



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LOS
CANTONES PORTOVELO Y ATAHUALPA Y OPTIMIZACIÓN DE
RUTAS DE RECOLECCIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

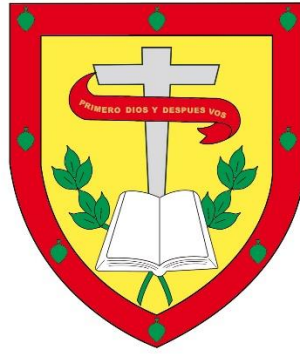
AUTOR: GÉNESIS CAROLINA BELTRÁN VALAREZO

DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTÍNEZ VEGA

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LOS
CANTONES PORTOVELO Y ATAHUALPA Y OPTIMIZACIÓN DE
RUTAS DE RECOLECCIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR: GÉNESIS CAROLINA BELTRÁN VALAREZO

DIRECTOR: ING. POLIBIO AUGUSTO MARTÍNEZ VEGA

CUENCA - ECUADOR

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Génesis Carolina Beltrán Valarezo portador de la cédula de ciudadanía N° 0706100526. Declaro ser la autora de la obra: "Caracterización de residuos sólidos urbanos de los cantones Portovelo y Atahualpa y optimización de rutas de recolección", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 2 de noviembre de 2022

F: 
Génesis Carolina Beltrán Valarezo
0706100526

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Génesis Carolina Beltrán Valarezo, bajo mi supervisión.



Ing. Augusto Polibio Martínez Vega

DIRECTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación, está dedicado a Dios y a mis padres. A Dios, porque ha sido quien ha estado conmigo en todo momento, guiándome, cuidándome y dándome la fortaleza para continuar, a mis padres Lauro Jacinto Beltrán Valarezo y Susana Jaqueline Valarezo Armijos sin sus esfuerzos, sacrificios y largas horas de trabajo, consejos, motivación, no podría haber obtenido el apoyo que necesitaba para ser una profesional, depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba, sin dudar en ningún momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que eh podido ir avanzando y llegar a la meta realizando mis sueños.

Génesis Carolina Beltrán Valarezo

AGRADECIMIENTOS

Llena de regocijo de amor y esperanzas, dedico este trabajo en primera instancia a Dios, quien con su bondad y bendiciones diarias me ayudó a culminar el presente proyecto de investigación.

A mis padres, a quienes les debo todo lo que soy hoy en día. Gracias por ayudarme a construir mis sueños, por darme su apoyo incondicional, por la motivación día a día y que no decaiga nunca.

A mi familia por sus palabras de aliento. A mis docentes por los conocimientos impartidos que me han convertido en profesional y por el apoyo recibido para la culminación de mi trabajo.

Gracias a mi director de tesis Ing. Polibio Martínez por sus orientaciones y apoyo brindado durante el desarrollo del trabajo investigativo de igual forma a mi Cotutor Mag. Manuel Álvarez, gracias por ser buenas personas y tener fe en mí.

Y agradezco a cada una de las personas que han estado apoyándome en este proceso y que han creído en mí, me siento maravillada por tener buenas personas en mi vida les agradezco de todo corazón, no me alcanzan las palabras para expresar el orgullo y lo bien que me siento.

Génesis Carolina Beltrán Valarezo

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el cantón Portovelo y Atahualpa, tiene como objetivo la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios que se generan en el área urbana de dichos cantones y la optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos. Para la metodología de los trabajos de campo en la toma de muestras se consideró las recomendaciones del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). El tamaño de la muestra fue de 70 viviendas de Atahualpa y 94 de Portovelo. Los resultados obtenidos en la GPC de los residuos sólidos urbanos domiciliarios del cantón Atahualpa es de 0,48 kg/hab/día y no domiciliarios de 0,87 kg/establecimiento/día y en Portovelo de 0,57 kg/hab/día y no domiciliarios 1,003 kg/establecimiento/día. Los resultados de la composición en Atahualpa es 68,76% orgánicos, el 10,36% plástico. En Portovelo el 66,99% orgánicos y el 11,43% plásticos. Para la optimización de las rutas de recolección de los cantones se utilizó el programa ArcGIS se disminuyó distancias y tiempo de la ruta del cantón Atahualpa y de las seis rutas del cantón Portovelo.

Palabras clave: Caracterización, residuos sólidos, generación per cápita.

ABSTRACT

This study was conducted in the cantons of Portovelo and Atahualpa to characterize the solid waste generated in the urban area of these counties and optimize the solid waste collection routes. The recommendations of the Pan-American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS by its Spanish acronym) were considered for the fieldwork methodology for sample collection. The sample size was 70 households in Atahualpa and 94 in Portovelo. The results obtained in the for household solid urban waste in the canton of Atahualpa are 0.48 kg/inhab/day and non-household solid waste of 0.87 kg/inhab/day, household solid waste in Portovelo of 0.57 kg/inhab/day and non-household solid waste of 1.003 kg/inhab/day. The composition results in Atahualpa are 68.76% organic and 10.36% plastic. In Portovelo, 66.99% organic and 11.43% plastic. The ArcGIS program was used to optimize the collection routes of the cantons, reducing the distances and time of the Atahualpa canton route and the six ways of the Portovelo canton.

Keywords: Characterization, solid waste, per capita generation

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE ANEXOS	XII
CAPÍTULO I	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	- 2 -
1.2. JUSTIFICACIÓN	- 3 -
1.3. OBJETIVOS	- 4 -
1.3.1. Objetivo general	- 4 -
1.3.2. Objetivo específico	- 4 -
CAPITULO II	- 5 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 5 -
2.1. RESIDUOS SÓLIDOS	- 5 -
2.1.1. Fuentes de generación de los residuos sólidos.	- 6 -
2.1.2. Tiempo de degradación de los residuos sólidos.	- 7 -
2.1.3. Problemática que producen los residuos sólidos	- 9 -
a. Contaminación de agua	- 9 -
b. Contaminación de suelo.	- 9 -
c. Contaminación de aire	- 10 -
2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE SU COMPOSICIÓN QUÍMICA	- 11 -
2.2.1. Orgánicos.	- 11 -
2.2.2. INORGÁNICOS.	- 12 -
2.3. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	- 13 -
2.3.1. Consideraciones para la caracterización	- 13 -
2.3.2. Manejo de residuos sólidos.	- 13 -
2.3.3. Generación per cápita	- 14 -
2.4. RUTAS DE RECOLECCIÓN	- 15 -
2.4.1. Diagramación de las rutas de recolección – sistema ARCGIS.	- 15 -
2.4.2. Planificación de rutas para cubos de basura públicos.	- 16 -
2.5.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	- 19 -
2.5.2. CÓDIGO ORGÁNICO DE AMBIENTE	- 20 -
2.5.3. REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DE AMBIENTE	- 21 -

CAPÍTULO III	- 23 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS	- 23 -
3.1. CONTEXTO	- 23 -
a) Localización del cantón Atahualpa	- 23 -
3.1.2. Información general del cantón Portovelo.	- 24 -
<i>b. Localización.</i>	- 25 -
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	- 25 -
3.4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	- 26 -
3.4.1. Proceso para la caracterización de residuos sólidos de las ciudades Atahualpa y Portovelo.	- 26 -
<i>a. Zonificación de las ciudades.</i>	- 26 -
3.4.2. Proceso de cálculo de la densidad de los residuos sólidos urbanos.	- 34 -
3.4.3. Cálculo de la composición física de los residuos sólidos urbanos.	- 35 -
3.5. Cálculos	- 36 -
3.6. Diagnóstico de la situación actual de las rutas de recolección de los residuos sólidos de los cantones Portovelo y Atahualpa	- 40 -
3.6.1. Recolección de residuos sólidos del cantón Atahualpa	- 40 -
3.6.2. Recolección de residuos sólidos del cantón Portovelo	- 41 -
3.7. Realizar las rutas de recolección mediante el software ArcGIS	- 42 -
CAPÍTULO IV	- 49 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 49 -
4.1. CÁLCULOS DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN EL CANTÓN ATAHUALPA	- 49 -
CAPITULO V	- 106 -
5. CONCLUSIONES	- 106 -
CAPITULO VI	- 108 -
6. RECOMENDACIONES	- 108 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	- 109 -
ANEXOS	- 111 -
Anexo 1. Evidencias fotográficas de la toma de muestras	- 111 -
Anexo 1.2: Entrega de bolsas para la recolección de residuos sólidos en la Av. Yacuvíña – cantón Atahualpa	- 112 -

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de cantón Atahualpa _____	- 24 -
Figura 2. Mapa del cantón Portovelo _____	- 25 -
Figura 3. Puntos de muestreo para la recolección de residuos en el casco urbano de Atahualpa _	28 -
Figura 4. Puntos de muestreo para la recolección de residuos en el casco urbano de Portovelo-	29 -
Figura 5. Pesaje de residuos sólidos _____	- 32 -
Figura 6. Método de cuarteo de residuos sólidos para la reducci6 del tamaño de una muestra-	32 -
Figura 7. Método de cuarteo en las muestras recolectadas _____	- 33 -
Figura 8. Método de cuarteo en las muestras recolectadas _____	- 33 -
Figura 9. Determinación de la densidad de los residuos sólidos _____	- 34 -
Figura 10. Vehículo recolector _____	- 40 -
Figura 11. Vehículo recolector _____	- 42 -
Figura 12. Ortofoto del cantón Atahualpa _____	- 43 -
Figura 13. Ortofoto del cantón Portovelo _____	- 43 -
Figura 14. Digitalización del cantón Portovelo _____	- 44 -
Figura 15. Digitalización del cantón Atahualpa _____	- 44 -
Figura 16. Diseño de las rutas actuales _____	- 45 -
Figura 17. Construcción de rutas actuales del cantón Portovelo _____	- 46 -
Figura 18. Construcción de rutas actuales del cantón Atahualpa _____	- 46 -
Figura 19. Datos de distancias _____	- 47 -
Figura 20. Portovelo (rutas optimizada) _____	- 48 -
Figura 21. Atahualpa (rutas optimizada) _____	- 48 -
Figura 22. Generación per cápita según el tipo de generador _____	- 61 -
Figura 23. Valores de la composición porcentual _____	- 62 -
Figura 24. Valores de la composición porcentual _____	- 63 -
Figura 25. Generación per cápita según el tipo de generador _____	- 80 -
Figura 26. Generación per cápita según el tipo de generador _____	- 80 -
Figura 27. Valores de la composición porcentual por zonas _____	- 83 -
Figura 28. Composición porcentual de los residuos sólidos domiciliarios generados en el casco urbano del cantón Portovelo. _____	- 83 -
Figura 29. Valores de la composición porcentual por zonas _____	- 85 -
Figura 30. Ruta actual de recolección que realizan en la zona urbana del cantón Atahualpa _	- 91 -
Figura 31. Ruta optimizada del área urbana del cantón Atahualpa _____	- 92 -
Figura 32. Ruta 1_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo _____	- 95 -
Figura 33. Ruta 2_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo _____	- 95 -
Figura 34. Ruta 3_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo _____	- 96 -
Figura 35. Ruta 4_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo _____	- 97 -
Figura 36. Ruta 5_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo _____	- 98 -
Figura 37. Ruta 6_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo _____	- 98 -
Figura 38. Ruta 1 optimizada del área urbana del cantón Portovelo _____	- 99 -
Figura 39. Ruta 2 optimizada del área urbana del cantón Portovelo _____	- 100 -
Figura 40. Ruta 3 optimizada del área urbana del cantón Portovelo _____	- 100 -
Figura 41. Ruta 4 optimizada del área urbana del cantón Portovelo _____	- 101 -
Figura 42. Ruta 5 optimizada del área urbana del cantón Portovelo _____	- 102 -
Figura 43. Ruta 6 optimizada del área urbana del cantón Portovelo _____	- 102 -

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y equipos _____	- 26 -
Tabla 2. Metodología para las zonificaciones recomendadas de acuerdo a rangos por cantidad de viviendas en los distritos. _____	- 26 -
Tabla 3. Muestra aleatoria del cantón Atahualpa _____	- 27 -
Tabla 4. Zonificación de la ciudad de Portovelo _____	- 27 -
Tabla 5. Población urbana _____	- 29 -
Tabla 6. Separación de los residuos sólidos según la composición física _____	- 35 -
Tabla 7 Recolección de los residuos sólidos en el cantón Atahualpa _____	- 40 -
Tabla 8 Características del vehículo recolector _____	- 40 -
Tabla 9. Recolección de los residuos sólidos en el cantón Portovelo _____	- 41 -
Tabla 10 Características del vehículo recolector _____	- 41 -
Tabla 11. Datos de producción total diaria y producción por habitante de residuos sólidos en el cantón Atahualpa - domiciliarios _____	- 50 -
Tabla 12. Generación per cápita por vivienda (Kg/Hab/día). _____	- 54 -
Tabla 13. Generación per cápita por vivienda (Kg/Hab/día). _____	- 55 -
Tabla 14. Generación per cápita por vivienda (Kg/Hab/día). _____	- 57 -
Tabla 15. Distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por vivienda (Kg/día) - 57 -	
Tabla 16. Indicadores descriptivos para datos no agrupados _____	- 58 -
Tabla 17. Indicadores descriptivos para datos agrupados _____	- 59 -
Tabla 18. Producción diaria de residuos sólidos por habitante - cantón Atahualpa (Kg/hab/día) - 59 -	
Tabla 19. Pesos de los subproductos de los residuos sólidos domiciliarios por día en el cantón Atahualpa. _____	- 61 -
Tabla 20. Pesos de los subproductos de los residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Atahualpa. _____	- 62 -
Tabla 21. Densidad en Kg/m ³ por día en el cantón Atahualpa _____	- 64 -
Tabla 22. Densidad en Kg/m ³ de residuos no domiciliarios en el cantón Atahualpa _____	- 64 -
Tabla 23. Datos de producción total diaria y producción por habitante de residuos sólidos en el cantón Portovelo – Zona uno _____	- 66 -
Tabla 24. Datos y producción total diaria y producción por habitante de residuos sólidos en el cantón Portovelo – Zona dos _____	- 70 -
Tabla 25. Generación per cápita por vivienda (kg/hab/día) de la zona 1 _____	- 73 -
Tabla 26. Generación per cápita por vivienda (kg/hab/día) de la zona 2 _____	- 74 -
Tabla 27. Generación per cápita por vivienda (kg/hab/día) de la zona 1 y de la zona 2 _____	- 76 -
Tabla 28. Distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por vivienda cantón Portovelo (Kg/día) _____	- 76 -
Tabla 29. Distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por vivienda (Kg/hab/día) del cantón Portovelo _____	- 77 -
Tabla 30. Indicadores descriptivos producción diaria de residuos sólidos por vivienda y habitante, datos no agrupados del cantón Portovelo _____	- 78 -
Tabla 31. Indicadores descriptivos producción diaria de residuos sólidos por vivienda y habitante, datos agrupados del cantón Portovelo _____	- 78 -
Tabla 32. Generación per cápita por vivienda de la zona 1 y de la zona 2 _____	- 81 -
Tabla 33. Composición de residuos sólidos de la zona 1 _____	- 81 -
Tabla 34. Composición de residuos sólidos de la zona 2 _____	- 82 -
Tabla 35. Valores totales de la composición de residuos sólidos _____	- 83 -
Tabla 36. Composición de residuos sólidos no domiciliarios de la zona 1 _____	- 84 -
Tabla 37. Composición de residuos sólidos no domiciliarios de la zona 2 _____	- 85 -
Tabla 38. Valores totales de la composición de residuos sólidos no domiciliarios. _____	- 86 -
Tabla 39. Densidad en Kg/m ³ por día en el cantón Portovelo – zona uno _____	- 86 -
Tabla 40. Densidad en Kg/m ³ por día en el cantón Portovelo – zona dos _____	- 87 -
Tabla 41. Densidad total de los residuos generados en el casco urbano del cantón Portovelo _____	- 88 -
Tabla 42. Densidad de residuos no domiciliarios en el cantón Portovelo – zona uno _____	- 88 -
Tabla 43. Densidad de residuos no domiciliarios en el cantón Portovelo – zona dos _____	- 89 -
Tabla 44. Densidad total de los residuos generados en el casco urbano del cantón Portovelo _____	- 89 -
Tabla 45. Información del vehículo recolector- zona urbana _____	- 90 -
Tabla 46. Ruta optimizada de la zona urbana del cantón Atahualpa _____	- 92 -

Tabla 47. Comparación de resultados de Atahualpa _____	- 92 -
Tabla 48. Diferencias entre ruta actual y ruta optimizada en la zona urbana del cantón Atahualpa	- 93 -
Tabla 49. Zonas y rutas actuales _____	- 94 -
Tabla 50. Horario y recorrido (km.) actual _____	- 98 -
Tabla 51. Ruta optimizada de la ciudad de Portovelo _____	- 103 -
Tabla 52. Comparación de resultados de Portovelo _____	- 103 -
Tabla 53. Diferencias entre ruta actual y ruta optimizada _____	- 104 -
Tabla 54. Incremento de un vehículo para la recolección _____	- 104 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas de la toma de muestras _____ - 111 -

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Al hablar sobre residuos sólidos domiciliarios (RSD) se refiere a una mezcla de diversos productos resultantes de una actividad diaria realizada en nuestra vida cotidiana, que luego de cumplir con su función son desechados o eliminados, siendo este un material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño y por ende el dueño se convierte en generador de residuos (Savira y Suharsono, 2013).

Pero quienes generan los residuos sólidos no brindan un manejo adecuado, lo que se convierte en un problema común en la mayoría de las ciudades debido a los diferentes factores que lo generan, la cantidad de residuos que genera la población cada vez aumenta, lo cual se ve reflejado por la falta de limpieza en áreas públicas, existencia de botaderos, que conlleva a la reproducción de vectores transmisores de enfermedades, generación de malos olores y el deterioro paisajístico afectando el medio ambiente (Orccosupa et al., 2002).

Todos estos problemas conllevan a otras situaciones, como es el caso de aquellos que están asociados con la salud, el bienestar, y enfermedades, que la mayoría de las enfermedades que tienen mayor peso de mortalidad no son generadas por causas aisladas, si no pueden ser desencadenadas por causas biológicas, ambientales que estaría relacionadas con los residuos sólidos.

Sobre este tema se puede decir que, un estudio de caracterización genera información básica la misma sobre los residuos sólidos en el cual se obtienen datos tales como: densidad, cantidad, composición, de los residuos sólidos en un determinado ámbito geográfico el cual brinda la facilidad de diseñar sistemas adecuados de almacenamiento, barrido, transporte y disposición final.

La mala gestión de residuos sólidos de los cantones Portovelo y Atahualpa, ha sido un problema que ha existido desde muchos años atrás, debido al crecimiento poblacional y a la falta de un lugar adecuado para realizar una disposición final de los desechos por ello que se realizará la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de los cantones Portovelo y Atahualpa pertenecientes a la Provincia de El Oro con el fin de conocer la densidad de los residuos, la generación per-cápita y la composición física para una adecuada disposición final de estos residuos sólidos urbanos.

Es así que un correcto manejo de desechos sólidos, es uno de los primeros pasos a tener para así optimizar la recolección de desechos sólidos, optimizando las rutas como recursos humanos y físicos esto se puede lograr a través de las tecnologías ya disponibles

como con son los sistemas de información geográfica, este tema trae consigo distintas problemáticas y las más destacadas están en los proceso de recolección no toman en cuenta las recomendaciones básicas de la teoría de la recolección, muchas de las veces los conductores no respetan las zonas asignadas, cuando no completan su carga se suelen pasar a otras zonas, exceden su capacidad de carga entre otros (Wagger, 2021).

1.1. Planteamiento del problema

En todo el mundo, las tasas de generación de desechos están aumentando. En 2020, se estimó que el mundo generaría 2240 millones de toneladas de desechos sólidos, lo que representa una huella de 0,79 kilogramos por persona por día (Leblanc, 2020). Con el rápido crecimiento de la población y la urbanización, se espera que la generación anual de desechos aumente en un 73 % desde los niveles de 2020 hasta los 3880 millones de toneladas en 2050 (Wagger, 2021).

En comparación con los de los países desarrollados, los residentes de los países en desarrollo, especialmente los pobres de las zonas urbanas, se ven más gravemente afectados por los residuos gestionados de forma no sostenible. En los países de bajos ingresos, más del 90 % de los desechos a menudo se eliminan en vertederos no regulados o se queman al aire libre (Sharma y Jain, 2020). Estas prácticas crean graves consecuencias para la salud, la seguridad y el medio ambiente. Los desechos mal manejados sirven como caldo de cultivo para vectores de enfermedades, contribuyen al cambio climático global a través de la generación de metano e incluso pueden promover la violencia urbana.

En lo que concierne a Ecuador, el mal manejo de los residuos sólidos es una de las problemáticas principales la cual tiene el mayor impacto sobre las fuentes naturales principalmente en cantones donde no cuentan con un área propia para su disposición final (Bustos, 2010).

De ahí la importancia de realizar una caracterización de residuos sólidos, tema que implica el actual problema de generación y recolección de residuos sólidos urbanos y es el caso de los cantones Portovelo y Atahualpa, donde la no correcta disposición final de los residuos sólidos previa clasificación en la fuente generadora, ha sido un problema que ha existido hace años atrás debido al aumento poblacional, crecimiento demográfico en el casco urbano (Mejía y Patarón, 2015).

Por consiguiente, la ruta actual de recolección con la que cuentan la mancomunidad presenta una serie de anomalías, tiempos muertos realizados al momento de la recolección, mala asignación de cuadrillas, no contar con el vehículo adecuado para su recolección, es así que con el paso del tiempo puede resultar como un problema

ambientales más difícil de tratar debido a su gran impacto visual, daño al ecosistema y a la salud de la población, por ello se requiere implementar una nueva ruta de recolección de estos cantones a partir de los resultados de la caracterización , diseñar nuevas rutas las mismas que contribuyan a la mejora del sistema de recolección de los residuos hasta su disposición final, favoreciendo así minimización de impactos, costos y la optimización de la recolección (Bustos, 2010).

A más de aquellos, la falta de información de los pequeños municipios sobre la generación per cápita de los residuos sólidos urbanos según sus características no ha permitido una adecuada planificación en lo referente a la implantación de un sistema integral de manejo de estos residuos, por lo cual es de suma importancia generar esta información de los cantones Portovelo y Atahualpa (Jhoselyn y Atahualpa, 2019).

Por lo tanto, se realiza el presente proyecto con el fin de buscar una forma de gestión sostenible, partiendo de la caracterización de residuos sólidos urbanos, con lo que se pretende colaborar con la planificación y gestión de un plan integral de manejo de residuos sólidos para estos cantones.

1.2. Justificación

Los residuos sólidos urbanos constituyen una de las mayores preocupaciones de las sociedades contemporáneas y un desafío mundial para la gestión pública, los mismos que son considerados actualmente como uno de los problemas ambientales más críticos, al no ser aprovechados terminan en vertederos o rellenos sanitarios, generando problemas ambientales relacionados al uso del suelo, lixiviados, plagas, generación de malos olores y emanación de gases altamente tóxicos (Bustos, 2010).

El mal manejo de residuos es un problema continuo para la población, afectando al medio ambiente al tener contacto con el suelo, agua y aire debido a los efectos adversos, produciendo una contaminación por gases, generación de efecto invernadero provocando disminución de la calidad de vida, reducción de la productividad y el desarrollo económico de la ciudad (Jhoselyn y Atahualpa, 2019).

Una de la problemática que tienen los cantones Portovelo y Atahualpa es el mal manejo de desechos sólidos urbanos y se busca una forma de gestión sostenible y que reduzca en gran parte los focos de contaminación, por lo que como política de intervención se plantea la conformación de mancomunidades como una alternativa viable desde el punto de vista técnico, ambiental y económico para la solución del problema de manejo de residuos sólidos en los cantones Portovelo y Atahualpa (Bustos, 2010).

Por lo tanto, es importante la implementación de la caracterización, y ya tiene el poder planificar la ruta de recolección y la optimización de la misma, generado así que recursos económicos que se puede desperdiciar por no tener una buena ruta de

recolección y beneficio de la misma forma también para el tipo de relleno sanitario que se va a implementar (Estefanía y Beatriz, 2019).

Además, los cantones mencionados aprovechan su entorno para proyectos de turismo para la cual deben procurar conservar sus recursos de la mejor manera posible evitando así una contaminación paisajística por residuos sólidos. Impulso por el cual se debe ejecutar la caracterización de residuos sólidos urbanos y de esta manera establecer alternativas para su adecuada disposición final y así minimizar los impactos negativos en el ambiente y promover así el desarrollo de los cantones (Víctor y Moscoso, 2020).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Caracterizar los residuos sólidos urbanos de los cantones Portovelo y Atahualpa, mediante un estudio de campo con el fin de optimizar las rutas de recolección.

1.3.2. Objetivo específico

- Determinar la generación per-cápita de los residuos sólidos urbanos de los cantones s Portovelo y Atahualpa, mediante la recolección de muestras en las diversas rutas.
- Establecer la densidad de los residuos sólidos urbanos de los cantones Portovelo y Atahualpa mediante los datos obtenidos en la recolección de muestras en las diversas rutas.
- Determinar la composición física de los residuos sólidos urbanos de los cantones Portovelo y Atahualpa, mediante la recolección de muestras en las diversas rutas.
- Realizar una propuesta para optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos por medio del software ArcGIS, a partir del análisis de las rutas actuales, con el fin de disminuir tiempos y distancias en el recorrido.

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Residuos sólidos

Los residuos sólidos son los restos de actividades humanas que cuando llegan al final de su vida útil son desechables, indeseables e inútiles, propiamente es la basura que genera cada persona. Son provenientes de variadas fuentes de generación como es el caso en lo que respecta a hogares, mercados, unidades educativas, industrias, restaurantes, hospitales entre otros (Mejía y Patarón, 2015).

Los desechos sólidos se refieren a la variedad de materiales de basura, que surgen de actividades animales y humanas, que se descartan como no deseados e inútiles. Las actividades industriales, residenciales y comerciales también generan residuos sólidos.

El mundo genera 2,010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales anualmente, y al menos el 33% de eso, de manera extremadamente conservadora, no se maneja de una manera ambientalmente segura. En todo el mundo, los desechos generados por persona por día tienen un promedio de 0,74 kilogramos, pero varían ampliamente, de 0,11 a 4,54 kilogramos. Aunque solo representan el 16% de la población mundial, los países de altos ingresos generan alrededor del 34%, o 683 millones de toneladas, de los desechos del mundo (Sharma y Jain, 2020).

Mirando hacia el futuro, se espera que los desechos globales aumenten a 3400 millones de toneladas para 2050, más del doble del crecimiento de la población durante el mismo período (Nathanson, 2020). En general, existe una correlación positiva entre la generación de residuos y el nivel de ingresos. Se prevé que la generación diaria de desechos per cápita en los países de ingresos altos aumente en un 19% para 2050, en comparación con los países de ingresos bajos y medianos donde se espera que aumente en aproximadamente un 40% o más (Sharma y Jain, 2020).

Según Mejía y Patarón (2015), la composición de los desechos difiere según los niveles de ingresos, lo que refleja diversos patrones de consumo. Los países de ingresos altos generan relativamente menos alimentos y desperdicios verdes, en un 32% del desperdicio total, y generan más desperdicios secos que podrían reciclarse, incluidos plástico, papel, cartón, metal y vidrio, que representan el 51% de los desperdicios. Los países de ingresos medios y bajos generan el 53% y el 57% de alimentos y desechos verdes, respectivamente, y la fracción de desechos orgánicos aumenta a medida que disminuyen los niveles de desarrollo económico.

En los países de bajos ingresos, los materiales que podrían reciclarse representan solo el 20% del flujo de desechos. En todas las regiones, no hay mucha variedad dentro de las corrientes de residuos más allá de las relacionadas con los ingresos. Todas las regiones generan alrededor del 50% o más de desechos orgánicos, en promedio, excepto Europa, Asia Central y América del Norte que generan mayores porciones de residuos secos (Bustos, 2010).

Independientemente del origen, contenido o peligro potencial, los residuos sólidos deben manejarse de manera sistemática para garantizar las mejores prácticas ambientales. Dado que la gestión de residuos sólidos es un aspecto crítico de la higiene ambiental, debe incorporarse en la planificación ambiental (Bustos, 2010).

2.1.1. Fuentes de generación de los residuos sólidos.

El rápido aumento actual de la población junto con la expansión de la ciudad está produciendo grandes volúmenes de desechos, que demandan mayor infraestructura, configuración institucional y participación de la comunidad para su manejo (Kumar J. , 2016). Sin embargo, la mayoría de los desechos sólidos que se generan permanecen sin recolectar y simplemente se vierten en espacios abiertos.

Las actividades humanas generan residuos sólidos (RS) debido a la utilización inadecuada de energía y recursos (López y Jiménez, 2019). Los RS no se pueden reutilizar directamente para el bienestar de la sociedad porque algunos de ellos pueden ser peligrosos para la salud humana (Ministerio del Ambiente, 2017).

Los RS contienen desechos orgánicos (restos de comida, hojas de jardín, pasto, arbustos, madera, papel de residuos de proceso, entre otros.), desechos de papel (cartón, periódicos, revistas, bolsas, cajas, papel de envolver, guías telefónicas, papel triturado, entre otros), vasos de papel para bebidas, entre otros.

Si bien es cierto que el papel es orgánico, sin embargo no se clasifica como tal; también se generan residuos plásticos (botellas, envases, bolsas, tapas y vasos), residuos de vidrio (botellas, cristalería rota, bombillas, cristales de colores, entre otros), residuos metálicos (latas, papel de aluminio, latas, latas de aerosol no peligrosos, barandillas, bicicletas, entre otros) y otros residuos (textiles, cuero, caucho, multi- laminados, desechos electrónicos, electrodomésticos, cenizas, otros materiales inertes, entre otros).

Por lo tanto, el mundo está en una trayectoria en la que la generación de residuos superará el crecimiento de la población de más del doble para el año 2050. Gestionar una cantidad tan enorme de residuos de forma sostenible es uno de los mayores desafíos para los países del mundo. En la actualidad, existen muchos mecanismos para el tratamiento de residuos y cada uno puede tener efectos positivos y negativos. Sin embargo, es

conveniente seleccionar una (s) tecnología (es) particular (es) para un sistema adecuado de tratamiento o de formulación de políticas después de conocer las diferentes tecnologías y sus impactos adversos en el medio ambiente.

En general, los residuos sólidos se consideran un problema urbano, que está estrechamente relacionado con la urbanización, la riqueza económica, el nivel de vida, el consumo de bienes y servicios y resulta en un aumento relativo en la cantidad de residuos generados (Collazos, 2013). En la actualidad, el 55% de la población mundial vive en áreas urbanas, que era del 30% en 1950, y se ha estimado que alrededor del 68% de la población mundial será urbana en 2050.

Además de los residuos sólidos, existen otras corrientes de residuos en el mundo, como los residuos industriales y agrícolas, que se generan en cantidades mucho mayores que los RS. En comparación con los RS, la tasa de generación de desechos industriales y agrícolas a nivel mundial es 18 y 4 veces mayor (Leblanc, 2020). A medida que aumenta el nivel de ingresos, aumenta sustancialmente la generación de residuos industriales. En algunos países, los residuos de construcción y demolición compiten con los residuos sólidos por el espacio disponible en el vertedero, por ejemplo, desechar ambos dentro de la misma instalación de eliminación en la India es muy común (Bustos, 2010). Aunque los desechos médicos y electrónicos son peligrosos, generalmente son solo una fracción de los RS.

La generación de desechos electrónicos está relacionada con el crecimiento económico, ya que la cantidad de desechos electrónicos generados por los países desarrollados es aproximadamente 5 veces mayor que la de los países en subdesarrollo.

2.1.2. Tiempo de degradación de los residuos sólidos.

El tiempo de descomposición de los residuos sólidos depende del tipo de residuos. Existe la idea errónea de que cualquier forma de basura que se entierra en realidad se descompone, especialmente para los desechos masivos como los vertederos. Un hecho impactante es que algunos tipos de desechos, incluidos los plásticos, seguirán intactos sin un solo signo de descomposición si alguna vez se desentierran.

Algunas formas de desechos son biodegradables; esto significa que los microorganismos que se encuentran en ellos o del suelo pueden actuar sobre ellos para transformarlos en material descompuesto con un nivel de fertilidad significativo. El suelo que contiene desechos biodegradables es en realidad más rico en nutrientes que el suelo normal, por lo que es el mejor tipo de fertilizante natural (Dana, 2014). Otros son completamente no biodegradables (VoPham et al., 2018). Esto significa que no importa cuánto tiempo estén expuestos a los microorganismos, no se descompondrán en absoluto.

Desechos alimentarios. - Dependiendo del tipo de alimento, los residuos domésticos pueden tardar días, semanas o meses en descomponerse por completo. Tener el recipiente de descomposición adecuado es un factor que influye en la descomposición de los alimentos. Un recipiente apropiado puede conducir a una descomposición acelerada.

El tiempo necesario para la descomposición de los desechos alimentarios depende del tipo de alimento. Normalmente, una cáscara de naranja tarda seis meses, mientras que un corazón de manzana tarda alrededor de dos meses y una cáscara de plátano tarda de dos a 10 días en descomponerse. El compostaje y el reciclaje de desechos de alimentos son excelentes formas de desviar los desechos de alimentos de los vertederos.

Residuos de papel. - En condiciones normales, el papel tarda aproximadamente de 2 a 6 semanas en descomponerse. Sin embargo, reciclarlo ahorra espacio en los vertederos (Dana, 2014).

Vidrio. - Si bien este es uno de los productos más fáciles de reciclar, la historia gira completamente en la dirección opuesta cuando se desecha el vidrio, ya que el tiempo mínimo que el vidrio puede tardar en descomponerse es de un millón de años. Algunos investigadores dicen que no se descompone en absoluto (Dana, 2014).

Latas de aluminio. - Mientras están enterrados en vertederos, tardan entre 80 y 100 años en descomponerse por completo (Dana, 2014).

Pañales para usar y desechar. - Los pañales desechables tardan entre 250 y 500 años en descomponerse en los vertederos (Dana, 2014).

El plástico. - Si bien se interactúa con ellos en prácticamente todos los aspectos de nuestras vidas, desde las bolsas de plástico hasta el plástico más duro que se conoce, los productos de plástico son los productos más contaminantes que existen. Cuando se entierran, pueden tardar hasta mil años en descomponerse (Dana, 2014).

Los productos mencionados son de diferentes tipos, por lo que es posible que las condiciones no se apliquen a todos los tipos. Por ejemplo, algunos materiales plásticos pueden tardar mucho menos en descomponerse. Al mismo tiempo, las investigaciones afirman que algunos tipos de plásticos en realidad nunca se descomponen.

Para reducir la contaminación ambiental por basura, la mejor solución es reciclar la mayor cantidad posible. El despliegue de tecnología para establecer una gestión avanzada de residuos ayudará a salvar el espacio del suelo cubierto por vertederos y abrir vertederos de residuos. Evitar el uso de productos asociados a residuos sólidos también es una solución viable. Todo exige responsabilidad colectiva (Bustos, 2010).

2.1.3. Problemática que producen los residuos sólidos

a. Contaminación de agua

El agua es esencial para la vida. Los desechos sólidos impactan la calidad del agua a través de la liberación de lixiviados de los rellenos sanitarios a las fuentes de agua. A medida que el agua entra en contacto con los desechos sólidos en descomposición, se disolverá junto con los desechos orgánicos e inorgánicos solubles produciendo un líquido contaminado conocido como lixiviado o jugo de desecho (Lubega et al., 2020).

La concentración de lixiviados aumenta a medida que se filtra en capas más profundas del relleno sanitario; esto contribuye al color marrón claro / negro del lixiviado y su hedor horrible (que es bastante similar al olor que se obtiene de los desagües debido a los desechos podridos que la gente ha arrojado allí) (Dana, 2014). Tiene un alto impacto potencial contaminante debido a sus altas concentraciones de contaminantes orgánicos y alto contenido de nitrógeno amónico. Una vez que el lixiviado se descargue en cuerpos de agua y / o en el medio acuático, tendrá un impacto agudo y crónico.

La presencia de metales tóxicos puede conducir a la acumulación crónica de toxinas en organismos que dependen de ellos y, en consecuencia, puede afectar a los humanos si nos alimentamos de estos organismos (por ejemplo, peces, langostinos, cangrejos, entre otros) (Nathanson, 2020).

Los desechos sólidos no recolectados también pueden obstruir la escorrentía de las aguas pluviales, lo que resulta en la formación de cuerpos de agua estancados que se convierten en el caldo de cultivo de enfermedades como paludismo, dolores de pecho, diarrea y cólera (Endalu y Habtom, 2014). El vertido directo de desechos no tratados en ríos, mares y lagos resultó en la acumulación de sustancias tóxicas en la cadena alimentaria a través de las plantas y animales que se alimentan de ellos.

b. Contaminación de suelo.

El crecimiento exponencial de la población mundial, la urbanización, el desarrollo socioeconómico y la mejora del nivel de vida han capacitado un aumento fenomenal de la producción de residuos sólidos municipales en todo el mundo. Su cantidad ha aumentado a lo largo de los años en los países en desarrollo y su gestión enfrenta muchas dificultades tanto desde el punto de vista técnico y económico como desde el punto de vista metodológico y organizativo (Collazos, 2013). Frente a esta realidad, los vertederos abiertos (vertederos) se han convertido en la única vía disponible para su eliminación.

El vertedero todavía es mundial y muy común. Ha sido el principal método de eliminación de residuos sólidos en las últimas décadas porque es la práctica más simple y

la más económica de almacenamiento de este tipo de residuos en muchos países, particularmente en los países en desarrollo.

Lamentablemente, estos rellenos sanitarios abiertos provocan graves riesgos sanitarios por el alojamiento de diferentes animales callejeros y la proliferación de insectos vectores de muchas enfermedades. También presentan molestias y considerables impactos ambientales por la producción tanto de lixiviados como de biogás (Kumar J. , 2016).

El lixiviado transporta una importante carga contaminante formada esencialmente por metales pesados, materia orgánica y una importante comunidad de bacterias patógenas: por lixiviación e infiltración a través del suelo, engendra una contaminación orgánica, bacteriológica y por metales pesados de suelos, aguas superficiales y suelo (Nathanson, 2020).

La biodegradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos genera emisiones de biogás que causan la contaminación atmosférica al contribuir al efecto invernadero y al calentamiento global, particularmente el metano y el hidrógeno que son altamente inflamables, y si no se recolectan y valorizan en forma de energía renovable, lo harán conducir a un riesgo potencial de incendio o explosión.

c. Contaminación de aire

Los desechos sólidos crean varios gases nocivos como el dióxido de azufre en suspensión (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NOX), el monóxido de carbono (CO), la materia particulada en suspensión respirable (PM) y la materia particulada en suspensión (SPM) (Sharma y Jain, 2020). El polvo liberado de diversas fuentes puede producir un grupo de enfermedades que van desde un simple resfriado hasta enfermedades peligrosas como el cáncer.

La mayor concentración de material particulado causa trastornos respiratorios agudos y crónicos y daño pulmonar en humanos. Se informó que la población que reside en las cercanías de la región contaminada por alto contenido de partículas en suspensión tiene un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares y, en la estación seca, el humo de la incineración del vertedero es una fuente importante de contaminación del aire para las personas que viven lejos de eso. Por tanto, se quejaron de dolores en el pecho, tos, alergia, irritación, tensión y problemas respiratorios (Bhuyan, 2018).

En los países en desarrollo, los desechos sólidos se caracterizan principalmente por su alta densidad y contenido de humedad, que cuando se descomponen anaeróticamente en los vertederos, lo que lleva a la producción de gas de vertedero. El gas de relleno sanitario consiste principalmente en aproximadamente CH_4 y CO_2 junto con una pequeña cantidad de compuestos orgánicos volátiles y otros gases traza. Al ser gases

de efecto invernadero (GEI), tanto el CH₄ como el CO₂ tienen un potencial de calentamiento global, que es 25 veces mayor en el CH₄ que el potencial de calentamiento global del CO₂ con un tiempo de residencia atmosférica de 2 ± 3 años (Leblanc, 2020).

2.2. Clasificación de los residuos sólidos mediante su composición química

Las propiedades químicas de los residuos son factores condicionantes para algunos procesos de recuperación y tratamiento final. El poder calorífico es esencial en los procesos de recuperación energética, al igual que el porcentaje de cenizas producido en los mismos. Otras características como la eventual presencia de productos tóxicos, metales pesados, contenido de elementos inertes, entre otros, son informaciones muy útiles para diseñar soluciones adecuadas en los procesos de recuperación y para establecer las adecuadas precauciones higiénicas y sanitarias.

La heterogeneidad de estos residuos sólidos generados es el principal revés en la clasificación y su utilización como material. Por lo tanto, existe una necesidad adecuada de fraccionamiento y clasificación de estos desechos antes de cualquier proceso de tratamiento significativo.

La clasificación y separación de dichos desechos es uno de los métodos más importantes y tradicionales como pasos esenciales en la gestión de desechos sólidos para proporcionar datos sobre la calidad de las fracciones separadas para cualquier uso potencial. Sin embargo, el éxito de cualquier diseñado para la segregación de residuos sólidos depende principalmente de la conciencia pública y la participación activa de dichos generadores de residuos en las diferentes comunidades.

2.2.1. Orgánicos.

Engloba todo desecho de origen biológico (desecho orgánico), que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, entre otros. (Endalu y Habtom, 2014).

Aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o se desperdicia. En las ciudades, los alimentos a menudo constituyen la mayoría de los desechos que terminan en los vertederos, donde se descomponen gradualmente y liberan metano, un potente gas de efecto invernadero.

Las emisiones de metano de los desechos orgánicos, como los alimentos y los desechos vegetales, se pueden prevenir en gran medida. Las acciones para reducir estas emisiones (prevenir los desechos en la fuente, desviar los desechos de los vertederos y establecer la recolección, el tratamiento y la recuperación de energía por separado) crean oportunidades sociales y económicas adicionales.

Al reducir la cantidad de alimentos que se desperdician en las ciudades, los gobiernos pueden abordar los desafíos de los vertederos, combatir la inseguridad alimentaria y mitigar el cambio climático. Para aprovechar esas oportunidades, la Iniciativa de Residuos Sólidos Municipales de la Coalición por el Clima y el Aire Limpio ayuda a las ciudades de todo el mundo a gestionar los alimentos y otros residuos orgánicos (Ministerio del Ambiente, 2017).

Los residuos orgánicos son tan omnipresentes que gestionarlos puede parecer insuperable. Debido a los grandes volúmenes de residuos orgánicos que se generan en las ciudades, las entidades locales de gestión de residuos deben tener la capacidad de recolectarlos, desviarlos y procesarlos. Este proceso requiere inversión en contenedores de recolección adicionales, camiones, trabajadores e instalaciones de digestión anaeróbica o compostaje.

Para las entidades de gestión de residuos, la clave del éxito está en convencer a las partes interesadas, desde los miembros del hogar hasta los funcionarios electos, de que los residuos orgánicos son valiosos y merecen atención y recursos. En algunos casos, las políticas locales otorgan subsidios para fertilizantes químicos que colocan a los desechos orgánicos en desventaja competitiva. Además, alentar a los miembros de la comunidad a separar sus desechos orgánicos requiere un cambio de comportamiento y un refuerzo continuo.

2.2.2. Inorgánicos.

Los residuos inorgánicos están compuestos por material de desecho (arena, sal, hierro, calcio y otros materiales minerales) que solo se ve afectado levemente por la acción de los organismos. Los desechos inorgánicos son sustancias químicas de origen mineral (Bada & Abubakar, 2014)

La estabilización de residuos inorgánicos de diversa naturaleza y origen, en vidrios, ha sido una estrategia clave para la protección del medio ambiente durante las últimas décadas. Cuando se formulan correctamente, los vidrios pueden retener permanentemente muchos contaminantes inorgánicos, pero debe reconocerse que persisten algunas críticas, principalmente en lo que respecta a los costos y el uso de energía (Datta, 2017).

Como consecuencia, la sostenibilidad de la vitrificación se basa en gran medida en la conversión de vidrios usados en materiales nuevos, utilizables y comercializables a base de vidrio, en forma de vitrocerámicas monolíticas y celulares. La conversión efectiva, a su vez, depende del control simultáneo tanto de las materias primas como de los procesos de fabricación (Matsufiji, 2018).

Mientras que los residuos ricos en sílice favorecen la obtención de vidrio, los residuos ricos en hierro afectan las funcionalidades, influyendo en la porosidad de los

materiales a base de vidrio celular y catalíticos, propiedades magnéticas, ópticas y eléctricas. Las formulaciones de ingeniería pueden conducir a reducciones importantes de los tiempos y temperaturas de procesamiento, en la transformación de vidrios derivados de desechos en vitrocerámicas, o incluso traer atajos interesantes.

2.3. Caracterización de residuos sólidos

La caracterización de residuos es el proceso mediante el cual se analiza la composición de diferentes flujos de residuos. Este proceso juega un papel importante en cualquier tratamiento de los desechos que pueda ocurrir (Wagger, 2021), pues significa averiguar cuánto papel, vidrio, residuos de alimentos, entre otros, se descartan en su flujo de residuos. Dicha información ayuda a planificar cómo reducir los residuos, establecer programas de reciclaje y ahorrar dinero y recursos.

2.3.1. Consideraciones para la caracterización

Un estudio de caracterización de RSM debe actualizarse cada cinco años. Según el Ministerio del Ambiente (2019) se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos para la actualización del estudio: incremento de la población; desarrollo de actividades comerciales, productivas y otras que se desarrollen en su localidad; implementación de estrategia para minimizar los RSM.

2.3.2. Manejo de residuos sólidos.

El proceso de gestión de residuos abarca prácticas como recolección, eliminación, vertedero, tratamiento y reciclaje de los residuos. Para evitar efectos indeseables en el medio ambiente, la cadena de gestión de residuos sólidos (generación de residuos, manejo de residuos y almacenamiento en sitio, recolección, transferencia y transporte. Por tanto, es vital elegir un sitio de eliminación de desechos que tenga un efecto peligroso mínimo para la salud humana y el medio ambiente.

El manejo inadecuado de estos desechos ha dado lugar a muchos problemas ambientales, como la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. El manejo de los residuos sólidos, según lo planteado por el COA y RCOA, comprende las siguientes actividades:

- Almacenamiento: Etapa de preparación de residuos sólidos en recipientes apropiados dependiendo del tipo de residuos generado.
- Entrega: Traslado de los residuos sólidos desde el origen de generación hacia los vehículos transportadores.
- Recolección y Transporte: Evacuación del residuo del área de acondicionamiento hacia el vehículo de transporte.

- Tratamiento: Proceso, método o técnica que permita transformar las características de los residuos sólidos, con el fin de reducirlos o eliminarlos.
- Recuperación: Transformación y reutilización de la composición de ciertos residuos para posterior uso.
- Disposición final: Última etapa del ciclo de vida de los residuos, tomada como última alternativa para disponer de los residuos sólidos (COA y RCOA, 2018).

La gestión de residuos sólidos tiene cinco pilares principales: reducción, reciclaje, recuperación, reutilización y eliminación. Se han desarrollado diferentes enfoques para gestionar los residuos sólidos, pero el vertido sigue siendo el enfoque más común principalmente en países en desarrollo. Debido a cambios en los patrones de consumo de los hogares, la cantidad de residuos sólidos generados por año ha aumentado a nivel mundial (Kumar, 2016).

En el caso de los vertederos, en algunos casos por motivos económicos se construyen sobre excavaciones previamente existentes, como en las minas. El principal objetivo del vertedero de ingeniería es proteger el medio ambiente de cualquier posible contaminación del aire, el agua, el suelo y la salud de los seres humanos (Endalu y Habtom, 2014).

Los vertederos se pueden clasificar como: vertederos incontrolados, contención total, contención modificada y liberación controlada. Este último se ha aplicado en casi todas economías desarrolladas. Aparte desde el enfoque incontrolado, las otras categorías son rellenos sanitarios diseñados.

2.3.3. Generación per cápita

Permite conocer la cantidad de residuos generados por habitante al día, es esencial en cuanto a la toma de decisiones para elaborar e implementar políticas y estrategias en cuanto a la minimización de residuos (Chávez, 2016).

2.3.4. Densidad

Se define como el peso de un material por unidad de volumen y se expresa en kg/m³. Es necesario conocer la densidad de residuos sólidos para dimensionar contenedores de recolección tanto de los hogares como de la vía pública. Así mismo, se puede estimar los volúmenes de los vehículos recolectores, tolvas de recepción y la capacidad del relleno sanitario. Sin embargo, este valor podría variar en base al grado de compactación al que se encuentren sometidos los residuos (Ambientum, 2021).

2.4. Rutas de recolección

La recogida de residuos puede planificarse y optimizarse en ruta para minimizar los costes. A la hora de diseñar rutas eficientes de recogida de residuos, es natural distinguir entre la recogida de residuos residenciales de viviendas particulares y los residuos industriales.

En el caso de la recogida de residuos residenciales suele realizarse con frecuencias fijas para el vaciado. Una ruta para la recolección de desechos industriales probablemente tenga menos lugares para visitar que una ruta para la recolección de basura de hogares privados donde se deben cubrir todos los hogares de una ciudad.

La recolección de desechos industriales se puede dividir aún más en escenarios donde los contenedores más pequeños se vacían en el camión de basura o escenarios donde un contenedor más grande se lleva al vertedero y luego se lleva de vuelta a la ubicación original o se entrega a un nuevo cliente en una nueva ubicación (Sulemana, 2018).

Muchos municipios y ciudades ofrecen una recolección especial de artículos de desechos grandes, a veces de forma gratuita y otras veces pagando una tarifa (Bustos, 2010). Aquí todas las tareas de recolección son bajo demanda y la planificación de rutas puede complicarse por el hecho de que diferentes tipos de residuos deben ser recolectados por diferentes vehículos; funcionalidades que forman parte de la versión VRP de *Logistics Planner*.

Las rutas de recolección deben establecerse de manera que tanto la fuerza de trabajo como el equipo sean utilizados con eficacia. En general, el trazado de las rutas de recolección es un ensayo y error (Kumar y Prakash, 2020).

2.4.1. Diagramación de las rutas de recolección – sistema ARCGIS.

Para diseñar las rutas de recolección es necesario realizar una buena diagramación. ArcGIS es un sistema de software GIS de propósito general desarrollado por ESRI (Collazos, 2013). Es una plataforma extensa e integrada para construir GIS operativos; consta de cuatro partes: un modelo de información geográfica para modelar aspectos del mundo real; componentes para almacenar y gestionar información geográfica en archivos y bases de datos; aplicaciones listas para usar para crear, editar, mapear y difundir información geográfica (Sulemana, 2018).

Con el ArcGIS se crea mapas que requieren categorías organizadas como capas. Cada capa se registra espacialmente de modo que cuando se superponen una encima de otra, el programa las alinea correctamente para crear un mapa de datos complejo. La capa base es casi siempre un mapa geográfico, extraído de una variedad de fuentes según la

visualización necesaria (satélite, mapa de carreteras, entre otros.) (Mazzola, 2020). Este programa tiene muchos de ellos disponibles para los usuarios y también contiene capas de transmisión en vivo que incluyen detalles del tráfico.

Las primeras tres capas se denominan capas de características o vectoriales, cada una de las cuales contiene funciones individuales que se distinguen a través de la plataforma. Estos son (Mazzola, 2020):

- Puntos (como puntos de referencia, edificios)
- Líneas (como carreteras y otros esquemas 1D)
- Polígonos (como información política y censo geográfico, llamados datos 2D)
- Imágenes rasterizadas (una capa vectorial base como una imagen aérea)

Los datos se pueden correlacionar con al menos una de estas capas espaciales y se pueden mapear y analizar, ya sea a través de características como cambios demográficos o mediante tablas de datos.

Es decir, es un programa de gran alcance sujeto a las últimas mejoras y actualizaciones. Actualmente está disponible en los escritorios de Microsoft Windows, aunque se puede acceder al programa en línea en muchos sistemas operativos (VoPham et al., 2018). En resumen, es una solución integral para la gestión y el análisis de datos filtrados a través de la construcción de mapas.

ArcGIS permite crear impresionantes mapas y modelos visuales rápidamente, como representaciones tridimensionales y mapas de flujo de población. Usando una función de arrastrar y soltar, las hojas de cálculo de datos podrían cargarse inmediatamente en la nube y visualizarse. También hay una buena herramienta de mapeo que sugiere los mejores estilos, clasificaciones y colores para adaptarse a sus datos (Sulemana, 2018).

Como plataforma líder en la industria, el paquete de aplicaciones y herramientas centrales de este programa es utilizado por la mayoría de las empresas, instituciones y departamentos que se ocupan del análisis de información geográfica (López y Jiménez, 2019). Sin embargo, la facilidad de su interfaz también ha aumentado su valor en los medios y el uso periodístico.

2.4.2. Planificación de rutas para cubos de basura públicos.

Para cada ciudad, es importante que los muchos contenedores de basura se vacíen en el momento adecuado para que los usuarios puedan deshacerse de sus desechos de manera adecuada.

La gestión de los residuos sólidos se ha convertido en un problema ambiental importante debido a sus consecuencias negativas para la sociedad y los sistemas ambientales si no se ejecuta adecuadamente. Un estudio realizado por Bada y Abubakar

(2014) indicó que el desarrollo de un sistema eficaz y ambientalmente sostenible para la gestión de desechos sólidos es un gran desafío para las economías en desarrollo. Estos desafíos van más allá de la capacidad de las autoridades locales de los países en desarrollo para gestionar eficazmente los residuos sólidos.

La gestión de los residuos sólidos involucra los procesos de generación, recolección, transporte, tratamiento, valorización y posterior disposición. El mal diseño de cualquiera de estos procesos aumenta el costo operativo y puede resultar en contaminación ambiental (Sulemana, 2018). El proceso de recolección y transporte por sí solo, por ejemplo, representa aproximadamente entre el 60 % y el 80 % del costo total de la gestión de residuos sólidos (Bustos, 2010). La recolección y el transporte de desechos sólidos ineficientes como tales afectarán significativamente a las empresas de gestión al aumentar los costos operativos y, en consecuencia, reducir las ganancias.

La reducción de costos con respecto a la recolección y el transporte de desechos es esencial si se quiere lograr una gestión sostenible de los desechos sólidos en las economías en desarrollo, por lo tanto, exige una recolección de residuos sólidos eficiente y eficaz a través del análisis del sistema y la optimización de las operaciones (Vallero, 2019). Por lo tanto, la recolección y el transporte de desechos sólidos deben ejecutarse de manera que aseguren la reducción de costos y la conservación del medio ambiente.

Naturalmente, este proceso es el aspecto más importante y costoso de la gestión de residuos sólidos debido a la intensidad de mano de obra y el uso masivo de camiones. Desafortunadamente, muchos países en desarrollo están luchando con la recolección y el transporte de desechos sólidos principalmente debido a las razones que se analizan a continuación (Nathanson, 2020):

Se requiere financiación o asignación presupuestaria adecuada para una gestión eficaz y eficiente de los residuos sólidos. Guerrero et al. (2018) revisó los desafíos de la gestión de desechos sólidos en más de 30 áreas urbanas en 22 países en desarrollo en 4 continentes y descubrió que el aumento de la generación de desechos sobrecarga significativamente el presupuesto de las autoridades locales debido al alto costo de la recolección y el transporte de desechos. Las autoridades locales de los países en desarrollo no han logrado gestionar adecuadamente los residuos sólidos debido al enorme gasto necesario para prestar el servicio. La situación se agrava aún más a medida que los fondos disponibles para la gestión de residuos se reducen en varias regiones del mundo.

En consecuencia, la financiación inadecuada de la gestión de residuos sólidos conduce a la recolección de una fracción de los residuos generados, y el resto termina en vertederos no autorizados, lo que provoca graves peligros para el medio ambiente y la salud pública.

Se considera que la gestión de residuos es deber y responsabilidad exclusiva de las autoridades locales y que no se espera que el público contribuya (Lubega et al., 2020). Sin embargo, la eficiencia operativa del manejo de residuos sólidos depende de la participación activa tanto de la agencia municipal como de los ciudadanos; por lo tanto, los aspectos socioculturales mencionados por algunos académicos incluyen personas que participan en la toma de decisiones, conciencia comunitaria y apatía social.

Otro aspecto importante de la recolección y transporte de residuos sólidos es la programación operativa y el enrutamiento vehicular. Durante este proceso, los choferes están programados para la recolección diaria de residuos sólidos en sus respectivas áreas operativas. Las rutas utilizadas por los conductores generalmente se dejan a su discreción y esto se hace sin tener en cuenta la reducción de costos operativos y la conservación del medio ambiente (Wagger, 2021). Esta situación conduce a elevados costos de recogida y transporte, así como a la contaminación ambiental. Para una recolección y transporte de desechos efectivos, la programación debe tener en cuenta el enrutamiento sistemático a través de medios científicos que capturen la reducción de costos y la conservación ambiental.

La mala red vial y planificación del desarrollo, es otra situación que afecta a la recolección de residuos sólidos. La mayoría de los países en desarrollo no tienen caminos apropiados adecuados para el transporte. Según Enrique et al. (2016) la mala calidad de las carreteras (entre otros factores, como el número de vehículos) impacta negativamente en la recolección y el transporte de desechos sólidos. El deficiente acceso por carretera en los suburbios o salas de recolección presenta un desafío que las autoridades de la ciudad deben enfrentar.

Uno de los medios para garantizar un mejor desempeño en la recolección de desechos sólidos es la ruta efectiva de los camiones de recolección. El enrutamiento representa una ruta entre ubicaciones, como un origen y un destino para el objeto enrutado (Collazos, 2013). En la recolección de residuos sólidos, el enrutamiento implica la programación y definición de rutas para el paso de camiones durante el proceso de recolección. No aplicar intervenciones científicas o tecnológicas en la selección de las rutas atravesadas por los camiones de recolección da como resultado sistemas de recolección deficientes y costosos.

La ruta para la recolección de desechos sólidos es uno de los componentes principales y muy esenciales de la gestión de desechos sólidos (Vallero, 2019) ya que tiene importantes implicaciones comerciales, sociales y ambientales. Impactos del enrutamiento en los costos laborales, operativos y de transporte y en la sociedad, debido a la contaminación de las carreteras y los efectos negativos en la salud pública y el medio ambiente. El objetivo del enrutamiento de vehículos es minimizar el tiempo, el costo y la

distancia, dados algunos parámetros relevantes. Por lo tanto, los estudios sobre rutas de camiones recolectores de residuos sólidos consideran la importancia de las restricciones de ruta.

Otros estudios han considerado la aplicación de técnicas específicas para resolver el problema de las rutas de recolección de desechos sólidos. Algunas investigaciones acortan la distancia de enrutamiento; otros se centran en la reducción de los costes de recogida, mientras que otros estudios se centran en minimizar el número de vehículos de recogida (Collazos, 2013).

La ruta óptima para la recolección y el transporte de desechos sólidos es muy esencial si la sostenibilidad en términos de reducción de costos y conservación ambiental es una prioridad en la gestión de desechos sólidos. Para mejorar la eficiencia de los sistemas de generación de rutas para vehículos, los estudios deben centrarse en mejorar la eficiencia de los sistemas de generación de rutas para vehículos mediante la modificación de los horarios de entrega de las empresas; optimizar las rutas de la flota de camiones; e incorporar información relacionada con las condiciones del tráfico en los modelos para evitar generar congestiones de tráfico.

A través de la implementación de las soluciones de planificación de rutas, los vehículos tendrían menos kilómetros por recorrer y esto se traduce en la utilización de energía y tiempo. Además, se produce una menor emisión de ruido, contaminación del aire y congestión del tráfico. Las rutas más productivas ayudan a reducir los efectos negativos de la recolección de residuos en la época especificada (Vallero, 2019).

Al implementar soluciones en las rutas de recolección de residuos se obtienen varios beneficios: Los contenedores son monitoreados para ver si están llenos; se están calculando nuevas rutas de recogida; los ciudadanos se beneficiarían de una mayor eficiencia del servicio; la recogida de residuos y el ahorro de costes serían más eficientes; el rastreo de vehículos entra en juego.

2.5. Marco legal aplicable a la recolección de residuos sólidos

En Ecuador, existen normativas que regulan y establecen los parámetros y lineamientos adecuados que deben considerarse como parte primordial para el presente estudio en cuanto a la gestión de residuos sólidos:

2.5.1. Constitución de la República del Ecuador

El tratamiento adecuado de los desechos sólidos es parte fundamental para el cuidado del medio ambiente es una responsabilidad de todos, por ello, en la Constitución

de Ecuador (Asamblea Nacional, 2008) se ha destinado a la sección segunda para establecer diversos aspectos relacionados con este campo.

El manejo de residuos sólidos que involucra a varios sectores de la sociedad, tanto públicos como privados, requiere de un marco jurídico institucional que norme esta actividad (Muñoz, 2008).

En la Constitución de la República del Ecuador, en el artículo 14 “reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”. Por ello, el tratamiento adecuado de los residuos sólidos es una obligación de los organismos de cada cantón o sector y responsabilidad de la población de no dañar la naturaleza al arrojar desperdicios en lugares no destinados para aquello.

Es entonces los Gobiernos Municipales los encargados del manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (Asamblea Nacional, 2008, art. 264); porque además el Estado protege el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.

Es así como el artículo 376 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce que para hacer efectivo el derecho a la conservación del ambiente, las municipalidades podrán expropiar, reservar y controlar áreas para el desarrollo futuro, de acuerdo con la ley.

Es evidente entonces que en los últimos años el Ecuador ha implementado instrumentos de protección ambiental, así como tributos ambientales cuyo argumento principal es la extrafiscalidad y el principio quien contamina paga, teniendo desde el 2011 el impuesto a la contaminación vehicular y el impuesto redimible a las botellas plásticas, sin embargo, el impuesto a la contaminación vehicular fue extinguido en agosto del 2019 y en el mismo año se creó el impuesto a las bolsas plásticas, situación que permite entender el desafío y las oportunidades en la implementación de una reforma fiscal ambiental que realmente permita un régimen del buen vivir y que faculte la consecución de la Agenda 2030.

2.5.2. Código Orgánico de Ambiente

El Código Orgánico de Ambiente fue publicado en el Registro Oficial Nro. 893, con fecha 12 de abril del 2017, y entró en vigencia el 12 de abril del 2018. El Código Orgánico de Ambiente (COA) reemplaza al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), el cual había normado todo asunto de carácter ambiental de los últimos quince años en el Ecuador (Código orgánico del Ambiente, 2017).

El COA representa nuevas oportunidades en materia ambiental, para todos los sectores y actores involucrados, pues se busca promover el goce de los derechos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (art. 4). Por lo tanto, la caracterización los residuos sólidos domiciliarios que se generan en el área urbana de los cantones Portovelo y Atahualpa permite tomar medidas tendientes a mejorar los procesos de recolección, evitando la acumulación de desperdicios y el tratamiento inadecuado.

Para asegurar el respeto, la tutela y el ejercicio de los derechos se desarrollarán las garantías normativas, institucionales y jurisdiccionales establecidas por la Constitución y la ley. Las herramientas de ejecución de los principios, derechos y garantías ambientales son de carácter sistémico y transversal.

Como se puede observar, el Código Orgánico del Ambiente (COA) constituye en la actualidad la norma más importante del país en materia ambiental, pues en ésta se regulan aquellos temas necesarios para una gestión ambiental adecuada.

Entre otros, el COA aborda temas como cambio climático, áreas protegidas, vida silvestre, patrimonio forestal, calidad ambiental, gestión de residuos, incentivos ambientales, zona marino costera, manglares, acceso a recursos genéticos, bioseguridad, biocomercio, entre otros.

2.5.3. Reglamento al Código Orgánico de Ambiente

El presente Reglamento desarrolla y estructura la normativa necesaria para dotar de aplicabilidad a lo dispuesto en el Código Orgánico del Ambiente. Constituye normativa de obligatorio cumplimiento para todas las entidades, organismos y dependencias que comprenden el sector público central y autónomo descentralizado, personas naturales y jurídicas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, que se encuentren permanente o temporalmente en el territorio nacional.

Identificar la caracterización los residuos sólidos domiciliarios que se generan en el área urbana de los cantones Portovelo y Atahualpa, es parte del proceso que debe cumplir los Gobiernos Municipales de dichos sectores para una correcta gestión integral conforme lo señala el artículo 573.

La normativa determina que la prestación del servicio público será retribuida a través de las tasas, en donde las municipalidades o distritos metropolitanos pueden exigir que su monto guarde relación con el costo de producción de dichos servicios; entendiendo por costo de producción el que resulte de aplicar reglas contables de general aceptación, debiendo desecharse la inclusión de gastos generales de la administración municipal o metropolitana que no tengan relación directa y evidente con la prestación del servicio, tal como lo regula el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (2010, art. 566), estableciendo en el propio articulado una excepción.

En el artículo 574 también señala que los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos tienen que emitir normativa local para la gestión integral de residuos y desechos, en concordancia con la política y normativa ambiental nacional vigente.

De esta manera se muestra la responsabilidad ambiental del Estado, de las personas naturales y jurídicas públicas, privadas o mixtas, nacionales y extranjeras, así como de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, según lo dispuesto por el artículo 10 del Código Orgánico del Ambiente, consiste en la obligación de prevenir y precautelar la generación de daños ambientales, así como de su reparación integral a través de las medidas necesarias para lograr la restauración de la naturaleza y los servicios ambientales.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Contexto

3.1.1. Descripción del estado actual

El cantón Atahualpa se encuentra ubicado en el centro de la Provincia de El Oro, en la Zona Geográfica 17 Sur y entre las siguientes coordenadas planas (Universal Transversal de Mercator -UTM): Norte: 9 617 000 m – 9 596 900 m; Sur: 655 170 m – 629 230 m.

El cantón Atahualpa, cuya cabecera cantonal es la ciudad de Paccha se encuentra ubicado en el centro geográfico de la provincia de El Oro, en Ecuador. Recibe su nombre en honor al último inca, Atahualpa. Sus límites son al norte con los cantones Chilla y Pasaje, al sur con los Cantones Piñas y Zaruma, y al este con el Cantón Zaruma. Al Norte con el Cantón Chilla, al Sur con el Cantón Piñas, al Este con el Cantón Zaruma, y al Noroeste con el Cantón Santa Rosa.

Atahualpa posee una población de 5 414 habitantes (INEC, 2010), de este mismo total 1 594 están ubicados en el área urbana, correspondiente al 42,69% y 3 820 en el área rural que equivale al 57,31%. Está conformada por una parroquia urbana: Paccha; y cinco parroquias rurales: Ayapamba, San José, Milagro, Cordoncillo y San Juan de Cerro Azul. La altura es muy variada va desde 1 000 en las estribaciones y valles a 3 200 msnm en las zonas altas de la cordillera. Tiene un clima: templado – mesotérmico (Vallero, 2019).

a) Localización del cantón Atahualpa

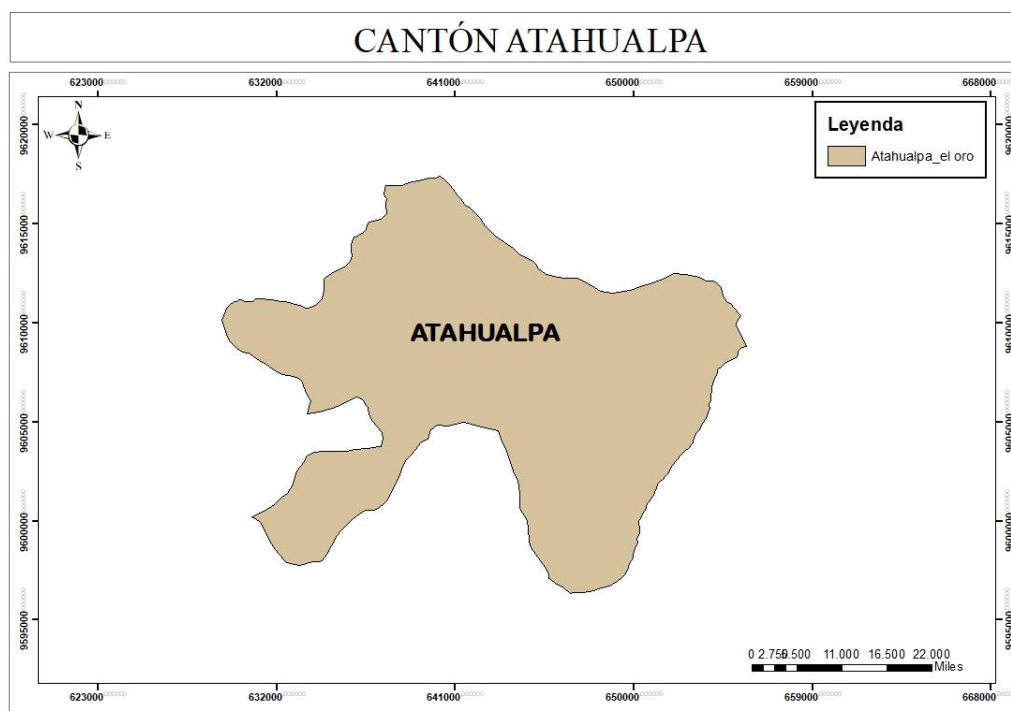


Figura 1. Mapa de cantón Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Información general del cantón Portovelo.

La presente investigación se desarrollará en el Cantón Portovelo, ubicada a unos 650 m.s.n.m. al sur del país en la Provincia de El Oro, con una población de 12 200 habitantes de acuerdo al último censo poblacional del 2010 realizado por el INEC. El 80% de la localidad se encuentra cubierto por los servicios de recolección, llevando así los desechos al botadero municipal a cielo abierto. El lugar donde se desarrolla el presente estudio es en el área urbana del Cantón, por ser una de las fuentes de mayor generación de residuos. El Cantón Portovelo, ha venido laborando aproximadamente 70 años.

El cantón Portovelo está situado al Sur Este de la Provincia de El Oro, limitando con la Provincia de Loja separada de la misma con el río Pindo y Ambocas. Limita al norte con el cantón Zaruma, al sureste con la Provincia de Loja y al oeste con el cantón Piñas. Portovelo posee una población de 12 200 habitantes (INEC, 2010), de este total 8 726 están ubicados en el área urbana, correspondiente al 83,06% y 2 304 en el área rural que equivale al 16,94%. Está conformada por una parroquia urbana: Portovelo y tres parroquias rurales: Curtincapac, Morales y Salatí.

Portovelo se encuentra ubicada en una zona montañosa que forma parte de la cordillera de Vizcaya, la misma que es un ramal de la cordillera de los Andes bañado por el río Amarillo. Tiene una temperatura que oscila entre 18 - 30 grados centígrados. La

variación altitudinal varía desde los 560 hasta los 3600 msnm (Ministerio del Ambiente, 2017).

b. Localización.

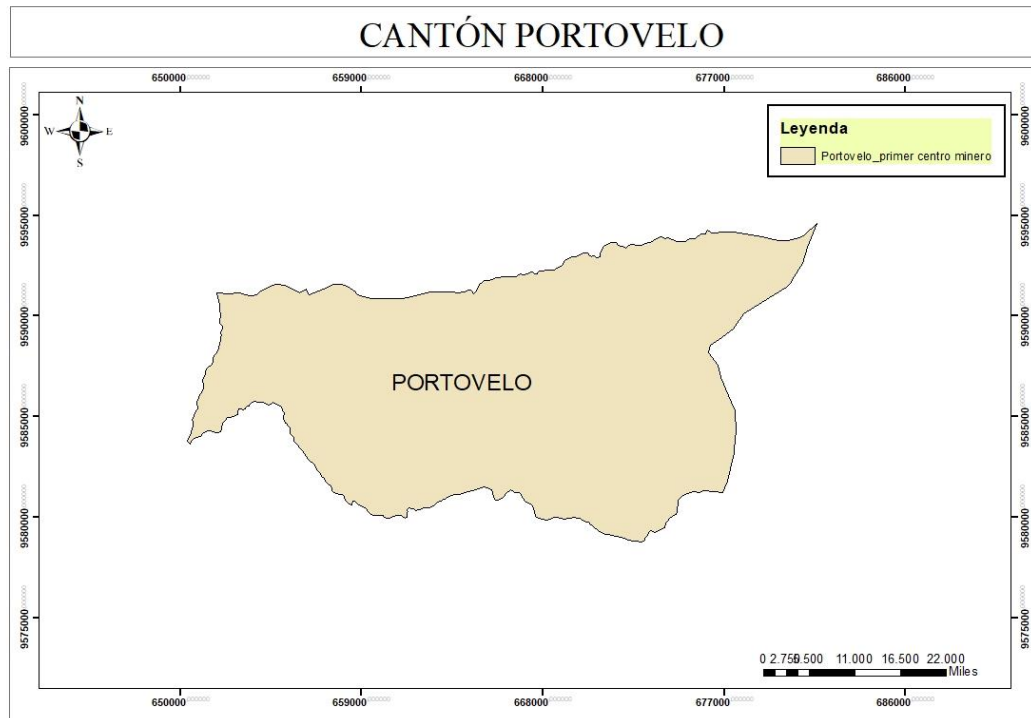


Figura 2. Mapa del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

3.2. Metodología

Objetivo 1: Determinar la generación per-cápita de los residuos sólidos urbanos de los cantones de Portovelo y Atahualpa, mediante la recolección de muestras en las diversas zonas.

3.3. Materiales y equipos

Para cumplir con todos los objetivos trazados, fue necesario contar con los siguientes materiales y equipos:

Tabla 1. Materiales y equipos

Descripción	Cantidad
Balanza	1
Fundas de polietileno de 0,70m x 0,50m	400
Escobas	2
Marcadores permanentes	10
Guantes de caucho	10 pares
Mascarillas	25
Recipientes plásticos	5
Cuaderno	2
Esfero	5
Cinta para embalar	5

Fuente: Elaboración propia

3.4. Desarrollo de la investigación

3.4.1. Proceso para la caracterización de residuos sólidos de las ciudades Atahualpa y Portovelo.

Para el desarrollo del estudio se procede con la caracterización de residuos sólidos de las viviendas urbanas de los cantones Portovelo y Atahualpa, para lo cual se aplicó la metodología CEPIS, que se basa en una guía para caracterización de residuos sólidos (CEPIS, 2005).

a. Zonificación de las ciudades.

Para recoger la muestra se establecieron dos zonas en cada una de las ciudades que fueron parte del estudio. Dicha zonificación se lo efectuó basándose en la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (Ministerio del Ambiente, 2019) que establece:

Tabla 2. Metodología para las zonificaciones recomendadas de acuerdo a rangos por cantidad de viviendas en los distritos.

Rango de viviendas (N)	Zonificación
Hasta 1 000 viviendas	No Aplica
Más de 1 000 hasta 10 000 viviendas	Hasta 02 zonas
Más de 10 000 viviendas	Hasta 03 viviendas

Fuente: Ministerio del Ambiente (2019)

De acuerdo a la tabla 2 “Zonificaciones recomendadas de acuerdo a rangos por cantidad de viviendas en los distritos” en el casco urbano de Atahualpa no aplica dividirse en zonas al poseer menos de 1 000 familias, por lo tanto, la muestra se tomó en forma aleatoria. En Portovelo, al contar con un total de 2 115 viviendas, le correspondería dividirse máximo en dos zonas.

Entonces la división de las zonas para realizar el muestreo quedaría de la siguiente manera:

Tabla 3. Muestra aleatoria del cantón Atahualpa

Oswaldo Hurtado
Av. Yacuvíña
Calle Iván Mesa
Calle Daniel Martínez
Calle Miraflores
Av. 13 de Julio
Av. Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Zonificación de la ciudad de Portovelo

Zona 1	Zona 2
Cdla El oro	El Osorio
Cdla La Alborada	Machala Alto
Las Malvinas	24 de Mayo
28 de Noviembre	Av. del Ejército
Cdla La Florida	Coliseo
14 de Enero	El Paraíso
Barrio San Antonio	Barrio Número uno

Fuente: Elaboración propia

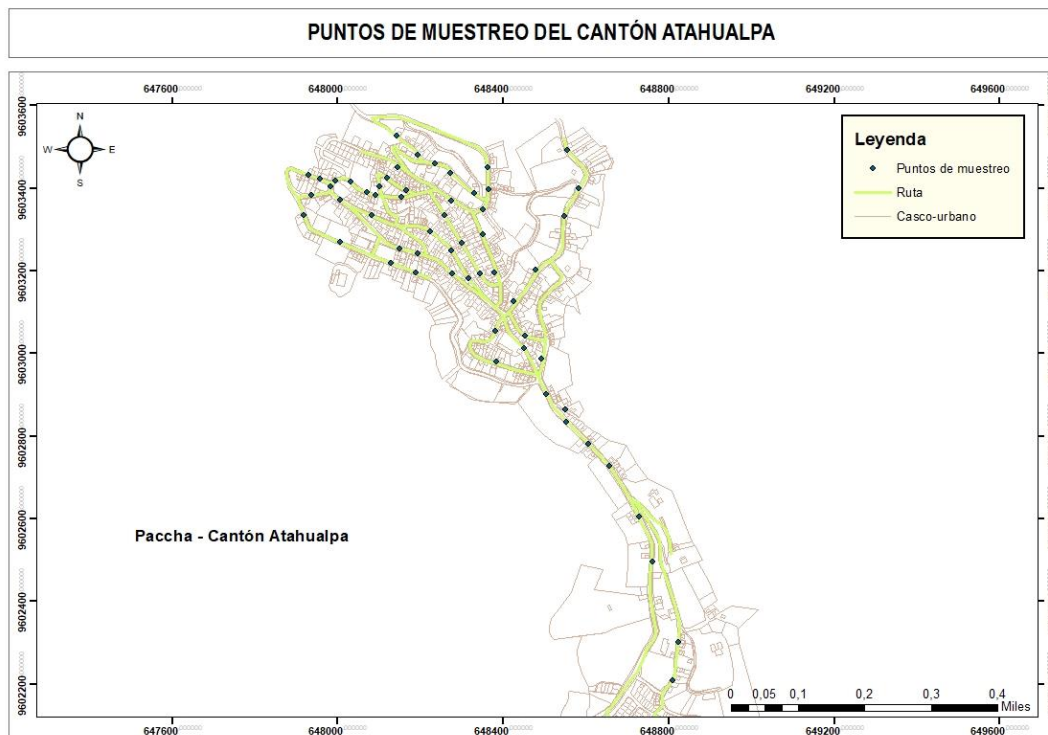


Figura 3. Puntos de muestreo para la recolección de residuos en el casco urbano de Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

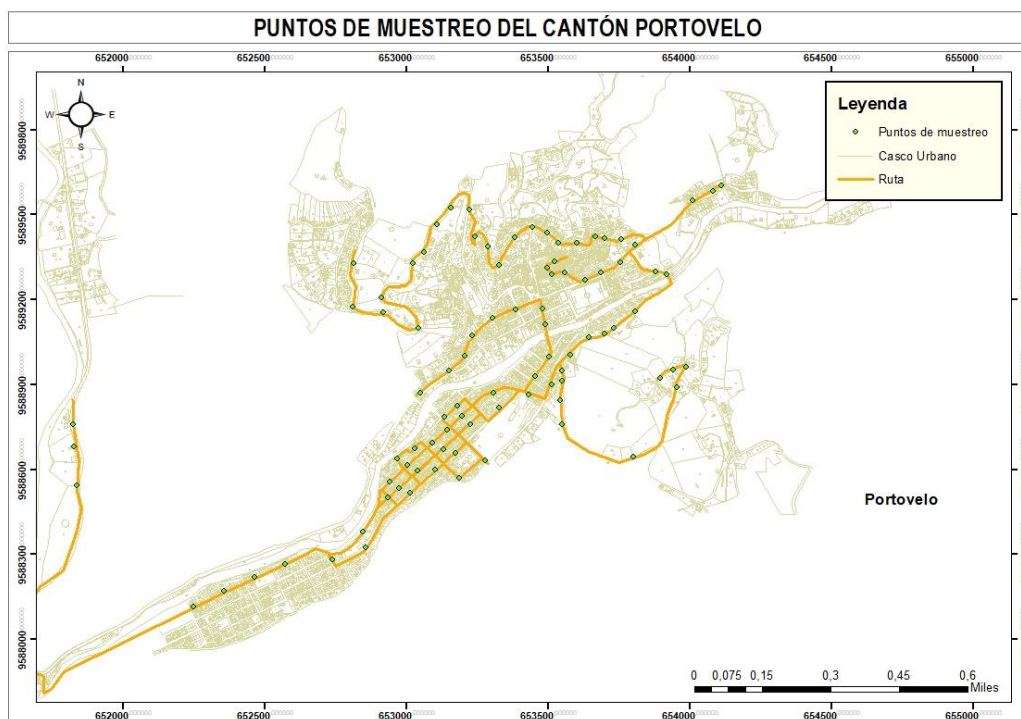


Figura 4. Puntos de muestreo para la recolección de residuos en el casco urbano de Portovelo

Fuente: Elaboración propia

Una vez escogido los sectores para realizar el muestreo las familias seleccionadas fueron informadas sobre el objetivo del trabajo de investigación, solicitando además la colaboración de ellos para la recolección de residuos sólidos durante siete días consecutivos en las viviendas que fueron parte de la muestra, descartando el primer día de muestreo de cada zona debido a que esta recolección es una operación de limpieza de falsos muestreos (Ministerio del Ambiente, 2019).

b. Población y muestra.

Población

El estudio se lo realizó en los cantones Atahualpa y Portovelo de la provincia de El Oro. De acuerdo con los datos que se encuentran en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), la población de los cantones en los cuales se realiza el estudio está conformada de la siguiente manera:

Tabla 5. Población urbana

Ciudad	Hombres	Mujeres	Total	Total de viviendas
Atahualpa	801	797	1 594	352
Portovelo	4 776	3 950	8 726	1922

Fuente: INEC (2010)

Muestreo de residuos sólidos

Para obtener el número de muestras necesarias se debe conocer el número de viviendas que existen actualmente en el casco urbano del cantón Atahualpa y Portovelo, para ello se utilizó la siguiente ecuación (1) para determinar el número de viviendas a muestrear (Bolón García, 2020):

Cálculo número de viviendas

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{V^2}{N}}$$

n = Número de viviendas

V = Desviación estándar de la variable Xi (Xi=Producción per cápita de la vivienda (g/Hab/día) = 250 g/Hab/día (valores recomendados por el CEPIS).

E= Error permisible en la estimación de PPC (gr/Hab/día) = 50 g/Hab/día (valores recomendados por el CEPIS).

N = Número total de viviendas:

Reemplazando los valores en la siguiente formula se dan los siguientes resultados:

Atahualpa:

$$n = \frac{250^2}{\left(\frac{50}{1,96}\right)^2 + \frac{250^2}{272}}$$

$$n = 70$$

Este estudio se realizó tomando un total de 70 muestras. En cuanto a las muestras de establecimientos se tomó un total de 20 muestras.

Portovelo

$$n = \frac{250^2}{\left(\frac{50}{1,96}\right)^2 + \frac{250^2}{1922}}$$

$$n = 92$$

Este estudio se realizó tomando un total de 92 muestras. En cuanto a las muestras de establecimientos se tomó un total de 40 muestras.

c. Determinación de la generación per cápita

Una vez realizado el muestreo se procede a pesar las fundas. La generación de residuos per cápita de cada hogar se calculó dividiendo el número total de residuos producidos en cada hogar por el número de personas que viven en la casa por el número de días en que se generaron los residuos.

Utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{GPC} = \frac{(kg)}{(np*nd)} \quad (2)$$

Donde:

GPC = Generación per cápita

kg = Peso total diario de los residuos generados

np = Número de habitantes por vivienda

nd = Número de días

d. Método de cuarteo.

Los hogares de cada sector y ciudad fueron muestreados y se les entregaron bolsas de plástico para depositar los desechos durante siete días consecutivos. La recolección comenzó a las 7 am de los días asignados con la ayuda del chofer y de dos colaboradores municipales, luego de lo cual los desechos se trasladaban hasta el lugar que se había designado y adecuado previamente para la caracterización, en donde se tomaron las medidas de seguridad para evitar la contaminación de los residuos y la contaminación ambiental del sector.

El área donde se depositaron los residuos fue dos espacios de 4m x 4m. que se facilitó por parte del GAD Municipal de Portovelo, donde se ubicó por separado los residuos de Atahualpa y en la otra área lo recolectado en Portovelo.

Las bolsas que se recogieron con los residuos sólidos fueron pesadas cada día que se recogió. Para pesar se utilizó una balanza de 0 a 25 kg que fue facilitada por el Gobierno Municipal de Portovelo. Es de esta manera como se determinó la cantidad de residuos sólidos que producen en los cantones Portovelo y Atahualpa en forma diaria, para lo cual se aplica la fórmula (kg/viv/día).

El pesaje se realiza manteniendo la identificación por día y sector, y los resultados del peso fueron registrados en un formato previamente establecido.



Figura 5. Pesaje de residuos sólidos

Fuente: Elaboración propia

Los residuos sólidos de cada recolección diaria fueron mezclados con una pala, para luego dividirlo en cuatro partes iguales, se escogieron las dos partes opuestas y de esta manera se formó un montón más pequeño, esta operación debe repetirse hasta lograr una muestra manejable que pese alrededor de 50 kg (Ministerio del Ambiente, 2019):

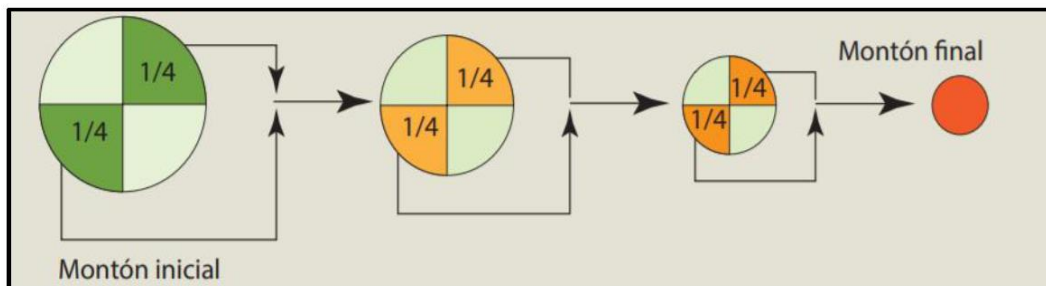


Figura 6. Método de cuarteo de residuos sólidos para la reducción del tamaño de una muestra

Fuente (Cantanhede et al., 2005)

La figura 7 y 8 se indica como se procede a realizar el método de cuarteo el mismo que se utilizó durante los siete días de muestreo sin tomar en consideración los datos del día cero.



Figura 7. Método de cuarteo en las muestras recolectadas

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Método de cuarteo en las muestras recolectadas

Fuente: Elaboración propia

Objetivo 2: Establecer la densidad de los residuos sólidos urbanos de los cantones Portovelo y Atahualpa mediante los datos obtenidos en la recolección de muestras en las zonas.

3.4.2. Proceso de cálculo de la densidad de los residuos sólidos urbanos.

El conocimiento de la densidad de un desecho, es decir, su masa por unidad de volumen (kg/m^3), es esencial para el diseño de todos los elementos del sistema de gestión de desechos sólidos, a saber: almacenamiento, transporte y eliminación comunitarios. Para calcular la densidad se lo hizo con la ayuda de un cilindro plástico con una capacidad de 110 litros y una altura de 1,021 m.

Antes de que los residuos sean depositados dentro del recipiente se calculó el volumen de los mismos, posteriormente se continuo con el proceso y se introdujo los residuos en el recipiente y se levantó el mismo unos 20 cm aproximadamente desde el piso y se lo dejó caer repitiendo esta acción cuatro veces con el propósito de llenar los espacios vacíos dentro del cilindro, seguido de esto se midió la altura libre del recipiente y fue pesado.



Figura 9. Determinación de la densidad de los residuos sólidos

Fuente: Elaboración propia

Para proceder con el cálculo se aplica la siguiente formula:

$$S = \frac{W}{v} = \frac{w}{\left(\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2\right) * H} \quad (3)$$

Donde:

S: Densidad de los residuos sólidos (kg/m^3)

- W: Peso de los residuos sólidos
- V: Volumen de los residuos sólidos
- D: Diámetro del cilindro
- H: Altura total del cilindro
- π : Constante (3,1416)

Objetivo 3: Determinar la composición física de los residuos sólidos urbanos de los cantones Portovelo y Atahualpa, mediante la recolección de muestras en las diversas zonas.

3.4.3. Cálculo de la composición física de los residuos sólidos urbanos.

Los residuos se caracterizaron según su composición física: metales, plástico, papel, vidrio, cortopunzantes, cartón, textiles, pilas, materia orgánica explicados en la tabla 6:

Tabla 6. Separación de los residuos sólidos según la composición física

Categoría	Descripción
Orgánicos	Restos de comida, hojas verdes, cáscaras de frutas, hojas secas
Plásticos	Botellas plásticas, sorbetes, fundas de agua, envolturas de alimentos, baldes, tubos PVC
Papel	Considera papel bond, papel periódico, hojas de cuaderno, revistas, folletos.
Cartón	Considera cajas de cartón, cartulinas, pastas de cuadernos y envases de leche, salsas y jugos.
Metal	Latas de hierro, aluminio
Textiles	Telas
Pilas	Considera residuo de pilas
Vidrio	Considera botellas de bebidas alcohólicas, jugos entre otros.
Cortopunzantes	Jeringas, lancetas, catéter, cuchillos.

Fuente: Elaboración propia

Cada muestra de los subproductos fue pesada, siendo necesario emplear la fórmula que se escribe a continuación:

$$PS = \frac{G1}{vG} * 100\% \tag{4}$$

Donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado

G1 = Peso del subproducto considerado en Kg.

G = Peso total de la muestra (mínimo 50 g.)

3.5. Cálculos

Fórmula para el cálculo de los indicadores de centralidad y dispersión para datos agrupados y no agrupados de la producción diaria de los residuos sólidos.

- Media aritmética

Para el cálculo de la media aritmética se utilizó la fórmula que se expone a continuación:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (5)$$

Donde:

\bar{X} = Media aritmética

n = Número total de datos

- Media aritmética para datos agrupados

Fórmula:

$$\bar{X}_{ag} = \frac{\sum x_i h_i}{n} \quad (6)$$

Donde:

\bar{X}_{ag} = Media para datos agrupados

x_i = Marca de clase

h_i = Frecuencia relativa del intervalo

n = Número total de datos

- Mediana para datos sin agrupar

$$Me = \frac{X_{\frac{n}{2}} - X_{\frac{n}{2}+1}}{2} \quad (7)$$

Donde:

X = Valores ordenados de forma descendente y ascendente

n = Tamaño de la muestra

- **Mediana para datos agrupados**

$$Me = X_{i-1} + \frac{\frac{n}{2} - N_{i-1}}{n_i} (L) \quad (8)$$

Donde:

Me = Mediana

X_{i-1} = Límite inferior del inferior del intervalo que contiene el valor de la mediana

N_{i-1} = Frecuencia relativa acumulada hasta el intervalo anterior a la clase que contiene la mediana sin porcentaje

n_i = Frecuencia relativa del intervalo donde se encuentra la mediana

n = Tamaño de la muestra

(L) = Longitud del intervalo donde se encuentra la mediana

- **Moda para datos agrupados**

$$Mo = X_{i-1} + \frac{d_1}{d_1 + d_2} (L) \quad (9)$$

Donde:

Mo = Moda para datos agrupados

X_{i-1} = Límite inferior del intervalo que contiene el valor de la moda

d_1 = Diferencia entre la frecuencia absoluta del intervalo modal y la frecuencia absoluta del intervalo precedente.

d_2 = Diferencia entre la frecuencia absoluta del intervalo modal y la frecuencia del intervalo siguiente.

(L) = Longitud del intervalo donde se encuentra la moda.

- **Varianza muestral**

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (10)$$

Donde:

S^2 = Varianza muestral

x_i = Peso de los residuos sólidos

\bar{X} = Media Aritmética

n = Número de muestras

- **Varianza para datos agrupados**

$$S^2_{ag} = \sum_{i=1} hi(X'i - \bar{X}_{ag})^2 \quad (11)$$

Donde:

S^2_{ag} = Varianza para datos agrupados

hi = Frecuencia relativa

$X'i$ = Marca de clase

\bar{X}_{ag} = Media agrupada

- **Desviación estándar para datos agrupados**

$$S_{ag} = \sqrt{S^2_{ag}} \quad (12)$$

Donde:

S_{ag} = Desviación estándar para datos agrupados

S^2_{ag} = Varianza para datos agrupados

- **Desviación estándar para datos no agrupados**

$$S = \sqrt{S^2} \quad (13)$$

Donde:

S = Desviación estándar

S^2 = Varianza muestral

- **Coeficiente de variación**

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100\% \quad (14)$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

S = Desviación estándar para datos sin agrupar

\bar{X} = Media aritmética

3.6. Diagnóstico de la situación actual de las rutas de recolección de los residuos sólidos de los cantones Portovelo y Atahualpa

3.6.1. Recolección de residuos sólidos del cantón Atahualpa

El Gobierno Municipal del cantón Atahualpa tiene establecido una ruta de recolección en la zona urbana, la cual se cumple los días: lunes, miércoles y sábado en horario de 07h00 a 12h00. La tabla 7 muestra un resumen de los días de recolección, frecuencia, horarios que son servidos por el sistema de recolección. En la figura 10 se puede observar la ruta actual con la que cuenta el cantón Atahualpa.

Tabla 7 Recolección de los residuos sólidos en el cantón Atahualpa

Día	Frecuencia	Horario
Lunes	1/7	7am-12pm
Martes	1/7	7am-12pm
Miércoles	1/7	7am-12pm
Jueves	1/7	7am-12pm
Viernes	1/7	7am-12pm
Sábado	1/7	7am-12pm

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla 8 se indica las características del vehículo recolector y el personal utilizado en la prestación del servicio de recolección dentro del área urbana del cantón Atahualpa.

Tabla 8 Características del vehículo recolector

Vehículo	Marca	Capacidad	Combustible	Personal
Recolector	Hino	9 toneladas	Diesel	1 conductor 2 operadores

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Vehículo recolector



Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Recolección de residuos sólidos del cantón Portovelo

El municipio del cantón Portovelo a través del departamento ambiental realiza el servicio de recolección de los residuos sólidos los días lunes, miércoles, viernes y sábado para el casco urbano con dos horarios en la mañana de 7H00- 12H00 y en la tarde de 13H00 a 19H00, mientras que los días martes y jueves en la tarde son utilizados para la zona rural. La tabla 9 muestra un resumen de los días de recolección, frecuencia, horarios que son servidos por el sistema de recolección.

Tabla 9. Recolección de los residuos sólidos en el cantón Portovelo

Día	Frecuencia	Horario	
Lunes	2/7	7am-12pm	13pm-19pm
Martes	2/7		
Miércoles	2/7	7am-12pm	13pm-19pm
Jueves	2/7	7am-12pm	
Viernes	2/7	7am-12pm	13pm-19pm
Sábado	2/7	7am-12pm	13pm-19pm

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla 10 se indica las características del vehículo recolector y el personal que son dos grupos uno en la mañana y un grupo en la tarde utilizado en la prestación del servicio de recolección dentro del área urbana del cantón Portovelo.

Tabla 10 Características del vehículo recolector

Vehículo	Marca	Capacidad	Combustible	Personal
Recolector	Hino	5 toneladas	Diesel	1 conductor 4 operadores

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Vehículo recolector



Fuente: Elaboración propia

3.7. Realizar las rutas de recolección mediante el software ArcGIS

Tomando en cuenta que cada territorio y ciudad tienen sus problemáticas, la metodología planteada intenta ajustarse a las necesidades y características territoriales para mejorar la gestión ambiental en torno al manejo de residuos sólidos. En ese sentido, este trabajo se omite realizar un análisis de redes para encontrar rutas óptimas por las circunstancias antes mencionadas, además, es necesario señalar que el cantón Portovelo y el cantón Atahualpa carecen de un sistema de recolección que permita evitar el ingreso o recorrido para recolección de basura (puntos comunes de basura, contenedores entre otros). Sin embargo, entre las soluciones planteadas a esa problemática encontrada, se proponen nuevas rutas, que al igual que las rutas actuales hacen el recorrido de todo el casco urbano, con la diferencia de que se optimiza y prioriza recorridos más ajustados a lo requerido.

La primera fase para la construcción de estas rutas tanto del cantón Portovelo como de Atahualpa, requirió una recopilación de información en distintos formatos, desde archivos vectoriales, ráster, bases de datos y apoyo en cartas topográficas que sirven de base para la construcción de esta cartografía temática.

A partir de la información facilitada por el Departamento de Catastros y Ordenamiento Territorial del GAD Municipal de Portovelo y del GAD Municipal de Atahualpa se obtuvo el mapa de predios y vías correspondientes al 2019, por lo cual fue necesario realizar una actualización de la red vial, especialmente en lo que concierne al área urbana y calles aperturadas en los últimos años. Debido a esto se utilizó la ortofoto y

la información generada también se la verifíco con el Google satélite, lo cual nos sirve ambas fuentes para generar información base de las vías.

ORTOFOTO DEL CANTÓN ATAHUALPA



Figura 12. Ortofoto del cantón Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

ORTOFOTO DEL CANTÓN PORTOVELO



Figura 13. Ortofoto del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

Obtenida la información cartográfica, se realizó una consulta a las autoridades para la digitalización de las actuales rutas que tienen ambos cantones. Con esa información, se utilizó el *software ArcGIS*, y se tomó como referencia la Ortofoto de los dos cantones y se construyó las rutas actuales mediante un proceso de digitalización.

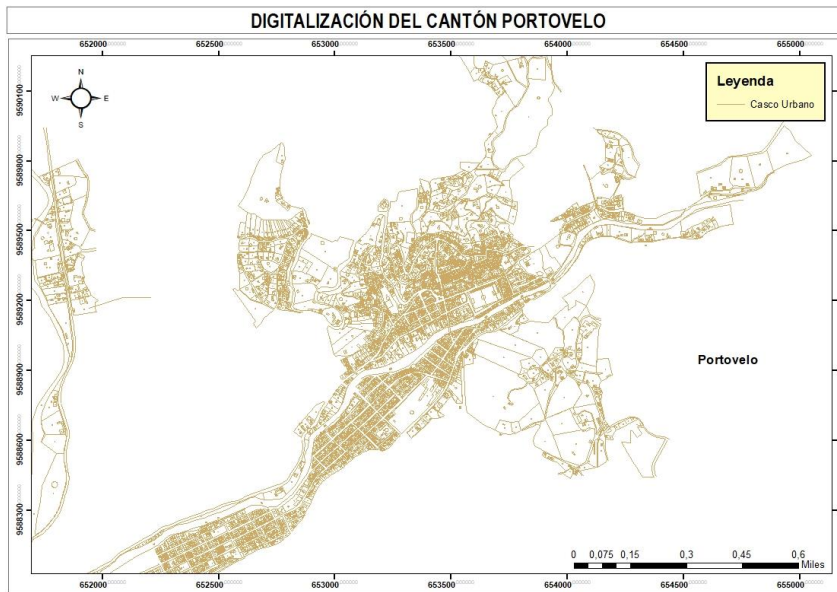


Figura 14. Digitalización del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

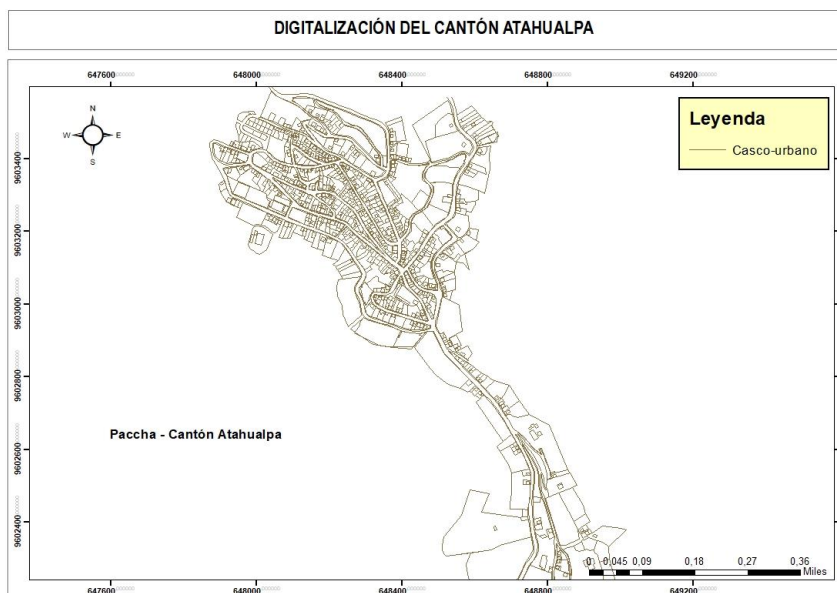


Figura 15. Digitalización del cantón Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

Estas capas vectoriales debían contener en su campo de atributos la distancia y la cantidad de veces que pasa el recolector pasa por un mismo segmento, con la finalidad de poder calcular posteriormente las distancias de las rutas actuales.

Cabe señalar, que la digitalización de las vías se realizó de segmento en segmento, mas no como vectores de línea continua para una misma calle, de tal forma que permitió posteriormente reorganizar los recorridos para la optimización de las rutas.

Obtenidos los resultados de las rutas actuales, se realizó una revisión de la topología y se corrigió estos errores para evitar que las capas vectoriales tipo línea no se encuentren discontinuas.

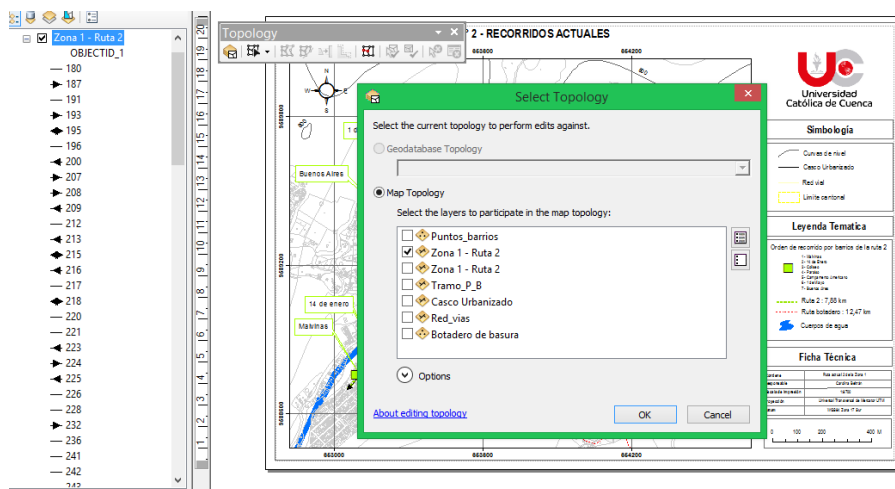


Figura 16. Diseño de las rutas actuales

Fuente: Elaboración propia

Realizada la construcción de las rutas se procedió a diseñar la cartografía temática en la que se observa con flechas la ruta por la cual se dirige actualmente el recolector de basura.

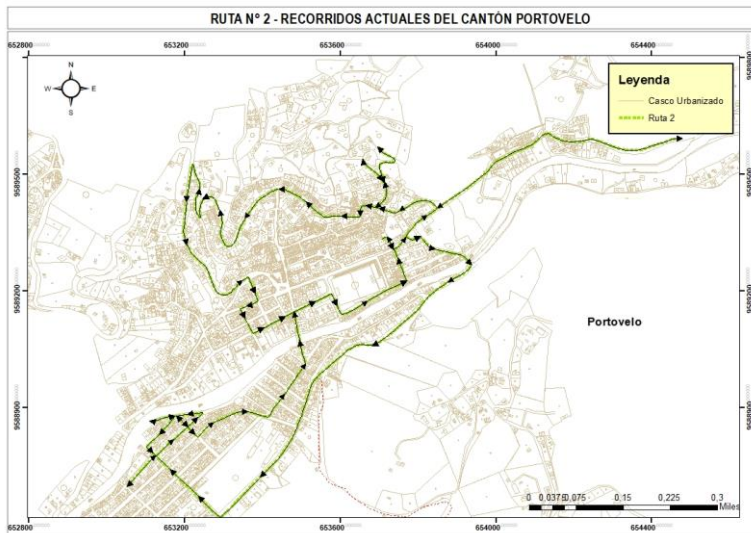


Figura 17. Construcción de rutas actuales del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

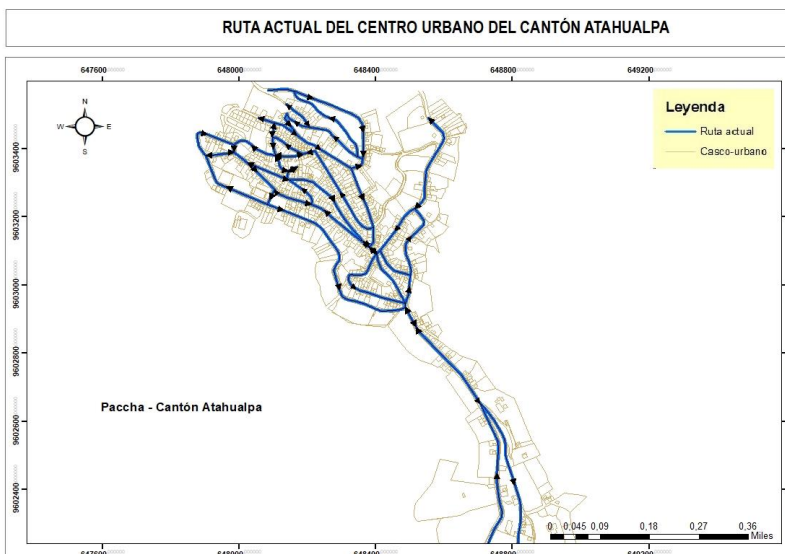


Figura 18. Construcción de rutas actuales del cantón Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

Objetivo 3: Realizar una propuesta para optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos por medio del *software ArcGIS*, a partir del análisis de las rutas actuales, con el fin de disminuir tiempos y costes en el recorrido.

Diseño de rutas optimizadas

Para las rutas de optimización se tuvo presente el estudio de la caracterización se realizó el análisis de las zonas más cercas, las zonas más altas y teniendo en cuenta de

no saltarse los barrios como lo realizan en las rutas actuales, tomando en cuenta que en muchas zonas hay solo una domicilio y el vehículo recolector ingresa solo por esa vivienda entonces se ha tomado en cuenta que sea solo un trabajador el que vaya a esos domicilios y saque las fundas a las calles principales para que así se pueda disminuir el tiempo y la distancia, de la misma manera se ha ido tomando en cuenta las veces de dar vuelta a la izquierda ya que en muchas ocasiones es innecesario.

Para obtener los datos de distancias únicamente se realizó en el programa de Excel con datos generados en el programa ArcGIS. En estas capas de rutas actualizadas también se crea los campos de longitud y veces que pasa el recolector por un mismo segmento. Y finalmente se construyen los mapas como resultado final y se muestra con flechas el recorrido optimizado que se propone tanto en el cantón Portovelo como el cantón Atahualpa el mismo que nos indica la optimización en tiempo y espacio del recorrido del carro recolector.

FID	Shape *	OBJECTID_1	OBJECTID	DPA_PARROQ	DPA_NOMBRE	DPA_TIPO	FUENTE	Shape_Leng	distancia
0	Polyline	1	1	071153	AV. ZARUMA	AVENIDA	ORTOFOT	268,63814	268,63814
1	Polyline	2	2	071153	AV. ZARUMA	AVENIDA	ORTOFOT	67,68168	67,68168
2	Polyline	3	3	071153	AV. ZARUMA	AVENIDA	ORTOFOT	40,514751	40,51475
3	Polyline	4	4	071153	CJON. JULIO BRITO	CALLEJON	ORTOFOT	68,974052	68,97405
4	Polyline	5	5	071153	JULIO BRITO	CALLE	ORTOFOT	59,03904	59,03904
5	Polyline	6	6	071153	10 DE FEBRERO	CALLE	ORTOFOT	69,221536	69,22154
6	Polyline	7	7	071153	CJON. JULIO BRITO	CALLEJON	ORTOFOT	30,670903	30,6709
7	Polyline	8	8	071153	10 DE AGOSTO	CALLE	ORTOFOT	46,989995	46,98999
8	Polyline	9	9	071153	AV. ZARUMA	AVENIDA	ORTOFOT	86,125916	86,12592
9	Polyline	10	10	071153	ALONSO DE MERCADILLO	CALLE	ORTOFOT	58,257545	58,25754
10	Polyline	11	11	071153	ALONSO DE MERCADILLO	CALLE	ORTOFOT	0,490531	0,49053
11	Polyline	12	12	071153	CALLE 1	CALLE	ORTOFOT	36,532981	36,53298
12	Polyline	13	13	071153	MANUEL ADOLFO (CALLE A)	CALLE	ORTOFOT	111,719163	111,71916
13	Polyline	14	14	071153	JULIO BRITO	CALLE	ORTOFOT	45,263999	45,264
14	Polyline	15	15	071153	10 DE AGOSTO	CALLE	ORTOFOT	67,773542	67,77354
15	Polyline	16	16	071153	MANUEL ADOLFO	CALLE	ORTOFOT	52,412712	52,41271
16	Polyline	17	17	071153	10 DE FEBRERO	CALLE	ORTOFOT	76,655096	76,65509
17	Polyline	18	18	071153	JULIO BRITO	CALLE	ORTOFOT	25,72276	25,72276
18	Polyline	19	19	071153	ALONSO DE MERCADILLO	CALLE	ORTOFOT	69,326809	69,32681
19	Polyline	20	20	071153	AV. SALATI	AVENIDA	ORTOFOT	59,715669	59,71567
20	Polyline	21	21	071153	ALONSO DE MERCADILLO	CALLE	ORTOFOT	0,976108	0,97611
21	Polyline	22	22	071153	MANUEL ADOLFO (CALLE A)	CALLE	ORTOFOT	121,881499	121,8815
22	Polyline	23	23	071153	MANUEL ADOLFO (CALLE A)	CALLE	ORTOFOT	304,309862	304,30986
23	Polyline	24	24	071153	ALONSO DE MERCADILLO	CALLE	ORTOFOT	103,681016	103,68102
24	Polyline	25	25	071153	JULIO BRITO	CALLE	ORTOFOT	211,370178	211,37018
25	Polyline	26	26	071153	AV. ZARUMA	AVENIDA	ORTOFOT	558,186953	558,18695
26	Polyline	27	27	071151	CALLE C	CALLE	ORTOFOT	217,389738	217,38974
27	Polyline	28	28	071151	CALLE PRINCIPAL	CALLE	ORTOFOT	33,724964	33,72496
28	Polyline	29	29	071151	CALLE PRINCIPAL	CALLE	ORTOFOT	37,465638	37,46564
29	Polyline	30	30	071151	CALLE PRINCIPAL	CALLE	ORTOFOT	120,86001	120,86001
30	Polyline	31	31	071151	ESCALINATA SINI	ESCALINATA	ORTOFOT	26,878249	26,87825
31	Polyline	32	32	071151	CALLE PRINCIPAL	CALLE	ORTOFOT	28,516237	28,51624
32	Polyline	33	33	071151	CALLE 1	CALLE	ORTOFOT	131,707663	131,70766
33	Polyline	34	34	071151	CALLE B	CALLE	ORTOFOT	23,156646	23,15665
34	Polyline	35	35	071151	CALLE 1	CALLE	ORTOFOT	58,497793	58,49779
35	Polyline	36	36	071151	CALLE 1	CALLE	ORTOFOT	44,790764	44,79076
36	Polyline	37	37	071151	CALLE PRINCIPAL	CALLE	ORTOFOT	54,718328	54,71833
37	Polyline	38	38	071151	ESCALINATA SINI	ESCALINATA	ORTOFOT	64,64615	64,64615
38	Polyline	39	39	071151	CJON. PRINCIPAL	CALLEJON	ORTOFOT	105,061647	105,06165

Figura 19. Datos de distancias

Fuente: Elaboración propia

A Continuación, en la figura 20 y 21 se puede observar ya realizadas las rutas optimizadas tanto del cantón Atahualpa y el cantón Portovelo que si se tuvo la disminución de tiempo y distancia.

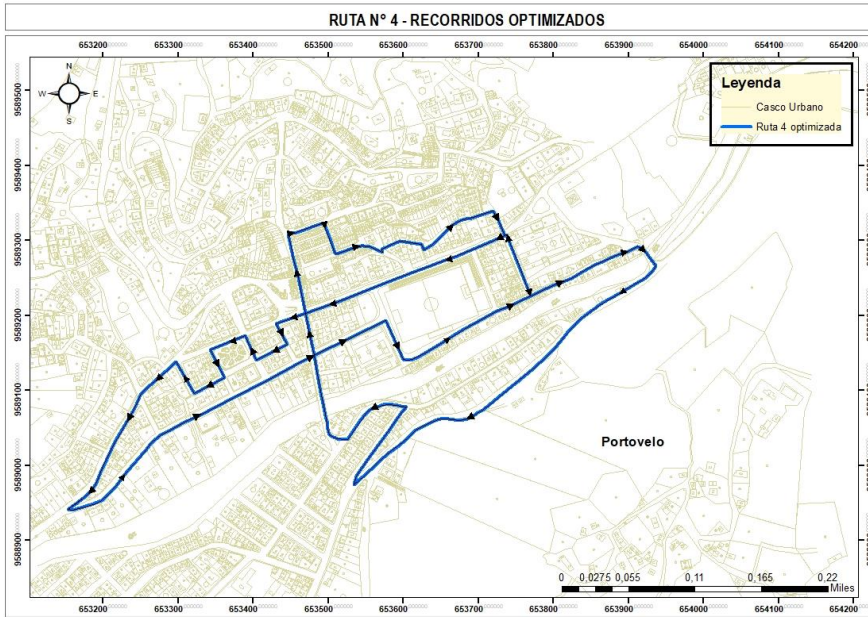


Figura 20. Portovelo (rutas optimizada)

Fuente: Elaboración propia

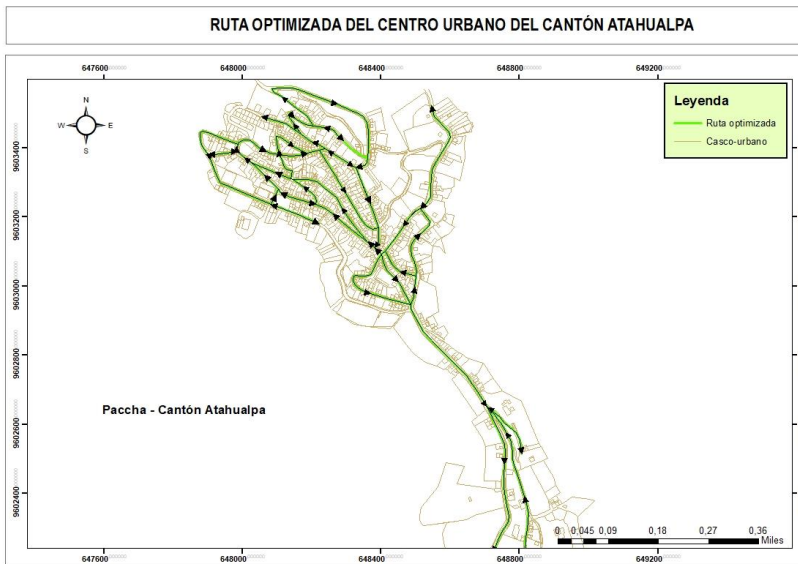


Figura 21. Atahualpa (rutas optimizada)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cálculos de la producción de residuos sólidos domiciliarios en el cantón Atahualpa

En la tabla 11 se muestran los datos obtenidos referente a la producción total diaria y el valor de la generación per cápita de los residuos sólidos de 70 viviendas que fueron parte de la muestra en el cantón Atahualpa, con un total de 283 personas, dando como resultado producción diaria de residuos sólidos de 949,98 Kg/semana; el valor más alto de la producción diaria de los residuos sólidos es de 17,56 Kg/día generado por las vivienda 33 que está ubicada en el sector del Parque Central, en la cual habitan 6 personas; mientras que el mínimo valor es de 2,74 Kg/día producido por la vivienda número 23 que se encuentra el sector de la calle Iván Mesa, en la cual vive una persona.

Tabla 11. Datos de producción total diaria y producción por habitante de residuos sólidos en el cantón Atahualpa - domiciliarios

No. Vivienda	Sector	Nro. Habitantes	Dia								Total
			0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
1	Oswaldo Hurtado	3	0	1,25	1,02	1,32	1,15	0,9	1,22	1,3	8,16
2	Oswaldo Hurtado	2	0	1,01	0,45	1,7	0,54	1,21	1,1	1,09	7,1
3	Oswaldo Hurtado	3	0	2,07	1,12	1,01	1,45	2,05	0,56	1,4	9,66
4	Oswaldo Hurtado	4	0	3,11	1,31	2,22	1,21	2,06	1,01	2,1	13,02
5	Oswaldo Hurtado	3	0	0,25	0,65	0,32	0,9	0,78	1,01	0,23	4,14
6	Oswaldo Hurtado	2	0	2,67	1,01	0,34	1,32	1,22	0,75	2,02	9,33
7	Oswaldo Hurtado	3	0	1,1	2,11	1,98	1,14	2,01	1,02	2,5	11,86
8	Oswaldo Hurtado	3	0	2,36	0,95	2,13	2,04	0,77	1,56	2,13	11,94
9	Av. Yacuvíña	3	0	1,21	1,06	1,98	1,14	0,9	2,13	1,21	9,63
10	Av. Yacuvíña	5	0	3,99	1,45	2,5	1,37	1,44	2,01	2,11	14,87
11	Av. Yacuvíña	3	0	1,66	2,1	1,11	0,76	2,12	1,45	2,01	11,21
12	Av. Yacuvíña	3	0	1,24	2,06	2,15	1,45	1,86	1,65	2,19	12,6
13	Av. Yacuvíña	2	0	1,01	0,05	0,76	1,11	0,21	0,36	0,87	4,37
14	Av. Yacuvíña	4	0	3,98	2,14	2,67	2,07	1,25	1,78	3,21	17,1
15	Av. Yacuvíña	4	0	2,78	2,45	3,1	1,67	2,13	1,5	2,01	15,64
16	Av. Yacuvíña	3	0	2,1	1,34	2,13	2,33	1,12	0,98	1,1	11,1
17	Av. Yacuvíña	2	0	1,11	0,76	2,34	1,12	1,04	2,01	2,14	10,52
18	Calle Ivan Mesa	4	0	3,87	2,21	3,01	2,02	1,76	1,07	3,21	17,15
19	Calle Ivan Mesa	2	0	1,65	2,1	1	1,07	2,11	0,67	2,21	10,81
20	Calle Ivan Mesa	3	0	2,2	1,1	1,98	2,1	1,34	1,03	2,03	11,78
21	Calle Ivan Mesa	4	0	2,98	1,54	3,08	2,76	0,9	2,1	2,17	15,53
22	Calle Ivan Mesa	3	0	2,8	1,01	2,13	0,9	1,76	1,45	1,87	11,92

No. Vivienda	Sector	Nro. Habitantes	Dia								Total
			0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
23	Calle Ivan Mesa	1	0	0,34	0,55	0,38	0,7	0,05	0,32	0,4	2,74
24	Calle Ivan Mesa	2	0	1,87	1,12	1,01	1,32	1,43	0,98	1,96	9,69
25	Calle Ivan Mesa	3	0	2,67	2,5	1,78	2,45	1,12	2,01	2,55	15,08
26	Calle Ivan Mesa	3	0	0,66	2,1	1,78	2,31	1,43	1,01	1,67	10,96
27	Calle Ivan Mesa	2	0	0,93	1,11	0,75	0,87	0,9	1,43	1,21	7,2
28	Parque cívico	4	0	2,95	1,45	2,21	1,13	0,7	1,04	2,12	11,6
29	Parque cívico	4	0	1,02	1,45	2,01	1,11	2,01	3,12	1,65	12,37
30	Parque cívico	5	0	3,67	1,21	2,22	1,34	1,67	1,2	2,01	13,32
31	Parque cívico	2	0	2,13	1,1	2,03	1	1,77	1,21	1,75	10,99
32	Parque cívico	2	0	1,45	1,67	2,01	3,12	2,14	1,13	2,22	13,74
33	Parque cívico	6	0	4,66	3,76	1,56	2,78	1,12	1,9	1,78	17,56
34	Parque cívico	1	0	0,07	0,17	0,76	0,25	1,01	0,22	0,78	3,26
35	Parque cívico	2	0	0,98	2,1	0,65	2,45	1,76	0,78	1,65	10,37
36	Calle Daniel Martínez	4	0	3,19	2,09	1,29	1,22	1,67	2,04	1,56	13,06
37	Calle Daniel Martínez	3	0	1,17	0,78	1,35	1,88	2,04	0,59	1,18	8,99
38	Calle Daniel Martínez	2	0	1,2	2,3	1,64	1,19	1,35	0,78	2,12	10,58
39	Calle Daniel Martínez	4	0	2,03	1,21	1,14	2,1	1,3	2,03	1,42	11,23
40	Calle Daniel Martínez	2	0	0,4	0,14	1,1	0,78	0,54	0,21	0,29	3,46
41	Calle Daniel Martínez	4	0	2,15	1,45	1,73	2,01	1,23	1,03	1,65	11,25
42	Calle Daniel Martínez	2	0	0,78	1,05	0,66	1,78	0,98	1,01	1,82	8,08
43	Calle Daniel Martínez	3	0	2,01	1,16	1,13	1,07	1,64	1,18	1,21	9,4
44	Calle Daniel Martínez	4	0	1,98	1,33	0,97	1,11	2,19	1,04	1,73	10,35
45	Calle Miraflores	4	0	2,66	1,13	1,22	1,45	1	1,89	2,33	11,68

No.		Nro.	Dia									
Vivienda	Sector	Habitantes	0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total	
46	Calle Miraflores	3	0	1,33	0,55	1,65	2,05	1,4	1,02	2,11	10,11	
47	Calle Miraflores	2	0	1,9	1,27	1,01	0,86	1,48	1,25	2,05	9,82	
48	Calle Miraflores	3	0	2,25	1	1,72	1,18	1,43	2,14	2,27	11,99	
49	Calle Miraflores	5	0	3,84	1,33	1,85	1,77	2,58	1,98	2,1	15,45	
50	Calle Miraflores	4	0	2,17	1,21	1,03	0,9	1,17	1,45	2,76	10,69	
51	Calle Miraflores	3	0	1,66	1,02	1,76	1,1	1,55	2,01	2,32	11,42	
52	Calle Miraflores	2	0	0,55	1,75	1,13	0,9	1,56	1,01	1,67	8,57	
53	Av. 13 de Julio	4	0	1,19	2,05	1,56	2,12	1,04	1,33	2,56	11,85	
54	Av. 13 de Julio	3	0	1,88	1,31	1	0,78	1,04	1,19	3,15	10,35	
55	Av. 13 de Julio	2	0	1,07	1,4	1,71	0,79	2,03	1,9	2,55	11,45	
56	Av. 13 de Julio	3	0	1,01	1,76	0,91	1,33	2,15	1,18	2,44	10,78	
57	Av. 13 de Julio	5	0	3,13	1,98	1,09	2,01	1,45	1,22	3,12	14	
58	Av. 13 de Julio	4	0	1,31	2,17	1,23	1,65	1,11	1,05	2,11	10,63	
59	Av. 13 de Julio	2	0	0,72	1,21	2,11	1,05	1,31	1,13	1,33	8,86	
60	Av. 13 de Julio	3	0	2,1	0,16	1,12	1,01	1,11	2,02	1,43	8,95	
61	Av. 13 de Julio	2	0	0,66	1,11	0,05	1,01	0,58	1,29	0,9	5,6	
62	Av. 13 de Julio	3	0	2,7	1,23	2,01	1,55	1,11	1,01	2,1	11,71	
63	Av. Atahualpa	3	0	1,11	1,14	0,87	1,11	1,63	1,78	2,5	10,14	
64	Av. Atahualpa	2	0	1,9	0,06	1,38	0,98	2,04	1,32	1,71	9,39	
65	Av. Atahualpa	4	0	2,01	2,1	1,07	1,33	1,1	2,2	3,01	12,82	
66	Av. Atahualpa	3	0	0,56	0,41	0,15	1,28	0,38	0,93	0,85	4,56	
67	Av. Atahualpa	2	0	1,03	0,71	1,21	1,34	1,87	0,98	1,09	8,23	
68	Av. Atahualpa	4	0	2,54	1,06	1	1,13	2,11	1,01	2,1	10,95	

No. Vivienda	Sector	Nro. Habitantes	Dia								Total
			0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
69	Av. Atahualpa	3	0	2,01	1	2,12	1,33	1,12	1,08	2,17	10,83
70	Av. Atahualpa	3	0	1,25	0,65	1,78	1,01	2,1	1,98	2	10,77

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los resultados de la generación de residuos sólidos por cada vivienda durante los 7 días de recolección sabiendo que no se toma en consideración el día cero se procede a calcular la generación per cápita para saber la cantidad de residuos que genera un habitante.

Tabla 12. Generación per cápita por vivienda (Kg/Hab/día).

Zona	Nro. de Habitante	Promedio	Generación Per cápita
Oswaldo Hurtado	3	1,16	0,39
Oswaldo Hurtado	2	1,01	0,51
Oswaldo Hurtado	3	1,38	0,46
Oswaldo Hurtado	4	1,86	0,47
Oswaldo Hurtado	3	0,59	0,20
Oswaldo Hurtado	2	1,33	0,67
Oswaldo Hurtado	3	1,69	0,56
Oswaldo Hurtado	3	1,76	0,59
Oswaldo Hurtado	5	1,86	0,37
Oswaldo Hurtado	3	1,6	0,53
Oswaldo Hurtado	2	1,45	0,73
Av. Yacuvíña	3	1,37	0,46
Av. Yacuvíña	5	2,12	0,42
Av. Yacuvíña	3	1,6	0,53
Av. Yacuvíña	3	1,8	0,60
Av. Yacuvíña	2	0,62	0,31
Av. Yacuvíña	4	2,44	0,61
Av. Yacuvíña	4	2,23	0,56
Av. Yacuvíña	3	1,58	0,53
Av. Yacuvíña	2	1,5	0,75
Av. Yacuvíña	3	0,99	0,33
Av. Yacuvíña	3	1,7	0,57
Av. Yacuvíña	3	1,8	0,60
Calle Ivan Mesa	4	2,45	0,61
Calle Ivan Mesa	2	1,54	0,77
Calle Ivan Mesa	3	1,68	0,56
Calle Ivan Mesa	4	2,28	0,57
Calle Ivan Mesa	3	1,7	0,57
Calle Ivan Mesa	1	0,39	0,39
Calle Ivan Mesa	5	1,38	0,28

Zona	Nro. de Habitante	Promedio	Generación Per cápita
Calle Iván Mesa	3	2,15	0,72
Calle Ivan Mesa	3	1,56	0,52
Calle Ivan Mesa	2	1,02	0,51
Calle Ivan Mesa	3	1,53	0,51
Calle Ivan Mesa	1	0,74	0,74
Parque cívico	4	1,65	0,41
Parque cívico	4	1,92	0,48
Parque cívico	5	1,9	0,38
Parque cívico	2	1,57	0,79
Parque cívico	2	1,96	0,98
Parque cívico	6	2,65	0,44
Parque cívico	1	0,46	0,46
Parque cívico	2	1,48	0,74
Parque cívico	3	0,84	0,28
Parque cívico	3	1,43	0,48

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Generación per cápita por vivienda (Kg/Hab/día).

Zona	Nro. de Habitante	Promedio	Generación Per cápita
Calle Daniel Martínez	4	1,86	0,47
Calle Daniel Martínez	3	1,28	0,43
Calle Daniel Martínez	2	1,51	0,76
Calle Daniel Martínez	4	1,6	0,40
Calle Daniel Martínez	2	0,49	0,25
Calle Daniel Martínez	4	1,6	0,40
Calle Daniel Martínez	2	1,15	0,58
Calle Daniel Martínez	3	1,34	0,45
Calle Daniel Martínez	4	1,47	0,37
Calle Daniel Martínez	3	1,41	0,47
Calle Daniel Martínez	2	1,73	0,87
Calle Daniel Martínez	5	2,09	0,42
Calle Miraflores	4	1,73	0,43
Calle Miraflores	3	1,64	0,55
Calle Miraflores	2	1,4	0,70
Calle Miraflores	3	1,87	0,62
Calle Miraflores	5	2,2	0,44

Zona	Nro. de Habitable	Promedio	Generación Per cápita
Calle Miraflores	4	1,52	0,38
Calle Miraflores	3	1,63	0,54
Calle Miraflores	2	1,22	0,61
Calle Miraflores	3	1,44	0,48
Calle Miraflores	3	1,42	0,47
Calle Miraflores	5	2,3	0,46
Av. 13 de Julio	4	1,69	0,42
Av. 13 de Julio	3	1,47	0,49
Av. 13 de Julio	2	1,63	0,82
Av. 13 de Julio	3	1,54	0,51
Av. 13 de Julio	5	2	0,40
Av. 13 de Julio	4	1,51	0,38
Av. 13 de Julio	2	1,26	0,63
Av. 13 de Julio	3	1,27	0,42
Av. 13 de Julio	2	0,8	0,40
Av. 13 de Julio	3	1,74	0,58
Av. 13 de Julio	6	1,86	0,31
Av. 13 de Julio	3	1,62	0,54
Av. Atahualpa	3	1,44	0,48
Av. Atahualpa	2	1,44	0,72
Av. Atahualpa	4	1,83	0,46
Av. Atahualpa	3	0,65	0,22
Av. Atahualpa	2	1,17	0,59
Av. Atahualpa	4	1,56	0,39
Av. Atahualpa	3	1,54	0,51
Av. Atahualpa	3	1,53	0,51

Fuente: Elaboración propia

La generación per cápita promedio domiciliaria del cantón Atahualpa en el casco urbano se aprecia en la tabla 14.

Tabla 14. Generación per cápita por vivienda (Kg/Hab/día).

Zona	Nro. de Habitantes	Total (kg/semana)	Generación Per cápita (kg/hab/día)
Zona 1	137	469,15	0,50
	146	480,83	0,46
Total	283	949,98	0,48

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 14 se evidencia los resultados y nos indica que en el cantón Atahualpa produce 949,98 kg/semana de residuos sólidos domiciliarios considerando un total de 283 habitantes prestos para el muestreo, obteniendo una generación per cápita de 0,48kg/hab/día equivalente a 0,77 ton/día y 5,35 ton/semana.

4.1.1. Análisis de la producción diaria de residuos sólidos por vivienda en el cantón Atahualpa.

En la Tabla 13 se evidencia los resultados de la producción diaria de residuos domiciliarios en el cantón Atahualpa, donde los cálculos se lo realizó a partir de ocho intervalos, con un rango de 0,302 Kg/día. La muestra fue tomada en un total de 70 viviendas.

Tabla 15. Distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por vivienda (Kg/día)

Número del Intervalo (k)	Intervalos de residuos sólidos por vivienda (X_{i-1} , X_i) (Kg/día)		Marca de clase (X_i) (Kg/día)	Datos por intervalo de residuos sólidos (n_i)	Datos acumulados por intervalos de residuos sólidos (N_i)	Porcentaje de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (h_i)	Porcentaje acumulado de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (H_i)
1	0,39	0,68	0,54	6	6	8,57	8,57
2	0,68	0,97	0,83	1	7	1,43	10,00
3	0,97	1,26	1,12	7	14	10,00	20,0
4	1,26	1,55	1,41	22	36	31,43	51,43
5	1,55	1,84	1,70	21	57	30,00	81,43

6	1,84	2,13	1,99	6	63	8,57	90,00
7	2,13	2,43	2,28	7	70	10,00	100,00
				70		100,00	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se puede analizar que los valores más altos se encuentran en los intervalos cuatro y cinco con un rango de pesos de (1,26 – 1,55) (1,55 – 1,84) (kg/día), con frecuencia relativa de 31,43% y el 30% respectivamente. Los valores más bajos se encuentran en el rango dos (0,68 – 0,97), rango uno (0,39 – 0,68) (kg/día) con un porcentaje de 1,43% y 8,57%.

a. Cálculo de los indicadores descriptivos para datos no agrupados y datos agrupados de la producción diaria de residuos sólidos por vivienda (Kg/día) en el cantón Atahualpa.

Tabla 16. Indicadores descriptivos para datos no agrupados

Indicadores descriptivos, centralidad, dispersión para datos sin agrupar y datos agrupados	Producción de residuos sólidos por vivienda	Producción de residuos sólidos por habitante
Media aritmética sin agrupar	1,55	0,49
Mediana sin agrupar	1,54	0,5
Moda sin agrupar	1,6	0,51
Varianza muestral sin agrupar	0,2	0,02
Desviación estándar sin agrupar	0,45	0,14
Coficiente de variación	30%	29%
Rango	2,11	0,78

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se presentan los resultados de los indicadores descriptivos de los datos no agrupados. En lo referente a la media aritmética para datos no agrupados se determina que es de 1,55 en cuanto a la producción de residuos sólidos por vivienda, mientras que para producción de residuos sólidos por habitante es de 0,5. En lo referente a la mediana sin agrupar, para la producción por vivienda es de 1,54, y en la producción por habitante es de 0,50. La moda sin agrupar arroja los siguientes resultados: en la producción por vivienda es de 1,6, y la producción por habitante alcanza un 0,51. Sobre la varianza muestral, los resultados indican que en la producción de residuos sólidos por vivienda es de 0,19, mientras que por habitante es de 0,02. La desviación estándar sin agrupar fue de 0,45 en cuanto a la producción por vivienda y de 0,14 por habitante. El

coeficiente de variación fue de 30% por vivienda y el 29% por habitante. El rango fue de 2,11 por vivienda y de 0,78 por habitante.

Tabla 17. Indicadores descriptivos para datos agrupados

Indicadores descriptivos, centralidad, dispersión para datos agrupados	Producción de residuos sólidos por vivienda (kg/día)	Producción de residuos sólidos por habitante
Media aritmética datos agrupados	1,55	0,5
Mediana agrupar	1,53	0,49
Moda datos agrupados	1,55	0,5
Varianza muestral	0,19	0,02
Desviación estándar agrupada	0,43	0,13
Coeficiente de variación	25%	0,27

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestran los datos de los indicadores descriptivos de los datos agrupados. La media aritmética para datos agrupados se determina que es de 1,55 en cuando a la producción de residuos sólidos por vivienda, mientras que para producción de residuos sólidos por habitante es de 0,5. La mediana de datos agrupados es de 1,53 por vivienda, y en la producción por habitante es de 0,49. La moda en la producción por vivienda es de 1,55 y por habitantes es de 0,5. La varianza muestral por vivienda es de 0,19 y por habitante es de 0,02. La desviación estándar por vivienda fue de 0,43 y por habitante fue de 0,14. El coeficiente de variación por vivienda fue de 25% y por habitante de 0,27%.

4.1.2. Análisis de la producción diaria de los residuos sólidos por habitante en el cantón Atahualpa.

Se realiza el cálculo de la distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos diaria por habitante en el cantón Atahualpa, cuyos resultados se presentan en la tabla 15:

Tabla 18. Producción diaria de residuos sólidos por habitante - cantón Atahualpa (Kg/hab/día)

Número del Intervalo (k)	Intervalos de residuos sólidos por vivienda (X_{i-1} , X_i) (Kg/día)		Marca de clase X_i (Kg/día)	Datos por intervalo de residuos sólidos (n_i)	Datos acumulados por intervalos de residuos sólidos (N_i)	Porcentaje de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (h_i)	Porcentaje acumulado de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (H_i)
1	0,20	0,31	0,26	5	5	7,14	7,14
2	0,31	0,42	0,37	17	22	24,29	31,43
3	0,42	0,53	0,48	21	43	30,00	61,4
4	0,53	0,64	0,59	16	59	22,86	84,28
5	0,64	0,75	0,70	6	65	8,57	92,85
6	0,75	0,86	0,81	4	69	5,71	98,57
7	0,86	0,98	0,92	1	70	1,43	100,00
				70		100,00	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se puede analizar que los valores más altos se encuentran en los intervalos dos y tres con un rango de pesos de (0,42- 0,53) (0,31– 0,42) (kg/día), con frecuencia relativa de 30% y el 24,29% respectivamente. Los valores más bajos se encuentran en el rango siete (0,86 – 0,98), rango seis (0,75 – 0,86) (kg/día) con un porcentaje de 1,43% y 5,71%.

4.1.3. Generación per cápita de los residuos no domiciliarios

En el cantón Atahualpa se realizó un muestreo de 20 establecimientos comerciales las muestras fueron distribuidas en 2 ferreterías, 2 librerías, 1 boutique, 2 peluquerías, 2 panaderías, 4 restaurantes, 1 farmacias, 5 abarrotes, 1 heladería.

En la figura 22 se puede observar la generación per cápita de los residuos no domiciliarios.

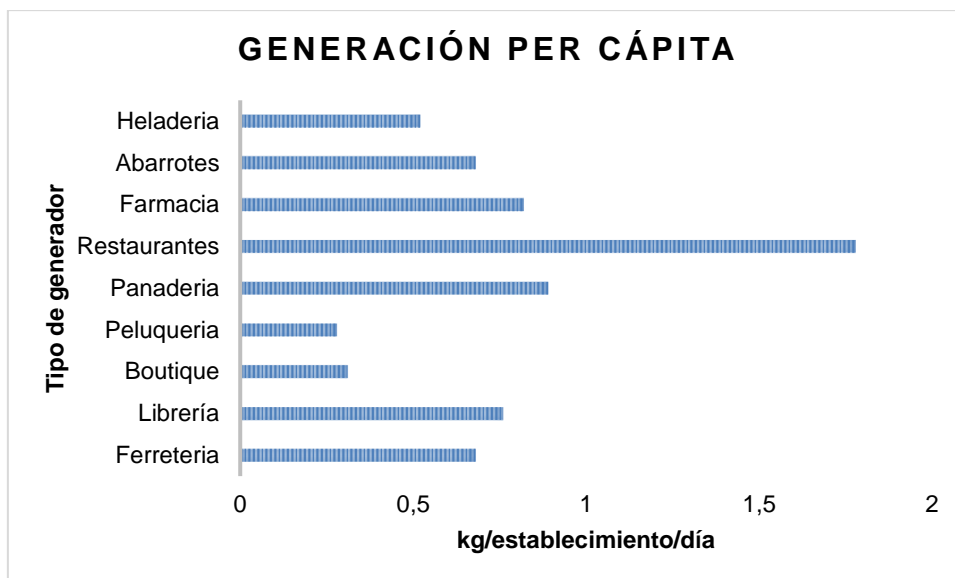


Figura 22. Generación per cápita según el tipo de generador

Fuente: Elaboración propia

Analizando los valores que se muestra en la figura 22, de la generación per cápita del cantón Atahualpa, se puede apreciar que los principales establecimientos comerciales que tienen mayor generación per cápita de residuos son los restaurantes y las panaderías. Los restaurantes tienen mayor generación per cápita en comparación al resto de locales comerciales siendo de 1,78 kg/establecimiento/día, seguido por las panaderías 0,89 kg/establecimientos/día y finalmente el resto de locales comerciales tienen una generación per cápita menor a 1 kg/establecimiento/día. Y su generación per cápita total es de 0,87 kg/establecimiento/día.

4.1.4. Composición de los residuos sólidos domiciliarios en el cantón Atahualpa

En la tabla 19 se presentan el estudio realizado para determinar los componentes de los residuos sólidos que se desarrolló en el cantón Atahualpa.

Tabla 19. Pesos de los subproductos de los residuos sólidos domiciliarios por día en el cantón Atahualpa.

Composición de residuos sólidos									
Día	Metales	Plásticos	Vidrio	Papel	Cartón	Textiles	Pilas	Materia Orgánica	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,11	2,12	0,64	3,75	2,16	0,03	0,1	24,21	34,12

2	0,8	3,11	2	1,79	1,99	1,12	0,45	22,13	33,39
3	1,33	3,16	1,25	1,23	1,26	0,09	0,12	23,79	32,23
4	1,43	4,42	1,16	1,15	1,37	0,53	0,21	21,16	31,43
5	2,11	2,92	0,93	0,9	0,88	0,2	0,67	24,15	32,76
6	1,37	4,74	1,56	1,28	3,21	0,03	0,09	21,78	34,06
7	3,03	3,67	2,1	1,31	1,63	0,3	0	23,07	35,11
Total	11,18	24,14	9,64	11,41	12,5	2,3	1,64	160,29	233,1
Porcentaje (%)	4,80	10,36	4,14	4,89	5,36	0,99	0,70	68,76	100

Fuente: Elaboración propia

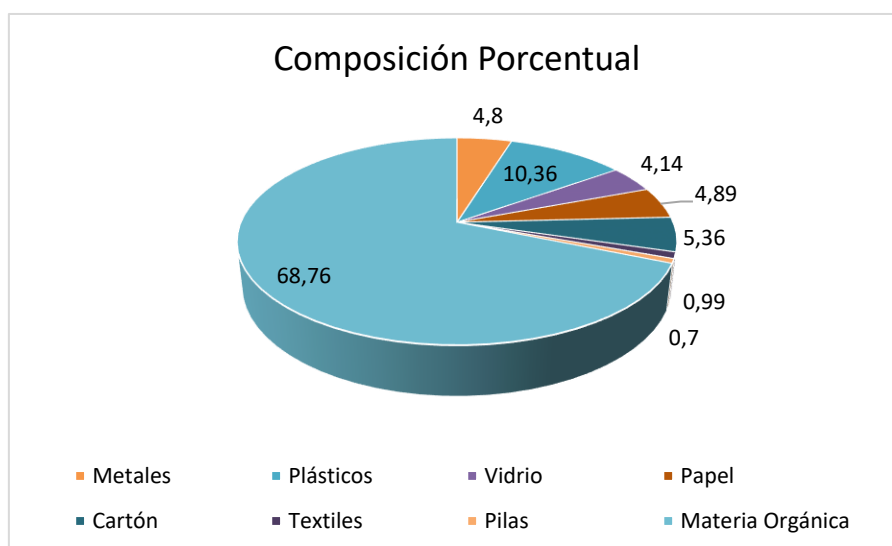


Figura 23. Valores de la composición porcentual

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 23 el mayor porcentaje (68,76%) de los residuos fueron orgánicos, la mayor cantidad se produce en el día uno. Seguido con un 10,36% de los residuos plásticos. Lo que se recaudó en menor cantidad fueron las pilas con un 0,70%.

4.1.5. Composición de los residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Atahualpa

En la tabla 20 se presentan el estudio realizado para determinar los componentes de los residuos sólidos no domiciliarios que se desarrolló en el cantón Atahualpa.

Tabla 20. Pesos de los subproductos de los residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Atahualpa.

Composición de residuos sólidos										
Día	Metales	Plásticos	Vidrio	Papel	Cartón	Textiles	Pilas	Materia Orgánica	Cortopunzantes	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,01	2,12	0,78	2,09	1,88	0	0,05	11,51	0,21	19,65
2	0,87	2,37	1,11	1,02	1	0,67	0	10,98	0	18,02
3	1,11	1,51	2,05	0,96	0,95	0,45	0,12	10,05	0,15	17,35
4	1,36	1,78	0,96	1,11	1,66	0,11	0	9,15	0,1	16,23
5	2,05	2,32	1,12	0,71	1,02	0,11	0,15	9,47	0,16	17,11
6	1,13	2,57	1,67	1,09	1	0,1	0,13	11,21	0,31	19,21
7	1,35	2,24	1,75	1,11	1,41	0	0	10,15	0,23	18,24
Total	8,88	14,91	9,44	8,09	8,92	1,44	0,45	72,52	1,16	125,81
Porcentaje (%)	7,06	11,85	7,50	6,43	7,09	1,14	0,36	57,64	0,92	100,00

Fuente: Elaboración propia

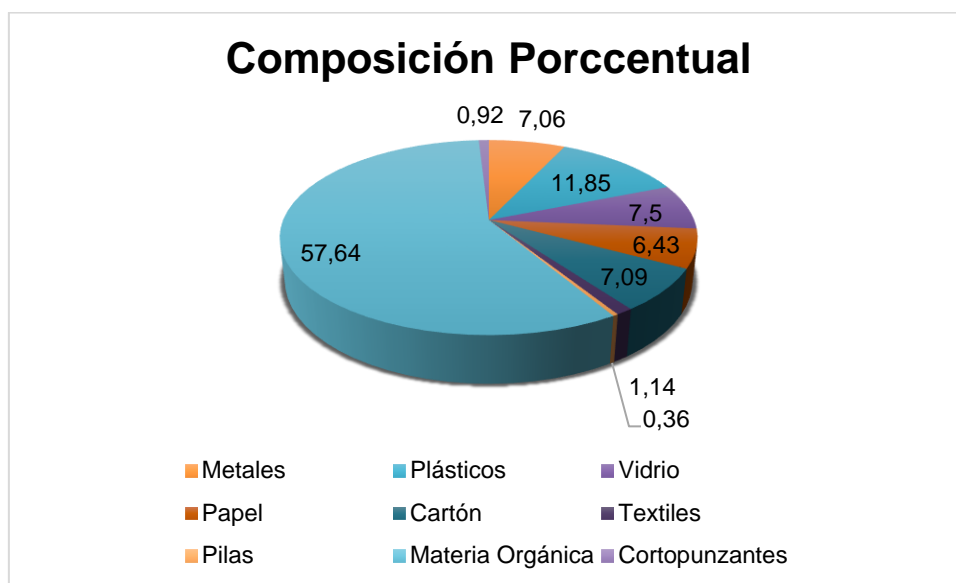


Figura 24. Valores de la composición porcentual

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 24 el mayor porcentaje (57,64%) de los residuos fueron orgánicos, la mayor cantidad se produce en el día uno. Seguido con un 11,85% de los residuos plásticos. Lo que se recaudó en menor cantidad fueron las pilas con un 0,36%.

4.1.6. Determinación de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios en el cantón Atahualpa.

En la Tabla 21 se muestra la cantidad en kilogramos de residuos sólidos que se recaudaron en los domicilios del cantón Atahualpa, durante los siete días que se tomó la muestra. El día cero se descarta debido a que es el primer día de la recolección y se desconoce las cantidades que se van a recaudar.

A continuación, se presentan los resultados de la densidad por día generado en el cantón Atahualpa, tomando en cuenta el volumen del recipiente:

Tabla 21. Densidad en Kg/m³ por día en el cantón Atahualpa

CÁLCULO DE LA DENSIDAD								
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
W: Peso de los residuos sólidos (kg)	0	34,12	33,39	32,23	31,43	32,76	34,06	33,98
V: Volumen del residuo sólido (m3)	0	0,143	0,140	0,142	0,143	0,142	0,143	0,143
D: Diámetro del cilindro (m)	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H: Altura total del cilindro (m)	0	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021
h: Altura libre del cilindro (m)	0	0,12	0,14	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12
π: Constante	0	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416
Densidad (kg/m3)	0	238,105	238,300	227,440	219,333	231,180	237,686	237,128
Densidad Total (kg/m3)					232,739			

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 21 se evidencia que la densidad total del cantón Atahualpa de residuos domiciliarios es de 232,739 kg/m³

4.1.7. Determinación de la densidad de los residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Atahualpa.

La densidad se calculó diariamente de las muestras recolectadas como se muestra en la tabla 22. Finalmente se obtuvo un procedió a obtener el valor promedio de la densidad de los de los residuos no domiciliarios de 132,334 kg/m³.

Tabla 22. Densidad en Kg/m³ de residuos no domiciliarios en el cantón Atahualpa

CÁLCULO DE LA DENSIDAD

	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
W: Peso de los residuos sólidos (kg)	0	19,65	18,02	17,35	16,23	17,11	19,21	18,24
V: Volumen del residuo sólido (m3)	0	0,137	0,135	0,134	0,137	0,135	0,137	0,135
D: Diámetro del cilindro (m)	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H: Altura total del cilindro (m)	0	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021
h: Altura libre del cilindro (m)	0	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17	0,16	0,17
π: Constante	0	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416
Densidad (kg/m3)	0	143,497	133,140	129,714	118,522	126,417	140,284	134,766
Densidad Total (kg/m3)					132,334			

Fuente: Elaboración propia

4.2. Cálculos de la producción de residuos sólidos en el cantón Portovelo

En la tabla 23, se muestran los resultados en cuanto a valores de la producción total diaria de los residuos sólidos en Portovelo, en la zona uno:

Tabla 23. Datos de producción total diaria y producción por habitante de residuos sólidos en el cantón Portovelo – Zona uno

		Peso de la generación de residuos sólidos por día (KG)									
Nro.		Habitantes	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	TOTAL
1	Cdla El oro	2	0	2,1	1,97	2,2	1,45	1,55	1,35	1,46	12,08
2	Cdla El oro	5	0	3,65	2,83	3,43	2,66	2,12	2,07	2,54	19,3
3	Cdla El oro	2	0	1,98	1,33	2,01	1,65	1,41	1,57	1,89	11,84
4	Cdla El oro	3	0	1,02	0,98	1,3	1,01	0,95	1,25	1,03	7,54
5	Cdla El oro	4	0	2,9	2,1	3,61	1,98	2,15	2,02	2,55	17,31
6	Cdla El oro	3	0	1,75	1,02	1,99	0,98	1,65	1,33	1,21	9,93
7	Cdla El oro	1	0	0,35	0,21	0,55	0,46	0,21	0,17	0,38	2,33
8	Cdla La Alborada	2	0	1,87	1,56	1,43	1,52	1,44	1,12	1,54	10,48
9	Cdla La Alborada	2	0	1,6	1,69	1,78	0,98	0,54	1,1	1,4	9,09
10	Cdla La Alborada	4	0	2,18	1,89	2,34	1,3	1,87	1,15	1,3	12,03
11	Cdla La Alborada	3	0	2,6	1,02	2,1	1,78	1,48	1,75	1,02	11,75
12	Cdla La Alborada	6	0	3,9	3,1	3,05	2,8	2,22	2,1	3,01	20,18
13	Cdla La Alborada	4	0	3,01	2,75	2,85	2,9	2,4	2,87	2,98	19,76
14	Cdla La Alborada	2	0	1,89	0,98	1,9	1,6	0,51	0,9	0,69	8,47
15	Las Malvinas	1	0	0,75	0,61	0,24	0,66	0,75	1,01	0,9	4,92
16	Las Malvinas	5	0	2,21	2,1	1,69	3,02	1,5	2,11	2,06	14,69
17	Las Malvinas	2	0	0,9	1,15	0,75	0,45	1,66	1,43	0,44	6,78
18	Las Malvinas	7	0	5,6	4,89	5,15	3,89	3,01	2,9	3,12	28,56
19	Las Malvinas	3	0	1,66	1,5	2,08	1,63	2,45	2,12	2,07	13,51
20	Las Malvinas	4	0	1,78	0,45	2,5	2,1	1,88	1,65	2,33	12,69
21	Las Malvinas	4	0	3,28	2,11	2,63	1,85	1,99	2,55	2,41	16,82

Peso de la generación de residuos sólidos por día (KG)

Nro.		Habitantes	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	TOTAL
22	28 de Noviembre	5	0	3,05	2,88	3,65	1,56	2,39	2,06	3,14	18,73
23	28 de Noviembre	3	0	2,85	1,89	3,02	2,31	1,96	3,25	2,01	17,29
24	28 de Noviembre	3	0	1,56	0,9	2,4	1,55	1,96	2,03	2,4	12,8
25	28 de Noviembre	1	0	0,34	0,5	1,12	0,44	1,32	0,87	0,9	5,49
26	28 de Noviembre	4	0	4,16	2,74	2,87	1,85	3,09	2,99	1,74	19,44
27	28 de Noviembre	5	0	3,87	2,33	4,01	3,11	2,14	2,3	2,87	20,63
28	28 de Noviembre	2	0	1,77	1,5	2,4	0,99	1,87	1,65	2,88	13,06
29	Cdla La Florida	2	0	0,99	1,58	1,46	0,87	1,15	1,87	1,11	9,03
30	Cdla La Florida	6	0	2,87	2,41	3,85	2,66	3,47	1,87	2,41	19,54
31	Cdla La Florida	3	0	1,55	1,33	2,1	0,97	1,66	1,9	1,15	10,66
32	Cdla La Florida	1	0	0,25	0,56	0,9	0,11	0,08	0,43	0,15	2,48
33	Cdla La Florida	5	0	0,89	1,56	0,74	2,1	1,56	1,44	0,67	8,96
34	Cdla La Florida	3	0	0,65	1,8	1,22	0,8	1,05	1,98	1,5	9
35	Cdla La Florida	4	0	3,03	2,57	3,1	1,87	2,54	2,06	2,87	18,04
36	14 de Enero	2	0	1,22	0,9	1,54	1,15	1,33	1,05	1,1	8,29
37	14 de Enero	4	0	1,22	1,98	2,17	1,4	1,34	1,22	1,87	11,2
38	14 de Enero	3	0	2,55	0,9	2,05	1,55	1,65	1,09	1,47	11,26
39	14 de Enero	3	0	1,58	2,1	3,35	1,98	1,75	2,98	2,01	15,75
40	14 de Enero	4	0	3,22	3,05	2,85	2,12	1,05	2,65	2,44	17,38
41	14 de Enero	2	0	1,77	0,2	1,15	1,05	0,99	1,65	1,42	8,23
42	14 de Enero	3	0	1,35	2,5	3,7	2,06	1,87	2,56	1,99	16,03
43	Barrio San Antonio	4	0	1,22	1,93	1,54	0,77	1,85	1,66	1,87	10,84

Peso de la generación de residuos sólidos por día (KG)

Nro.		Habitantes	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	TOTAL
44	Barrio San Antonio	3	0	1,55	0,88	1,29	0,06	1,58	1,13	1,01	7,5
45	Barrio San Antonio	2	0	0,06	1,22	0,87	0,55	1,15	1,33	0,55	5,73
46	Barrio San Antonio	2	0	1,25	0,25	1,65	2,33	1,56	1,06	1,88	9,98
47	Barrio San Antonio	1	0	0,12	1,1	0,85	0,02	0,9	0,23	0,87	4,09
TOTALES		149	0	91,921	77,8	101,43	72,9	77	79,83	80,61	581,491

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24, se muestran los resultados en cuanto a valores de la producción total diaria de los residuos sólidos en Portovelo, en la zona dos:

Tabla 24. Datos y producción total diaria y producción por habitante de residuos sólidos en el cantón Portovelo – Zona dos

Peso de la generación de residuos sólidos por día (KG)											
Nro.		Habitantes	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total
1	El Osorio	3	0	2,85	1,88	1,65	1,45	1,35	1,22	2,15	12,55
2	El Osorio	2	0	1,65	2,1	0,56	1,3	1,15	2,1	1,4	10,26
3	El Osorio	4	0	3,22	2,5	3,4	2,75	2,35	2,05	1,85	18,12
4	El Osorio	2	0	0,87	1,65	1,13	0,99	1,65	1,06	1,16	8,51
5	El Osorio	3	0	2,3	1,55	2,03	1,01	1,99	1,54	1,62	12,04
6	El Osorio	3	0	3,45	1,9	2,31	2,45	3,03	2,31	2,06	17,51
7	El Osorio	4	0	3,92	2,85	3,02	2,54	1,9	2,65	3,2	20,08
8	Machala Alto	2	0	0,99	1,1	1,2	1,77	1,02	0,85	1,01	7,94
9	Machala Alto	2	0	1,65	1,87	1,02	0,87	1,13	1,04	1,72	9,3
10	Machala Alto	1	0	0,45	0,21	0,75	0,08	0,65	0,32	0,63	3,09
11	Machala Alto	5	0	4,56	3,22	3,08	2,1	3,66	2,1	4,15	22,87
12	Machala Alto	2	0	2,3	1,56	1,98	2,05	1,54	1,75	1,66	12,84
13	Machala Alto	7	0	4,11	3,11	5,02	3,21	2,87	2,42	3,06	23,8
14	Machala Alto	3	0	2,51	2,93	2,33	1,85	2,09	1,77	2,65	16,13
15	24 de Mayo	6	0	3,88	3,01	1,54	2,51	1,65	3,02	2,98	18,59
16	24 de Mayo	3	0	1,77	1,06	2,98	2,4	1,22	1,74	1,01	12,18
17	24 de Mayo	4	0	2,54	1,33	2,22	1,06	2,17	0,99	1,1	11,41
18	24 de Mayo	3	0	1,22	1,53	1,85	0,98	1,15	1,01	1,73	9,47
19	24 de Mayo	4	0	3,25	2,54	5,25	1,01	1,4	2,13	2,31	17,89
20	24 de Mayo	2	0	0,9	1,4	1,15	2,01	1,03	1,11	1,32	8,92
21	Av. de el Ejercito	2	0	1,33	1,05	2,4	1,32	1,1	1,32	2,18	10,7

Peso de la generación de residuos sólidos por día (KG)

	Nro.	Habitantes									Total
		Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
22	Av. de el Ejercito	4	0	3,37	1,98	3,9	1,54	0,9	1,33	2,14	15,16
23	Av. de el Ejercito	1	0	0,65	0,08	1,01	0,89	0,04	0,98	0,05	3,7
24	Av. de el Ejercito	2	0	3,27	1,89	3,34	2	1,54	1,01	0,9	13,95
25	Av. de el Ejercito	3	0	1,1	3,75	3,9	2,15	1,4	1,87	2,08	16,25
26	Av. de el Ejercito	4	0	1,75	2,5	1,98	2,05	1,01	2,46	1,37	13,12
27	Av. de el Ejercito	4	0	4,36	3,21	3,09	2,85	1,92	2,9	3,1	21,43
28	Coliseo	3	0	2,03	1,5	2,72	1,56	0,78	2,5	1,93	13,02
29	Coliseo	5	0	2,35	2,15	2,96	2,04	1,04	1,85	1,34	13,73
30	Coliseo	1	0	1,07	0,25	0,9	0,48	0,77	0,03	0,5	4
31	Coliseo	2	0	3,4	2,7	3	2,71	2,13	1,56	2,9	18,4
32	Coliseo	6	0	2,99	3,25	3,12	2,65	1,85	4,41	2,2	20,47
33	Coliseo	4	0	1,55	2	3,05	2,2	2,46	1,8	2,03	15,09
34	Coliseo	4	0	3,33	2,51	3,01	1,52	2,14	0,88	2,13	15,52
35	El Paraiso	4	0	4,31	2,62	4,2	1,3	1,45	3,21	2,54	19,63
36	El Paraiso	2	0	1,11	0,5	2,1	1,17	1,03	1,78	1,65	9,34
37	El Paraiso	3	0	1,34	1,21	3,07	2,11	1,34	2,1	1,9	13,07
38	El Paraiso	3	0	2,7	1,13	1,57	0,77	2,85	1,01	3,1	13,13
39	El Paraiso	1	0	1,01	0,6	0,44	0,35	0,8	0,17	0,55	3,92
40	El Paraiso	7	0	5,01	4,11	5,1	3,21	2,9	3,01	2,78	26,12
41	El Paraiso	3	0	1,88	1,8	1,75	0,95	1,45	1,11	1,35	10,29
42	Barrio Numero uno	2	0	3,29	1,87	1,55	1,9	2,14	1,45	2,93	15,13
43	Barrio Numero uno	5	0	2,27	1,96	1,82	2,81	2,45	1,14	2,01	14,46

Peso de la generación de residuos sólidos por día (KG)

Nro.		Habitantes	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total
44	Barrio Numero uno	4	0	3,22	1,65	2,93	1,02	1,6	1,05	2,15	13,62
45	Barrio Numero uno	2	0	0,8	0,65	1,02	1,65	0,85	0,76	1,1	6,83
46	Barrio Numero uno	3	0	2,55	1,34	2,01	1,4	2,05	1,89	2,13	13,37
47	Barrio Numero uno	3	0	1,02	2,89	2,03	1,77	0,56	2,33	1,82	12,42
TOTAL		152	0	111,45	90,45	112,44	80,76	75,55	79,09	89,63	639,37

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido los resultados de la generación de residuos por cada vivienda durante 7 días de recolección sabiendo que no se toma en consideración el día cero se procede a calcular la generación per cápita para saber la cantidad de residuos que genera un habitante.

Tabla 25. Generación per cápita por vivienda (kg/hab/día) de la zona 1

ZONA 1				
Zona	Nro. de Habitantes	Promedio (kg/día)	Generación Per cápita	
Cdla El oro	2	1,72	0,86	
Cdla El oro	5	2,75	0,55	
Cdla El oro	2	1,69	0,85	
Cdla El oro	3	1,07	0,36	
Cdla El oro	4	2,47	0,62	
Cdla El oro	3	1,41	0,47	
Cdla El oro	1	0,33	0,33	
Cdla La Alborada	2	1,49	0,75	
Cdla La Alborada	2	1,29	0,65	
Cdla La Alborada	4	1,71	0,43	
Cdla La Alborada	3	1,67	0,56	
Cdla La Alborada	6	2,88	0,48	
Cdla La Alborada	4	2,82	0,71	
Cdla La Alborada	2	1,21	0,61	
Las Malvinas	1	0,7	0,70	
Las Malvinas	5	2,09	0,42	
Las Malvinas	2	0,96	0,48	
Las Malvinas	7	4,08	0,58	
Las Malvinas	3	1,93	0,64	
Las Malvinas	4	1,81	0,45	
Las Malvinas	4	2,4	0,60	
28 de Noviembre	5	2,67	0,53	
28 de Noviembre	3	2,47	0,82	
28 de Noviembre	3	1,82	0,61	
28 de Noviembre	1	0,78	0,78	
28 de Noviembre	4	2,77	0,69	
28 de Noviembre	5	2,94	0,59	
28 de Noviembre	2	1,86	0,93	
Cdla La Florida	2	1,29	0,65	
Cdla La Florida	6	2,79	0,47	

Cdla La Florida	3	1,52	0,51
Cdla La Florida	1	0,35	0,35
Cdla La Florida	5	1,28	0,26
Cdla La Florida	3	1,28	0,43
Cdla La Florida	4	2,57	0,64
14 de Enero	2	1,18	0,59
14 de Enero	4	1,6	0,40
14 de Enero	3	1,6	0,53
14 de Enero	3	2,25	0,75
14 de Enero	4	2,48	0,62
14 de Enero	2	1,17	0,59
14 de Enero	3	2,29	0,76
Barrio San Antonio	4	1,54	0,39
Barrio San Antonio	3	1,07	0,36
Barrio San Antonio	2	0,81	0,41
Barrio San Antonio	2	1,42	0,71
Barrio San Antonio	1	0,58	0,58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Generación per cápita por vivienda (kg/hab/día) de la zona 2

Zona 2			
Zona	Nro. de Habitantes	Promedio	Generación Per cápita
El Osorio	3	1,79	0,60
El Osorio	2	1,46	0,73
El Osorio	4	2,58	0,65
El Osorio	2	1,21	0,61
El Osorio	3	1,72	0,57
El Osorio	3	2,5	0,83
El Osorio	4	2,86	0,72
Machala Alto	2	1,13	0,57
Machala Alto	2	1,32	0,66
Machala Alto	1	0,44	0,44
Machala Alto	5	3,26	0,65
Machala Alto	2	1,83	0,92
Machala Alto	7	3,4	0,49
Machala Alto	3	2,3	0,77
24 de Mayo	6	2,65	0,44
24 de Mayo	3	1,74	0,58
24 de Mayo	4	1,63	0,41

24 de Mayo	3	1,35	0,45
24 de Mayo	4	2,55	0,64
24 de Mayo	2	1,27	0,64
Av. de el Ejercito	2	1,52	0,76
Av. de el Ejercito	4	2,16	0,54
Av. de el Ejercito	1	0,52	0,52
Av. de el Ejercito	2	1,99	1,00
Av. de el Ejercito	3	2,32	0,77
Av. de el Ejercito	4	1,87	0,47
Av. de el Ejercito	4	3,06	0,77
Coliseo	3	1,86	0,62
Coliseo	5	1,96	0,39
Coliseo	1	0,57	0,57
Coliseo	2	2,62	1,31
Coliseo	6	2,92	0,49
Coliseo	4	2,15	0,54
Coliseo	4	2,21	0,55
El Paraiso	4	2,8	0,70
El Paraiso	2	1,33	0,67
El Paraiso	3	1,86	0,62
El Paraiso	3	1,87	0,62
El Paraiso	1	0,56	0,56
El Paraiso	7	3,73	0,53
El Paraiso	3	1,47	0,49
Barrío Numero uno	2	2,16	1,08
Barrío Numero uno	5	2,06	0,41
Barrío Numero uno	4	1,94	0,49
Barrío Numero uno	2	0,97	0,49
Barrío Numero uno	3	1,91	0,64
Barrío Numero uno	3	1,77	0,59

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 25 y 26 se evidencia los resultados de la generación per cápita por vivienda.

4.2.1. Producción total diaria y generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios en el cantón Portovelo.

En la tabla 27 se detallan los resultados y nos indican que el cantón Portovelo produce 1220,86 kg/semana de residuos sólidos domiciliarios considerando un total de 301

habitantes prestos para el muestreo obteniendo una generación per cápita de 0,57kg/hab/día equivalente a 4,97ton/día y 34,81 ton/sem.

Tabla 27. Generación per cápita por vivienda (kg/hab/día) de la zona 1 y de la zona 2

Zona	Nro. de Habitantes	Total (kg/semana)	Generación Per cápita (kg/hab/día)
Zona 1	149	581,49	0,56
Zona 2	152	639,37	0,59
Total	301	1220,86	0,57

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Análisis de la producción diaria de residuos sólidos por vivienda en el cantón Portovelo.

Tabla 28. Distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por vivienda cantón Portovelo (Kg/día)

Número del Intervalo (k)	Intervalos de residuos sólidos por vivienda (X_{i-1} , X_i) (Kg/día)		Marca de clase X_i' (Kg/día)	Datos por intervalo de residuos sólidos (n_i)	Datos acumulados por intervalo de residuos sólidos (N_i)	Porcentaje de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (h_i)	Porcentaje acumulado de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (H_i)
1	0,33	0,80	0,56	9	9	9,57	9,57
2	0,80	1,27	1,03	10	19	10,64	20,21
3	1,27	1,74	1,50	24	43	25,53	45,7
4	1,74	2,21	1,97	21	64	22,34	68,08
5	2,21	2,68	2,44	16	80	17,02	85,10
6	2,68	3,15	2,91	10	90	10,64	95,74
7	3,15	3,61	3,38	2	92	2,13	97,87
8	3,61	4,08	3,84	2	94	2,13	100,00
TOTAL				94		100	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 28 se muestran los resultados de la distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por vivienda (Kg/día), datos recopilados en el cantón Portovelo en las zonas uno y dos. El número de intervalos es de ocho, con un rango de 0,46875 Kg/día; se trabajó con una muestra de 94 viviendas, el valor más alto del porcentaje de datos por intervalo de residuos sólidos es de 25,53% del intervalo tres y el valor más bajo es 2,13% del intervalo siete y ocho.

Tabla 29. Distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por vivienda (Kg/hab/día) del cantón Portovelo

Número del Intervalo (k)	Intervalos de residuos sólidos por vivienda (X_{i-1}, X_i) (Kg/día)		Marca de clase X_i (Kg/día)	Datos por intervalo de residuos sólidos (n_i)	Datos acumulados por intervalos de residuos sólidos (N_i)	Porcentaje de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (h_i)	Porcentaje acumulado de datos por intervalo de residuos sólidos (%) (H_i)
1	0,26	0,39	0,33	7	7	7,45	7,45
2	0,39	0,52	0,46	23	30	24,47	31,92
3	0,52	0,65	0,59	38	68	40,43	72,3
4	0,65	0,78	0,72	17	85	18,09	90,43
5	0,78	0,91	0,85	4	89	4,26	94,68
6	0,91	1,04	0,98	3	92	3,19	97,88
7	1,04	1,17	1,11	1	93	1,06	98,94
8	1,17	1,30	1,24	1	94	1,06	100,00
TOTAL				94		100,00	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 29 se muestran los resultados de la distribución de frecuencias para la producción de residuos sólidos por habitante (Kg/hab/día), datos recopilados en el cantón Portovelo en las zonas uno y dos. El número de intervalos es de ocho, con un rango de 0,13 Kg/hab/día; se trabajó con una muestra de 94 viviendas, el valor más alto del porcentaje de datos por intervalo de residuos sólidos es de 40,43% del intervalo tres y el valor más bajo es 1,06% del intervalo siete y ocho.

a. Cálculo de los indicadores descriptivos para datos no agrupados y datos agrupados de la producción diaria de residuos sólidos por vivienda /(Kg/día) en el cantón Portovelo.

A continuación, se muestran los datos no agrupados por vivienda y por habitante.

Tabla 30. Indicadores descriptivos producción diaria de residuos sólidos por vivienda y habitante, datos no agrupados del cantón Portovelo

Indicadores descriptivos, centralidad, dispersión para datos sin agrupar	Producción de residuos sólidos por vivienda	Producción de residuos sólidos por habitante
Media aritmética	1,66	0,58
Mediana	1,82	0,59
Moda	1,86	0,62
Varianza muestral	0,60	0,03
Desviación estándar	0,77	0,17
Coefficiente de variación	45	27,99
Rango	2,05	1,05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 30 se muestran los resultados de los diversos indicadores descriptivos con los cuales se puede medir la producción diaria de residuos sólidos por vivienda en el cantón Portovelo, donde se evidencia que la media aritmética es de 1,66 y por habitante 0,58; la mediana por persona es de 1,82; la moda por persona es de 0,59; se alcanza una varianza muestral por vivienda de 0,60 y por habitante de 0,03; con una desviación estándar por vivienda de 0,77 y por habitante 0,17; el coeficiente de variación por vivienda de 45, por habitante de 27,99; con un rango de 2,05 y por habitante de 1,05.

En la tabla 31 se presentan los resultados de los datos agrupados por vivienda y por habitante del cantón Portovelo

Tabla 31. Indicadores descriptivos producción diaria de residuos sólidos por vivienda y habitante, datos agrupados del cantón Portovelo

Indicadores descriptivos, centralidad, dispersión para datos agrupados	Producción de residuos sólidos por vivienda	Producción de residuos sólidos por habitante
---	--	---

Media aritmética	1,86	0,58
Mediana	1,85	0,56
Moda	1,7	0,6
Varianza muestral	0,58	0,027
Desviación estándar	0,76	0,16
Coefficiente de variación	57%	27
Rango	2,12	1,05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 31 se muestran los resultados de los diversos indicadores descriptivos con los cuales se puede medir la producción diaria de residuos sólidos por vivienda en el cantón Portovelo en las zonas uno y dos, donde se evidencia que la media aritmética es de 1,86 y por habitante 0,58; la mediana por vivienda es de 1,85 y por persona es de 0,56; la moda por vivienda es de 1,7 y por persona es de 0,6; se alcanza una varianza muestral por vivienda de 0,58 y por habitante de 0,027; con una desviación estándar por vivienda de 0,76 y por habitante 0,16; el coeficiente de variación por vivienda de 57%, por habitante de 27%; con un rango de 2,12 y por habitante de 1,05.

4.2.3. Producción total diaria y generación per cápita de los residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Portovelo.

En el cantón Portovelo en la zona 1 se tomó 25 muestras de las cuales se clasifican 3 ferreterías, 3 librerías, 2 boutique, 2 peluquerías, 2 panaderías, 6 restaurantes, 2 farmacias, 5 abarrotes.

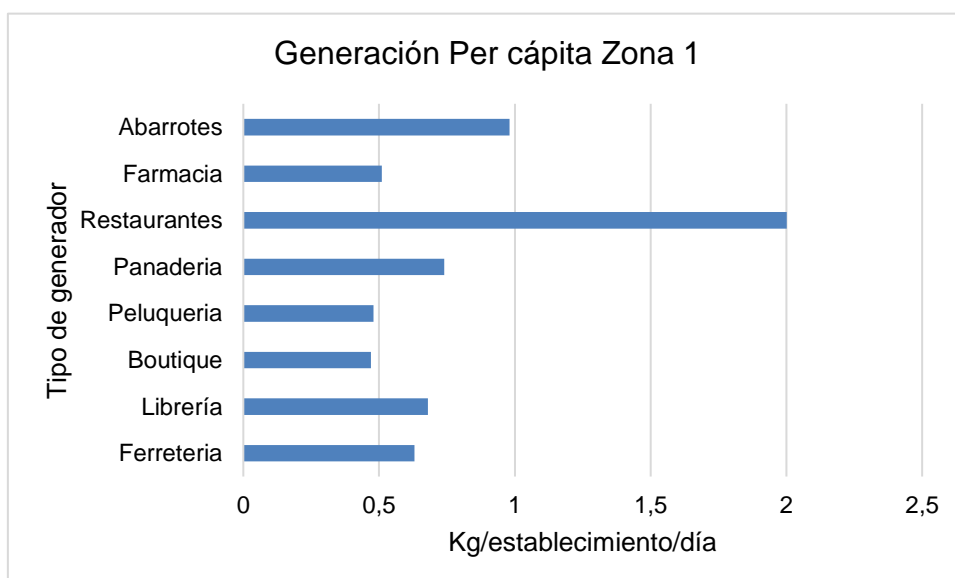


Figura 25. Generación per cápita según el tipo de generador

Fuente: Elaboración propia

Los valores que se registran en la generación per cápita de la zona 1 de los residuos no domiciliarios del cantón Portovelo. De los establecimientos comerciales el que tienen mayor generación per cápita es los restaurantes con 2,01 kg/establecimiento/día, seguido por abarrotes con 0,98 kg/establecimiento/día y panaderías con 0,74 kg/establecimiento/día. El promedio de generación per cápita de la zona 1 es de 1,01 kg/establecimiento/día.

En el cantón Portovelo en la zona 2 se tomó 15 muestras de las cuales se clasifican 1 ferreterías, 2 librerías, 1 boutique, 1 peluquería, 2 panaderías, 3 restaurantes, 4 abarrotes.

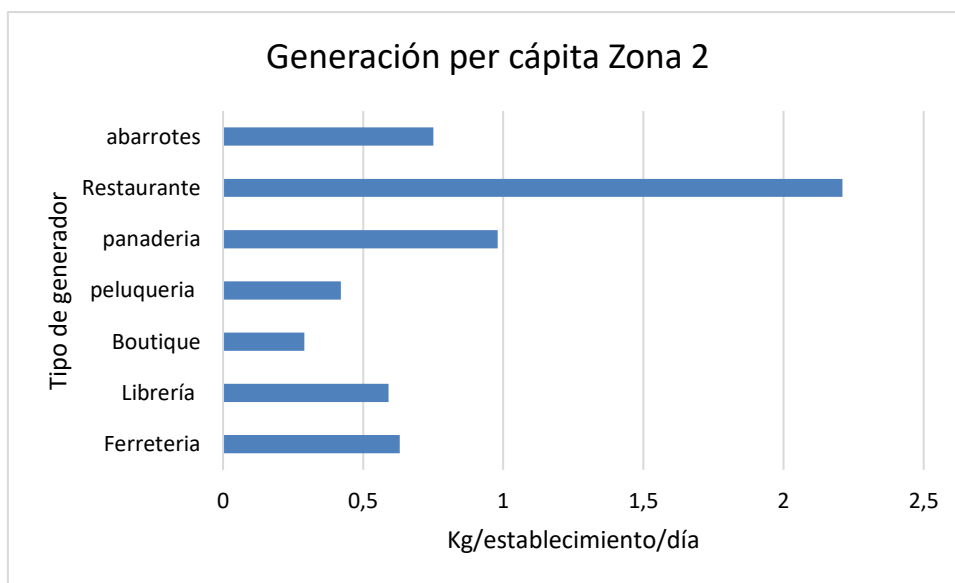


Figura 26. Generación per cápita según el tipo de generador

Fuente: Elaboración propia

Los valores que se registran en la generación per cápita de la zona 2 de los residuos no domiciliarios del cantón Portovelo. De los establecimientos comerciales el que tienen mayor generación per cápita es los restaurantes con 2,21 kg/establecimiento/día, seguido por panadería con 0,98 kg/establecimiento/día y abarrotes con 0,75 kg/establecimiento/día. El promedio de generación per cápita de la zona 2 es de 0,98 kg/establecimiento/día.

4.2.3. Producción total diaria y generación per cápita de los residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Portovelo.

En la tabla 32 se detallan los resultados y nos indican que el cantón Portovelo produce una generación per cápita de residuos no domiciliarios de 1,003 kg/establecimiento/día considerando un total de 40 establecimientos.

Tabla 32. Generación per cápita por vivienda de la zona 1 y de la zona 2

Zona	Nro. de Establecimiento	Generación Per cápita (kg/establecimiento/día)
Zona 1	25	1,03
Zona 2	15	0,98
Total	40	1,003

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Composición de residuos sólidos domiciliarios en el cantón Portovelo.

El estudio para realizar los componentes de residuos sólidos se desarrolló en cada una de las zonas y se los presenta a continuación en las tablas 33 y 34.

Tabla 33. Composición de residuos sólidos de la zona 1

Composición de residuos sólidos									
Zona 1									
Día	Metales	Plásticos	Vidrio	Papel	Cartón	Textiles	Pilas	Materia Orgánica	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,21	3,76	1,02	3,54	4,33	0,19	0,65	27,62	42,32
2	0,71	5,12	1,75	2,32	2,11	1,1	0,98	26,02	40,11
3	1,91	6,06	0,9	3,05	1,73	0,17	0,05	25,18	39,05
4	2,03	4,84	0,77	1,71	4,44	0,06	0	23,2	37,05
5	1,59	5,19	0,78	2,26	1,76	0,57	0,1	21,96	34,21
6	1,76	3,86	0,91	1,34	1,93	0,14	0,24	26,13	36,31
7	2,14	5,12	2,01	2,25	2,46	0,13	0,07	24,14	38,32
Total	11,35	33,95	8,14	16,47	18,76	2,36	2,09	174,25	267,37
Porcentaje (%)	4,25	12,70	3,04	6,16	7,02	0,88	0,78	65,17	100

Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje (65,17%) de los residuos fueron orgánicos, la mayor cantidad se produce en el día uno. Seguido con un 12,70% de los residuos plásticos. Lo que se recaudó en menor cantidad fueron las pilas con un 0,78%.

Tabla 34. Composición de residuos sólidos de la zona 2

Composición de residuos sólidos									
Zona 2									
Día	Metales	Plásticos	Vidrio	Papel	Cartón	Textiles	Pilas	Materia Orgánica	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,73	4,37	2,59	2,69	1,98	0,16	0,05	32,55	47,12
2	1,33	3,36	0,74	3,15	3,08	0,76	0,1	29,79	42,31
3	0,98	5,34	1,49	2,96	2,86	0,45	0,25	28,89	43,22
4	3,01	3,96	1,22	1,43	1,9	0,13	0	27,91	39,56
5	2,14	4,33	0,11	1,98	1,88	0,54	0,24	23,89	35,11
6	2,7	1,37	1,2	3,07	0,49	0,68	0,8	26,13	36,44
7	1,86	6,13	1,36	2,05	1,91	0,47	0,11	26,14	40,03
Total	14,75	28,86	8,71	17,33	14,1	3,19	1,55	195,3	283,79
Porcentaje (%)	5,20	10,17	3,07	6,11	4,97	1,12	0,55	68,82	100

Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje (68,82%) de los residuos fueron orgánicos, la mayor cantidad se produce en el día uno. Seguido con un 10,17% de los residuos plásticos. Lo que se recaudó en menor cantidad fueron las pilas con un 0,55%.

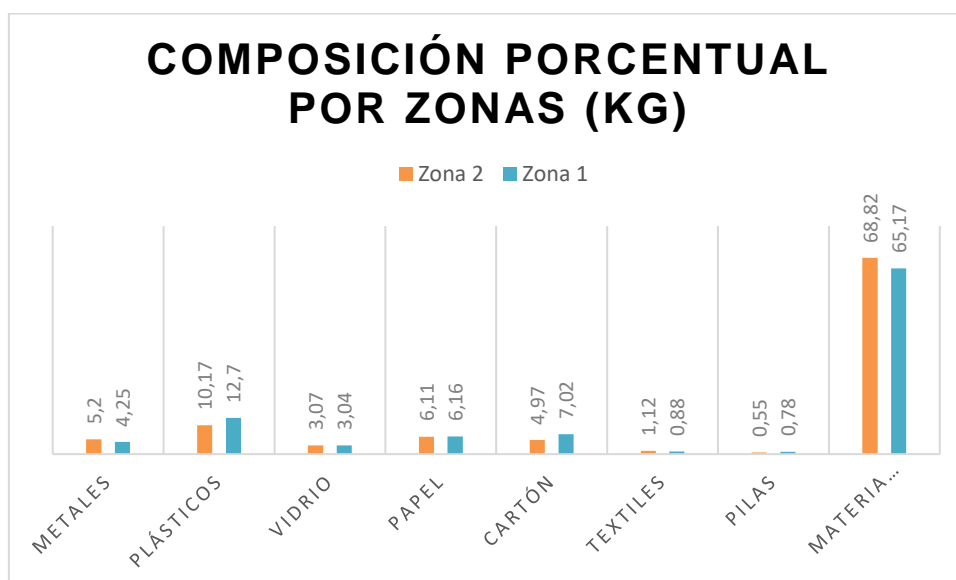


Figura 27. Valores de la composición porcentual por zonas

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 27, lo que se genera en mi mayor cantidad según el tipo generador en la zona 1 es materia orgánica, plástico, cartón, papel; mientras que en la zona 2 tenemos la materia orgánica, plástico, cartón y papel.

Tabla 35. Valores totales de la composición de residuos sólidos

Composición total de residuos sólidos		
Componente	Peso total (kg)	Composición porcentual (%)
Metales	13,05	4,72
Plásticos	31,40	11,43
Vidrio	8,43	3,05
Papel	16,90	6,13
Cartón	16,43	5,99
Textiles	2,77	1,00
Pilas	1,82	0,66
Materia Orgánica	184,77	66,99
Total	275,57	100

Fuente: Elaboración propia

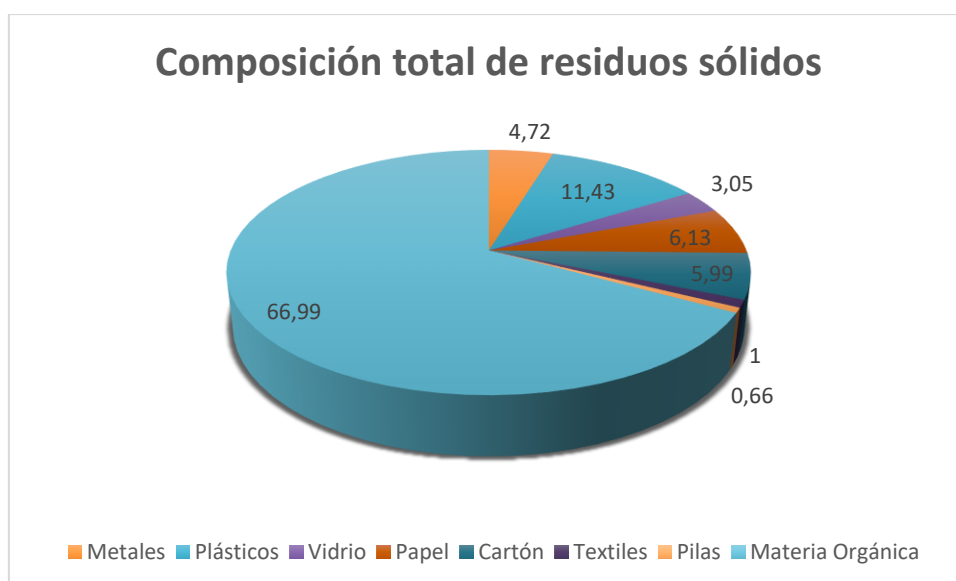


Figura 28. Composición porcentual de los residuos sólidos domiciliarios generados en el casco urbano del cantón Portovelo.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 35 y en la figura 28 se muestra que la mayor cantidad de residuos son orgánicos con un total de 66,99%, seguido del plástico con un 11,43%, luego el papel con 6,13%, el cartón 5,99%, los metales 4,72%, el vidrio 3,05%, los textiles 1%, y por último las pilas con un 0,66%.

4.2.5. Composición de residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Portovelo

El estudio para realizar los componentes de residuos sólidos se desarrolló en cada una de las zonas y se los presenta a continuación en las tablas 36 y 37.

Tabla 36. Composición de residuos sólidos no domiciliarios de la zona 1

Composición de residuos sólidos										
Día	Metales	Plásticos	Vidrio	Papel	Cartón	Textiles	Pilas	Materia Orgánica	Cortopunzantes	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2,32	3,09	1,11	1,02	1,21	1,11	0,87	11,87	0,51	23,11
2	1,56	2,45	2,19	1,45	2,17	0,32	1,1	11,21	2,11	24,56
3	2,12	1,98	1,32	1,12	1,11	0,23	0	10,87	1,02	19,77
4	1,77	2,24	1,09	2,09	1,02	0,11	1,17	8,87	0,09	18,45
5	1,51	2,08	3,11	1,11	0,55	1,16	0,76	9,38	0,11	19,77
6	1,89	1,98	2,89	2,09	1,19	0,87	0,18	11,32	0,42	22,83
7	2,43	2,18	2,25	1,15	2,11	0,78	0,23	9,78	0,32	21,23
Total	13,6	16	13,96	10,03	9,36	4,58	4,31	73,3	4,58	149,72
Porcentaje (%)	9,08	10,69	9,32	6,70	6,25	3,06	2,88	48,96	3,06	100,00

Fuente: Elaboración propia

El mayor porcentaje es 49,66% que corresponden a la materia orgánica, la mayor cantidad se generada el primer día. Seguido por los plásticos con 10,84%. Lo que se recaudó en menor cantidad fueron las pilas y cortopunzantes con un 3,06%.

Tabla 37. Composición de residuos sólidos no domiciliarios de la zona 2

Composición de residuos sólidos										
Día	Metales	Plásticos	Vidrio	Papel	Cartón	Textiles	Pilas	Materia Orgánica	Cortopunzantes	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1,23	3,11	1,02	1,15	1,15	0	0	12,41	0,5	20,57
2	1,44	1,75	0,98	1,02	0,77	0,67	1,12	10,11	1,12	18,98
3	1,11	2,12	1,01	0,55	0,95	0,12	0,21	10,56	0,19	16,82
4	2,35	3,45	1,22	1,11	0,98	0,3	0,11	6,32	0,13	15,97
5	2,01	1,78	1,32	1,4	1,55	0,27	0	9,21	0,21	17,75
6	2	2,21	2,01	1,22	1,14	0,31	0,21	10,76	0,11	19,97
7	2,12	2,03	2,1	1,04	1,21	1,01	0,16	10,15	0	19,82
Total	12,26	16,45	9,66	7,49	7,75	2,68	1,81	69,52	2,26	129,88
Porcentaje (%)	9,44	12,67	7,44	5,77	5,97	2,06	1,39	53,53	1,74	100,00

El mayor porcentaje es 53,53% que corresponden a la materia orgánica, la mayor cantidad se genera el primer día. Seguido por los plásticos con 12,67%. Lo que se recaudó en menor cantidad fueron las pilas y cortopunzantes con un 1,74%.

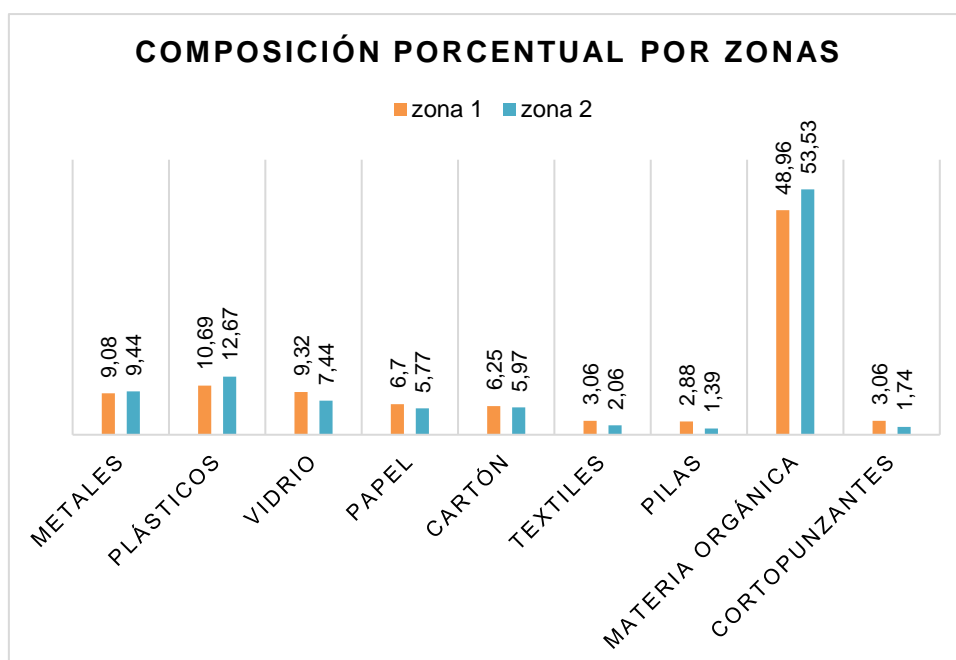


Figura 29. Valores de la composición porcentual por zonas

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 29, lo que se genera en mi mayor cantidad según el tipo generador en la zona 1 es materia orgánica, plástico, vidrio, metales; mientras que en la zona 2 tenemos la materia orgánica, plástico, metales, vidrio.

Tabla 38. Valores totales de la composición de residuos sólidos no domiciliarios.

Composición total de residuos sólidos		
Componente	Peso total (kg)	Composición porcentual (%)
Metales	12,93	9,26
Plásticos	16,23	11,68
Vidrio	11,81	8,38
Papel	8,76	6,23
Cartón	8,55	6,11
Textiles	3,63	2,56
Pilas	3,06	2,13
Materia Orgánica	71,41	51,24
Cortopunzantes	3,42	3,16
Total	139,80	100

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Determinación de la densidad de los residuos sólidos domiciliarios en el cantón Portovelo

En la tabla 39, se presentan los resultados de los residuos sólidos en Kg/m³ que se han obtenido en el cantón Portovelo en la Zona uno:

Tabla 39. Densidad en Kg/m³ por día en el cantón Portovelo – zona uno

CÁLCULO DE LA DENSIDAD								
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
W: Peso de los residuos sólidos (kg)	0	42,32	40,11	39,05	37,05	34,21	36,31	38,21
V: Volumen del residuo sólido (m³)	0	0,135	0,139	0,139	0,137	0,135	0,143	0,140

D: Diámetro del cilindro (m)	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H: Altura total del cilindro (m)	0	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021
h: Altura libre del cilindro (m)	0	0,17	0,15	0,15	0,16	0,17	0,12	0,14
π: Constante	0	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416
Densidad (kg/m³)	0	312,680	289,547	281,895	270,563	252,760	253,388	272,700
Densidad Total (kg/m³)		276,219						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 39 se puede observar que la mayor densidad de residuos sólidos se los obtiene en el día uno, donde alcanzan un promedio de 312,680 kg/m³. La menor cantidad de residuos lo recolecta el día cinco en un promedio de 252,760 kg/m³. En general alcanza una densidad general promedio de 276,219 kg/m³.

Tabla 40. Densidad en Kg/m³ por día en el cantón Portovelo – zona dos

CÁLCULO DE LA DENSIDAD								
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
W: Peso de los residuos sólidos (kg)	0	44,12	42,31	43,22	39,56	35,11	36,44	40,03
V: Volumen del residuo sólido (m³)	0	0,134	0,137	0,140	0,139	0,135	0,137	0,135
D: Diámetro del cilindro (m)	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H: Altura total del cilindro (m)	0	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021
h: Altura libre del cilindro (m)	0	0,18	0,16	0,14	0,15	0,17	0,16	0,17
π: Constante	0	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416
Densidad (kg/m³)	0	329,855	308,975	308,456	285,576	259,409	266,109	295,760
Densidad Total (kg/m³)		293,449						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 40 se puede observar que la mayor densidad de residuos sólidos se los obtiene en el día uno, donde alcanzan un promedio de 329,855 kg/m³. La menor cantidad

de residuos lo recolecta el día cinco en un promedio de 259,409 kg/m³. En general alcanza una densidad general promedio de 293,449 kg/m³.

Seguidamente se obtuvo el valor total de la densidad del casco urbano del cantón Portovelo a continuación se observa la siguiente tabla 41:

Tabla 41. Densidad total de los residuos generados en el casco urbano del cantón Portovelo

Densidad de residuos sólidos domiciliarios		
	Zona 1	Zona 2
Día 1	312,680	329,855
Día 2	289,547	308,975
Día 3	281,895	308,456
Día 4	270,563	285,576
Día 5	252,760	259,409
Día 6	253,388	266,109
Día 7	272,700	295,760
Total (kg/m3)	276,219	293,44
Promedio	284,82	

Fuente: Elaboración propia

La densidad de los residuos de los residuos domiciliarios en el casco urbano del cantón Portovelo puede evidenciarse en la tabla 40 de este modo se observa que el resultado promedio es de 284,82 kg/m³.

4.2.7. Determinación de la densidad de los residuos sólidos no domiciliarios en el cantón Portovelo

En la tabla 42, se presentan los resultados de los residuos sólidos no domiciliarios en Kg/m³ que se han obtenido en el cantón Portovelo en la Zona uno.

Tabla 42. Densidad de residuos no domiciliarios en el cantón Portovelo – zona uno

CÁLCULO DE LA DENSIDAD								
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
W: Peso de los residuos sólidos (kg)	0	20,57	17,86	16,82	15,97	17,75	19,97	19,82
V: Volumen del residuo sólido (m3)	0	0,134	0,132	0,131	0,132	0,134	0,135	0,135

D: Diámetro del cilindro (m)	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H: Altura total del cilindro (m)	0	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021
h: Altura libre del cilindro (m)	0	0,18	0,19	0,2	0,19	0,18	0,17	0,17
π: Constante	0	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416
Densidad (kg/m3)	0	153,788	135,134	128,815	120,834	132,705	147,548	146,439
Densidad Total (kg/m3)		137,895						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 42 se puede observar que la mayor densidad de residuos sólidos se los obtiene en el día uno, donde alcanzan un promedio de 153,788 kg/m³. La menor cantidad de residuos lo recolecta el día cinco en un promedio de 120,834 kg/m³. En general alcanza una densidad general promedio de 137,895 kg/m³.

Tabla 43. Densidad de residuos no domiciliarios en el cantón Portovelo – zona dos

CÁLCULO DE LA DENSIDAD								
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
W: Peso de los residuos sólidos (kg)	0	23,11	22,45	19,77	18,45	19,77	22,83	21,23
V: Volumen del residuo sólido (m3)	0	0,135	0,137	0,139	0,135	0,137	0,140	0,142
D: Diámetro del cilindro (m)	0	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
H: Altura total del cilindro (m)	0	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021	1,021
h: Altura libre del cilindro (m)	0	0,17	0,16	0,15	0,17	0,16	0,14	0,15
π: Constante	0	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416	3,1416
Densidad (kg/m3)	0	170,748	163,945	142,716	136,317	144,374	162,935	149,815
Densidad Total (kg/m3)		152,978						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 43 se puede observar que la mayor densidad de residuos sólidos se los obtiene en el día uno, donde alcanzan un promedio de 170,748 kg/m³. La menor cantidad de residuos lo recolecta el día cinco en un promedio de 136,317 kg/m³. En general alcanza una densidad general promedio de 152,978 kg/m³.

Tabla 44. Densidad total de los residuos generados en el casco urbano del cantón Portovelo

Densidad de residuos sólidos no domiciliarios
--

	Zona 1	Zona 2
Día 1	153,788	170,748
Día 2	135,134	163,945
Día 3	128,815	142,716
Día 4	120,834	136,317
Día 5	132,705	144,374
Día 6	147,548	162,935
Día 7	146,439	149,815
Total (kg/m3)	137,89	152,97
Promedio	145,43	

Fuente: Elaboración propia

La densidad de los residuos de los residuos no domiciliarios en el casco urbano del cantón Portovelo puede evidenciarse en la tabla 44 de este modo se observa que el resultado promedio es de 145,43 kg/m3.

4.3. Reconocimiento de la ruta actual de residuos sólidos en el cantón Atahualpa

En la tabla 45 se puede observar la información recolectada de la situación actual del sistema actual, donde se indican los datos de tiempo y distancia de recorrido.

Tabla 45. Información del vehículo recolector- zona urbana

Vehículo	Día	Horario	Distancia diaria (km)	Distancia mensual (km)	Velocidad promedio (km/h)
Carro recolector	Lunes	7h00-12h00	10,25	41	20
	Miércoles	7h00-12h00			
	Viernes	7h00-12h00			

Fuente: Elaboración propia

El vehículo recolector realiza la recolección de basura los días lunes, miércoles, y viernes se determinó que la distancia que recorren es de 10,25 km por cada día, con una distancia promedio de 20 km/h.

En la figura 30 se puede apreciar cómo se ejecutan las rutas de recolección de residuos por parte del vehículo recolector, la cobertura se la realiza en toda la cobertura urbana abarcando distintas calles como la Oswaldo Hurtado, Ciudadela Miraflores, Avenida 13 de julio, Avenida Atahualpa, Daniel Martínez, Ciudadela Meza, Avenida Yacuvíña.

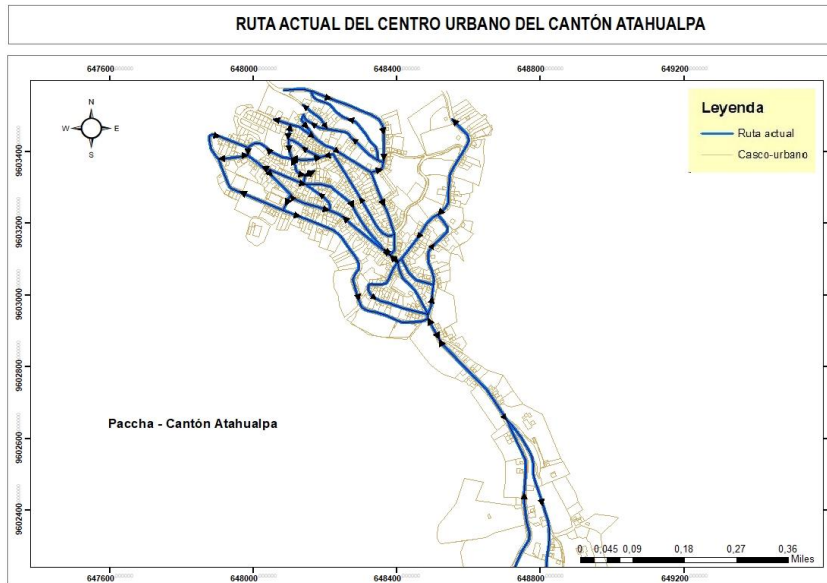


Figura 30. Ruta actual de recolección que realizan en la zona urbana del cantón Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 30 el cantón Atahualpa cuenta con una ruta de recolección en la zona urbana con un solo vehículo recolector, inicia su ruta en la Avenida Yacuviña. La creación del mapa temático de rutas actuales se lo realizó mediante el programa *ArcGIS* 10.1.

4.4. Modelado de la ruta de recolección propuesta en el cantón Atahualpa

Contando con la información de las rutas actuales, se procedió a realizar la optimización de las rutas de recolección de desechos sólidos de la zona urbana del cantón Atahualpa mediante el programa de *ArcGIS* 10.1, tomando en cuenta datos de la generados en la caracterización, poniendo el criterio de cuáles son las zonas por las que se debe comenzar la recolección y límites de velocidad permitidos.

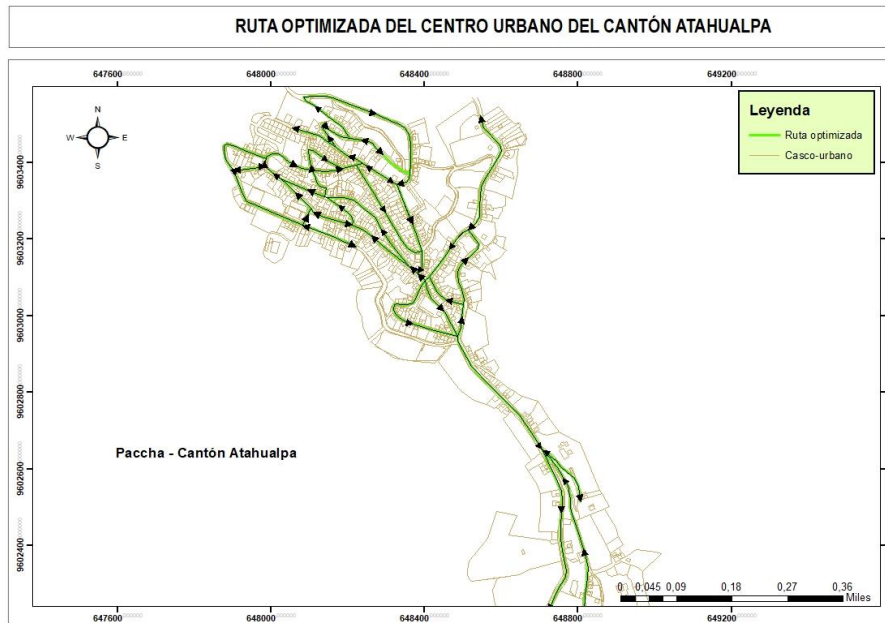


Figura 31. Ruta optimizada del área urbana del cantón Atahualpa

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 se puede observar la ruta optimizada que seguirá el vehículo recolector los días lunes, miércoles y viernes, cubriendo la demanda del servicio de recolección en la zona urbana del cantón.

En la tabla 46 se muestra los parámetros de distancia, tiempo y velocidad de la ruta optimizada.

Tabla 46. Ruta optimizada de la zona urbana del cantón Atahualpa

Ruta optimizada						
	Frecuencia		Tiempo (min)	horas	Distancia (km)	Velocidad con fórmula que debería ser
Zona 1	3/7	Ruta 1	269	5	9,19	1,84

Fuente: Elaboración propia

4.6. Comparación de resultados del cantón Atahualpa

Analizando los resultados de las rutas actuales y los obtenidos en las rutas optimizadas, tomando en cuenta los aspectos de distancia, tiempo de recolección, cobertura, giros, reversas se obtuvo la información que se presentan en las tablas 47 y 48.

Tabla 47. Comparación de resultados de Atahualpa

Comparación de resultados				
Parámetros	Ruta actual (km)	Ruta optimizada	Diferencia	Porcentaje (%)

Distancia recorrida en la recolección de residuos	10,24	9,19	1,06	10,32
Tiempo empleado en la recolección (min)	300	269	31	10,33
Giros a la izquierda	12	7	5	41,67
Reversa	8	5	3	37,50

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la distancia recorrida en la recolección de residuos, con la ruta optimizada se produce una disminución del 10.32% en comparación con la ruta actual. En lo referente al tiempo empleado en la recolección el ahorro es de 10.33%. En cuanto a los giros a la izquierda se produce una disminución del 41.67%. Sobre la reserva se disminuye en un 37.50%.

Tabla 48. Diferencias entre ruta actual y ruta optimizada en la zona urbana del cantón Atahualpa

		Rutas actuales		Rutas optimizadas		Diferencia	
		Cobertura (km)	Tiempo (horas)	Cobertura (km)	Tiempo (horas)	Cobertura (km)	Tiempo (horas)
Lunes- miércoles- viernes	Ruta 1	10,25	5	Ruta 1	9,19	1,06	0,12

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48 se puede mostrar la diferencia de distancia que se encontró entre la ruta actual y la ruta optimizada en lo relacionado con la cobertura en km es de 1,06 km y en el tiempo de 0,12 horas.

4.7. Reconocimiento de la ruta actual de residuos sólidos en el cantón Portovelo

En el cantón Portovelo, el Gobierno Municipal ha establecido dos zonas de recolección en la ciudad, en cada zona existe diversas rutas, cuyo recorrido lo realizan los días lunes, miércoles y sábado en dos jornadas y el día jueves en una jornada:

En la zona 1 se realiza el recorrido por dos rutas, durante tres días a la semana. En la ruta 1 se emplean 180 minutos, recorren una distancia de 29,29 km. van a una velocidad de 25 km/h, aunque la velocidad recomendada es 9.8 km/h.

En la ruta 2 se emplean 120 minutos para recorrer una distancia de 20,36 km., se dirige el vehículo a una velocidad de 25 km/h, cuando la recomendada sería de 10,2.

En la zona 2 se encuentran tres rutas. En la ruta 3 se emplean 18,27 km., se dirige el vehículo a una velocidad de 25 km/h, cuando debería ser de 9,1km/h.

En la ruta 4 se emplean 120 minutos para recorrer una distancia de 16,44 km., se dirige el vehículo a una velocidad de 25 km/h, cuando debería ser de 8.2km/h.

En la ruta 5 se emplean 120 minutos en un recorrido 18,74 km., se dirige el vehículo a una velocidad de 25 km/h, cuando la recomendada sería de 9,4km/h.

En la ruta 6 (día jueves), que se recorre en 300 minutos, un total de 46,07 km., la velocidad en la que se dirige el vehículo es de 25km/h, cuando la velocidad con fórmula debería ser de 9,2km/h.

A continuación, se detalla las zonas y rutas actuales (Ver tabla 49):

Tabla 49. Zonas y rutas actuales

Rutas actuales							
	Frecuencia		tiempo (min)	horas	distancia (km)	velocidad con formula que debería ser	Velocidad promedio en la recolección empleado por el vehículo (km/h) datos in situ
Zona 1		Ruta 1	180	3	29,29	9,8	25
	Lunes	Ruta 2	120	2	20,36	10,2	25
Zona 2	Miércoles	Ruta 3	120	2	18,27	9,1	25
	Sábado	Ruta 4	120	2	16,44	8,2	25
		Ruta 5	120	2	18,74	9,4	25
	Jueves	Ruta 6	300	5	46,07	9,2	25

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan las seis rutas actuales que corresponden a las zonas definidas. La creación del mapa temático de rutas actuales se lo realizó mediante el programa *ArcGIS 10.1*.

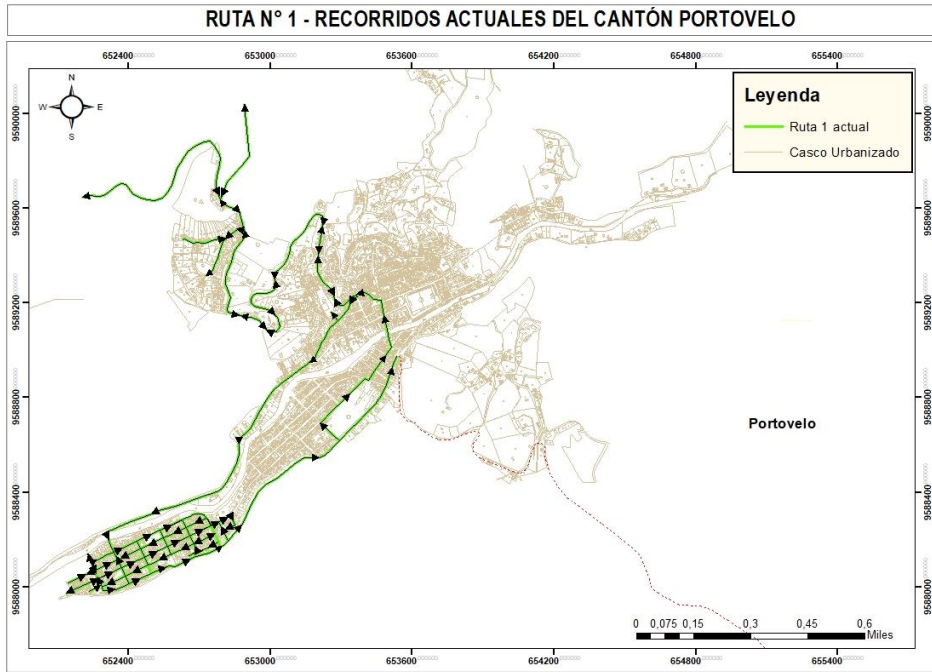


Figura 32. Ruta 1_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 1 actual en la zona urbana del cantón Portovelo comienza en el Osorio y termina en la ciudadela 28 de noviembre, recorre una distancia de 29,29 km y 3 horas de tiempo, va a una velocidad de 25 km/h y de acuerdo a la aplicación de la fórmula de velocidad debería ser de 9,8 km/h.

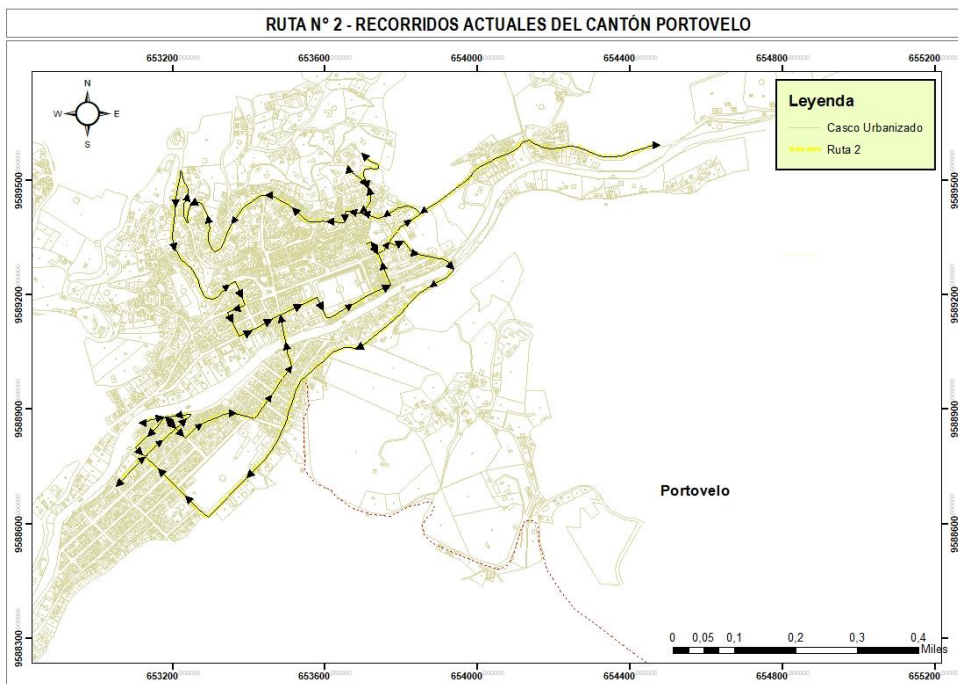


Figura 33. Ruta 2_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 2 actual en la zona urbana del cantón Portovelo comienza en la ciudadela las Malvinas y termina en la ciudadela Buenos aires, recorre una distancia de 20,36 km y 2 horas de tiempo, va a una velocidad de 25 km/h y de acuerdo a la aplicación de la fórmula de velocidad debería ser de 10,2 km/h.

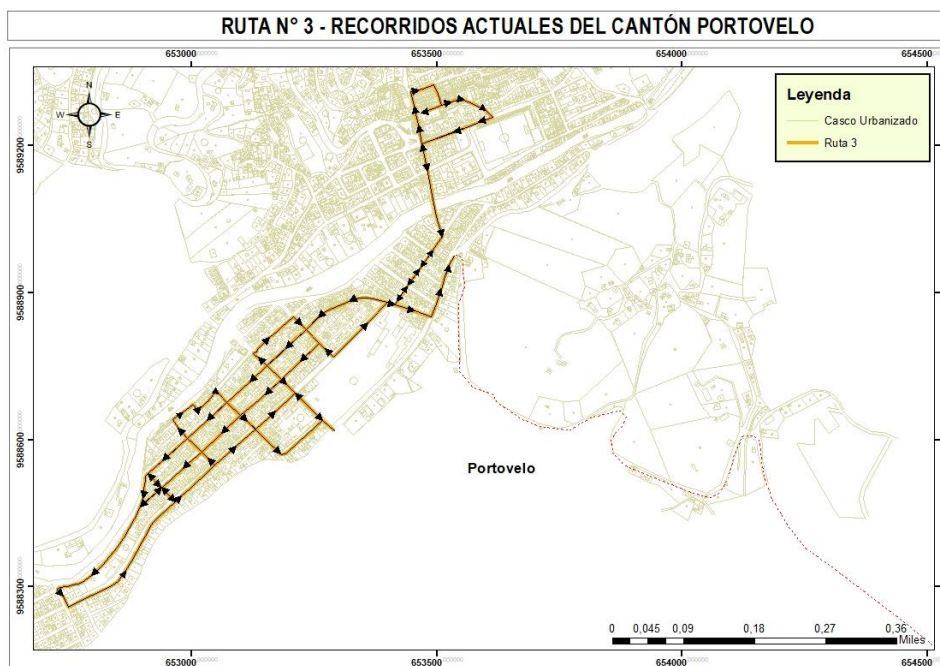


Figura 34. Ruta 3_actual del Centro Urbano del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 3 actual en la zona urbana del cantón Portovelo comienza en el mercado central y termina en la ciudadela 28 de noviembre, recorre una distancia de 18,27 km y 2 horas de tiempo, va a una velocidad de 25 km/h y de acuerdo a la aplicación de la fórmula de velocidad debería ser de 9,10 km/h.

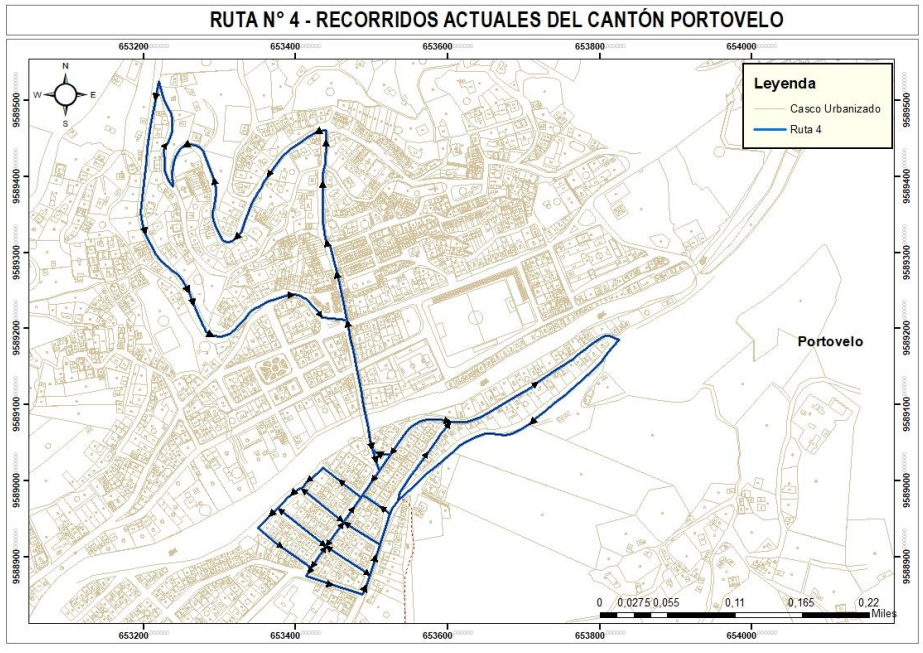


Figura 35. Ruta 4 _actual del Centro Urbano del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 4 actual en la zona urbana del cantón Portovelo comienza en la calle Gonzalo Díaz y termina en la ciudadela la Alborada, recorre una distancia de 16,44 km y 2 horas de tiempo, va a una velocidad de 25 km/h y de acuerdo a la aplicación de la fórmula de velocidad debería ser de 8,2 km/h.

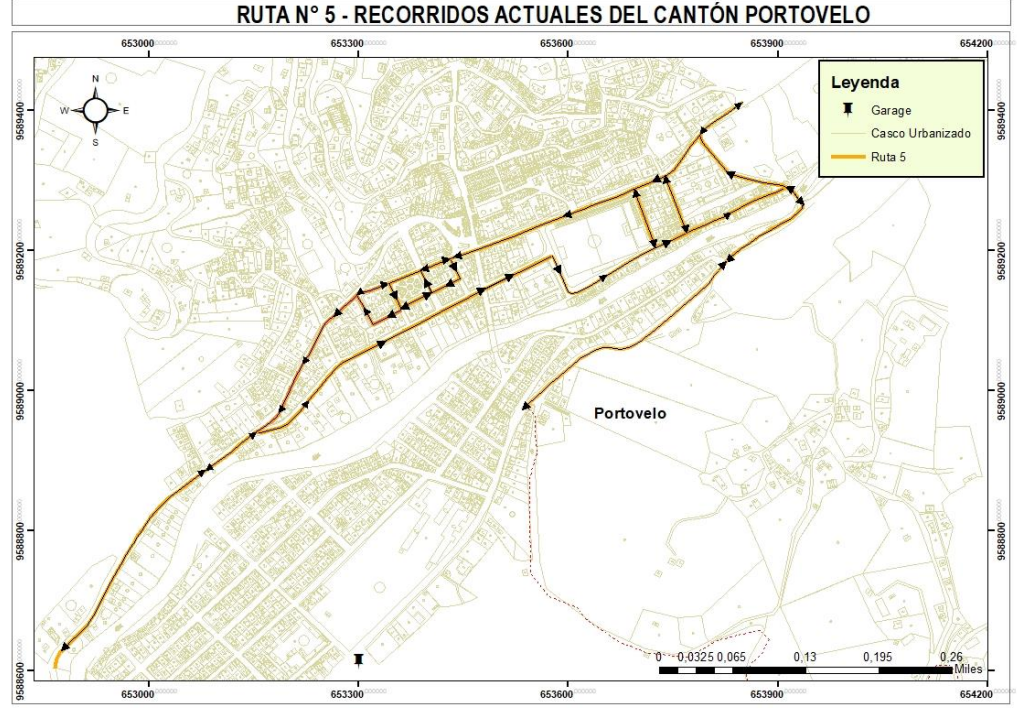


Figura 36. Ruta 5_ actual del Centro Urbano del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 5 actual en la zona urbana del cantón Portovelo comienza en la avenida Machala y termina en la calle San Vicente, recorre una distancia de 18,74 km y 2 horas de tiempo, va a una velocidad de 25 km/h y de acuerdo a la aplicación de la fórmula de velocidad debería ser de 9,4 km/h.

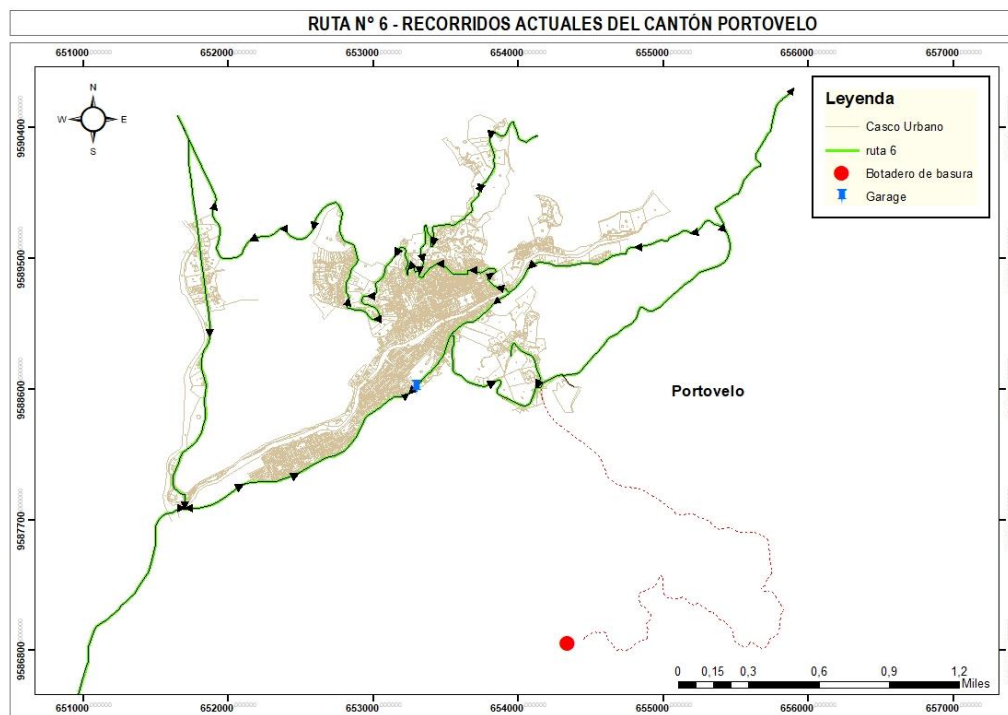


Figura 37. Ruta 6_ actual del Centro Urbano del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 6 actual en la zona urbana del cantón Portovelo comienza en el Salado y termina en el Pache, recorre una distancia de 46,07 km y 5 horas de tiempo, va a una velocidad de 25 km/h y de acuerdo a la aplicación de la fórmula de velocidad debería ser de 9,20 km/h.

En las rutas actuales el carro recolector se demora 10 horas, recorriendo una distancia de 149,13 km., siendo la zona 3 la más extensa y cuyo recorrido se lo realiza en horas de la tarde, como se muestra en la tabla 50.

Tabla 50. Horario y recorrido (km.) actual

	Días	Horario	Distancia (km)
Volqueta	Lunes	7am-12pm	49,65

Miércoles		
Viernes		
Sábado		
Jueves		46,03
Lunes		
Miércoles	13pm-19pm	53,46
Viernes		
Sábado		

Fuente: Elaboración propia

4.8. Modelado de la ruta de recolección propuesta en el cantón Portovelo

Contando con la información de las rutas actuales, se procedió a realizar la optimización de las rutas de recolección de desechos sólidos de la zona urbana del cantón Portovelo mediante el programa de ArcGIS 10.1, tomando en cuenta datos generados en la caracterización, poniendo el criterio de cuáles son las zonas por las que se debe comenzar la recolección y límites de velocidad permitidos.

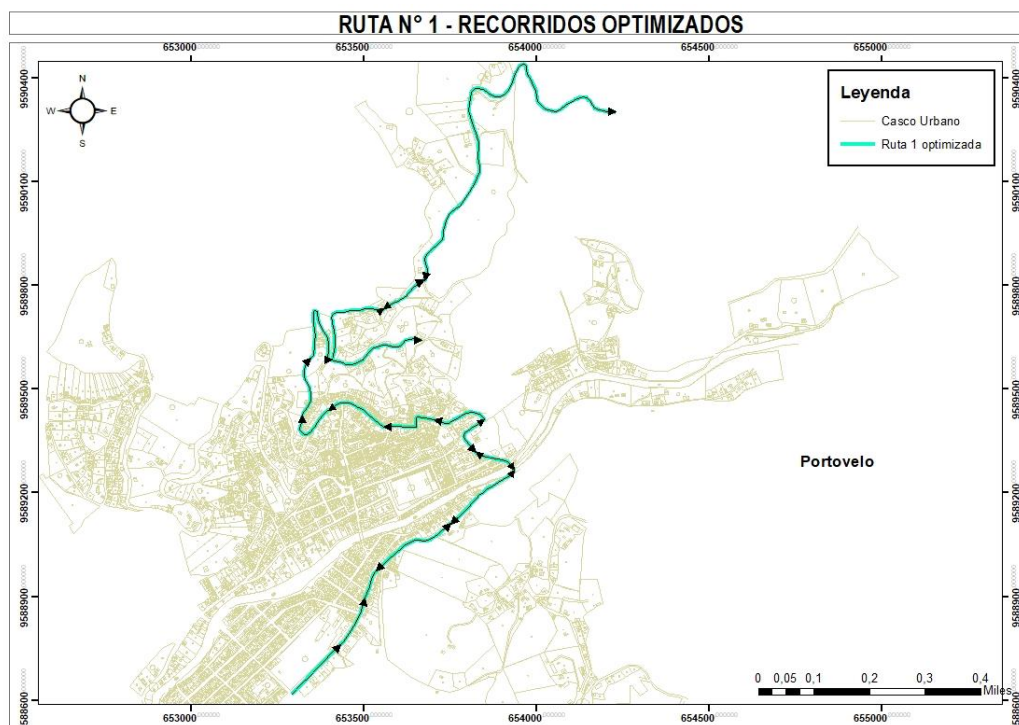


Figura 38. Ruta 1 optimizada del área urbana del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 1 optimizada se muestra en la figura 38 recorre una distancia de 20,87 km y ocupa un tiempo de 122 minutos y con una velocidad de 10,28 km/h.

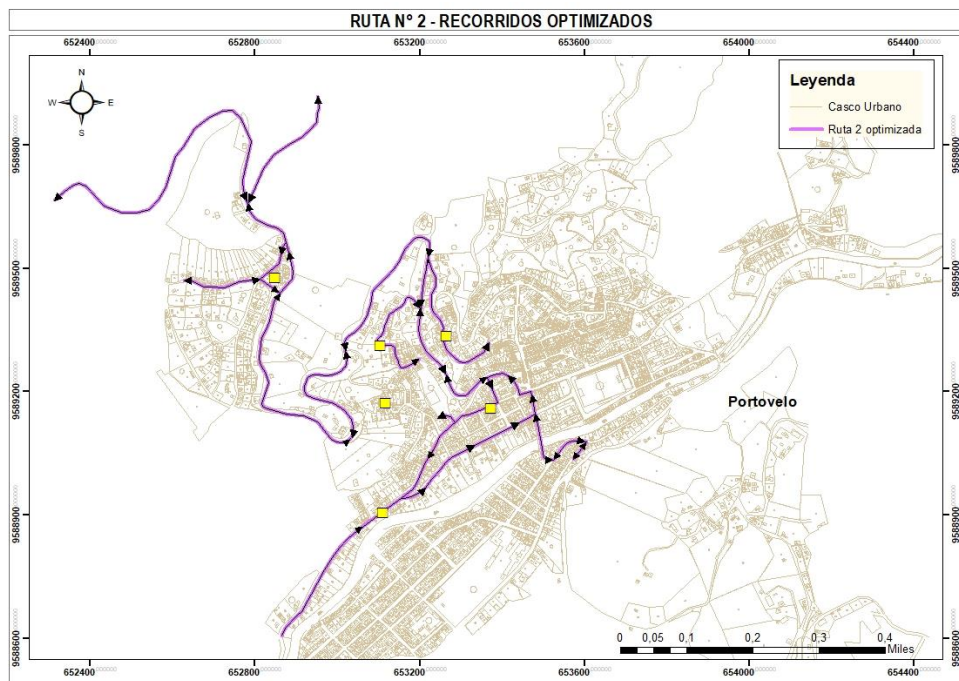


Figura 39. Ruta 2 optimizada del área urbana del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 2 optimizada se muestra en la figura 39 recorre una distancia de 24,09 km y ocupa un tiempo de 141 minutos y con una velocidad de 10,25 km/h.

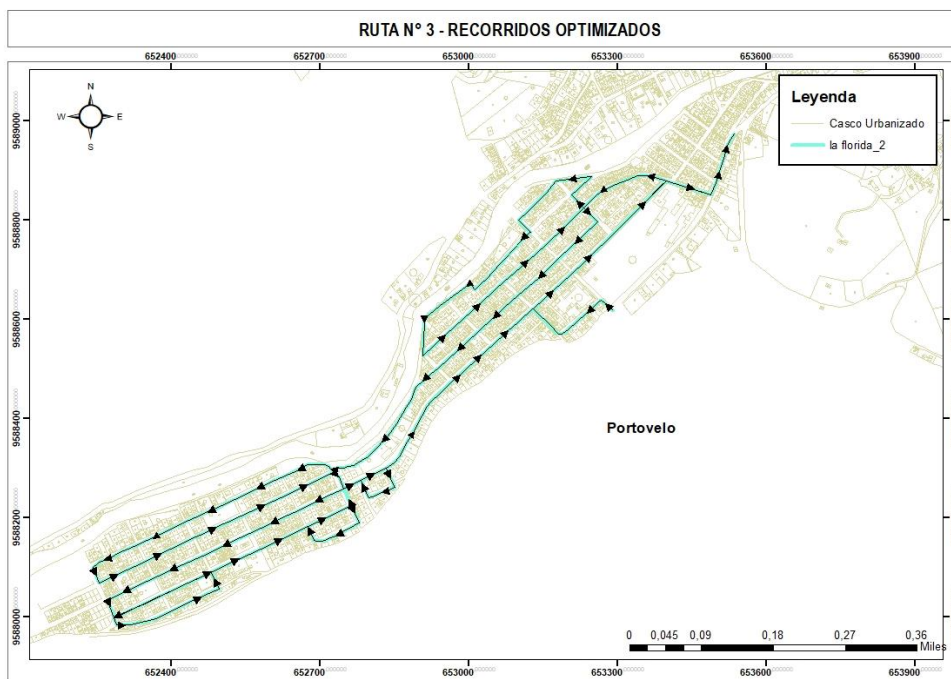


Figura 40. Ruta 3 optimizada del área urbana del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 3 optimizada se muestra en la figura 40 recorre una distancia de 20,84 km y ocupa un tiempo de 122 minutos y con una velocidad de 10,28 km/h.

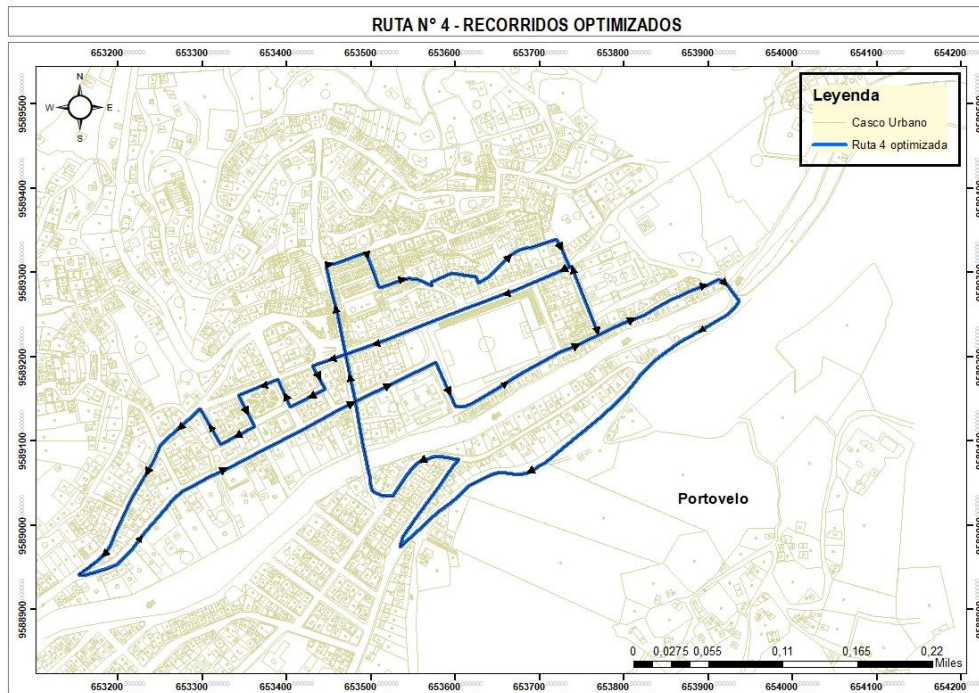


Figura 41. Ruta 4 optimizada del área urbana del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 4 optimizada se muestra en la figura 41 recorre una distancia de 15,88 km y ocupa un tiempo de 92 minutos y con una velocidad de 10,38 km/h.

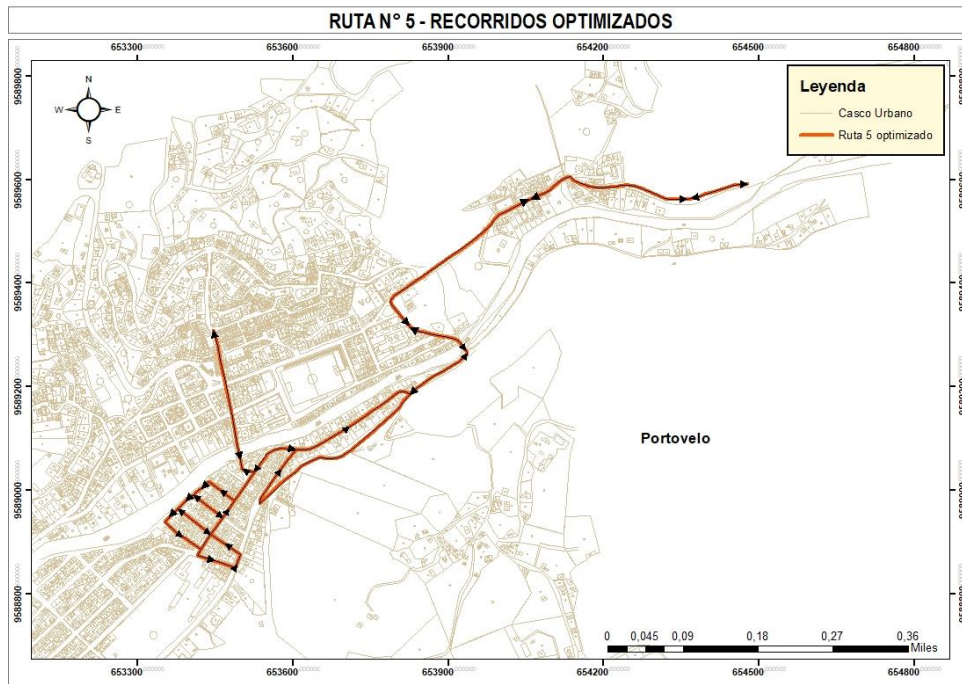


Figura 42. Ruta 5 optimizada del área urbana del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 4 optimizada se muestra en la figura 42 recorre una distancia de 18,15 km y ocupa un tiempo de 106 minutos y con una velocidad de 10,31 km/h.

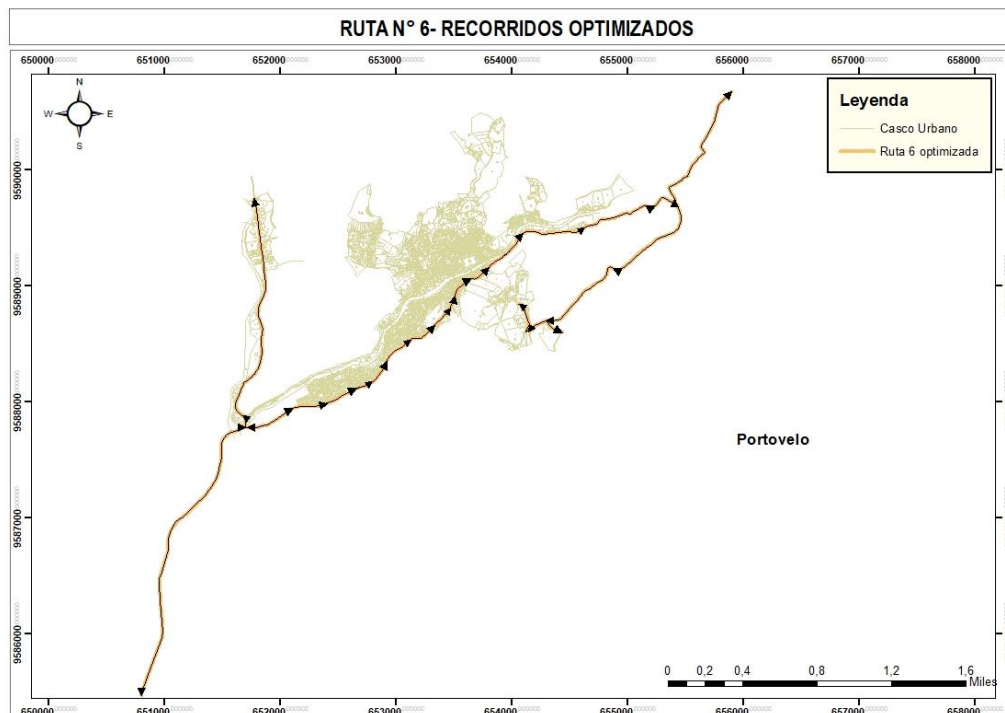


Figura 43. Ruta 6 optimizada del área urbana del cantón Portovelo

Fuente: Elaboración propia

La ruta 4 optimizada se muestra en la figura 44 recorre una distancia de 37,85 km y ocupa un tiempo de 221 minutos y con una velocidad de 10,29 km/h.

Tabla 51. Ruta optimizada de la ciudad de Portovelo

	Frecuencia		Rutas optimizadas			
			tiempo (min)	horas	distancia(km)	velocidad
Zona 1	4/7	Ruta 1	122	2h03´	20,87	10,28
	4/7	Ruta 2	141	2h35´	24,09	10,25
	4/7	Ruta 3	122	2h03´	20,84	10,28
Zona 2	4/7	Ruta 4	92	1h53´	15,884	10,38
	4/7	Ruta 5	106	1h76´	18,15	10,315
	1/7	Ruta 6	221	3h68´	37,85	10,29

Fuente: Elaboración propia

Conforme se muestra en la tabla 51, la optimización más evidente es la que se considera que en la ruta 6 debido a que en este día solo se realiza la recolección en la mañana y en la tarde se realiza en la zona rural, pero sin embargo se ha realizado una disminución para que ese tiempo sea otorgado a la zona rural debido a que son muchos los comentarios que distintas parroquias se quedan sin el servicio de recolección, en el caso de las demás rutas se ha disminuido su tiempo.

4.9. Comparación de resultados del cantón Portovelo

Analizando los resultados de las rutas actuales y los obtenidos en las rutas optimizadas, tomando en cuenta los aspectos de distancia, tiempo de recolección, cobertura, se obtuvo la información que se presentan en las tablas 52 y 53.

Tabla 52. Comparación de resultados de Portovelo

Parámetros	Comparación de resultados			
	Ruta actual (km)	Ruta optimizada	Diferencia	Porcentaje (%)
Distancia recorrida en la recolección de residuos	149,177	137,688	11,489	7,70
Tiempo empleado en la recolección (min)	960	804	156	12,08
Giros a la izquierda	41	26	15	36,59
Reversa	13	9	4	30,77

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la distancia recorrida en la recolección de residuos, con la ruta optimizada se produce una disminución del 7.7% en comparación con la ruta actual. En lo referente al tiempo empleado en la recolección el ahorro es de 12.08%. En cuanto a los giros a la izquierda se produce una disminución del 36.59%. Sobre la reserva se disminuye en un 30.77%.

Tabla 53. Diferencias entre ruta actual y ruta optimizada

		Rutas actuales		Rutas optimizadas		Diferencia	
		Cobertura (metros)	Tiempo (horas)	Cobertura (metros)	Tiempo (horas)	Cobertura (metros)	Tiempo (horas)
Lunes- miércoles- viernes-sábado	Ruta 1	29290,7	3	RUTA 1	20871,2	2h03'	0.97
	Ruta 2	20358,4	2	RUTA 2	24094,8	2h35'	-0.35
	Ruta 3	18269	2	RUTA 3	20836,9	2h03'	-0.03
	Ruta 4	16442	2	RUTA 4	15884,3	1h53'	0.47
	Ruta 5	18744,4	2	RUTA 5	18154,4	1h76'	0.24
Jueves	Ruta 6	46072,7	5	RUTA 6	37849,4	3h68'	1.32

Fuente: Elaboración propia

En lo relacionado con la cobertura en metros, en la ruta 1 optimizada se produce una disminución de 8419,5 metros, y 0.97 horas. En la ruta 2 se genera un incremento de 3,73 km. y 0.35 horas adicionales. En la ruta 3 también se genera un incremento de 2,56 km. y 0.03 horas. En la ruta 4 se consigue una disminución de 0,56 km. y 0,47 horas; en la ruta 5 se reduce 589,6 metros y 0.24 horas; en la ruta 6 se reduce 8,22 km. y 1.32 horas.

En el caso de las rutas 2 y 3 donde se incrementa los metros y los tiempos, es porque se amplía el área para de esta forma reducir los días de recorrido en la ruta 6.

Para optimizar las rutas y los tiempos, y tomando en cuenta que el Gobierno Municipal cuenta con volquetes a disposición se recomienda adaptar uno de estos vehículos para que realice también los recorridos de recolección de desechos sólidos, como se detalla en la tabla 54.

Tabla 54. Incremento de un vehículo para la recolección

Vehículo	Marca	Capacidad	Combustible	Personal
Volqueta	HINO	10	Diesel	1 conductor
		toneladas		4 operadores
Volqueta	HINO	10	Diesel	1 conductor
		toneladas		4 operadores

Fuente: Elaboración propia

Es viable el incremento de un vehículo adicional para la recolección tomando en cuenta que son rutas extensas y que el volquete es pequeño y al terminar una ruta ya debe ir a depositar en el botadero, lo que genera más consumo de combustible y el empleo de un mayor tiempo. Con otro vehículo se podría realizar la recolección en horas de la tarde en las rutas previstas para cada día, esto con el fin de evitar la congestión del tránsito en horas de la mañana cuando existe mayor tráfico en lo que respecta a las rutas que son en este horario son zonas en donde hay instituciones públicas y nunca se tiene las precauciones del caso siempre son imprudentes dado que su finalidad es solo recoger los residuos sin tomar en cuenta si causan o no tráfico, en algunos casos se hacen tarde que en horarios de 12h00 están pasando por el centro del cantón siendo esta una hora de salida en muchos trabajos y se generan denuncias por estas razones. Al hacer la acotación se ha puesto la incrementación de un vehículo adicional que en este caso sería otra volquete dado que al realizar el estudio se ha visto que cuentan con volquetes en el municipio que no son utilizadas.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

A partir del estudio se determinó que en el cantón Atahualpa, la producción diaria de residuos sólidos domiciliarios es de 106,62 Kg/día, la generación per cápita es de 0.48 Kg/hab/día. Mientras que, en la ciudad de Portovelo, la producción diaria total fue de 174,41 kg/día y la generación per cápita en la zona uno dio 0,56 kg/hab/día, en la zona dos 0,59 kg/hab/día dando con un promedio de 0,57 kg/hab/día.

En el cantón Atahualpa el 68,76% de los desechos sólidos corresponden a residuos orgánicos, seguido con un 10,36% de plásticos; en porcentajes inferiores al 10% se encuentran las otras clases de desechos sólidos. En el día uno es cuando más residuos orgánicos se recolectan.

En la ciudad de Portovelo se tiene dos zonas las mismas que dieron como resultado un promedio que el 66,99% de los residuos fueron orgánicos, seguidos por los plásticos con 11,43%. Los residuos de materia orgánica se recolecto un promedio de 120,89 kg. Lo que se recaudó en menor cantidad fueron las pilas alcanzando un 0,66%.

En cuanto a la densidad de los residuos sólidos domiciliarios, en el cantón Atahualpa la mayor densidad se la obtiene en el día seis con 238,105 kg/m³, la menor cantidad se recoge el día cuatro con 219,333 kg/m³ alcanzando un promedio de 232,739 kg/m³. Mientras tanto en el cantón Portovelo la mayor densidad promedio entre las dos zonas de residuos sólidos se los obtiene en día 1, donde alcanzan un promedio de 259,08 kg/m³ la menor cantidad se recolecta el cinco con 223,12 kg/m³ dado un promedio entre la zona 1 y zona 2 de 284,82 kg/m³.

Los resultados obtenidos en la zona comercial permitieron determinar la generación per cápita diaria de los dos cantones en lo que respecta a Atahualpa es de 0,87 kg/establecimiento/día, y el cantón Portovelo en la zona uno genera 1,03 kg/establecimiento/día en la zona dos 0,98 kg/establecimiento/día dando un promedio de generación per cápita de 1,003 kg/establecimiento/día.

En lo que respecta a la composición de residuos no domiciliarios en el cantón Atahualpa generó como resultado que el mayor porcentaje lo tiene la materia orgánica con 57,64% seguido por plásticos con 11,84% y el que menos porcentaje tuvo fueron las pilas con 0,36%, en lo que respecta a Portovelo el porcentaje más alto en promedio de las dos zonas fue la materia orgánica con 51,41% seguido de plásticos con 11,68%, y el mas bajo fueron las pilas con 3,06%.

La densidad promedio de los residuos no domiciliarios en el cantón Atahualpa es de 132,334 kg/m³ el día que mayor densidad tiene es el día uno con 143,497 kg/m³ y el día con menor densidad es el día cinco con 126,417 kg/m³, en lo que respecta al cantón Portovelo el promedio entre las dos zonas es de 145,43 kg/m³, el día promedio que mayor densidad tuvo fue el día uno con 162,268 kg/m³ y el día con menor densidad es el día cuatro

Haciendo uso del software ArcGIS se diseñó la propuesta para optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos. En el caso del cantón Atahualpa en la distancia recorrida en la recolección de residuos, con la ruta optimizada se produce una disminución del 10.32% en comparación con la ruta actual. En lo referente al tiempo empleado en la recolección el ahorro es de 10.33%. En cuanto a los giros a la izquierda se produce una disminución del 41.67%. Sobre la reversa se disminuye en un 37.50%. En total se conseguiría una disminución de 10,58 metros y 0.12 horas.

En la ciudad de Portovelo, referente a la distancia recorrida en la recolección de residuos, con la ruta optimizada se produce una disminución del 7.7% en comparación con la ruta actual. En lo referente al tiempo empleado en la recolección el ahorro es de 12.08%. En cuanto a los giros a la izquierda se produce una disminución del 36.59%. Sobre la reversa se disminuye en un 30.77%.

En lo relacionado con la cobertura en metros, en la ruta 1 optimizada se produce una disminución de 8419,5 metros, y 0.47 horas. En la ruta 2 se genera un incremento de 3736,4 metros y 0.46 horas adicionales. En la ruta 3 también se genera un incremento de 2567.9 metros y 0.13 horas. En la ruta 4 se consigue una disminución de 557.7 metros y 0,25 horas; en la ruta 5 se reduce 589,6 metros y 0.07 horas; en la ruta 6 se reduce 8223.7 metros y 1.4 horas.

En el caso de las rutas 2 y 3 donde se incrementa los metros y los tiempos, es porque se amplía el área para de esta forma reducir los días de recorrido en la ruta 6.

CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el Gobierno Municipal de los cantones Atahualpa y Portovelo promueve el reciclaje de residuos sólidos con el fin de generar una fuente de ingresos para la población, disminuir la contaminación ambiental y reducir los gastos en la recolección y tratamiento de la basura.
- Es importante que el Gobierno Municipal de los cantones Atahualpa y Portovelo, promuevan la clasificación de los residuos sólidos en orgánicos e inorgánicos. En el caso de los orgánicos puede revalorizarse mediante la técnica del vermicompostaje que puede implementar a través de la unidad de gestión ambiental municipal, de esta manera se genera menos contaminación y se aprovecha la materia prima como abono.
- Se recomienda que el Gobierno Municipal de los cantones Atahualpa y Portovelo ponga en marcha las nuevas rutas de recolección de residuos sólidos con el fin de reducir tiempos, disminuir costos en combustible al disminuir también las rutas de recorrido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Asamblea Nacional. (2008). Constitución de la República de Ecuador. Quito, Ecuador.
- Bada, M., & Abubakar, A. (2014). Estimación del contenido de la humedad en los desechos sólidos domésticos . *Revista Internacional de Investigación Científica e Ingeniería*, 5 (1), 430-433.
- Bhuyan, S. (2018). Análisis de composición física y química de los residuos sólidos en la ciudad de Chittagong. *Revista de control de la contaminación industrial*, 25-34.
- Bustos, F. (2010). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, 2 (4), 121-144.
- CEPIS. (2005). Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica*, 1(1).
- Código orgánico del Ambiente. (2017). *Código Orgánico de Ambiente*. Quito: Ministerio de Ambiente.
- Collazos, H. (2013). Diseño y operación de rellenos sanitarios. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53 (9), 1689-1699.
- Dana, A. (2014). Degradación de plásticos biodegradables / degradables en vertederos de residuos sólidos urbanos. *Revista eviron Semental*, 23 (4), 1071-1078.
- Datta, S. (2017). Residuos biodegradables y no biodegradables. *Revista Waste Advantage*, versión digital: <https://wasteadvantagemag-com>.
- Endalu, L., & Habtom, T. (2014). Caracterización y disposición de residuos sólidos urbanos, estudio de caso. *Revista estadounidense de ingeniería ambiental*, 4 (1), 166-168.
- Jhoselyn L. Atahualpa P. (2019). Propuesta de un sistema de gestión de residuos sólidos en el barrio rural Cartagena, Noroccidente de Pichincha 2 , May, 1–9.
- Kumar, J. (2016). Generación y composición de residuos sólidos en Gaborone. *Revista de Gestión Ambiental*, 8 (2), 3-9.
- Kumar, M., & Prakash, V. (2020). Una revisión sobre los residuos sólidos: su impacto en la calidad del aire y el agua. *Revista de efectos y control de la contaminación*, 8 (4), 25-30.
- Leblanc, R. (27 de octubre de 2020). *Introducción a la gestión de residuos sólidos*. <https://www-thebalancesmb.com>

- López, E., & Jiménez, B. (2019). Diseño de un sistema de recolección de residuos sólidos en el cantón Cayambe. *In Journal of Chemical Information and Modeling*, 53 (9), 3-14.
- Lubega, G., Wafula, S., Osuret, J., & Halage, A. (2020). Situación de la gestión de residuos sólidos domésticos y factores asociados en una comunidad de tugurios. *Environ Public Health*, 15 (3), 10-15.
- Matsufiji, Y. (2018). Relleno sanitario semiareróbico. *ScienceDirect*, 4 (1), versión digital: <https://www-sciencedirect-com>.
- Mejía, M., & Patarón, A. (2015). Propuesta de un plan integral para el manejo de los residuos sólidos del cantón Tisaleo. *Facultad de Ciencias, Bachelor*, 262.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de caracterización de residuos sólidos Municipales*. Perú.
- Mouhoun, S., & Derridj, A. (2019). Estudio del impacto de los residuos sólidos urbanos en algunas propiedades fisicoquímicas del suelo. *Ciencias aplicadas y ambientales del suelo*, versión digital: <https://doi.org/10.1155/2019/3560456>.
- Nathanson, J. (2020). *Manejo de residuos sólidos*. Britanica: <https://www.britannica.com>
- Reddy, K., & Giri, R. (2015). Efectos de la degradación en las propiedades geotécnicas de los residuos sólidos urbanos del vertedero de Orchard Hills. *Revista internacional de gesosintéticos ingeniería de suelos*, 1 (24), versión digital: <https://link-springer-com>.
- Savira, F., & Suharsono, Y. (2013). Residuos Sólidos Urbanos. *In Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 01, Issue 01).
- Sharma, K., & Jain, S. (2020). Generación, composición y gestión de residuos sólidos urbanos: el escenario global. *Revista de Responsabilidad Social*, 16 (6), 917-948.
- Sulemana, A. (2018). Ruteo Óptimo de Camiones Recolectores de Residuos Sólidos: Una Revisión de Métodos. *Revista de ingeniería*.
- Vallero, D. (2019). El vertedero municipal. *Sciencedirect*, 5 (3), 26-34.
- Wagger, D. (2021). Residuos sólidos. *ISRI*, 4 (1), 3-12.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencias fotográficas de la toma de muestras

Anexo 1.1: Entrega de bolsas para la recolección de residuos sólidos en la calle Oswaldo Hurtado – cantón Atahualpa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.2: Entrega de bolsas para la recolección de residuos sólidos en la Av. Yacuvíña – cantón Atahualpa



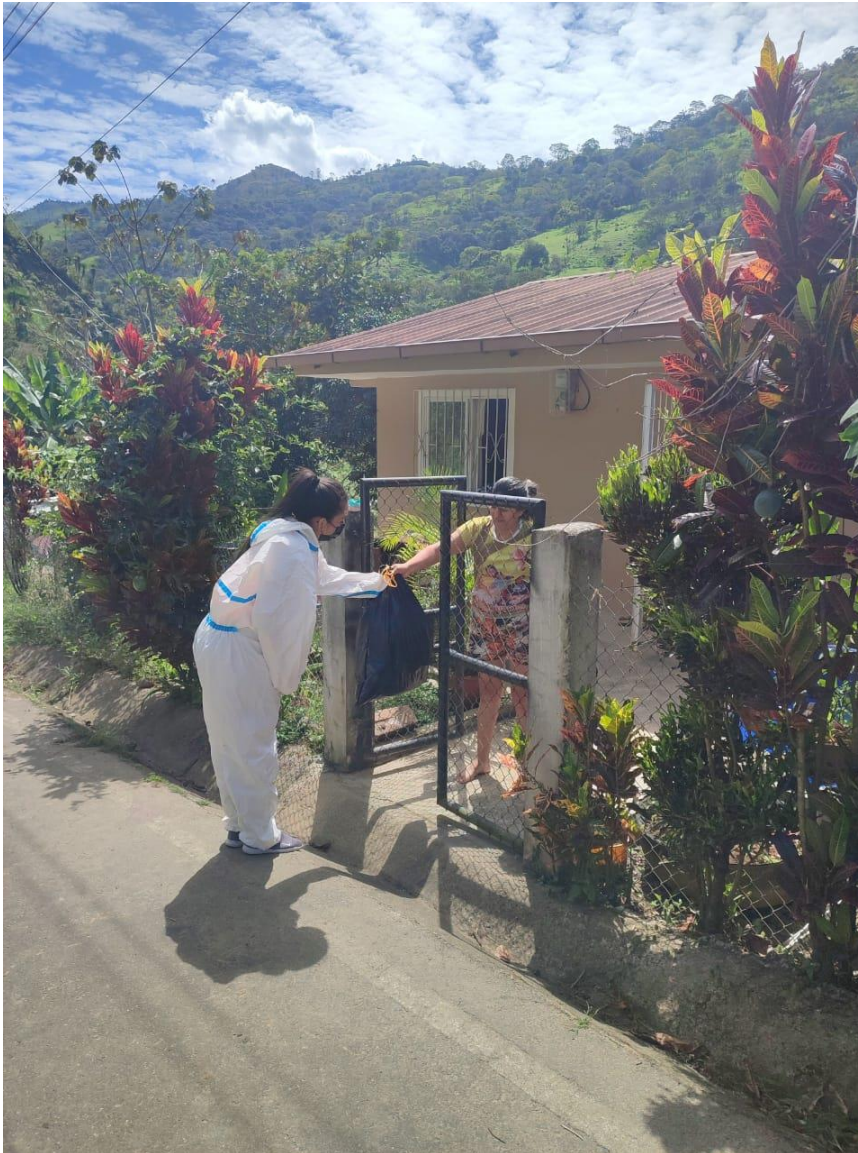
Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.3: Recolección de residuos sólidos- cantón Atahualpa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.4: Recolección de residuos sólidos- cantón Atahualpa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.5: Homogenización de las muestras de los residuos sólidos urbanos- cantón Atahualpa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.6: Aplicación del método de cuarteo de los residuos sólidos urbanos- cantón Atahualpa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.7: Pesaje de residuos – cantón Atahualpa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.8: Traslado de residuos sólidos – cantón Atahualpa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.9: Entrega de bolsas para la recolección de residuos sólidos en barrio El Osorio – cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.10: Entrega de bolsas para la recolección de residuos sólidos el barrio Paraíso– cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.11: Recolección de residuos sólidos en barrio Machala alto – cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.12: Recolección de residuos sólidos en barrio Campamento Americano – /cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.13: Recolección de residuos sólidos en barrio 28 de noviembre – cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.14: Descarga de las muestras de los residuos sólidos urbanos - cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.16: Homogenización de las muestras de los residuos sólidos urbanos- cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.17: Aplicación del método de cuarteo de los residuos sólidos urbanos- cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 1.19: Proceso de traslado de residuos sólidos – cantón Portovelo



Fuente: Elaboración propia

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Génesis Carolina Beltrán Valarezo portador de la cédula de ciudadanía N.º 0706100526. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Caracterización de residuos sólidos urbanos de los cantones Portovelo y Atahualpa y optimización de rutas de recolección" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 2 de noviembre del 2022

F: 

Génesis Carolina Beltrán Valarezo

0706100526