquier usuario ingresar a la plataforma e informarse acerca de las rutas de recolección creadas en el presente trabajo de titulación.

Como se muestra en la **Figura 40**, la aplicación cuenta con 5 principales barras de herramientas descritas a continuación:



Figura 40. Entorno de la aplicación

- **Etiqueta**



Figura 41. Etiqueta de la aplicación

Se muestra el nombre del geo visualizador, así como también de la persona que realizó el trabajo.

- **Barra de control de escala e inicio de visualización**



Figura 42. Control de escala y botón de inicio de la visualización

- Barra secundaria

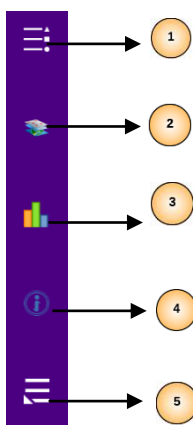


Figura 43. Barra secundaria

- 1) Leyenda
- 2) Lista de capas
- 3) Gráfico de el numero de contenedores que existe por cada calle

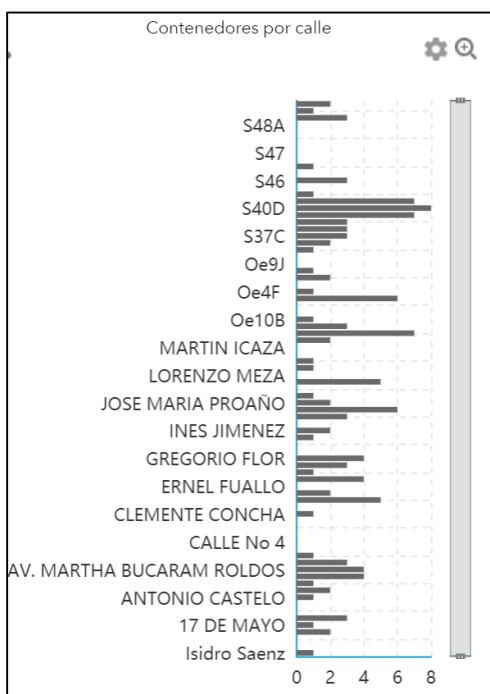


Figura 44. Gráfico estadístico de contenedores por calle

El gráfico creado para la aplicación muestra cuantos contenedores existen por cada calle, también al seleccionar una calle específica la aplicación traslada la vista a lo largo de la misma para verificar la información.

4) Infografía



Figura 45. Infografía de los contenedores

En la **Figura 45**. se menciona cuantos contenedores están distribuidos en la zona de estudio, un gráfico de los contenedores que se deberían implementar, así como también de la capacidad de los mismos.

5) Datos Extra

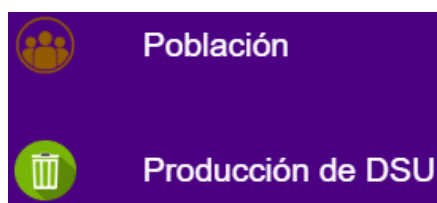


Figura 46. Información de población y desechos sólidos de la zona de estudio

La **Figura 46**. cuenta con dos botones de acceso los cuales contienen información sobre la población a ser atendida, así como la cantidad de desechos que ésta produce por día, como lo detallan la **Figura 47**. y **Figura 48**.



Figura 47. Población beneficiada con la recolección de carga lateral



Figura 48. Información sobre el Índice de Producción Per Cápita de desechos sólidos

- Escala gráfica y sistema de coordenadas

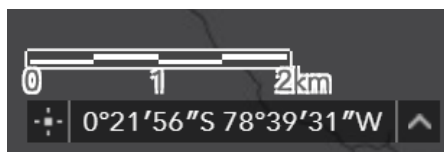


Figura 49. Botón de escala y sistema de coordenadas del mapa a visualizar

- Barra de medición



Figura 50. Barra de medición y adición de información

El sitio web en donde se cuenta disponible el geo visualizador es:

<http://esriecgads.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=86124078f7744f3a90057065a3644a64>

- Por medio de técnicas de fotointerpretación se determinaron 988 vías contenerizables, después de realizar el levantamiento de campo y los análisis espaciales correspondientes se determinó que las vías a contenerizar son 524.
- Tomando en cuenta la cantidad de personas a servir y el trayecto a recorrer se determinó que la cantidad de contenedores a colocar es 133.
- Se dividió la zona de estudio en 4 Micro rutas de recolección con un máximo de 36 contenedores a recolectar debido a que la capacidad de los vehículos de carga lateral tiene capacidad limitada de almacenamiento.

- Las rutas de recolección son: MR1 con 33 contenedores, MR2 con 28 contenedores, MR3 con 36 contenedores y MR4 con 36 contenedores.
- Cada vehículo recolector trabajaría recolectando 2 Micro Rutas por día, determinando que se recolectarían los desechos tres veces a la semana.
- Del levantamiento en campo se obtuvieron como zonas de atención prioritarias 23 micro basurales, y como zonas sensibles 5 centros de salud y 14 escuelas. Se colocó un contenedor en cada micro basural y se alejó de la entrada peatonal de las zonas sensibles la colocación de contenedores al menos 30 metros.

4.8. Discusión De Resultados

- Complementando el informe proporcionado por (Ochoa, 2016) técnico de EMASEO-EP se propone considerar escuelas, centros de salud, y hospitales si se requiere implementar un sistema de recolección contenerizada en alguna zona de la urbe como lo realizado por (Salamanca, 2015), ya que debido al tipo de personas que frecuentan estos establecimientos es conveniente alejar los contenedores una distancia considerable de las entradas peatonales de los mismos.
- En el presente trabajo de titulación se estimó la cantidad de personas presentes en el área de estudio utilizando el Promedio de Personas por Hogar determinado por el INEC y datos de catastro. El dato de población también puede obtener del número de suministros de energía eléctrica dentro del área urbana (Díaz D. , 2013).
- Contrastando la metodología de trabajo de EMASEO-EP descrita por (Ochoa, 2016) en el presente trabajo de titulación se respetaron los límites parroquiales para la creación de rutas de recolección mecanizada y distribución de vehículos de carga lateral.

- El presente trabajo de titulación se apoyó en la aplicación *Collector for ArcGIS* misma que trabaja off-line y es de fácil utilización y actualización de datos, la cual tiene conexión directa con el software utilizado por los técnicos de la empresa, esta herramienta reemplazaría la utilización de la aplicación *Sport Tracker* como aplicación de levantamiento de campo facilitando y reduciendo el tiempo de modificación de información y trabajo de gabinete.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que la mayor cantidad de personas se encuentra ubicada en el centro de la parroquia, no así en las periferias de la misma.
- Se determinaron zonas de atención de recolección de carga lateral tomando en cuenta los focos de contaminación provistos en el mapa de densidad de desechos, el cual refleja que existen dos focos prioritarios cuya producción de desechos es alta y tres puntos de atención secundaria cuya producción de desechos es media.
- Se actualizaron 2.707 vías presentes en la parroquia La Ecuatoriana; después de realizar un estudio de campo determinando la transitabilidad de las mismas y cumplimiento de los requerimientos a ser contenerizadas se determinó que 23.53% son aptas para que un vehículo de carga lateral pueda transitar sin ningún inconveniente. Se excluyeron muchas de las vías consideradas contenerizables después del proceso de fotointerpretación debido a que eran pasajes sin salida, o no tenían el material adecuado en la capa de rodadura para que un vehículo contenedor realice su labor.
- Mediante la recolección mecanizada se daría servicio al 53,63 % de la población total de la parroquia La Ecuatoriana.
- Se determinó que para recolectar los contenedores de la zona de estudio son necesarios dos vehículos de carga lateral de 25 m³de capacidad.

- Debido a que la capacidad del vehículo es limitada y sabiendo que el grado de compactación es de 1:5 se consideró que la zona de estudio debe ser dividida en 4 micro rutas de recolección.
- Por medio de los registros AVL que utiliza la empresa EMASEO-EP se determinó que la velocidad promedio de un vehículo de carga lateral desde la Estación La Forestal a cualquier zona de recolección es de 50 km.h^{-1} , la velocidad de recolección es de 35 km.h^{-1} , la velocidad de transporte de los desechos sólidos hacia la Estación de transferencia ET SUR es de 30 km.h^{-1} .
- Por medio de la implementación del geo visualizador se logró la difusión del estudio realizado sobre la creación de rutas de recolección de desechos sólidos utilizando camiones de carga lateral, así como también al libre acceso e interacción del público en general con la información generada en el estudio de titulación.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que para tener datos más cercanos a la realidad en cuanto al tiempo que se demoran los vehículos recolectores en cumplir su labor o el tiempo que les toma trasladarse al mismo desde las distintas estaciones de transferencia a la zona de trabajo se levanten datos de tráfico vehicular ya que existen horas en donde el la cantidad de vehículos transitando es más densa que en otras horas del día.
- Para obtener el mapa de densidad de desechos producida se recomienda utilizar los datos actualizados de tonelaje generado por la zona de estudio levantada por los técnicos de EMASEO-EP.

- Se recomienda que en el momento de instalar los contenedores se tomen en consideración lugares en donde exista amplias aceras, fachadas extensas, lejos del ingreso peatonal de cualquier vivienda o local comercial debido a que la presencia de un contenedor siempre genera molestias debido a los olores que emanan de los mismos.
- Se recomienda que para las áreas no consolidadas de la parroquia y aquellas que no fueron consideradas para recibir recolección mecanizada se mantenga la recolección tradicional o de pie de vereda.
- Se recomienda respetar espacialmente la división parroquial para poder trabajar dentro de las mismas construyendo rutas de recolección y definiendo formas de recolección.
- Se recomienda considerar horarios y frecuencias de lavado de contenedores para evitar molestias a los pobladores con lo que a olores y lixiviados respecta.
- Se recomienda que existan campañas de información y concienciación a la población del buen uso y mantenimiento de contenedores, así como también de los desechos que están permitidos ser desechados en los mismos para evitar daños tanto de los brazos mecánicos como de las tolvas compactadoras.

REFERENCIAS

- Aguirre, S., & Dimas, A. (2016). *GEO-INNOVA*. Obtenido de Optimización de redes con ArcGIS Network Analyst: <https://geoinnova.org>
- Alvarez, J. (2008). *Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica*. Consejería de la Junta de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.
- Alzate, L. (23 de Noviembre de 2009). *¿En qué consiste el aprovechamiento de residuos sólidos?* Obtenido de Blogger: <http://manejodersapartado.blogspot.com>
- Aristizabal, C., & Sáchica, M. (2001). *El aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios no tóxicos en Bogotá D.C.* Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador . (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- Bangala, M., & Osorio, M. (2011). *Análisis del sistema de recolección de basura en la zona urbana del municipio de San Pedro Cholula mediante la aplicación de un modelo de Ruteo de Vehículos con Capacidad*. México: Universidad Autónoma de Puebla.
- Bonfanti, F. (2004). *La incorrecta gestión de los residuos sólidos urbanos y su incidencia en la calidad de vida de la población de Resistencia*. Universidad Nacional del Noreste.
- Campos, V. (2015). *Problemas de Rutas*. Universidad de Valencia.
- Chacón, D. (2017). *¿Qué fue lo que realmente pasó en Quito con la basura? Caja Negra*.
- CIESAS. (2014). *¿Qué es un SIG? Sistemas de Información Geográfica*.
- Comisión de Salud del Consejo Meropolitano. (2015). Acta Resolutiva de la Sesión Ordinaria de Comisión de Salud., (págs. 2-3). Quito.
- Comunidad de Madrid. (2013). *Memoria de actividades de los servicios de la dirección general de zonas verdes, limpieza y residuos*. Madrid.
- Consejo Cantonal de Cuenca. (2010). *Ordenanza que Regula la Gestión Integral de los Desechos y Residuos Sólidos en el Cantón Cuenca*. Cuenca.
- Consejo del Distrito Metropolitano de Quito. (2007). Ordenanza N° 0213 . *Ordenanza Sustitutiva del Título V “Del Medio Ambiente”, Libro Segundo del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito.
- Consejo Metropolitano de Quito. (2010). *Ordenanza Metropolitana N°. 0332*. Quito.

- Consejo Metropolitano de Quito. (2010). Ordenanza Metropolitana N°. 0332., (pág. 18). Quito.
- Daza, J., Montaya, J., & Narducci, F. (2009). *Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases*. Medellín: Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- del Farra, A., & Ixtaina, J. (2012). *Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios*. CORIPA S.A.
- Díaz, D. (2013). *Sistemas de Información Geográfica aplicados a la optimización del servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios, el caso de la Administración Zonal Eloy Alfaro*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Díaz, E. (2002). *Guía de Lombricultura*. Agencia de Desarrollo y Comercio Exterior .
- Dirección de Higiene Municipal. (2017). *Municipio de Loja*. Obtenido de Municipio de Loja: <http://www.loja.gob.ec>
- El Comercio. (27 de diciembre de 2017). Problemas con la recolección de basura en varios sectores de Quito tras los festejos navideños Este contenido ha sido publicado originalmente por Diario EL COMERCIO en la siguiente dirección: <https://www.elcomercio.com/actualidad/recoleccion-basura-quito>. *El Comercio*.
- El Diario. (31 de Agosto de 2011). Censo revela que en Ecuador habitan 14"483.499 personas. *El Diario*.
- El Telégrafo. (2018). La basura del estero llega desde las calles de Guayaquil. *El Telégrafo*.
- El Telégrafo. (21 de Abril de 2018). Los barrios del sector de La Ecuatoriana esperan por obras desde hace un año. *El Telégrafo*, pág. 2.
- El Tiempo. (2010). Multas por incumplir reciclaje y botar basura. *El Tiempo*.
- El Universo. (2016). Empresa contratada por Municipio de Guayaquil hace limpieza del estero Salado con 17 embarcaciones. *El Universo*.
- EMAC-EP. (2016). *Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca*. Obtenido de <http://www.emac.gob.ec/>
- EMASEO-EP. (2015). *Informe de la generación de desechos sólidos en el DMQ*. Quito.
- EMASEO-EP. (2016). *Empresa Pública de Aseo*. Obtenido de Quito Alcaldía: <http://www.emaseo.gob.ec>

- EMASEO-EP. (2016). *Empresa Pública Metropolitana de Aseo*. Recuperado el 05 de Abril de 2018, de Quito Alcaldía: <http://www.emaseo.gob.ec>
- ESRI . (2018). *ArcGIS Desktop*. Obtenido de Análisis del área de servicio: <https://desktop.arcgis.com>
- ESRI. (2018). *ArcGIS for Desktop*. Obtenido de ¿Qué es una superficie TIN?: <http://desktop.arcgis.com>
- ESRI. (2018). *ArcGIS Pro*. Obtenido de ArcGIS Pro: pro.arcgis.com
- ESRI. (2018). *ArcGIS Pro*. Obtenido de Comprender el análisis de densidad: <https://pro.arcgis.com>
- ESRI Australia. (2018). *ArcGIS Network Analyst*. Obtenido de <https://www.esri.com>
- ESRI-España. (3 de octubre de 2017). *Esri-España*. Obtenido de <https://esriblog.wordpress.com>
- Galindres, L., Toro, E., & Zuluaga, A. (3 de septiembre de 2015). *Solución del problema de ruteo capacitado considerando efectos ambientales mediante una técnica híbrida*. Obtenido de Scientia Et Technica: <http://www.redalyc.org>
- Gutiérrez, F. (2008). *Análisis del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos en el Centro Histórico de Morelia, aplicando Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. México.
- Henao, B., & Piedrahita, J. (2015). *Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el Municipio de Zarzal Valle del Cauca*. Zarzal.
- Hidalgo, D. (21 de Julio de 2017). *GK*. Obtenido de Cerca de cumplir su bicentenario, Guayaquil aún no sabe cómo lidiar con su basura: gk.city
- INEC. (2010). *Glosario de términos censales*. Quito: INEC.
- INEC. (2014). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales* . INEC.
- INEC. (9 de diciembre de 2017). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- INEGI. (2018). *Modelos Digitales de Elevación (MDE) - Descripción*. Obtenido de ¿Qué es un modelo digital de elevación?: <http://www.inegi.org.mx>

- Izar, J. (2014). *Lombricultura, una opción sustentable de producción de alimentos para el campo Mexicano*. México.
- Jácome, E. (2018). 1,2 millones más al mes, para la recolección de basura en Quito. *El Comercio*.
- Jiménez, M. (5 de mayo de 2018). La Plataforma Social ya funciona en Quitumbe. *El Telégrafo*.
- La Hora. (27 de Noviembre de 2017). Fiestas de Quito: Quito alberga a migrantes de más de 150 nacionalidades extranjeras. *La Hora*.
- MAE. (2018). *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAEPNGIDS)*. Ministerio del Ambiente.
- Márquez, J. (2015). *Macro y Micro Ruteo de residuos sólidos residenciales*. Sincelejo: Universidad de Sucre.
- Merizalde, M. (2 de Enero de 2018). La acumulación de basura sigue siendo un problema en La Colmena y La Ermita, en Quito. *El Comercio*.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2016). *Sistema de Recogida*. Obtenido de www.mapama.gob.es
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Manual de Compostaje*. Gobierno de España.
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana. (31 de enero de 2018). 10 servicios de Cancillería en Quito se trasladan a la Plataforma de Desarrollo Social en Quitumbe. Quito, Pichincha.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Diagnóstico de la Cadena de Gestión Integral de Desechos Sólidos-Reciclaje*. Ministerio del Ambiente-Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos PNGIDS.
- Municipio de Loja. (2014). *Ordenanza Reformatoria del Código Municipal de Higiene y Abasto*. Loja: Municipio de Loja.
- Municipio de Loja. (22 de Marzo de 2016). *Se invita a clasificar correctamente los desechos sólidos*. Obtenido de <http://www.loja.gob.ec>
- Municipio de Loja. (20 de Julio de 2017). *Prácticas ambientales se destacó en rueda de prensa*. Obtenido de www.loja.gob.ec

- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2011). *Plan de desarrollo 2012-2022*. Quito.
- Ochoa, E. (2016). *Informe del Sistema de Recolección Mecanizada*. Quito: EMASEO-EP.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*.
- ONAPLAN – GTZ . (2001). *Mnejo Integral de Desechos Sólidos como Servicio de Calidad y Económicamente Sostenible*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Suelos sanos para una vida sana*. Obtenido de <http://www.fao.org>
- Planeta Recicla. (17 de Septiembre de 2015). *¿Cómo se recicla en Europa?* Obtenido de www.ecoembes.com
- Puerto Limpio. (2017). *Nuestro servicio de recolección*. Obtenido de www.puertolimpio.com
- Racero, J., & Pérez, E. (2006). X Congreso de Ingeniería de Organización Valencia. *Optimización del sistema de rutas de recolección de residuos sólidos domiciliarios (Ecoeficiencia)*, (págs. 2-3). Valencia.
- Relevo. (14 de Marzo de 2017). *Relevo*. Obtenido de RECICLAJE: ¿Qué va en cada contenedor?: <http://www.relevocontigo.com>
- Rodríguez, D. (2002). *Barrido y Recolección de Residuos Sólidos y Municipales*. México: Facultad de Ingeniería UNAM.
- Salamanca, P. (2015). *Gestión y Tratamiento de Residuos Urbanos, Industriales y Especiales. Recogida de Residuos Sólidos Urbanos*. Madrid: MIGMA.
- Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda. (2012). *Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2022*. Quito: Planes de Ordenamiento Territorial.
- Secretaría del Ambiente. (2008). *Manejo de Residuos Sólidos en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito.
- SEDESOL. (2012). *Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales*. México: Secretaría de Desarrollo Social.
- SEMARNAT. (2006). *Impactos ambientales de los asentamientos urbanos*. México.
- Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M., & Terraza, H. (2010). *Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010*.
- TMMA. (2017). *El camión de basura, mantenimiento y recambios*. TMMA.

Universidad de Buenos Aires. (2018). *Facultad de Agronomía*. Obtenido de Fauba Verde: www.agro.uba.ar

Villacrés, J. (21 de mayo de 2014). *Arquitectura Moderna en el Ecuador. Quito: El Plan Jones Odriozola (1942-1945) y el Territorio - La contextualización de la ciudad moderna*. Quito, Pichincha.