



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
CARRERA GESTIÓN DEL TRANSPORTE

**PROPUESTA DE UN PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS Y
FRECUENCIAS PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO-EPM**
GIDSA

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

LICENCIADO EN GESTIÓN DEL TRANSPORTE

AUTORES:

FAUSTO ANSHELO CAICHUG GÓMEZ

JEFFERSON STALIN ZUPA GUACHAMBOSA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
CARRERA GESTIÓN DEL TRANSPORTE

**PROPUESTA DE UN PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS Y
FRECUENCIAS PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS
SÓLIDOS EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO-EPM**
GIDSA

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

LICENCIADO EN GESTIÓN DEL TRANSPORTE

AUTORES: FAUSTO ANSHELO CAICHUG GÓMEZ

JEFFERSON STALIN ZUPA GUACHAMBOSA

DIRECTOR: JORGE ERNESTO HUILCA PALACIOS

Riobamba – Ecuador

2024

©2024, Fausto Anshelo Caichug Gómez & Jefferson Stalin Zupa Guachambosa

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Fausto Anshelo Caichug Gómez & Jefferson Stalin Zupa Guachambosa, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de mayo del 2024



Fausto Anshelo Caichug Gómez
C.I: 060552402-4



Jefferson Stalin Zupa Guachambosa
C.I: 060621478-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
CARRERA GESTIÓN DEL TRANSPORTE

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación, Tipo: Proyecto de Investigación, **PROPUESTA DE UN PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO-EPM GIDSA**, realizado por los señores: **FAUSTO ANSHELO CAICHUG GÓMEZ** y **JEFFERSON STALIN ZUPA GUACHAMBOSA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. José Luis Llamuca Llamuca
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2024-05-14

Ing. Jorge Ernesto Huilca Palacios
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



2024-05-14

Ing. Ruffo Neptalí Villa Uvidia
ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



2024-05-14

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación se lo dedico a mis padres Cecilio Zupa y Narcisa Guachambosa quienes fueron el pilar fundamental en este trayecto de mi vida, su apoyo incondicional, consejos, su infinita paciencia, comprensión y su fe inquebrantable en mí han sido la brújula que me ha guiado en este camino de aprendizaje y crecimiento. Gracias a ustedes, he podido alcanzar mis sueños y llegar a este importante hito en mi vida. Este logro es un reflejo de su esfuerzo y sacrificio, un tributo a las personas que me han dado la vida y me han enseñado a ser la persona que soy hoy.

Jefferson

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo y aliento durante todo este camino. A mis profesores, por su guía, paciencia y enseñanza, que me permitieron alcanzar mis metas. A mis amigos, por su compañerismo, apoyo y comprensión, que hicieron este viaje más llevadero. A mi querida Karlita, por su amor infinito, paciencia y ser el sustento en todo momento, que fueron mi motor y mi inspiración durante todo este proceso. A todos aquellos que creyeron en mí, gracias por su confianza e inspiración. Y finalmente, a mí mismo, por la perseverancia, el esfuerzo y la dedicación que me llevaron a alcanzar este logro. Con infinito amor y agradecimiento,

Fausto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por acogerme durante varios años en su noble institución, misma que se llegó a convertir en mi segundo hogar y la cual me permitió llegar a cumplir con mi formación académica y profesional de pregrado en la carrera de Gestión del Transporte. Extiendo mi agradecimiento también a la Facultad de Administración de Empresas, sobre todo a los miembros que la conforman como son el cuerpo directivo y personal administrativo quienes aportaron de forma significativa en mi carrera.

Un especial agradecimiento a todos mis queridos y estimados docentes quienes me acompañaron durante todos estos años en mi formación tanto académica como personal, gracias infinitas por todos los conocimientos que sembraron en mí, sobre todo aquellos que me ayudaron a crecer como persona. Me llevo un grato recuerdo de cada uno de ustedes y siempre los tendré presentes en mi mente y corazón.

Un inmenso agradecimiento a quienes conforman la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato por abrirme las puertas de su noble institución para la realización de este trabajo investigativo, gracias también por permitirme compartir con su maravillosa comunidad profesional y por aceptar mis ideas, opiniones o aportes hacia tan distinguida empresa.

Finalmente, quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi tutor de tesis, Ing. Jorge Huilca, quien se ha convertido en un pilar fundamental para la elaboración de este trabajo investigativo, aconsejándome siempre con una gran sonrisa y amabilidad. Muchas gracias por todos aquellos conocimientos que me ha enseñado durante mi ingreso a la universidad, sobre todo por cultivar en mí esa vocación y amor a mi profesión, recordándome que antes de ser una buena profesional debo ser una buena persona.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. <i>Objetivo general</i>.....	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Pregunta de investigación.....	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de investigación.....	6
2.2. Referencias teóricas.....	7
2.2.1. <i>Sistemas de transporte</i>.....	7
2.2.1.1. <i>Características de los Sistemas de transporte</i>	8
2.2.2. <i>Recolección de desechos sólidos</i>.....	9
2.2.2.1. <i>Desechos sólidos</i>	9
2.2.2.2. <i>Clasificación de desechos sólido</i>	10
2.2.2.3. <i>Transporte de carga</i>	11
2.2.2.4. <i>Transporte de desechos sólidos</i>	11
2.2.3. <i>Rutas</i>.....	11
2.2.3.1. <i>Optimización de rutas de transporte</i>	12
2.2.3.2. <i>Herramientas para la optimización de rutas</i>	12
2.2.3.3. <i>Rutas de recolección</i>	13
2.2.3.4. <i>Métodos de recolección</i>	13

2.2.4.	<i>Sistemas de Información Geográfica (SIG)</i>	14
2.2.4.1.	<i>SIG aplicada al rediseño de rutas</i>	14
2.2.4.2.	<i>GPS</i>	14
2.2.4.3.	<i>VRP Spreadsheet Solver</i>	15
2.2.4.4.	<i>QGIS</i>	15
2.2.4.5.	<i>ArcGIS</i>	15
2.2.5.	<i>Frecuencia</i>	16
2.2.5.1.	<i>Intervalo de tiempo</i>	16
2.2.5.2.	<i>Capacidad de transporte</i>	16
2.2.5.3.	<i>Planificación del transporte</i>	17
2.3.	<i>Modelo de Transporte</i>	17
2.3.1.	<i>Problema de ruteo de vehículos</i>	17
2.3.1.1.	<i>Uso del VRP</i>	18
2.3.1.2.	<i>Fórmula matemática del VRP SpreadSheet Solver</i>	19
2.4.	<i>Marco Legal</i>	22
2.5.	<i>Idea a defender</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Enfoque de investigación:	24
3.2.	Nivel de Investigación:	24
3.2.1.	<i>Exploratorio</i>	24
3.2.2.	<i>Descriptivo</i>	24
3.3.	Métodos técnicas e instrumentos:	25
3.3.1.	<i>Métodos</i>	25
3.3.1.1.	<i>Método deductivo</i>	25
3.3.1.2.	<i>Método Inductivo</i>	25
3.3.2.	<i>Técnicas</i>	25
3.3.2.1.	<i>Observación directa</i>	25
3.3.3.	<i>Instrumentos</i>	25
3.3.3.1.	<i>Fichas de observación</i>	25
3.3.4.	<i>Diseño de investigación</i>	26
3.3.4.1.	<i>No experimental</i>	26
3.3.5.	<i>Tipo de investigación</i>	26
3.3.5.1.	<i>De campo</i>	26
3.3.5.2.	<i>Bibliográfica – Documental</i>	26

3.3.6.	<i>Población y Muestra</i>	26
3.3.6.1.	<i>Población</i>	26
3.3.6.2.	<i>Muestra</i>	27

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	28
4.1.	Diagnóstico de la Situación Actual	28
4.1.1.	<i>Situación Geográfica</i>	28
4.1.1.1.	<i>Ubicación Geográfica</i>	28
4.1.1.2.	<i>Limite</i>	28
4.1.1.3.	<i>División Política</i>	29
4.1.2.	<i>Situación actual de la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato</i>	30
4.1.2.1.	<i>Servicios brindados por EPM-GIDSA</i>	32
4.1.3.	<i>Determinación de las rutas actuales de recolección en el Casco urbano del cantón Ambato a cargo de GIDSA</i>	36
4.2.	Síntesis de la Problemática	50

CAPÍTULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO	55
5.1.	Título	55
5.2.	Objetivo general	55
5.3.	Justificación	55
5.4.	Metodología	56
5.4.1.	<i>Consola de resolución de VRP (Vehicle Routing Problem)</i>	56
5.4.2.	<i>Localización de VRP (Vehicle Routing Problem)</i>	57
5.4.3.	<i>Distancias de VRP (Vehicle Routing Problem)</i>	58
5.4.4.	<i>Vehículos de VRP</i>	59
5.4.5.	<i>Solución de VRP</i>	59
5.5.	Propuesta de rutas y frecuencias optimizadas	60
5.5.1.	<i>Propuesta de rutas optimizadas</i>	60
5.5.1.1.	<i>Ruta casco Central AB</i>	60
5.5.1.2.	<i>Ruta Casigana</i>	63
5.5.1.3.	<i>Ruta Ficoa</i>	65
5.5.1.4.	<i>Ruta Ingahurco</i>	68

5.5.1.5.	<i>Ruta Miñarica</i>	70
5.5.1.6.	<i>Ruta Universidad</i>	73
5.5.2.	<i>Propuesta de frecuencias optimizadas</i>	76

CAPÍTULO VI

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
6.1.	Conclusiones	77
6.2.	Recomendaciones	79

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1:	Número de contenedores por ruta	27
Tabla 4-1:	Turnos de recolección actuales para carga lateral	32
Tabla 4-2:	Información de la zona 18.	37
Tabla 4-3:	Información de la zona 19.	39
Tabla 4-4:	Información de la zona 20.	41
Tabla 4-5:	Información de la zona 21.	43
Tabla 4-6:	Información de la zona 22.	45
Tabla 4-7:	Información de la zona 23.	47
Tabla 4-8:	Información de la zona 29.	49
Tabla 4-9:	Zona 18 y 19.	50
Tabla 4-10:	Zona 20.	51
Tabla 4-11:	Zona 21.	51
Tabla 4-12:	Zona 22.	52
Tabla 4-13:	Zona 23.	52
Tabla 4-14:	Zona 29.	52
Tabla 4-15:	Pesos registrados de los camiones en la balanza	53
Tabla 5-1:	Resultados de la ruta optimizada casco urbano AB.	62
Tabla 5-2:	Resultados de la ruta optimizada Casigana	63
Tabla 5-3:	Resultados de la ruta optimizada Ficoa	67
Tabla 5-4:	Resultados de la ruta optimizada Ingahurco.	68
Tabla 5-5:	Resultados de la ruta optimizada Miñarica.	72
Tabla 5-6:	Comparación de kilometraje	75
Tabla 5-7:	Propuesta de frecuencias	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Componentes de los Sistemas de Transporte	7
Ilustración 2-2:	Clasificación de Residuos Sólidos.....	10
Ilustración 2-3:	Taxonomía VRP.....	18
Ilustración 2-4:	Consola VRP.....	19
Ilustración 4-1:	Mapa del cantón Ambato.....	28
Ilustración 4-2:	División política del cantón Ambato	30
Ilustración 4-3:	Flujograma.....	31
Ilustración 4-4:	Cajas compactadoras	34
Ilustración 4-5:	Entrada al relleno sanitario.....	34
Ilustración 4-6:	Casco Central A.....	36
Ilustración 4-7:	Casco Central B.....	38
Ilustración 4-8:	Casigana.....	40
Ilustración 4-9:	Miñarica.....	42
Ilustración 4-10:	Universidad.....	44
Ilustración 4-11:	Ficoa.....	46
Ilustración 4-12:	Ingahurco.....	48
Ilustración 5-1:	Cinta de opciones VRP.....	56
Ilustración 5-2:	Consola VRP.....	57
Ilustración 5-3:	Hoja de Localizaciones.....	58
Ilustración 5-4:	Hoja de Distancias.....	58
Ilustración 5-5:	Hoja de características de los vehículos.....	59
Ilustración 5-6:	Hoja de Solución.....	60
Ilustración 5-7:	Ruta estilo vuelo de pájaro Casco Central AB.....	60
Ilustración 5-8:	Ruta estilo vuelo de pájaro Casco Central AB.....	61
Ilustración 5-9:	Ruta estilo vuelo de pájaro Casigana.....	63
Ilustración 5-10:	Ruta estilo vuelo de pájaro Casigana.....	64
Ilustración 5-11:	Ruta estilo vuelo de pájaro Ficoa.....	65
Ilustración 5-12:	Ruta estilo vuelo de pájaro Ficoa.....	66
Ilustración 5-13:	Ruta estilo vuelo de pájaro Ingahurco.....	68
Ilustración 5-14:	Ruta estilo vuelo de pájaro Ingahurco.....	69
Ilustración 5-15:	Ruta estilo vuelo de pájaro Miñarica.....	70
Ilustración 5-16:	Ruta estilo vuelo de pájaro Miñarica	71
Ilustración 5-17:	Ruta estilo vuelo de pájaro Universidad.....	73
Ilustración 5-18:	Ruta estilo vuelo de pájaro Universidad.....	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ANEXO B: IMÁGENES DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

ANEXO C: SOLUCIÓN POR RUTA

RESUMEN

La empresa pública municipal “GIDSA” no cuenta con una buena planificación de rutas y frecuencias para las siete rutas de recolección que están a su cargo en el casco urbano del cantón Ambato, ocasionando gastos operativos innecesarios; en el servicio brindado no se sigue las rutas y frecuencias establecidas, razón por la cual la recolección se realiza de forma empírica, lo que ha generado problemas en el servicio brindado, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue Optimizar las rutas y frecuencias que utilizan los vehículos para la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del cantón Ambato a cargo de la Empresa Pública Municipal (GIDSA). La metodología implementada tuvo un enfoque Cuantitativo y un diseño no experimental; se utilizó un nivel exploratorio y descriptivo para identificar y describir las características del problema,; la población en estudio fue los contenedores de basura siendo sustancial la aplicación de una investigación de campo y documental para obtener información de forma precisa a través de métodos, técnicas e instrumento, que fue la ficha de observación aplicada a cada una de las rutas de servicio de recolección. Con la ayuda de esta metodología se consiguió determinar que la empresa no cumple con la planificación de las rutas y frecuencias establecidas, los kilómetros de las rutas no están actualizadas, además parte de los contenedores se encuentran en una mala ubicación, finalmente los vehículos realizan recorridos innecesarios lo que conlleva gastos operativos innecesarios para la empresa. En ese escenario se concluye que la empresa presenta varios problemas en el servicio de recolección de residuos de carga lateral lo que impide realizar la gestión de forma adecuada, es así que se propone un plan de optimización de rutas y frecuencias que mejore este servicio y que portará al desarrollo y beneficio de la empresa.

Palabras clave: <PLAN DE OPTIMIZACIÓN>, <FRECUENCIAS>, <RESIDUOS SÓLIDOS>, <RUTAS>, <SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO>, <AMBATO (CANTÓN)>.

0618-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The municipal public company “GIDSA” does not have good route and frequency planning for the seven collection routes that it is responsible for in the urban area of the Ambato canton, causing unnecessary operating expenses; In the service provided, the established routes and frequencies are not followed, which is why the collection is carried out empirically, which has generated problems in the service provided, therefore, the objective of this research was to optimize the routes and frequencies used by vehicles to collect solid waste in the urban area of the Ambato canton by the Municipal Public Company (GIDSA). The methodology implemented had a Quantitative approach and a non-experimental design; An exploratory and descriptive level was used to identify and describe the characteristics of the problem; The population under study was garbage containers, and the application of field and documentary research was substantial to obtain information accurately through methods, techniques and instruments, which was the observation sheet applied to each of the service routes. collection. With the help of this methodology, it was determined that the company does not comply with the planning of the established routes and frequencies, the kilometers of the routes are not updated, in addition, part of the containers are in a bad location, finally the vehicles carry out routes unnecessary which leads to unnecessary operating expenses for the company. In this scenario, it is concluded that the company has several problems with the side-loading waste collection service, which prevents it from being managed properly. Therefore, a route and frequency optimization plan is proposed to improve this service, which will lead to the development and benefit of the company.

Keywords: <OPTIMIZATION PLAN>, <FREQUENCIES>, <PROPOSAL>, <PLANNING>, <ROUTES>, <GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM>, <AMBATO (CANTON)>



Lic. José Luis Andrade Mendoza, Mgs

0603339334

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto investigativo titulado “Propuesta de un plan de optimización de rutas y frecuencias para la recolección de residuos sólidos en el Casco Urbano del cantón Ambato-EPM GIDSA”, surgió debido a la necesidad de brindar un mejor servicio de recolección de residuos sólidos a la ciudadanía, mediante la optimización de nuevas rutas y frecuencias que permitirán dar un adecuado uso a la capacidad de los vehículos recolectores, ahorrar tiempo de trabajo y minimizar los costos operativos.

Esta investigación está estructurada en base a lo que establece la normativa institucional del Reglamento de Titulación de la ESPOCH, por lo que a continuación se detalla los contenidos que componen los seis capítulos, mismos en donde se puntualiza cada uno de los elementos claves utilizados en la elaboración de este trabajo:

El capítulo I corresponde a la identificación del problema de estudio, el cual comprende su planteamiento, formulación, delimitación y la justificación del problema, además de su respectivo objetivo general y los objetivos específicos. Cada uno de estos elementos iniciales sienta las bases de la investigación y proporciona un marco de referencia para el desarrollo de los capítulos posteriores.

El capítulo II se especifica el marco teórico dentro del cual se encuentra los antecedentes investigativos, es decir, un recuento de los estudios previos que se han realizado sobre el tema y problema planteados que nos ayudan a tener una visión más amplia de nuestro trabajo de estudio, la fundamentación teórica en la que se establecen diferentes conceptos que ayudan a la sustentación teórica de la presente investigación.

El capítulo III trata de la metodología, donde se detalla las modalidades y tipo de investigación necesarios para el progreso del presente trabajo investigativo, a la vez también se evidencia los métodos, técnicas e instrumentos de recolección de información, procesamiento y análisis de datos recolectados en el trabajo de campo.

En el capítulo IV se desarrolla el marco de análisis e interpretación de resultados, mismos que se realizaron como respuesta del primer objetivo específico. En este apartado se redactó el diagnóstico de la situación actual haciendo énfasis en el lugar de estudio, tanto en la zona geográfica como en la empresa, sus respectivos servicios y rutas de recolección actuales.

El capítulo V se presenta el marco propositivo denominado “Propuesta de un plan de optimización de rutas y frecuencias para la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del cantón Ambato-EPM GIDSA” en el cual se determina las propuestas para las rutas analizadas en este estudio y dar cumplimiento al objetivo planteado.

El capítulo VI finalmente se establece las conclusiones y recomendaciones obtenidas de los resultados presentados en el proyecto de investigación. De este modo, en el capítulo final se cierra el proceso investigativo al integrar un esquema comprensivo de los hallazgos y sus posibles aplicaciones para el campo de estudio.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El Casco Urbano del Cantón Ambato experimenta un constante crecimiento de población y una considerable expansión urbana, lo que conlleva un aumento en la generación de residuos sólidos, convirtiendo a este problema en un desafío crucial para las autoridades municipales y las empresas encargadas de la recolección y disposición de estos desechos.

En el Cantón Ambato existen dos empresas de recolección, la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Desechos Sólidos del Cantón Ambato (EPM-GIDSA) y la empresa privada GLOBALPARTS son las entidades responsables de llevar a cabo la recolección de estos residuos sólidos, sin embargo la empresa GIDSA es la que se encarga de la recolección en un 34 % de la recolección en el casco urbano, la misma que a pesar de los esfuerzos realizados, persisten desafíos significativos en la eficiencia de este proceso. El incremento en la cantidad de desechos generados ha puesto de manifiesto la necesidad de revisar y optimizar las rutas y frecuencias de recolección existentes, a fin de garantizar una gestión más eficiente y sostenible de los residuos sólidos.

Es importante mencionar que el problema central radica en que las rutas y frecuencias de recolección actuales no están adecuadamente diseñadas para abordar este aumento de la demanda de manera efectiva; y como resultado esto podría causar un consumo excesivo de recursos, un aumento de la congestión del tráfico o la contaminación ambiental debido a la circulación innecesaria de vehículos de recolección. En este sentido, la falta de una planificación óptima de las rutas y frecuencias podría impactar negativamente en la calidad de vida de los habitantes, pues esto genera inconvenientes como la acumulación de residuos en las calles y la demora en su recolección, lo que podría tener consecuencias para la salud pública y el ambiente.

Por lo tanto, es imperativo realizar un análisis detallado y exhaustivo de las rutas y frecuencias de recolección de residuos sólidos en el casco urbano del Cantón Ambato, con el propósito de abordar este problema, proponiendo soluciones que permitan optimizar la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del Cantón Ambato, contribuyendo así a una gestión más eficiente de los recursos municipales y a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes, al tiempo que se promueve la preservación del entorno ambiental.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Optimizar las rutas y frecuencias que utilizan los vehículos para la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del cantón Ambato a cargo de la Empresa Pública Municipal (GIDSA).

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Realizar un diagnóstico inicial de las rutas que se utilizan para la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del Cantón Ambato a cargo de la Empresa Municipal Pública (GIDSA).
- Evaluar los parámetros de operación que intervienen en el proceso de recolección y transporte de residuos sólidos.
- Elaborar una propuesta de optimización de rutas que minimice el costo y mejore la cobertura del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos del Cantón Ambato en su casco urbano.

1.3. Justificación

La recolección de residuos sólidos en Ambato es una actividad fundamental para mantener la limpieza y el orden en el cantón, esta práctica garantiza la correcta gestión de los desechos generados por la población, evitando la acumulación de basura en las calles y contribuyendo a la preservación del medio ambiente. En el caso del cantón Ambato, es responsabilidad de la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Desechos Sólidos del Cantón Ambato (EPM-GIDSA) llevar a cabo esta importante tarea en el casco urbano. Sin embargo, en la actualidad se ha observado que existen problemas que impiden la eficiencia y efectividad de este proceso, como las rutas que no están siendo aprovechadas de manera óptima y la utilización de frecuencias de recolección que no son las más adecuadas para las necesidades de la población.

En este sentido el presente trabajo permitirá identificar oportunidades para mejorar la eficiencia y efectividad de la recolección de residuos sólidos, lo que podría tener un impacto positivo en la calidad de vida de la población y en el medio ambiente. Además, en esta investigación se contará con implicaciones prácticas para la EPM-GIDSA, debido a que proporcionará información valiosa para la toma de decisiones en cuanto a la asignación de recursos y la planificación de la recolección de residuos sólidos en el futuro.

En consecuencia, este trabajo de titulación se basa en la necesidad de mejorar la gestión de residuos sólidos en el casco urbano del cantón Ambato, generando beneficios tanto para la salud pública, el medio ambiente, la calidad de vida de los habitantes del cantón y al correcto manejo económico de la EPM-GIDSA contribuyendo además al desarrollo de nuevas metodologías y herramientas para la gestión de residuos sólidos en otras ciudades y municipios.

1.4. Pregunta de investigación

¿De qué manera contribuirá la optimización de rutas y frecuencias de la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del cantón Ambato que opera directamente la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Desechos Sólidos del Cantón Ambato-EPM GIDSA en los tiempos de respuesta y recolección, brindando un servicio más oportuno a los ciudadanos?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Gran variedad de indagaciones en diferentes, se han realizado para llevar a cabo un sistema de distribución eficiente, la optimización de rutas es una de las más efectivas para reducir costos de operación y la solución más adecuada por su alta funcionalidad en las diferentes modalidades de transporte al momento de buscar un sistema de transporte eficiente y eficaz.

Para el presente trabajo se toman en cuenta varios estudios de investigación realizados dentro y fuera del país, los cuales han dado resultados positivos al momento de su aplicación como es el caso de Turquía en donde realizaron un estudio denominado “Las aplicaciones de heurísticas de optimización de rutas múltiples y algoritmos metaheurísticos para el transporte de residuos sólidos” (Ufuk & Erkan, 2022), el principal motivo de este estudio fue proporcionar las rutas óptimas que mejoren el proceso de recolección de desechos sólidos de tal manera que satisfaga las necesidades de la población del distrito de Estambul Umraniye. Además en esta investigación se utilizó con un conjunto de datos, donde se detalla el proceso de la recolección de residuos, los cuales incluye rutas de los vehículos recolectores, datos de la cantidad promedio de toneladas de basura y el número de tachos en todo el distrito; además se utilizó la ecuación de modelo de programación lineal con el objetivo de menguar la distancia que recorre cada vehículo, por último se usaron algoritmos plasmados en softwares que dieron como resultado la optimización de distancia en 525.443 m siendo la más corta en un tiempo de 10 min.

Castro & Gonzales (2022) en su trabajo de investigación con el titulado “Optimización de rutas para recolección de los residuos sólidos domiciliarios utilizando herramienta SIG en la localidad de Huarín, 2022”, realizada en la Universidad de San Ignacio De Loyola – Lima, Perú. Tuvo como objetivo realizar la optimización de rutas para la recolección de residuos a través de herramienta de sistema de información geográfica (SIG). Este estudio tuvo un enfoque mixto por lo cual se determinó las rutas y contenedores existentes, se usó un sistema de información geográfica que permitió aplicar el algoritmo de Dijkstra con el fin de encontrar los caminos más reducidos para la optimización de rutas. El resultado fue una reducción del 61.7% en el tiempo empleado, un descenso del 27% en la distancia recorrida y una disminución del 33% en el consumo de combustible. En última instancia, se puede concluir que la optimización de la ruta llevó a un incremento del 35% en la cobertura de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios para la población.

Finalmente, en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador, Riobamba Moyón y Muñoz (2021) desarrollaron un proyecto de investigación titulado “Optimización del servicio de recolección de desechos sólidos en las parroquias rurales del cantón Riobamba”, que tuvo como objetivo proponer una solución a las necesidades de la población. En este trabajo se utilizó herramientas que ayudaron a la recolección de información que permitió tomar decisiones y plantear nuevas rutas de recolección de residuos que permitan mayor cobertura y optimización de estas. La conclusión de esta investigación fue que la oferta del servicio de recolección de residuos sólidos no cumplía con la demanda existente en las parroquias rurales del cantón Riobamba, además que la falta de control del cumplimiento de rutas perjudicaba el servicio y su eficiencia.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. *Sistemas de transporte*

Un sistema de transporte es la unión de diferentes instalaciones fijas como las redes y terminales, así como de entidades de flujo (vehículos) y sistemas de control que permite satisfacer las necesidades de las personas con una movilidad eficiente de forma libre y segura (Lobato, 2017). En palabras más sencillas, un sistema de transporte se refiere a la infraestructura, las instalaciones y los servicios necesarios para mover personas o bienes de un lugar a otro, estos sistemas desempeñan un papel crucial en la conectividad y la movilidad de la sociedad. Por lo general un sistema de transporte está constituido con cinco componentes, los cuales se subdividen en:

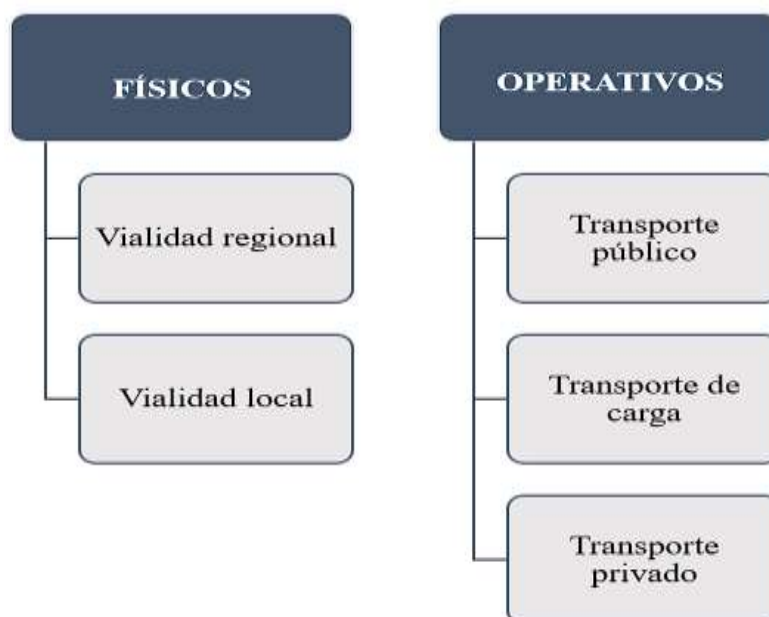


Ilustración 2-1: Componentes de los Sistemas de Transporte

Fuente: Lobato, X., 2017.

Un sistema de transporte se conforma esencialmente de tres componentes físicos, siendo estos (Molinero & Sanchez, 2005):

- **Vehículo:**

Los vehículos son todas las unidades de transporte, por lo general al conjunto de estas unidades se les conoce como parque vehicular para el caso de autobuses y trolebuses, por otro lado, para el caso del transporte ferroviario se le describe como equipo rodante.

- **Infraestructura:**

La infraestructura del sistema de transporte incluye los derechos de vía utilizados por los sistemas de transporte, las paradas y estaciones, que pueden ser terminales, de transbordo o convencionales. También abarca garajes, depósitos, patios de estacionamiento, talleres de mantenimiento y reparación, sistemas de control que engloban la detección de vehículos, comunicación y señalización, además de los sistemas de suministro de energía.

- **Red de transporte:**

Las redes de transporte hacen referencia a la infraestructura y los sistemas los cuales permiten que mercancías, personas o información se muevan de un lugar a otro. Incluye las rutas de autobuses, los recorridos de colectivos y minibuses, así como las líneas de trolebuses, tren ligero y metro que operan dentro de una ciudad.

2.2.1.1. *Características de los Sistemas de transporte*

Como se mencionó anteriormente los sistemas de transporte son esenciales para el desarrollo y funcionamiento de una sociedad, debido a que, su papel principal es facilitar el desplazamiento de personas y mercancías de manera eficiente y segura. En este sentido, UNCUYO (2017) manifiesta que en las características de los sistemas de transporte se distinguen las siguientes:

- **Operación de Transporte:**

Esta característica se refiere a las actividades y procesos involucrados en el movimiento de personas, mercancías o información de un lugar a otro, incluye el cumplimiento de asignación de roles, horarios, frecuencias, jornadas de trabajo, supervisión, operación y mantenimiento de las unidades de transporte. Es importante destacar que la operación de transporte también puede

involucrar aspectos logísticos, como la gestión de rutas, horarios, seguimiento de envíos y coordinación.

- **Servicio de transporte:**

Es una característica esencial de los sistemas de transporte, basada en la capacidad de proporcionar medios eficientes, seguros y confiables del servicio. Integra conceptos tales como calidad, cantidad, información, tiempos de viaje, costos, entre otros.

- **Gobernanza:**

Suele ser el Municipio, Provincia o Ente creado con el fin de tomar decisiones, establecer políticas y gestionar los diferentes aspectos del sistema de transporte como quien concede los servicios a terceros, lo presta por administración y la garantía del cumplimiento de los contratos celebrados (en caso de concesiones). Es una característica importante debido a que, intenta garantizar la equidad, la eficiencia la sostenibilidad y la participación de todas las partes interesadas en el proceso de toma de decisiones.

2.2.2. Recolección de desechos sólidos

2.2.2.1. Desechos sólidos

De acuerdo con Henry y Heinke (1999) los desechos sólidos son “aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque no se van a utilizar. Estos desechos incluyen diversos materiales combustibles como plástico, papel, textiles, madera, etc. y no combustibles como metal, vidrio y otros” (p. 568).

Por otra parte, el Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú (2019) afirma que:

Se considera residuos sólidos a los materiales o sustancias inservibles que no tienen un “valor de uso directo” para los generadores y que sienten la necesidad de deshacerse de estos. Son sustancias, productos o subproductos, en estado sólido o semisólido, que al no ser manejados adecuadamente pueden causar riesgos a la salud y el ambiente. (p. 35)

En base a las fuentes mencionadas anteriormente, los desechos sólidos son todos aquellos materiales que se consideran no deseados y descartados por la sociedad. Estos materiales pueden ser de origen doméstico, comercial, industrial o institucional. Los desechos sólidos incluyen una

variedad de elementos, como envases de alimentos, papel, cartón, vidrio, plástico, metal, madera, textiles, productos electrónicos, entre otros.

2.2.2.2. Clasificación de desechos sólido

Según el MINAM (2022), los desechos sólidos se dividen en tres categorías: su procedencia, el manejo que se les da, y su nivel de riesgo, según cómo la población se habitúa a disponer de ellos de manera apropiada.

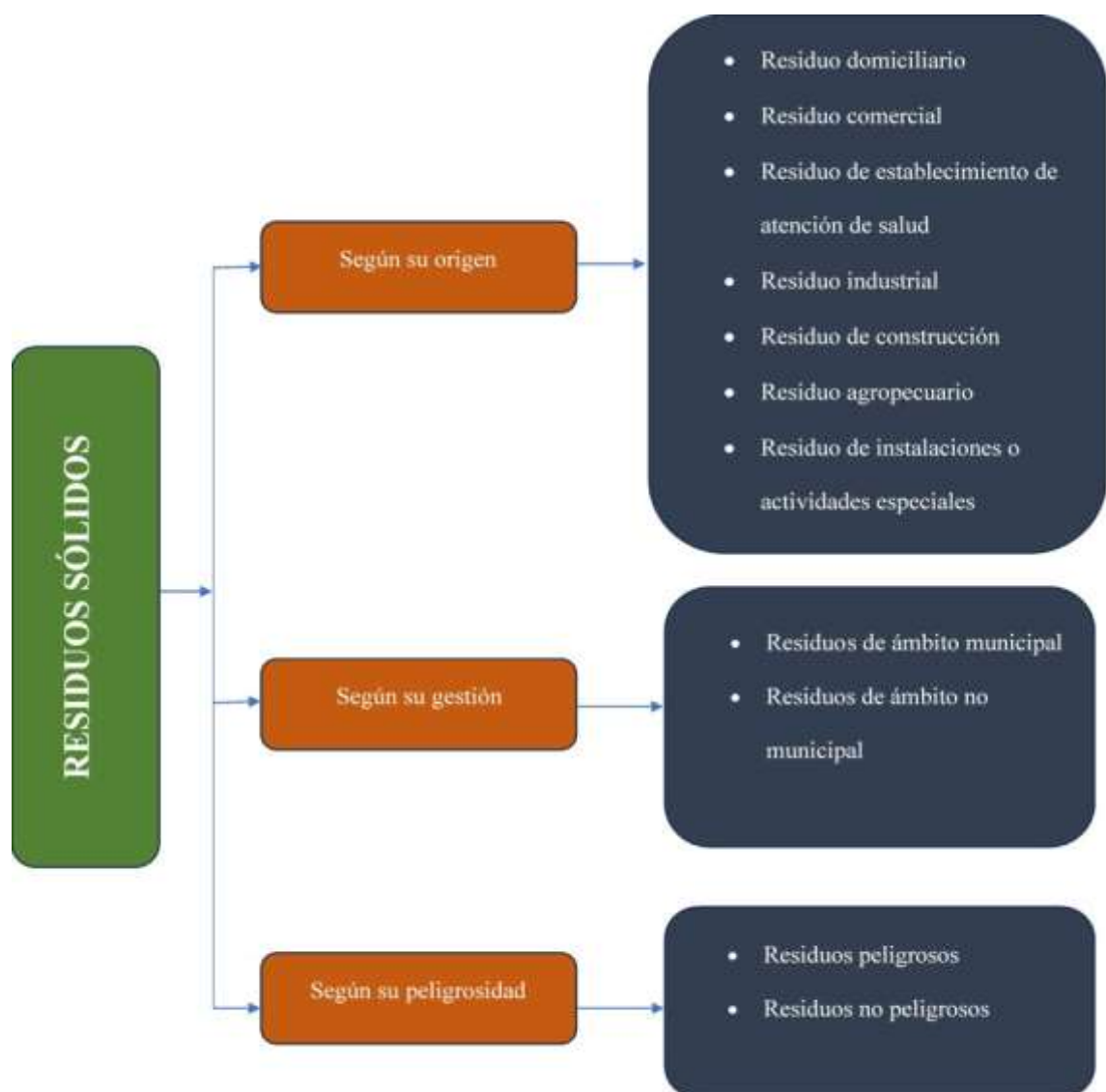


Ilustración 2-2: Clasificación de Residuos Sólidos

Fuente: MINAM., 2022.

2.2.2.3. *Transporte de carga*

El transporte de carga es el método delegado para desplazar bienes y mercancías desde un punto A hacia un punto B, generalmente denominados también como lugar de origen y lugar de destino, asegurando que las diferentes mercancías lleguen a tiempo y en óptimas ocasiones.

2.2.2.4. *Transporte de desechos sólidos*

Corresponde al proceso donde la carga es los desechos sólidos que se recaudan de los contenedores y son depositados en los vehículos acondicionados de recolección, para ser transportada desde todos los centros generadores hasta los depósitos finales. Además, el transporte de desechos sólidos incluye los siguientes servicios:

- **Servicio ordinario:**

El servicio ordinario implica la gestión de los residuos domésticos, aquellos que, debido a sus características naturales, composición, tamaño y cantidad, pueden ser recogidos y tratados por la empresa de limpieza según su capacidad. Además de estos, se incluyen los desechos generados en lugares públicos y aquellos que no forman parte del servicio especial, de acuerdo con la decisión de la entidad de aseo (Moyón y Muñoz, 2021).

- **Servicio especial:**

El servicio especial asume la responsabilidad de gestionar los desechos que son patógenos, tóxicos, inflamables, explosivos, radiactivos, volátiles, así como los no combustibles, y cualquier otro tipo que la entidad de limpieza considere como "especial". Además, este servicio incluye la gestión de productos químicos, plaguicidas y aquellos utilizados en actividades agrícolas (Moyón y Muñoz, 2021).

2.2.3. *Rutas*

Según el reglamento a la ley del transporte terrestre tránsito y seguridad vial en el art. 110, define a una ruta “como al trazado o conjunto de vías sobre la que se desplazan los vehículos para otorgar el servicio, atendidos por una operadora” (Reglamento a la ley de transporte Terrestres tránsito y seguridad vial, 2012).

2.2.3.1. *Optimización de rutas de transporte*

La optimización hace referencia a la elección de una alternativa conveniente, entre demás alternativas posibles, la misma que debe tener como objetivo la reducción de recursos de todo tipo de tal manera que ayude a cumplir con los objetivos, satisfaciendo las necesidades requeridas (Ramos et al., 2010).

Villareal (2022) afirma que “Optimizar rutas se refiere principalmente a mejorar parámetros como: distribución ágil y segura cada vez más, nivel de servicio alto, calidad de servicio adecuada para el producto que transporta, reducción de costos de transporte y reducción de tiempos de viaje” (p. 6).

Por otra parte, SITRACK (2018) menciona que la optimización de rutas de transporte se define como la optimización de rutas a todas las acciones que contribuyan a mejorar la función de distribución, ya sea en términos de nivel de servicio, calidad mejorada, disminución de gastos, y otros factores.

Es importante destacar que, en la gestión de residuos sólidos, la recolección puede ser uno de los servicios más costosos. Sin embargo, si no se realiza de manera eficiente, la optimización de rutas, entre otras estrategias, puede ayudar a reducir los costos relacionados tanto con la mano de obra como con el mantenimiento y el consumo de combustible de los vehículos.

Una correcta optimización de rutas de transporte da como resultado la obtención de una ruta óptima, misma que se define por ser la mejor solución para viajar o desplazarse de un punto a otro, teniendo en cuenta diversos factores que pueden variar según el contexto en el que se utilice. Hernández (2019) define a una ruta óptima a aquella que genere un menor coste ya sea en criterio de tiempo, distancia, etc.

2.2.3.2. *Herramientas para la optimización de rutas*

Existen diversas herramientas para mejorar la eficacia y eficiencia de un sistema de transporte, las más utilizadas son modelos matemáticos, algoritmos, sistemas de información geográfica (SIG) y los sistemas de localización, todos estos recursos ayudan a lograr una optimización de rutas para diferentes campos aplicativos, en función de limitaciones relacionadas con un proceso logístico (Briceño & Guiñansa, 2022).

2.2.3.3. *Rutas de recolección*

El trasado de rutas de recolección es una serie de procedimientos de aproximaciones que tienen como objetivo la optimización del tiempo, espacio y recursos, permiten obtener el camino que se debe alcanzar para recoger los desechos sólidos que se generan en una zona determinada, los cuales serán llevados al almacenamiento y depósito de estos (Tchobanoglous et al., 1982).

2.2.3.4. *Métodos de recolección*

Los métodos de recolección de desechos permiten mitigar problemas de acumulación o contaminación causada por fuentes distintas a las naturales generada por la especie humana, los mismos que pueden ser conscientes o inconscientes (Moreira et al., 2021). En la actualidad existen diferentes métodos de recolección de desechos, sin embargo, en el presente trabajo se enfatizó en los siguientes tres más utilizados:

- **Métodos Mecanizados y Semi-mecanizados:**

Estos metodos utilizan sistemas mecanicos para la debida recolección de desechos, principalmente, estan relacionados con la utilizacion de contenedores, los cuales se ubican mayoritariamente en zonas urbanas (Pillajo et al., 2013).

- **Método de acera:**

Este método de recolección es un semimecanizada con mediana participacion de las personas, el personal operativo de recolección recoge la basura de la acera, la misma que es dejada por los habitantes del sector para que el personal de recoleccion los deposite en el vehiculo, y a su vez sean devueltos los recipientes a sus dueños, para quee ste proceso se de de forma adecuada, se necesita que este vehículo viaje a una velocidad muy baja en los dos sentidos de la calle (Briceño & Guiñansa , 2022).

- **Método intradomiciliario:**

En este método el personal operativo de recolección entra a la casa para retirar los recipientes de residuos, regresandolos al mismo sitio donde se tomaron, una vez de haber puesta la basura en el vehículo recolector (Gutierrez, 2008).

2.2.4. *Sistemas de Información Geográfica (SIG)*

Por sistema de información se entiende la unión de la información y herramientas informáticas (programa o software) para su análisis con unos objetivos concretos (Peña, 2006). Del mismo modo la Universidad Isabel I (2023), señala que los Sistemas de Información (SI) son un conjunto de elementos lógicos y físicos que se encargan de recoger, guardar y procesar datos para luego entregarlos en forma de resultados. El esquema de un sistema informático abarca todo aquello que contiene una parte tangible (hardware) y otra lógica (software).

Desde la perspectiva de Sarría (2006) se entiende que un SIG es un caso particular de Sistemas de Información (SI) en el que la información aparece georreferenciada, es decir, incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica, dada generalmente en UTM.

Partiendo desde este punto de vista, el análisis espacial y la toma de decisiones informadas pueden ser posibles mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), herramientas informáticas que almacenan, capturan, visualizan y analizan datos geográficos. Con estos sistemas es posible fusionar datos alfanuméricos e información geográfica.

2.2.4.1. *SIG aplicada al rediseño de rutas*

Los sistemas de información geográfica (SIG), son aquellos que ayudan a realizar procesos que conllevan a la obtención, interpretación, análisis, almacenamiento y distribución de la información de zonas de la tierra, para resolver problemas de planificación y administración de transporte (Rodríguez & Olivella, 2010).

La aplicación de los sistemas de información geográfica en el rediseño de rutas dependen de un conjunto de herramientas tecnológicas que permiten la obtención de mejores resultados mediante la optimización de los datos recopilados, las herramientas más utilizadas en estos casos son: GPS, VRP Spreadsheet Solver, QGIS y ArcGIS.

2.2.4.2. *GPS*

El GPS se define como un sistema de navegación y localización que permite proporcionar aproximaciones casi precisas de posición, velocidad y tiempo en cualquier parte del mundo, este sistema utiliza una red de ordenadores y satélites que a través de una triangulación determina la

altitud, longitud y latitud de cualquier objeto que tenga un receptor en la superficie terrestre (Pozo et al., 2000).

2.2.4.3. *VRP Spreadsheet Solver*

Según el Dr. Günes Erdoğan (2013), creador de VRP Spreadsheet Solver conceptualiza a esta herramienta como “una plataforma unificada de código abierto para representar, resolver y visualizar los resultados de los problemas de enrutamiento de vehículos (VRP). Unifica Excel, SIG público y metaheurísticas. Puede resolver problemas de enrutamiento de vehículos con hasta 200 clientes” (párr. 1).

2.2.4.4. *QGIS*

QGIS es un programa de sistema de información geográfica (SIG) de código abierto que permite a los usuarios crear, editar, visualizar, analizar y publicar datos geoespaciales en una variedad de formatos. Es un software gratuito que funciona en múltiples plataformas, incluidas Windows, Mac y Linux; esta es una herramienta muy potente y versátil que se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, incluidas la planificación urbana, la gestión de recursos naturales, la agricultura, la geología, la climatología, el análisis de riesgos y muchas otras disciplinas (QGIS, 2023).

2.2.4.5. *ArcGIS*

Es una aplicación basada en cintas la cual permite almacenar varios elementos como mapas, diseños, tablas y gráficos, todo esto en un único proyecto e ir trabajando con ellos a medida que los necesita (Esri, 2023). La aplicación también responde contextualmente al trabajo del usuario y está compuesta por tres herramientas fundamentales que permiten su correcto funcionamiento (Santiago, 2005):

- **ArcMap:** Es una aplicación de escritorio desarrollada para crear, editar, visualizar o analizar datos espaciales, búsquedas estadísticas y geográficas, además de output (mapas impresos).
- **ArcCatalog:** Herramienta para organizar y documentar los datos geográficos (metadata), es decir, su funcionalidad principal es la edición y creación de metadatos, mismos que proporcionan información sobre la calidad, el contenido y la fuente de los datos, lo que facilita su comprensión y uso por parte de otros usuarios.

- **ArcToolbox:** Este componente se usa para el geoprocesamiento, es decir cuando se desea combinar capas de información, manipular los datos de definición y transformar los sistemas de coordenadas, y otros. Además, contiene herramientas organizadas acorde a su funcionalidad como conversión de datos, geoprocesamientos, análisis, gestión de datos, cartografías, etc.

2.2.5. Frecuencia

La frecuencia se define como un “atributo, que puede identificarse mejor como frecuencia de servicio, se mide al registrar la cantidad de vehículos que pasan por un punto dado o una sección de la ruta, en cierto periodo o intervalo de tiempo específico” (Islas y Lelis, 2008, p. 47). En el ámbito del transporte la frecuencia se refiere a la cantidad de veces que un servicio de transporte, como autobuses, trenes, aviones o barcos, realiza un viaje o recorrido en un período de tiempo determinado. Esta frecuencia puede variar según el modo de transporte, la ruta específica y la demanda de los usuarios.

2.2.5.1. Intervalo de tiempo

Es el periodo de tiempo que transcurre entre cada servicio de transporte. Un intervalo de tiempo corto significa que los servicios de transporte están disponibles con mayor frecuencia, lo que aumenta la accesibilidad y la conveniencia del transporte. Por otro lado, un intervalo de tiempo largo significa que los servicios de transporte están disponibles con menos frecuencia, lo que puede disminuir la accesibilidad y la conveniencia del transporte.

Este lapso de tiempo es fundamental para los usuarios, puesto que les permite planificar sus desplazamientos y minimizar el tiempo de espera. También es relevante para la planificación y gestión del sistema de transporte, debido a que, influye en la capacidad de transporte, la satisfacción de los usuarios y la eficiencia operativa.

2.2.5.2. Capacidad de transporte

De acuerdo con la conceptualización otorgada por los autores Islas y Lelis (2008), se determina a la capacidad de transporte como aquella cantidad de usuarios e individuos que pueden ser atendidos. Sin embargo, cuando se refiere a la atención de su dimensión física, un sistema cuenta con una cantidad determinada de plazas o de espacio factible de ser ocupado como máximo en un momento determinado.

Es importante destacar que la capacidad de transporte es un factor clave en la planificación y gestión de los sistemas de transporte debido a que, permite a los responsables de la toma de decisiones anticipar las necesidades futuras, identificar posibles cuellos de botella y diseñar estrategias para mejorar la capacidad y eficiencia del sistema.

2.2.5.3. Planificación del transporte

Desde el punto de vista de Allen-Monge (2011), la planificación de transporte se define como: “Un proyecto que estudia demandas presentes y futuras de movilidad de personas y material. Estos proyectos están precedidos por estudios de movimientos y necesariamente involucran a los diferentes medios de transporte” (p. 2).

La planificación adecuada del transporte permite optimizar el uso de los recursos disponibles y garantizar una operación eficiente del sistema de transporte, esto incluye la planificación de rutas, horarios y modos de transporte, de manera que se minimicen los tiempos de viaje y se maximice la capacidad de transporte. Es fundamental señalar que esta característica implica la coordinación entre diferentes actores, como autoridades de transporte, planificadores urbanos, empresas de transporte y usuarios.

2.3. Modelo de Transporte

Un modelo de transporte es un tipo de problema de optimización de transporte el cual se basa en reducir los costos de distribución de bienes o personas sujetas a una serie de restricciones que restringen el área de las posibles soluciones, en general estos problemas de transporte son llamados problemas de optimización compuesto porque contiene variables de decisión discretas (Rosero, 2017).

2.3.1. Problema de ruteo de vehículos

El problema de enrutamiento de vehículos también conocido por sus siglas como VRP (Vehicle Routing Problem) es un término que hace referencia a todos aquellos problemas que requieren la asistencia a los lugares de los clientes a través de vehículos (Bernal et al., 2013).

El VRP cuenta con una taxonomía a partir de las características de los tipos de estudios y problemas, así las características de información y de los datos, tal y como se muestra en la siguiente ilustración (Arévalo & Rojas, 2019).

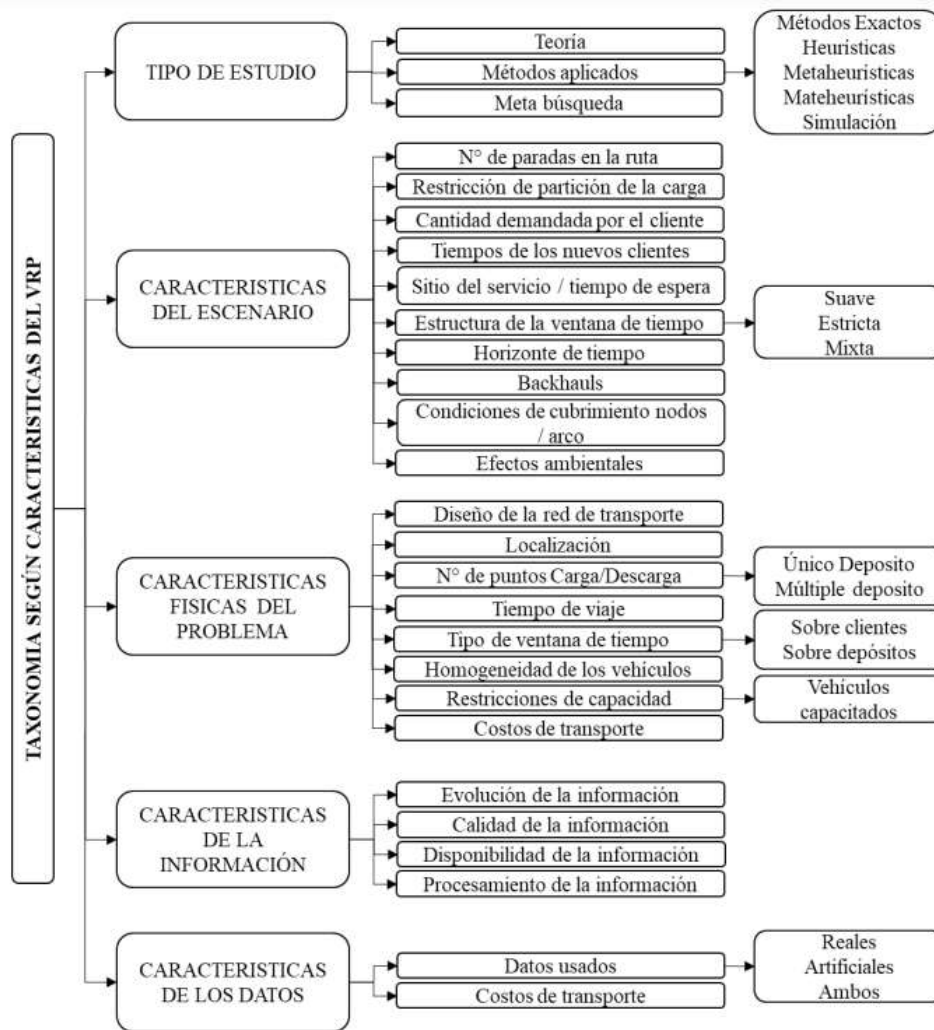


Ilustración 2-3: Taxonomía VRP.

Fuente: Arévalo, 2019.

2.3.1.1. *Uso del VRP*

Se puede obtener la resolución del VRP desarrollado mediante varios softwares de ruteo, sin embargo, según (Erdoğan, 2017), la herramienta de Excel es uno de los softwares para la realización de estudios cuantitativos. Razón por la cual el creador Gunes Erdoğan desarrolla el SpreadSheet Solver del software Excel, a través del lenguaje de programación Visual Basic for applications (VBA), el mismo que puede resolver más de 64 tipos de estudios del VRP.

Este aplicativo creado está formado por seis hojas de cálculo de Excel: VRP Console, Localización, Distancias, Vehículos, Solución y Visualización, estas seis hojas están entrelazadas ya que una depende de la otra.

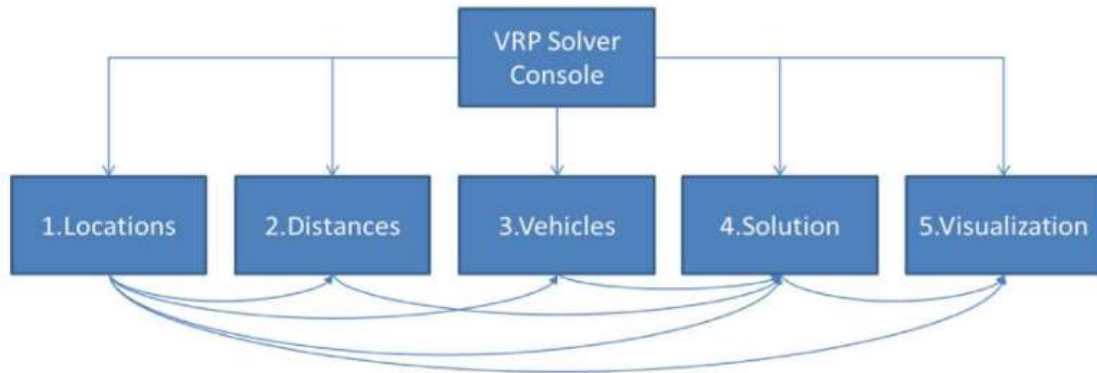


Ilustración 2-4: Consola VRP.

Fuente: Erdoğan, 2017.

2.3.1.2. Fórmula matemática del VRP SpreadSheet Solver

La formulación matemática brindada por el creador del aplicativo se define de la siguiente manera:

➤ ÍNDICES Y NOTACIONES

VD : Conjunto de vértices para almacenar los depósitos

VC : para contener al conjunto de clientes

$VM \subseteq VC$: Clientes que deben ser visitados

K : Conjunto de vehículos disponibles

VD : el trabajo de hora de inicio del vehículo

➤ PARÁMETROS

▪ Vehículos

$o K$: Depósito de origen vehículo

$T K$: Hora de Inicio de trabajo del vehículo

$F K$: Costo Fijo del Vehículo

$Q K$: Capacidad

$D K$: Límite de kilómetros o distancia a recorrer

DK : Tiempo máximo de conducción

WK : Tiempo máximo de trabajo

$r K$: Depósito de retorno del vehículo

$d_{i,j}$: Tiempo de conducción entre clientes visitados

$c_{i,j k}$: Costo del uso por recorrido en el arco i ,

- Restricciones

Ω : Vehículo retorna al depósito 1 si, 0 no.

β : si se presenta alguna otra restricción de tipo backhaul.

ϕ : si existe violación en la ventana de tiempo.

Π : Costo de penalización por violación de ventana TW

- Variables de Decisión

$x_{i,j}^k$: El vehículo K usa el RCO i, j? (0,1)

y_i^k : El vehículo K visita al cliente? (0,1)

$z_{i,j}^k$: Cantidad entregada en el arco i, j

t_i^k : Tiempo en el que el vehículo K llega al cliente i.

v_i : Tiempo de violación en la ventana de Tiempo.

➤ FORMULACIÓN GENERAL

$$\text{MAXIMIZE } \sum_{i \in V_c} \sum_{k \in K} P_i y_i^k - \sum_{(i,j) \in A} \sum_{k \in K} c_{ij}^k x_{ij}^k - \sum_{j \in V_c} \sum_{k \in K} f^k x_{o^k,j}^k - \pi \sum_{i \in V} V_i \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k \in K} y_i^k = 1 \quad \forall i \in V_M \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} y_i^k \leq 1 \quad \forall i \in V_c \setminus V_M \quad (3)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ij}^k \leq \sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ij}^k \quad \forall j \in V_c, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{p \in S, q \in V \setminus S} x_{pq}^k \geq y_i^k \quad \forall j \in V_c, k \in K, S \subset V: o^k \in S, i \in V \setminus S \quad (5)$$

$$\sum_{p \in S, q \in V \setminus S} x_{pq}^k \geq \Omega y_i^k \quad \forall i \in V_c, k \in K, S \subset V: i \in S, r^k \in V \setminus S \quad (6)$$

$$\sum_{j \in V_c} x_{o^k,j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{k \in K} x_{ij}^k \leq 1 - \beta \quad \forall (i,j) \in A: q_i > 0 \text{ y } \hat{q}_j > 0 \quad (8)$$

$$\sum_{i \in V \setminus \{i\}} w_{ij}^k - \sum_{j \in V \setminus \{i\}} w_{ji}^k = q_i y_j^k \quad \forall k \in K \quad (9)$$

$$\sum_{i \in V_c} W_{i,r}^k = \sum_{j \in V_c} q_j y_j^k \quad \forall k \in K \quad (10)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} z_{ji}^k - \sum_{j \in V \setminus \{i\}} z_{ij}^k = \hat{q}_i y_i^k \quad \forall i \in V_c, k \in K \quad (11)$$

$$\sum_{i \in V_c} z_{o^k,j}^k = \sum_{i \in V_c} z_{ij}^k = \hat{q}_i y_i^k \quad \forall k \in K \quad (12)$$

$$t_i^k + (d_{ij} + s_i)x_{ij}^k - W^k(1 - x_{ij}^k) \leq t_j^k \quad \forall (i, j) \in A: j \in V_c, k \in K \quad (13)$$

$$a_i \leq t_i^k \leq b_i - s_i + V_i \quad \forall i \in V_c, k \in K \quad (14)$$

$$V_i \leq M\phi \quad \forall i \in V_c \quad (15)$$

$$t_{o^k}^k = \tau^k \quad \forall k \in K \quad (16)$$

$$t_i^k + (s_i + \hat{d}_{ij})x_{i,j}^k \leq b_{r,k} + V_{r,k} + M(1 - \Omega) \quad \forall (i, j) \in A: i \in V_c, k \in K \quad (17)$$

$$w_{ij}^k + z_{ij}^k \leq Q^k x_{ij}^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (18)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} d_{ij} x_{ij}^k \leq D^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (19)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} \hat{d}_{ij} x_{ij}^k \leq \bar{D}^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (20)$$

$$\sum_{i \in V_c} s_i y_i^k + \sum_{(i,j) \in A} \hat{d}_{ij} x_{ij}^k \leq W^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (21)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\} \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (22)$$

$$y_i^k \in \{0,1\} \quad \forall i \in V_c, k \in K \quad (23)$$

$$V_i \geq 0 \quad \forall i \in V_c \quad (24)$$

$$w_{ij}^k \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (25)$$

$$z_{ij}^k \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (26)$$

El objetivo de la fórmula general (1) es maximizar el beneficio total, misma que está sujeta a una serie de restricciones claras, Estas restricciones o condiciones (2) y (3) define las reglas para la asistencia de los vehículos a cada uno de los clientes. La restricción (4) verifica el flujo en la red y define las ocasiones en las que el vehículo no necesitará retornar a su depósito o punto de partida. En la restricción (5) se establece una conexión entre el depósito del vehículo y el número de clientes visitados por el mismo, por otro lado, en la condición (6) se determina el retorno del vehículo al depósito. El uso único de cada se define en la restricción (7). La conservación del producto a ser recolectada en cada cliente se lo realiza a través de las restricciones (8) y (9), mientras que las condiciones (10) y (11) se le aplica al mismo vehículo, pero para el caso de entrega de productos. La condición (13) establece las ventanas de tiempo de los vehículos, así como los límites de tiempo en cada cliente. La variable de cuenta por violación se introduce en las restricciones (14) y (15). Las restricciones (16) y (17) determinan el inicio del tiempo de trabajo para el vehículo k y asegurando su retorno al depósito según sea necesario. La restricción (18) garantiza que se respete la capacidad máxima del vehículo. Las restricciones (19) a (21) especifican la distancia, tiempo conducido y límites de tiempo de trabajo para cada vehículo, respectivamente. Por último, las restricciones (22) a (26) son restricciones de integridad y no de negatividad. (Erdoğan, 2017)

2.4. Marco Legal

La Constitución de la República del Ecuador (2018) reconoce el derecho de las personas a: vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Art. 14). Dentro del mismo marco constitucional en el artículo 415 establece que “Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, Art. 415). Lo que garantiza que el gobierno autónomo descentralizado de Ambato planifique la recolección de desechos sólidos tanto en la zona urbana como en la zona rural.

Otro aspecto legal a tomar en cuenta para la recolección de desechos sólidos se menciona en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), donde sus artículos nos manifiestan lo siguiente:

El Art. 55.- Establece las competencias exclusivas de los GADM, donde nos menciona acerca de “Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley” (COOTAD, 2010).

El reglamento para la prestación del servicio público de gestión integral de desechos sólidos en el cantón Ambato (2013), establece:

Art. 5.- Los desechos sólidos que sean depositados en la vía pública o en los sitios de recolección designados por las autoridades correspondientes serán de propiedad de la EMP-GIDSA.

Art. 9.- El barrido de vías y espacios públicos se lo realizará por medio del personal de la EPM-GIDSA directamente o por medio de prestadores del servicio.

Art. 19.- Ninguna persona podrá dedicarse a la recolección y aprovechamiento de los desechos sólidos, sin previa autorización de la EPM-GIDSA.

Art. 27.- La EMPM-GIDSA directamente o por contratación de un tercero colocará técnicamente los contenedores considerando la densidad poblacional y su posibilidad de recolección en lugares de fácil acceso para la ciudadanía.

2.5. Idea a defender

¿La implementación de rutas y frecuencias óptimas en la recolección de desechos sólidos, ayudará al fortalecimiento del servicio en el caso urbano del cantón Ambato?

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación:

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que se trabajó con fichas de observación que permitieron recoger y analizar datos sobre las rutas actuales en la recolección de los desechos sólidos y los parámetros asociados a este proceso.

3.2. Nivel de Investigación:

3.2.1. *Exploratorio*

La investigación exploratoria consiste en proveer una referencia general de la temática, a menudo desconocida, presente en la investigación a realizar. (Morales, 2015)

Mediante este nivel de investigación se realizará el levantamiento de información adecuado del servicio de recolección de desechos sólidos en el casco urbano del Cantón Ambato brindado por la empresa pública municipal para la gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato, cuyos resultados permite tener un enfoque claro de la situación actual que permitirá realizar cambios adecuados, beneficiando a la población del área urbana.

3.2.2. *Descriptivo*

El objetivo de este nivel de investigación es describir la naturaleza de un segmento demográfico, sin centrarse en las razones por las que se produce un determinado fenómeno. Además, busca especificar propiedades y características importantes del fenómeno o problema que se analice sin manipular las variables de estudio. Para la presente investigación este alcance se evidencia en la recopilación, organización y presentación de los datos sobre la situación actual de la empresa GIDSA en lo que compete la recolección de residuos sólidos dentro del casco urbano de la ciudad de Ambato, esto servirá como base sólida para proponer mejoras y optimizaciones.

3.3. Métodos técnicas e instrumentos:

3.3.1. Métodos

3.3.1.1. Método deductivo

Este método generará un análisis que parte de lo general a lo particular, haciendo especial hincapié en la teoría, modelos teóricos, explicación y abstracción antes de recoger datos empíricos, dentro de un procedimiento lógico, ordenado para comprender y alcanzar un conocimiento claro del problema.

3.3.1.2. Método Inductivo

El método inductivo permite respetar el marco teórico a la hora de cumplir con las condiciones necesarias para la investigación.

3.3.2. Técnicas

3.3.2.1. Observación directa

Esta técnica de investigación permite observar los hechos del caso en estudio, haciendo posible la recolección de información y datos necesarios de una manera directa.

Se realizará en todas las calles que conforman las rutas donde están situados los contenedores de recolección de residuos sólidos, así como el centro de depósito, registrando estas situaciones a través de fotografías, permitiendo tomar decisiones para el presente estudio.

3.3.3. Instrumentos

3.3.3.1. Fichas de observación

La ficha de observación estará diseñada con una estructura que permita recopilar la información relevante y real que se consiga durante el proceso de recolección a fin de que se pueda instaurar una base de datos con la cual se pueda seguir realizando estudios. La misma que se evidencia en el anexo A.

3.3.4. *Diseño de investigación*

3.3.4.1. *No experimental*

El presente trabajo investigativo es de tipo no experimental debido a que no se realizara experimentos de laboratorio ni simulaciones para probar el problema.

3.3.5. *Tipo de investigación*

3.3.5.1. *De campo*

La investigación se realizará un trabajo de campo el cual se basa en la observación y en el estudio sistemático del comportamiento que tiene un hecho con el objetivo de obtener datos, el presente estudio se centrará en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

El presente trabajo de investigación fue particularmente de campo, debido a que toda la información fue obtenida en el casco urbano del cantón Ambato, lugar por donde es realizada actualmente la recolección de desechos sólidos, con el objetivo de conocer las ubicaciones exactas de cada contenedor y conocer la calidad del servicio.

3.3.5.2. *Bibliográfica – Documental*

De acuerdo con Hernández et al. (2016), la investigación documental consiste en la recopilación y selección de información que parten de otros conocimientos con el objetivo de obtener información relevante para un estudio determinado. Esto ayudó al desarrollo de los antecedentes y el marco teórico, con el fin de adquirir aportaciones de diferentes autores expertos en el tema, que con sus contribuciones académicas y científicas proporcionaron una base sólida para el desarrollo y la construcción de la presente investigación.

3.3.6. *Población y Muestra*

3.3.6.1. *Población*

Como población general se le tomará al número total de contenedores recogidos en todas las rutas dentro del casco urbano, los mismos que son en total 741. Se las agrupa mediante las parroquias que son cubiertas por los recorridos predefinidos de la empresa GIDSA, dado que se verán beneficiadas mediante la optimización de rutas para lograr una recolección de residuos más eficiente.

Se las puede clasificar de manera macro mediante las rutas y de manera micro por medio de las parroquias que son cubiertas y el respectivo número de contenedores que son atendidos:

Tabla 3-1: Número de contenedores por ruta

RUTA	PARROQUIAS	NÚMERO DE CONTENEDORES
CASCO CENTRAL A	La Merced, San Francisco	86
CASCO CENTRAL B	San Francisco, La Matriz	94
CASIGANA	La Matriz, Huachi Chico	114
MIÑARICA	Huachi Chico	107
UNIVERSIDAD	Celiano Monge	102
FICOA	Atocha Ficoa	118
INGAHURCO	La Merced, La Península	120

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Cabe señalar que existen rutas que abarcan las mismas parroquias, esto debido a que ocupan un gran territorio dentro del casco urbano, este factor imposibilita que solo un vehículo dentro de su ruta logre recoger todos los desechos producidos y consiga brindar un servicio óptimo de recolección.

3.3.6.2. Muestra

Esta investigación tiene una muestra probabilística debido a que se utilizó una formula estadística o probabilística para adquirir el número de muestreo.

La muestra es la siguiente:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2(N - 1) + (Z^2 * p * q)}$$

Donde:

N= Tamaño de la población

Z= Nivel de confianza (95% = 1,96)

p= Probabilidad positiva

q= Probabilidad negativa (1-p)

e= Margen de error (5% = 0,05)

$$n = \frac{741 * 1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5)}{0,05^2(741 - 1) + (1,96^2 * 0,5 * (1 - 0,5))}$$

$$n = 254$$

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la Situación Actual

Previo a la ejecución de este trabajo investigativo se ha recopilado información de fuentes confiables y fidedignas, con la finalidad de diagnosticar la situación actual en la que se encuentra la zona de estudio misma que abarca el Casco Urbano del Cantón Ambato:

4.1.1. Situación Geográfica

4.1.1.1. Ubicación Geográfica

El cantón Ambato se encuentra ubicado en el centro del Ecuador, en los Andes, a 2.600 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar), sus coordenadas son $1^{\circ}14'30''S$ $78^{\circ}37'11''O$. Además, es la capital de la provincia de Tungurahua y se sitúa aproximadamente a 151 km al sur de Quito.

4.1.1.2. Limite

Norte: Provincia de Cotopaxi.

Sur: Provincia de Chimborazo

Este: Cantón Pelileo y Píllaro

Oeste: Provincia de Bolívar.

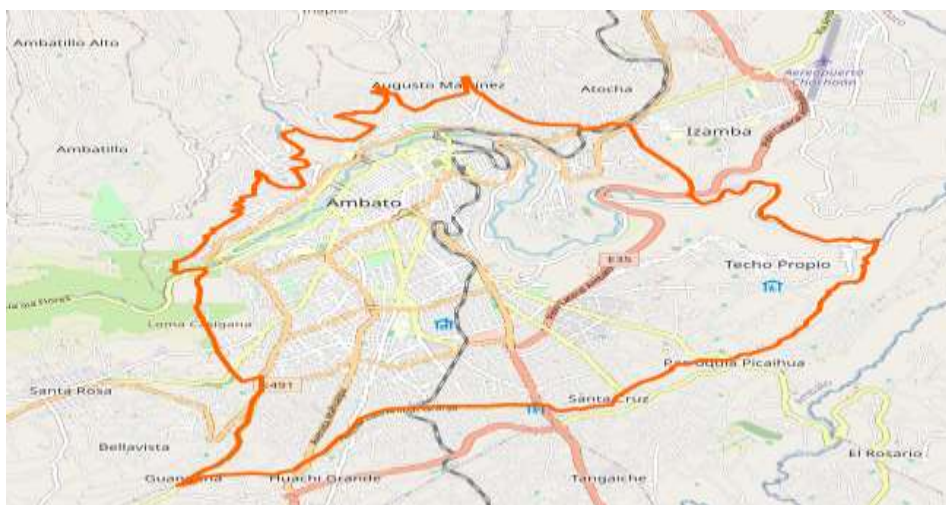


Ilustración 4-1: Mapa del cantón Ambato

Fuente: Open Street Maps 2023.

4.1.1.3. *División Política*

▪ **Parroquias Urbanas:**

- Atocha
- Celiano Monge
- Ficoa
- Huachi Chico
- Huachi Loreto
- La Matriz
- La Merced
- Pishilata
- San Francisco
- La Península

▪ **Parroquias Rurales:**

- Ambatillo
- Atahualpa
- Augusto Martínez
- Constantino Fernández
- Cunchibamba
- Huachi Grande
- Izamba
- Juan B. Vela
- Montalvo
- Pasa
- Picaihua
- Pilahuin
- Quisapincha
- San Bartolomé de Pinllo
- San Fernando
- Santa Rosa
- Totoras
- Unamuncho

La zona de estudio de la presente investigación se centra en el caso urbano del cantón Ambato, por ende, comprende las parroquias urbanas de este cantón.

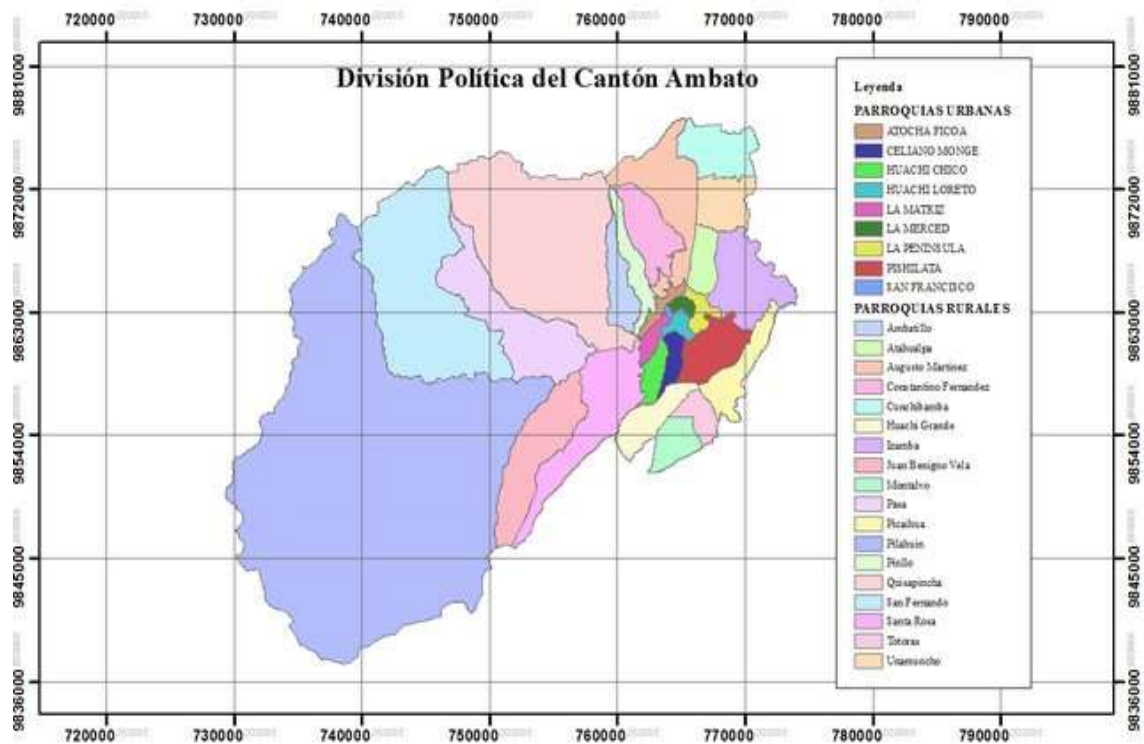


Ilustración 4-2: División política del cantón Ambato

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, 2023.

4.1.2. *Situación actual de la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato*

La zona de estudio cubre las parroquias urbanas del cantón, dado que la recolección de residuos en las parroquias rurales esta concesionada a la empresa GLOBALPARTS, mediante la Asociación Público-Privada GIDSAGP. Es importante mencionar que la empresa GIDSA, está situada en la parroquia de Izamba, en las calles Cesar Augusto Salazar y José Cobo.

La empresa maneja un modelo de gestión de residuos y desechos sólidos, el cual cuenta con 9 diferentes fases, este proceso da inicio con “Separación en la fuente” y finalizan con la “Disposición final”. A continuación, para un mayor entendimiento se presenta un diagrama de flujo en donde se plasma las diferentes fases de este proceso (Empresa Pública Municipal GIDSA, 2021):

Diagrama de flujo de las fases modelo de gestión de residuos y desechos sólidos.

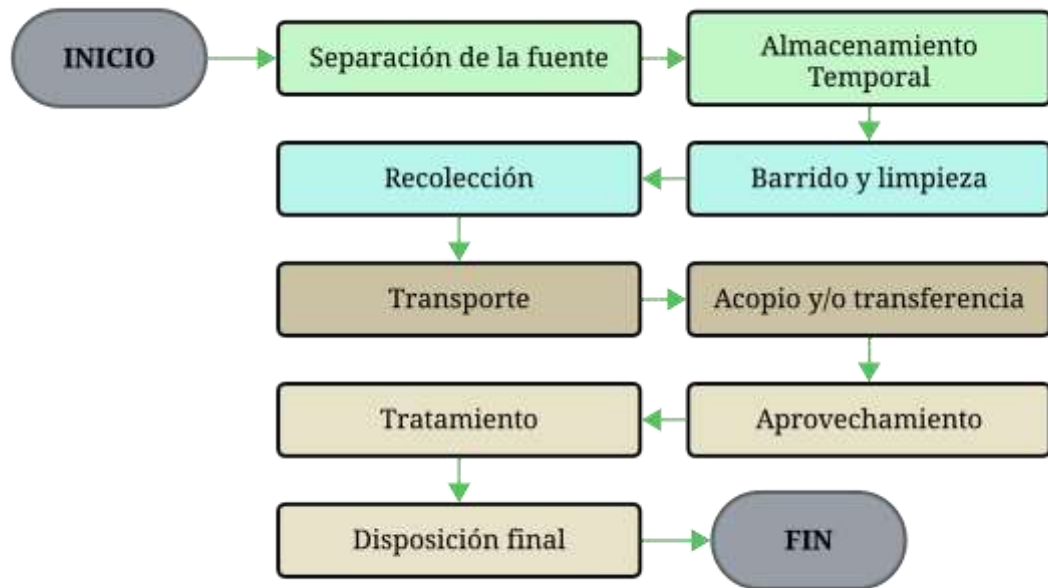


Ilustración 4-3: Flujograma

Fuente: GIDSA, 2023.

Es importante señalar que para que este proceso sea exitoso, cada una de las fases descritas anteriormente en el diagrama de flujo cumplen una función esencial dentro del modelo de gestión de residuos y desechos sólidos:

- **Separación en la fuente:** está a cargo de los pobladores que desechan sus residuos en diferentes fundas plásticas que luego serán arrojadas en los contenedores para que sean recogidos por los vehículos de correspondientes.
- **Almacenamiento Temporal:** como la palabra lo indica, los residuos son almacenados de manera provisional en los diversos contenedores que están ubicados en todo el catón de Ambato.
- **Barrido y limpieza:** se realiza en dos diferentes mecanismos:
 - Barrido manual
 - Barrido mecánico
- **Recolección:** la ejecución de esta fase de acogerse a las disposiciones establecidas como las rutas, horarios y frecuencias.
- **Transporte:** los residuos son movilizados a través de la flota vehicular disponible en la EPM-GIDSA.

- **Acopio y/o transferencia:** actualmente el cantón no dispone de instalaciones para realizar esta fase.
- **Aprovechamiento:** a cargo del Proyecto Reciclaje, se separa los materiales considerados aptos para reciclar.
- **Tratamiento:** la neutralización de los desechos sanitarios es llevado a cabo previamente en la celda de seguridad con cal.
- **Disposición final:** Ambato dispone de dos sitios:
 - Relleno Sanitario Complejo Ambiental Chasinato.
 - Escombrera de Guagrahuayco.

4.1.2.1. Servicios brindados por EPM-GIDSA

De acuerdo con los últimos datos obtenidos de la Empresa Pública Municipal GIDSA (2023) existen varios servicios que la empresa ofrece a los ciudadanos, mismos que serán detallados a continuación:

- Limpieza de vías y espacios públicos de forma manual: dispone de 54 rutas de barrido en las vías principales y espacios públicos de la ciudad, según datos de la propia empresa, en lo que va del año 2023 se realizó la limpieza de alrededor de 31.311,54 km de los cuales se ha recolectado aproximadamente 392,21 t de desechos sólidos. Los turnos en los cuales se realiza la limpieza se dividen en 3 jornadas:

Tabla 4-1: Turnos de recolección actuales para carga lateral

TURNO	HORARIO
Madrugada	00:00AM a 8:30AM
Diurno	06:00AM a 14:30PM
Matutino-Vespertino	15:00AM a 23:30PM

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

- Limpieza de vías y espacios públicos de forma mecánica: GIDSA mediante su presentación establece que se han limpiado de esta manera 19.333,60 km y de estos se recogió aproximadamente un total de 214,35 t de desechos sólidos.

- Limpieza de espectáculos públicos y eventos de concentración masiva: en la semana son atendidos bajo este servicio un promedio de 2 eventos; sin embargo, en épocas festivas este número puede llegar a elevarse a 10 eventos por semana, en lo que va del 2023, el servicio se ha brindado a más de 90 espacios.
- Servicio de recolección de desechos sólidos urbanos (DSU): la cobertura en el cantón es de un 96,12%, solo en el área urbana hay un alcance de 99,78% y 84,66% para el área rural. De este servicio se ve beneficiada alrededor de 148.183 familias.
- Servicio de recolección de desechos sólidos comunes:
 - Sistema de carga posterior: divida en 8 zonas con 47 rutas de recolección establecidas, este servicio es brindando de lunes a domingo y beneficia aproximadamente a 28.091 familias.
 - Sistema de carga lateral: divido en 18 zonas de recolección establecidas por la cantidad de personas por metro cuadrado (densidad) en ciertos sectores y la cantidad de desechos que estos producen. Son 120.092 las familias beneficiadas.
- Para este servicio, GIDSA cuenta con 1845 contenedores ubicados en las parroquias urbanas, rurales (12 de las 18) y en áreas consolidadas.
- Servicio de recolección diferenciada desechos hospitalarios: este servicio es prestado a 1480 establecimiento que han sido previamente registrados, mensualmente recolectan un promedio de 21 t de desechos sanitarios.
- Servicio de recolección y disposición final de residuos industriales asimilables a urbanos:
 - Recolección diferenciada: es de carácter especial, brindado a personas naturales o jurídicas que previamente han sido categorizadas por la EPM-GIDSA como mayores productores. Con el vehículo de carga frontal se atiende a 37 establecimientos preparados en 10 rutas.
 - Cajas compactadoras: ubicadas en los principales mercados del área rural y urbana, 5 en total.



Ilustración 4-4: Cajas compactadoras

Fuente: GIDSA, 2021

- Recepción en el relleno sanitario: al lugar ingresan, con previa autorización, 800 establecimientos que trasladan sus desechos por su cuenta. GIDSA recapitula que hasta septiembre del 2023 recibieron de este modo alrededor 502,33 t de desechos sólidos asimilables a urbanos.



Ilustración 4-5: Entrada al relleno sanitario.

Fuente: GIDSA, 2021

- Tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos: actualmente, según datos obtenidos de la empresa, se gestiona un promedio de 300 t de desechos sólidos urbanos en el relleno sanitario.

- Disposición final de escombros: la Escombrera de Guagrahuayco, tiene una capacidad de 569.627.95 m³, al mes el lugar recibe un promedio de 1.593 m³ de materiales que entran en la categoría de escombros.
- Reciclaje para el cantón: los residentes de los barrios son encargados de la separación de los residuos sólidos desde la fuente que posteriormente serán retirados por recicladores base. Los barrios que ejecutan este servicio son:
 - Etapa 1: Atocha, Miraflores y Ficoa.
 - Etapa 2: Juan B. Vela.

4.1.3. *Determinación de las rutas actuales de recolección en el Casco urbano del cantón Ambato a cargo de GIDSA*

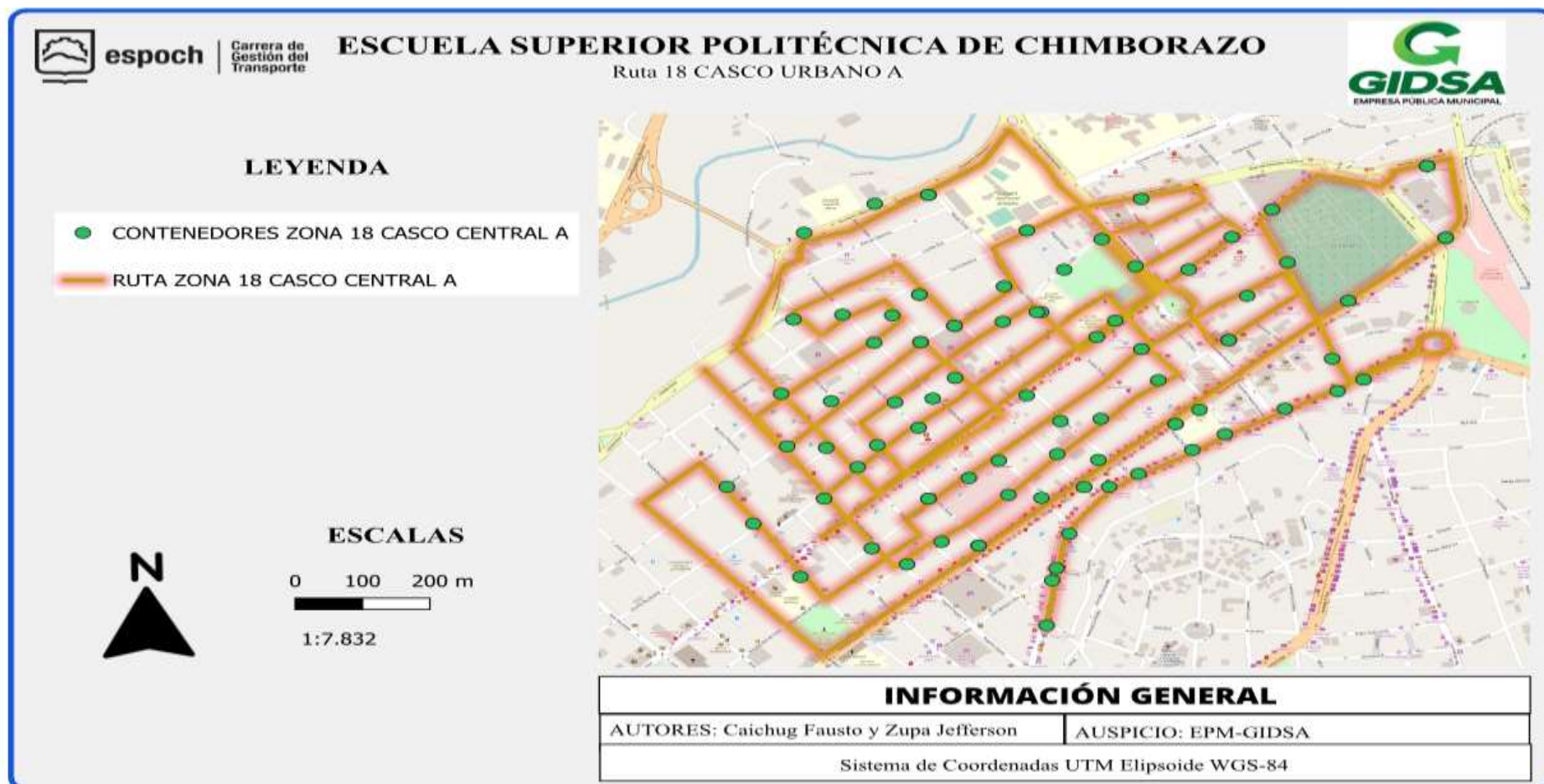


Ilustración 4-6: Casco Central A.

Fuente: GIDSA, 2021.

Tabla 4-2: Información de la zona 18.

ZONA 18 CASCO CENTRAL A	
GESTOR	EPM-GIDSA
PARROQUIA	LA MERCED, SAN FRANCISCO
SECTOR	CEMENTERIO, BARRIO OBRERO, PARQUE CEVALLOS, ESCUELA TERESA FLOR
NÚMERO DE CONTENEDORES	86
KILÓMETROS RECORRIDOS	12,85
MARCA DEL VEHÍCULO	DAF
No. VEHÍCULO	33
CAPACIDAD DEL VEHÍCULO	20 T
CANTIDAD PROMEDIO DE DESECHOS RECOLECTADOS (Toneladas)	24.09 T
FRECUENCIA	LUNES A DOMINGO
HORARIO DE RECOLECCIÓN	00:00 – 08:30
VIAJES AL DÍA	1
PERSONAL	1 OPERADOR; 1 AYUDANTE
CALLES QUE RECORRE: 12 de noviembre – avenida de la Américas – 12 de Noviembre – Abdón Calderón – Simon Bolívar – Av. Gonzales Suarez – Av. Cevallos – Luis Martínez – Araujo – Joaquín Lalama – Antonio José de Sucre – Eloy Alfaro – Darquea – 5 de junio – Primera Imprenta – Eugenio Espejo – Vicente Rocafuerte – 5 de Junio – Darquea – Abdón Calderón – Primera Imprenta – Av. Unidad Nacional – López de Solís – Pedro Carbo – Simon Bolívar – Eugenio Espejo – Araujo – Manuela Gonzales – Garcia Moreno – Constancio Fernandez – Lizardo Ruiz – Joaquín Ayilon – Cuenca – Vargas Torres – Garcia Moreno – Avenida Gonzales Suarez – Pedro Carbo – Pedro Moncayo – Cristóbal Colón – Av. Unidad Nacional – Simón Bolivar – Eloy Alfaro – Lizardo Ruiz – Humberto Albornoz – Av, Unidad Nacional – Simon Bolivar – Vargas Torres – Cristóbal Colón – Tomás Sevilla – Simon Bolivar – Cuenca – Eugenio Espejo.	

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024



esPOCH



Carrera de
Gestión del
Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Ruta 19 CASCO URBANO B



LEYENDA

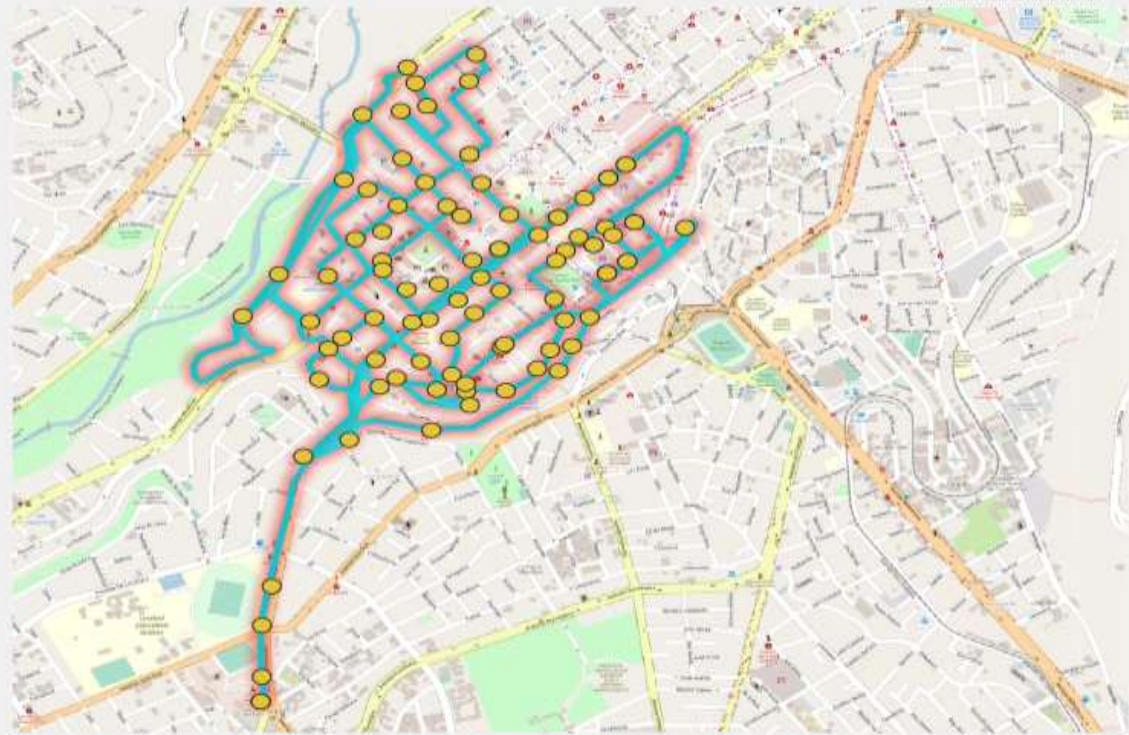
-  CONTENEDORES ZONA 19 CASCO CENTRAL B
-  RUTA ZONA 19 CASCO CENTRAL A

ESCALAS

0 250 500 m



1:14.838



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 4-7: Casco Central B.

Fuente: GIDSA, 2021

Tabla 4-3: Información de la zona 19.

ZONA 19 CASCO CENTRAL B	
GESTOR	EPM-GIDSA
PARROQUIA	SAN FRANCISCO, LA MATRIZ
SECTOR	PARQUE MONTALVO, HOTEL AMBATO, PLAZA URBINA, PARQUE 12 DE NOVIEMBRE
NÚMERO DE CONTENEDORES	94
KILÓMETROS RECORRIDOS	24,06
MARCA DEL VEHÍCULO	DAF
No. VEHÍCULO	32
CAPACIDAD DEL VEHÍCULO	20 T
CANTIDAD PROMEDIO DE DESECHOS RECOLECTADOS (Toneladas)	24.09 T
FRECUENCIA	LUNES A DOMINGO
HORARIO DE RECOLECCIÓN	00:00-08:30
VIAJES AL DÍA	1
PERSONAL	1 OPERADOR; 1 AYUDANTE
CALLES QUE RECORRE: Lizardo Ruiz – Juan Mera – Av. Miraflores – Cactus – Francisco Flor – Juan Berigno – Yahaira – Floreana 1 – Antonio Jose de sucre – Guayaquil – Plaza Urbina – Salinas – Juan Berigno – Guayaqui – Plaza Urbina – Montufar – Jose Juaquin de Olmedo – Juan Leon Mera – 13 de abril – Av. Atahualpa – Yahaira – Av. Cevallos – Vicente Maldonado – 12 de Noviembre – Juan Verigno – Mariano Eugez – 12 de Noviembre – Eugenio Eséjo – Av. De los Andes – 13 de abril – Luis Martinez – Eugenio Espejo – Juan Benignno – Juan Leon Mera – Av. 12 de -Noviembre – Plaza Urbina – Solano – Quito -Juan Benigno Vela – Juan Montalvo – Vicente Rocafuerte – Joaquin Lalama – Araujo – Eugenio Espejo – Garcia aMoreno – Obispo Iturralde – Cuenca – Luis Martinez – Av Cevallos – Quito – Simon Bolivar – Francisco Flor – Perez de Anda – Lizardo Ruiz – Juan león Mera – Simon Bolivar - Quito – Vicente Rocafuerte – Montalvo – Cuenca – Quito – Vicente Rocafuerte – Guayaquil – Av Cevallos – Yahaira – A. Atahualpa.	

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 20



esPOCH | Carrera de Gestión del Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Ruta 20 CASIGANA



LEYENDA

- CONTENEDORES ZONA 20 CASIGANA
- RUTA ZONA 20 CASIGANA



ESCALAS

0 250 500 m



1:21.999,037323



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 4-8: Casigana.

Realizado por: Caichug F., Zupa J.,

Tabla 4-4: Información de la zona 20.

ZONA 20 CASIGANA	
GESTOR	EPM-GIDSA
PARROQUIA	LA MATRIZ, HUACHI CHICO
SECTOR	PARQUE LA CANTERA, COLEGIO INDOAMERICA, COMPLEJO JUDICIAL, REDONDEL HUACHI CHICO, MALL DE LOS ANDES
NÚMERO DE CONTENEDORES	114
KILÓMETROS RECORRIDOS	22,04
MARCA DEL VEHÍCULO	DAF
No. VEHÍCULO	33
CAPACIDAD DEL VEHÍCULO	20 T
CANTIDAD PROMEDIO DE DESECHOS RECOLECTADOS (Toneladas)	17.94 T
FRECUENCIA	LUNES – MIÉRCOLES – VIERNES - DOMINGO
HORARIO DE RECOLECCIÓN	06:00 – 14:30
VIAJES AL DÍA	1
PERSONAL	1 OPERADOR; 1 AYUDANTE
<p>CALLES QUE RECORRE: Av. Manuel Saenz – Azorín – Pasaje Miró – Jacinto Verdagner – Lopez de Ayala – López de Vega – Ganivet – Pío Baroja – Blasco Ibañez – Goya – Lopez de vega – Gómez de Serna – Av. Manuela Sáenz – Av. Antonio Clavijo – Garcilaso de la vega – Calle 13 - Manuel Quintana – Av. Antonio Clavijo – Av. Manuela Sáenz – Pedro Porras – Espinosa Polit – Pedro Bedón – Av. Manuela Sáenz- Pasaje Velastegui - Av. Manuela Sáenz – Medardo Ángle Silva – Gónzalo Zaldumbide – Medardo Angles silva – Av. Jácome Clavijo – Av Atahualpa – Jesus Calle – Noboa y Camaño – Aguilera Malta – Av. Jose Peralta – Humberto Fierro – Noboa y Caamaño – Pareja Diezcaneseco – Av. José Peralta – Av. Manuela Sáenz – Av. Cervantes – Humberto Fierro – Pasaje Varga – Ponpilla Llona – Av. Manuela Sáenz – Av. Cervantes – Av. Jácome Clavijo – Luis Felipe Borja – Capítulos que se le olvidan a cervantes – Av. Atahualpa – Av, Cervantes – Medardo Ángel Silva – Capítulos que se le olvidan a cervantes – Marcos Montalvo – Av. Victor Hugo</p> <p>Marco Montalvo – Rodriguez Labandera – Gira en U en Antonio Borja – Marcos Montalvo – Av. Jácome Clavijo – Gaspar de Villarroel – Jorge Carrera – Marcos Montalvo – Abdelario Moncayo – Remigio Crespo – Celiano Monge – Marcos Montalvo – Aguirre Malta – Av. Victor Hugo.</p>	

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024



esPOCH

Carrera de
Gestión del
Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Ruta 21 MIÑARICA



LEYENDA

- CONTENEDORES ZONA 21 MIÑARICA
- RUTA ZONA 21 MIÑARICA

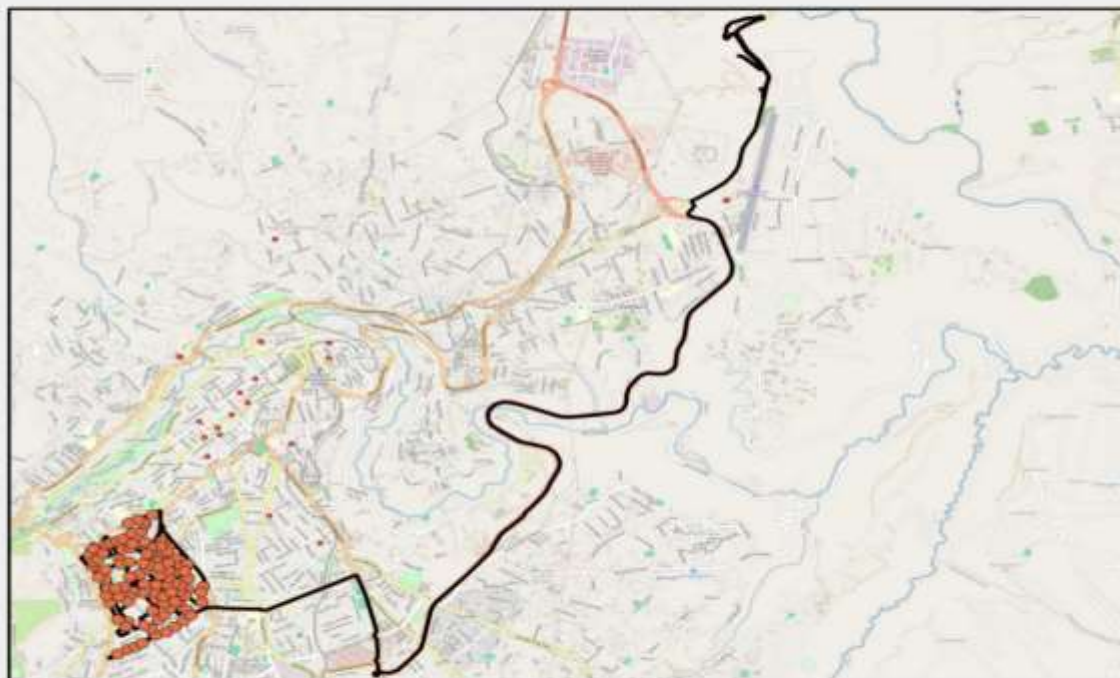


ESCALAS

0 1 2 km



1:69.499,117909



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 4-9: Miñarica.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

Tabla 4-5: Información de la zona 21.

ZONA 21 MIÑARICA	
GESTOR	EPM-GIDSA
PARROQUIA	HUACHI CHICO
SECTOR	CDLA. ESPAÑA, CDLA. OSCUS, UVC, MERCADO SUR, MIÑARICA I, MIÑARICA II
NÚMERO DE CONTENEDORES	107
KILÓMETROS RECORRIDOS	24,35
MARCA DEL VEHÍCULO	DAF
No. VEHÍCULO	32
CAPACIDAD DEL VEHÍCULO	20 T
CANTIDAD PROMEDIO DE DESECHOS RECOLECTADOS (Toneladas)	20.34 T
FRECUENCIA	LUNES – MIÉRCOLES – VIERNES – SÁBADO - DOMINGO
HORARIO DE RECOLECCIÓN	00:00 – 08:30
VIAJES AL DÍA	1
PERSONAL	1 OPERADOR; 1 AYUDANTE
CALLES QUE RECORRE: Av. Quis – Toledo – Vigo – Av. Quis – Av. Atahualpa- Av. Antonio Clavijo- Cádiz – s/n – Barcelona – Sergio – Cesar Silva - Balarezo Moncayo – Alcedo y Bejarano – Augusto Villacres – Rodrigo Vela – Cesar Silva – Sergio Nuñez – Av. Antonio Clavijo – Juan Francisco Montalvo – Av. Atahualpa – Marcos Montalvo – German Chacon – Teofilo Lopez – Gustavo Equez – Manuel Isaías Sanchez – German Chacon – Acosta Solis – Av. Victor Hugo – Av. Manuela Sáenz – Av Victor Hugo – Av Jácome Clavijo – Rodrigo Vera – Victor Manuel – Dario Guevara – Jorge Icaza – Oscar Efrén – Benjamín Carrión – Rodrigo VeraVictor Manuel – Ernesto Miño – Av Antonio Clavijo – Celiano Monge – Agramonte – Mosquera – Bolivar Sevilla – Arturo Borja – Acosta Sóliz – Manuel Isaías – Benjamin Carrión – Luis Almendariz – Gabriel Navarro – Manuel Isaias Sanchez – Bolivar Sevilla – Ernesto Alban Mosquera – Av. Victor Hugo – Av. Bolivariana – Paso Lateral Ambato – Via a pillarlo – Depósito.	

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024



esPOCH

Carrera de
Gestión del
Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Ruta 22 UNIVERSIDAD



LEYENDA

- CONTENEDORES ZONA 22 UNIVERSIDAD
- RUTA ZONA 22 UNIVERSIDAD

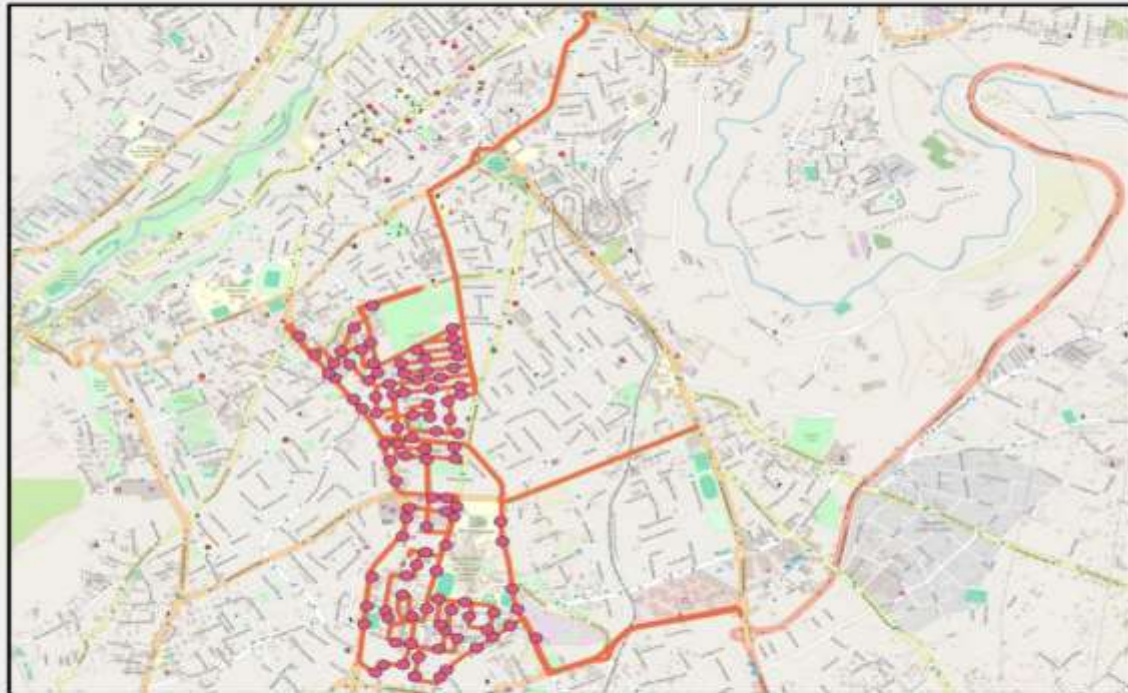


ESCALAS

0 500 1.000 m



1:33.238,056438



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 4-10: Universidad.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

Tabla 4-6: Información de la zona 22.

ZONA 22 UNIVERSIDAD	
GESTOR	EPM-GIDSA
PARROQUIA	CELIANO MONGE
SECTOR	ESTADIO DE HUACHI CHICO, UTA, LA PRADERA, LA PRESIDENCIAL
NÚMERO DE CONTENEDORES	102
KILÓMETROS RECORRIDOS	30,13
MARCA DEL VEHÍCULO	DAF
No. VEHÍCULO	34
CAPACIDAD DEL VEHÍCULO	20 T
CANTIDAD PROMEDIO DE DESECHOS RECOLECTADOS (Toneladas)	17.23 T
FRECUENCIA	LUNES – MARTES – JUEVES - SÁBADO
HORARIO DE RECOLECCIÓN	06:00 – 14:30
VIAJES AL DÍA	1
PERSONAL	1 OPERADOR; 1 AYUDANTE
CALLES QUE RECORRE: Av. de las Américas, Av. Archidona, Av. Quis, Av. Pichincha, Sinchiroca, Manco Capac, Chalco Maita, Condorazo, Av. Pichincha, Duchicela, Roca Inca, Nari Pillahuazo, Av. Pichincha, Daquilema, SN, Diego Noboa, Ramon Roca, Enriquez Gallo, Río Coca, Av. Victor Hugo, Av. los Chasquis, Río Cutuchi, Río Palora, Río Cutuchi, Río Coca, Río Papallacta, Río Misahualli, Río Yanayucu, Río Cosanga, Río Payamino, Río Coca, Av. Jácome Clavijo, Río Cosanga, Segundo Granja, Av. Atahualpa, Río Guayllabamba, Río Coca, Av. los Chasquis, Av. Víctor Hugo, Av. Leónidas Plaza Gutiérrez, Av. los Atis, Av. Julio Jaramillo, Av. Bolivariana, Av. Julio Jaramillo, Av. los Atis, Machangara, Río Daule, Av. los Chasquis, Av. Cervantes, Río Pucahuayco, Río Pachanlica, Río Talantag, Av. Cervantes, Río Misahualli, Río Yanayacu, Av. los Chasquis, Río Cuzutagua, Río Yanayacu, Río Talantag, Río Payamino, Río Guapante, Río Yanayacu, Río Patate, Río Payamino, Av. los Chasquis, Av. Víctor Hugo, Av. Leónidas Plaza Gutiérrez, Av los Atis, Av. Victor Hugo	

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024



esPOCH

Carrera de
Gestión del
Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Ruta 23 FICOA



LEYENDA

- CONTENEDORES ZONA23 FICOA
- RUTA ZONA 23 FICOA



ESCALAS

0 750 1.500 m



1:54.688,09286



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 4-11: Ficoa.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

Tabla 4-7: Información de la zona 23.

ZONA 23 FICOA	
GESTOR	EPM-GIDSA
PARROQUIA	ATOCHA FICOA
SECTOR	ATOCHA, FICOA, MIRAFLORES
NÚMERO DE CONTENEDORES	118
KILÓMETROS RECORRIDOS	29,78
MARCA DEL VEHÍCULO	MERCEDES BENZ
No. VEHÍCULO	29
CAPACIDAD DEL VEHÍCULO	20 T
CANTIDAD PROMEDIO DE DESECHOS RECOLECTADOS (Toneladas)	19.28 T
FRECUENCIA	LUNES – MIÉRCOLES -VIERNES - DOMINGO
HORARIO DE RECOLECCIÓN	15:00-23:30
VIAJES AL DÍA	1
PERSONAL	1 OPERADOR; 1 AYUDANTE
CALLES QUE RECORRE: Vía Ambato - Pillaro, Julio Castillo Jácome, Av. Rodrigo Pachano, El Carrizo, Av. Rodrigo Pachano, Cumandá, Himno Nacional, La Heroína, Virgen del Sol, Av. Rodrigo Pachano, Edmundo Martínez, Av. Los Guaytambos, Av. Rodrigo Pachano, Guayabas, Los Mirabeles, La Delicia, Los Mirabeles, Av. Rodrigo Pachano, Las Tunas, Parque José Cuesta, Av. Rodrigo Pachano, Av. los Guaytambos, Club Tungurahua, Av. los Guaytambos, Las Naranjillas, Las Guanábanas, Las Frambuesas, Av. los Guaytambos, Las Maracuyás, las Guanábanas, Las Cerezas, Av. los Guaytambos, Las Magnolias, Av. los Guaytambos, Av. Miraflores, Olmedo, Av. Miraflores, Las Dalias, Av. Rodrigo Pachano, Las Manzanas, Av. Los Guaytambos, Loas Aguacates, Las Toronjas, Las Mandarinas, Los Limones, Los Higos, Las Limas, Los Capulíes, Los Toctes, Los Caimitos, Las Fresas, Los Toctes, Los Higos, Las Limas, Las Aceitunas, Las Moras, Las Frutas, Los Higos, Los Chamburos, Los Higos, Av. Los Guaytambos, Av. Rodrigo Pachano, Julio Castillo Jacome, Vía Ambato – Pillaro, Relleno Sanitario.	

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024



esPOCH

Carrera de
Gestión del
Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Ruta 29 INGAHURCO



LEYENDA

- CONTENEDORES ZONA 29 INGAHURCO
- RUTA ZONA 29 INGAHURCO

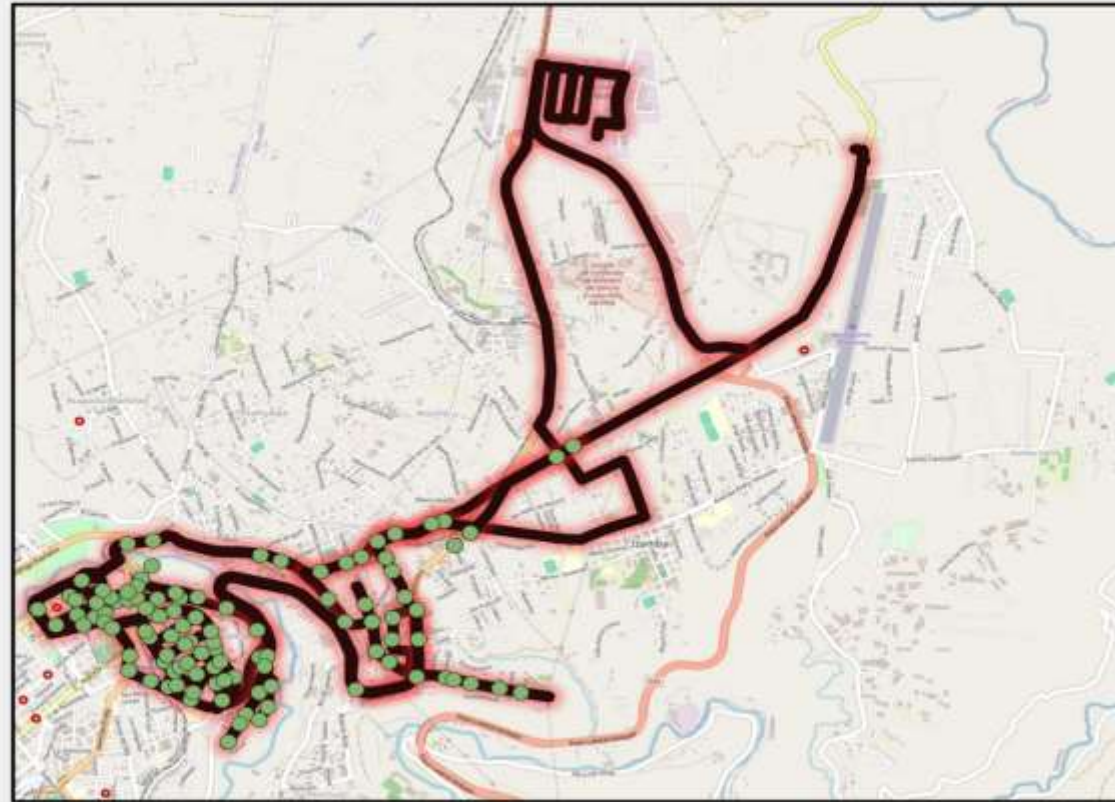


ESCALAS

0 750 1.500 m



1:42.758,088699



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 4-12: Ingahurco.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

Tabla 4-8: Información de la zona 29.

ZONA 29 INGAHURCO	
GESTOR	EPM-GIDSA
PARROQUIA	LA MERCED, LA PENÍNSULA
SECTOR	INGAHURCO, INGAHURCO BAJO, TRES JUANES
NÚMERO DE CONTENEDORES	120
KILÓMETROS RECORRIDOS	46.35
MARCA DEL VEHÍCULO	DAF
No. VEHÍCULO	34
CAPACIDAD DEL VEHÍCULO	20 T
CANTIDAD PROMEDIO DE DESECHOS RECOLECTADOS (Toneladas)	18.99 T
FRECUENCIA	LUNES – MARTES – JUEVES - SÁBADO
HORARIO DE RECOLECCIÓN	15:00-23:30
VIAJES AL DÍA	1
PERSONAL	1 OPERADOR; 1 AYUDANTE
CALLES QUE RECORRE: Paso Lateral Ambato, Av. Indo América, Parque Industrial Ambato, Panamericana Sur, Av. Ido América, Abel Barona, Julio Castillo Jacome, Av. Rodrigo Pachano, Julio Enrique Paredes, Julián Córdova, Av. Unidad Nacional, Av. Pasteur, Cesar Borja, Benjamín Bravo, Av. Pasteur, José Rivera, Julián Coronel, Abel Gilbert, Av. Pasteur, Julio Enrique, Pablo Arturo Suarez, Julio Castillo, Ernesto Bucheli, Emiliano Crespo, Cesar Viteri, Av. Pasteur, Av. Unidad Nacional, Av. Gonzales Suarez, Av. De Las Américas, Colombia, Paraguay, Av. De Las Américas, Av. Gonzales Suarez, Julián Córdova, Julio Enrique Paredes, Av. Rodrigo Pachano, Cartago, Barranquilla, Arica, Paramaribo, Antofagasta, Encarnación, Av. Indoamérica, calle Europa, Italia, Brasilia, Alemania, Suiza, Noruega, Philandia, Austria, Calle Europa, Av. Indoamérica, San Juan, Av. Indoamérica, Maracaibo, Ferrocarriles Del Ecuador, Av. Nassau, Av. Rodrigo Pachano, Av. Pedro Vásquez, Neptalí Sancho, Cesar Augusto, José Cobo, Abel, Barona, Julio Castillo Jacome, Vía Pillarlo – Ambato	

Fuente: GIDSA, 2021.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

4.2. Síntesis de la Problemática

A través de la información recopilada se determinó que en las rutas existentes de recolección en el casco urbano del cantón Ambato, existe una problemática muy particular que se pudo evidenciar el cual se basa en una mala planificación que tienen los conductores al momento de realizar la recolección de residuos, pudiéndose evidenciar que en ciertos tramos los contenedores están mal ubicados, por lo general estos se colocan en el lado derecho de la vía, sin embargo existe un porcentaje de contenedores que están situados al otro lado de la vía, razón por la cual al momento de ejecutar el debido proceso de recolección, los vehículos deben realizar giros innecesarios, estacionar el camión en contra vía, generando así problemas de tráfico, pudiendo ocasionar un accidente de tránsito.

Por otro lado, se evidenció que, en ciertas rutas, los vehículos recolectores recorren tramos innecesarios por la ubicación de los contenedores, generando que el vehículo recorra más kilómetros, lo que se traduce en gastos de tiempo y combustible; es importante destacar que los kilómetros plasmados en cada una de las rutas no están tomando en cuenta la distancia que recorre en ir y volver del relleno sanitario, sino solo la ruta que debe seguir para la recolección de cada uno de los contenedores existentes en la misma.

Dando cumplimiento al segundo objetivo planteado, se evaluó los parámetros que intervienen en el proceso de recolección de cada una de las rutas, los mismo que están dado en función del número de kilómetros recorridos, contenedores atendidos, el tiempo, consumo de combustible y Kilogramos de residuos recolectados.

El consumo de combustible en los vehículos recolectores según información de los conductores de estos vehículos y personal técnico es de 1 galón de diésel por cada 4 kilómetros recorridos, esto se debe a varios factores como la frecuencia de paradas que realizan, la operación de equipos hidráulicos, la carga y el tipo de terreno por el cual realizan el servicio de recolección.

Tabla 4-9: Zona 18 y 19

Ruta	Tiempo Empelado	km Recorridos	Número de ciclos	Contenedores Levantados	Kg Recolectados
CASCO CENTRAL A y B	7 h 30 min	53 km	1	175	12.840.00

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Se evidenció que la recolección en estas dos rutas ya se estaba tomando como una sola ruta, por lo cual, en estas rutas, el vehículo recolector realizó un recorrido de 53 Km en un tiempo de 7 horas con 30 minutos, atendiendo 175 contenedores con una cantidad de 12.840 kilogramos de basura, la cual se realizó en 1 ciclos debido a que el camión que realizó este recorrido tiene una capacidad de 12 toneladas.

En cuanto al combustible, se calcula que hubo un consumo aproximado de 13.25 galones de diésel en los 53 kilómetros recorridos.

Tabla 4-10: Zona 20

Ruta	Tiempo Empleado	km Recorridos	Número de Ciclos	Contenedores Levantados	Kg Recolectados
CASIGANA	8 horas	59 km	1	114	15.360

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

La siguiente ruta se recorrió en 8 horas, la misma que representa un total de 59 Km recorridos con un número de 114 contenedores levantados, representando un total de 15.360 kilogramos de desechos. Tomando en cuenta el análisis de consumo de combustible, se calcula que en todo el trayecto de esta ruta el consumo de combustible fue de 14.75 galones de diésel.

Tabla 4-11: Zona 21

Ruta	Tiempo Empleado	km Recorridos	Número de ciclos	Contenedores Levantados	Kg Recolectados
MIÑARICA	8 horas	66 km	1	100	11.000.00

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

En esta ruta, el vehículo recolector ejecutó un recorrido de 66 Km en un tiempo de 8 horas, atendiendo un total de 100 contenedores, generando una recolección de 11 toneladas en un solo ciclo.

En cuanto al consumo de combustible, en esta ruta se calculó que se consumió aproximadamente 16 galones de diésel en todo el recorrido.

Tabla 4-12: Zona 22

Ruta	Tiempo Empleado	km Recorridos	Número de ciclos	Contenedores Levantados	Kg Recolectados
UNIVERSIDAD	8 horas	62 km	1	104	8.180.00

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

En la ruta llamada Universidad o también denominada Nueva Ambato, se inició el recorrido desde su base y finalizó el mismo en el depósito de basura que tiene la empresa GIDSA; este recorrido tuvo un total de 62 kilómetros recorridos los cuales fueron realizados en 8 horas, tiempo en el cual se ejecutó el levantamiento de 104 contenedores con un total de 8.180 toneladas de desechos recolectados.

En cuanto al consumo de combustible en el recorrido de esta ruta llamada universidad se calculó que hubo un gasto de diésel de 16.4 galones.

Tabla 4-13: Zona 23

Ruta	Tiempo Empleado	km Recorridos	Número de ciclos	Contenedores Levantados	Kg recolectados
FICOA	6 horas	59 km	1	100	10.960.00

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

En la ruta FICOA, se realizó el levantamiento de 100 contenedores en un tiempo de 6 horas; en toda esta ruta el vehículo recorrió 59 km, con una carga de 10.960 toneladas de desechos sólidos recolectados de cada uno de los contenedores levantados.

La distancia recorrida generó un gasto de combustible de 14.75 galones de diésel en toda la ruta de recolección realizada.

Tabla 4-14: Zona 29

Ruta	Tiempo Empleado	km Recorridos	Número de ciclos	Contenedores Levantados	Kg Recolectados
INGAHURCO	7 horas	62 km	1	119	11.410.00

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

En esta ruta, el vehículo recolector realizó un recorrido de 62 Km en un tiempo de 6 horas, tiempo en el cual se atendió 119 contenedores con un tonelaje de basura de 11.410

En cuanto al consumo de combustible, en esta ruta se calcula que se consumió aproximadamente 15.5 galones de diésel.

Al realizar la evaluación de los parámetros, se evidenció que los kilómetros recorridos no coinciden con los proporcionados por la empresa GIDSA, esto se debe a que no se está cumpliendo con la planificación, irrespetando los horarios y frecuencias establecidas, esto genera que en ciertos días haya acumulación de basura con lo cual los vehículos recolectores al realizar el servicio llegan a su capacidad máxima por lo que deben realizar el viaje hacia el depósito final para la descarga de la basura y volver a seguir con la ruta, esto lo hacen una, dos o hasta 3 veces dependiendo el porcentaje de uso de cada contenedor.

Por otro lado otro problema evidenciado en el levantamiento de información en campo, fue que los camiones recolectores de carga lateral de GIDSA en ese momento no estaba ninguno en operación debido a que se encontraban dañados por lo cual esta empresa subcontrató a la empresa GLOBALPARTS para que realice la recolección en estas rutas durante el tiempo que se tome en arreglar sus vehículos, esto es importante recalcar ya que los camiones de GIDSA tienen una capacidad de 20 toneladas y en cambio los camiones de GLOBALPARTS son de 12 toneladas lo que genera que su capacidad sea más limitada y tengan que hacer más de un ciclo para recorrer cada una de las rutas.

Tabla 4-15: Pesos registrados de los camiones en la balanza

PESOS REALES REGISTRADOS DIARIAMENTE EN LA BALANZA DE GIDSA EN LOS ULTIMOS 3 MESES					
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio (3 meses)	Promedio de basura generada diaria (T)
Ruta Casco Central AB (peso en toneladas)					
PESO MENSUAL	751,41	569,66	663,61	661,56	22.05
PROMEDIO POR DÍA DE RECOLECCIÓN	23,48	25,89	22,88	24,09	
Ruta Casigana (Peso en toneladas)					

PESO MENSUAL	370,22	446,23	450,89	422,45	14,06
PROMEDIO POR DÍA DE RECOLECCIÓN	15,16	17,85	20,5	17,84	
Ruta Miñarica (peso en toneladas)					
PESO MENSUAL	94,24	285,61	386,64	255,50	8,5
PROMEDIO POR DÍA DE RECOLECCIÓN	23,56	19,04	18,41	20,34	
Ruta Universidad (peso en toneladas)					
PESO MENSUAL	63,60	212,9	368,83	215,11	7,17
PROMEDIO POR DÍA DE RECOLECCIÓN	15,91	16,37	19,41	17,23	
Ruta Ficoa (peso en toneladas)					
PESO MENSUAL	283,42	290,05	434,04	335,84	11,19
PROMEDIO POR DÍA DE RECOLECCIÓN	16,67	22,31	18,87	19,28	
Ruta Ingahurco (peso en toneladas)					
PESO MENSUAL	266,64	359,6	162,6	262,95	8,76
PROMEDIO POR DÍA DE RECOLECCIÓN	17,77	21,15	18,06	18,99	

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

CAPÍTULO V

5. MARCO PROPOSITIVO

5.1. Título

PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS Y FRECUENCIAS PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CASCO URBANO DEL CANTÓN AMBATO.

5.2. Objetivo general

Mejorar el servicio público mediante una propuesta basada en la optimización de rutas y frecuencias en la recolección de residuos sólidos, con la finalidad de proporcionar un plan que beneficie los recursos y minimice los costos de la EPM-GIDSA.

5.3. Justificación

Posterior a haber recopilado la información necesaria sobre la situación actual que enfrenta el servicio de recolección de desechos sólidos en el casco urbano, se pudo evidenciar que actualmente este servicio presenta ciertos inconvenientes.

La recolección es realizada en cualquier día, a pesar de que se tiene un horario, no existe el cumplimiento del mismo, razón por la cual en algunos casos se ha hecho la recolección en la misma ruta dos veces al día; por ende, el porcentaje de los contenedores en la segunda ocasión no están ni en un 25% de su capacidad, lo que representa gastos innecesarios para la empresa.

Otro de los problemas evidenciados fue que los conductores no cuentan con una planificación de los contenedores en donde tienen que realizar la recolección, en consecuencia, el servicio no cubre en algunos puntos que se requiere atención, en otros casos, los conductores realizan recorridos innecesarios ya que los contenedores se encuentran en ubicaciones innecesarias; además los camiones de la empresa GIDSA no estaban en operación por lo cual en el transcurso de esta investigación esta recolección la estaba realizando los camiones de GLOBALPARTS los cuales tienen una capacidad de 12 toneladas.

Debido a esto se requiere plantear una propuesta de optimización que reduzca los problemas evidenciados en este estudio, brindando un mejor servicio de recolección, satisfaciendo las necesidades de la población y reduciendo costos operativos generados a la empresa.

5.4. Metodología

Para el rediseño de las rutas de recolección se aplicó un lenguaje de programación basado en una heurística ALNS (Adaptive Large Neighborhood Search) la cual está diseñada para la simplificación de modelos respectivamente pequeños que no excedan 200 puntos o clientes ya sea para entrega o recogida de algún artículo conocido en este software como clientes, este lenguaje de programación (VBA) Visual Basic para Aplicaciones ayuda a encontrar una solución a un problema de ruteo que requiere atención.

Sin embargo, las limitaciones de esta herramienta son las siguientes:

1. El número de lugares a visitar o llamados clientes es limitado, es decir permite un límite de 200 clientes.
2. Los costos de transporte son fijos, sin embargo, el problema que requerimos resolver es plantear nuevas rutas para mejorar el servicio.
3. Cada lugar que no sea un Depot puede ser visitado por un solo vehículo, como es en el caso de la recolección de residuos, un solo vehículo realizada el recorrido en un horario establecido, el mismo que debe visitar cada contenedor por una sola vez.

Uno de los principales beneficios que tiene este modelo es que se familiariza con Microsoft Excel debido a que es aquí en donde su modelo ejecuta las acciones y proporciona una solución luego de seguir 6 pasos que se visualizan a continuación:

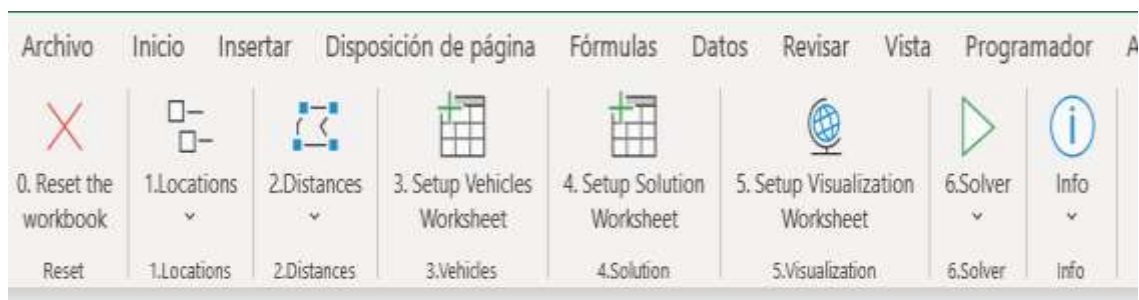


Ilustración 5-1: Cinta de opciones VRP.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

5.4.1. Consola de resolución de VRP (Vehicle Routing Problem)

La introducción gradual de datos comienza en esta hoja de cálculo, donde se configuran varios parámetros, como la licencia de GIS, cantidad de depósitos, número de clientes, tipo de rutas en mapas GIS, cantidad de vehículos, decisión sobre el retorno de los vehículos a los depósitos,

características de la ventana de tiempo, especificación de operaciones de Pick up, y el tiempo de resolución del algoritmo en la unidad de procesamiento central (CPU), entre otros aspectos.

Para el presente estudio se utilizó la siguiente configuración aplicada a cada una de las rutas:

Sequence	Parameter	Value	Remarks
0.Optional - GIS License	Bing Maps Key	AJfD40bWApq1nRRMcy1G5CeN	You can get a free key at https://www.bingmapsportal.com/
1.Locations	Number of depots	1	[1,20]
	Number of customers	100	[5,200]
2.Distances	Distance / duration computation	Bing Maps driving distances (km)	Recommendation: use postcodes for addresses
	Bing Maps route type	Fastest	Recommendation: use Fastest
	Average vehicle speed		Not used for the 'Bing Maps driving distances' options
3.Vehicles	Number of vehicle types	1	Heterogeneous VRP if greater than 1
4.Solution	Vehicles must return to the depot	Yes	Open VRP if no return
	Time window type	Hard	
	Backhauls?	No	If activated, delivery locations must be visited before pickup locations
5.Optional - Visualization	Visualization background	Bing Maps	
	Location labels	Location names	
6.Solver	Warm start?	Yes	
	Show progress on the status bar?	Yes	May slow down the optimization algorithm
	CPU time limit (seconds)	660	Recommendation: At least 660 seconds

Ilustración 5-2: Consola VRP.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

El número de clientes es variable ya que depende del número de contenedores que existe en cada una de las rutas de recolección.

5.4.2. Localización de VRP (Vehicle Routing Problem)

En esta hoja de cálculo se inicia con la digitalización de cada uno de los puntos a atenderse de igual manera de los depósitos al cual el vehículo tendría que llegar, además se georreferencia cada uno de estos lugares, utilizando la latitud y longitud, tiempos de recolección es decir el tiempo en el que empieza a laborar el vehículo y el tiempo final.

En esta misma hoja permite la opción de elegir si el lugar debe ser visitado o no, para cual en este estudio se consideró que todos los contenedores deben ser atendidos, sea cual sea el porcentaje de utilización de cada uno, luego de ellos se debe insertar el tiempo de servicio el cual mediante datos registrados, se tomó que el tiempo promedio de cada vehículo en levantar el contenedor es de 2 minutos; finalmente existen otros espacios que se obviaron debido a que el proceso es netamente de recolección, por lo que de forma natural para todos los clientes se marcó en cero.

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end	Must be visited?	Service time	Pickup amount	Delivery amount	Profit
0	Depot		-1.2572300	-78.6145900	00:00	23:59	Starting location	0:00	0	0	0
1	1		-1.2617880	-78.6287857	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
2	2		-1.2624642	-78.6290006	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
3	3		-1.2632045	-78.6289277	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
4	4		-1.2621238	-78.6302583	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
5	5		-1.2628824	-78.6305450	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
6	6		-1.2640591	-78.6311367	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
7	7		-1.2646279	-78.6304357	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
8	8		-1.2677764	-78.6334235	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
9	9		-1.2695126	-78.6361572	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
10	10		-1.2700939	-78.6371397	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
11	11		-1.2692246	-78.6354430	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
12	12		-1.2687539	-78.6347519	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
13	13		-1.2673868	-78.6323911	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
14	14		-1.2667532	-78.6315804	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
15	15		-1.2659931	-78.6307308	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
16	16		-1.2653326	-78.6299949	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
17	17		-1.2669633	-78.6339903	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
18	18		-1.2658779	-78.6331738	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
19	19		-1.2652988	-78.6325995	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
20	20		-1.2643943	-78.6320076	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
21	21		-1.2636385	-78.6315413	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
22	22		-1.2623596	-78.6311203	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
23	23		-1.2616363	-78.6309772	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
24	24		-1.2607317	-78.6302326	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
25	25		-1.2599281	-78.6312033	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
26	26		-1.2590782	-78.6310424	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0
27	27		-1.2582052	-78.6302000	00:00	23:59	Must be visited	0:02	0	0	0

Ilustración 5-3: Hoja de Localizaciones.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

5.4.3. Distancias de VRP (Vehicle Routing Problem)

From	To	Distance	Duration
Depot	Depot	0.00	0:00
Depot	1	2.65	0:04
Depot	2	2.55	0:04
Depot	3	2.34	0:04
Depot	4	2.86	0:04
Depot	5	2.75	0:04
Depot	6	2.88	0:04
Depot	7	3.78	0:04
Depot	8	3.98	0:04
Depot	9	3.42	0:04
Depot	10	3.38	0:05
Depot	11	3.28	0:05
Depot	12	3.62	0:04
Depot	13	3.76	0:04
Depot	14	3.54	0:04
Depot	15	3.68	0:04
Depot	16	3.12	0:04
Depot	17	3.38	0:04
Depot	18	3.88	0:05
Depot	19	3.78	0:04
Depot	20	3.74	0:05
Depot	21	3.50	0:04
Depot	22	4.18	0:04
Depot	23	3.23	0:05
Depot	24	3.38	0:05
Depot	25	3.34	0:05

Ilustración 5-4: Hoja de Distancias.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

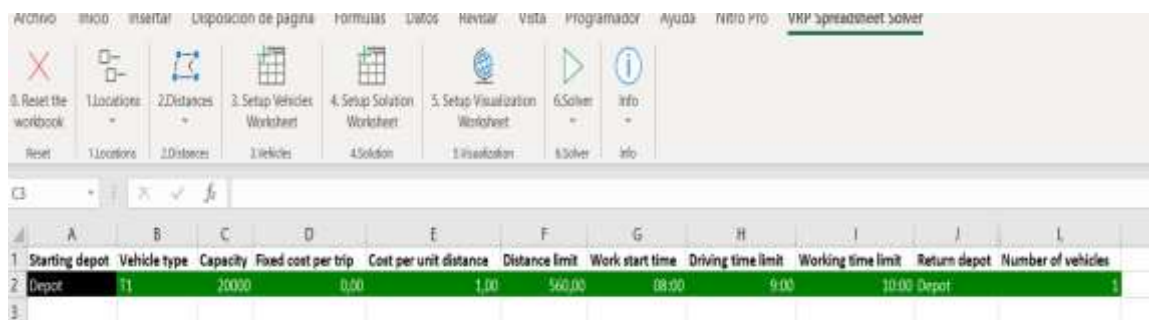
Este paso generado en la hoja de cálculo es automático y se produce como parte de la solución de esta herramienta, en donde se calcula las distancias expresadas en kilómetros de cada una de las combinaciones que tendría un punto al otro, de igual manera se calcula la duración que tendría en

trasladarse de un lugar atendido a otro por atender, en el caso de este trabajo investigativo se utilizó la plataforma de BING MAPS para el cálculo de estas distancias.

El número de combinaciones es variable ya que depende del número de contendores en cada una de las rutas de recolección en estudio.

5.4.4. Vehículos de VRP

El antepenúltimo paso se realizó una parametrización de cada uno de los vehículos que se requiere para el caso en estudio, en este se requirió un solo vehículo para realizar el recorrido, en el cual se especificó su capacidad en metros cúbicos, la máxima distancia es la que el vehículo puede recorrer en un día, además se definió la hora que cada vehículo inicia su recorrido dependiendo del horario que maneje, su tiempo de conducción, el tiempo límite de conducción y finalmente si retorna o no al depósito.



1	Starting depot	Vehicle type	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Return depot	Number of vehicles
2	Depot	T1	20000	0,00	1,00	500,00	08:00	6:00	10:00	Depot	1
3											

Ilustración 5-5: Hoja de características de los vehículos.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

5.4.5. Solución de VRP

Esta hoja de cálculo proporciona la solución del problema que se quiere resolver, en este se muestra el orden que debe seguir de los lugares por atender para minimizar el recorrido, de igual manera nos permite conocer la distancia total recorrida en kilómetros, el tiempo que se toma en recolectar cada contenedor, el tiempo total de trabajo y demás parámetros a tomar en cuenta dependiendo el estudio que se esté realizando.

VRP además integra una opción extra titulado Setup Visualization Worksheet, aquí proporciona un mapa preliminar conectando los puntos en el orden dado para tener la mejor eficiencia, esta conexión de puntos está realiza por el método conocido como “vuelo de ave”, esto quiere decir que no respeta el sentido de las calles o las edificaciones, simplemente une los puntos tal cual sería en un plano cartesiano.

0. Reset the workbook	1. Locations	2. Distances	3. Setup Vehicles Worksheet	4. Setup Solution Worksheet	5. Setup Visualization Worksheet	6. Solver	Info		
Reset	1. Locations	2. Distances	3. Vehicles	4. Solution	5. Visualization	6. Solver	Info		
A1 Total net profit:									
1	Total net profit:	-15,57							
2									
3	Vehicle:	V1	Stops:	102	Net profit:	-15,57			
4	Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
5	0	Depot	0,00	0:00		08:00	0:00	0	0
6	1	Customer 47	2,37	0:04	08:04	08:05	0:05	0	0
7	2	Customer 42	2,52	0:04	08:05	08:06	0:06	0	0
8	3	Customer 44	2,68	0:04	08:06	08:07	0:07	0	0
9	4	Customer 45	2,77	0:04	08:07	08:08	0:08	0	0

Ilustración 5-6: Hoja de Solución.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

5.5. Propuesta de rutas y frecuencias optimizadas

5.5.1. Propuesta de rutas optimizadas

5.5.1.1. Ruta casco Central AB

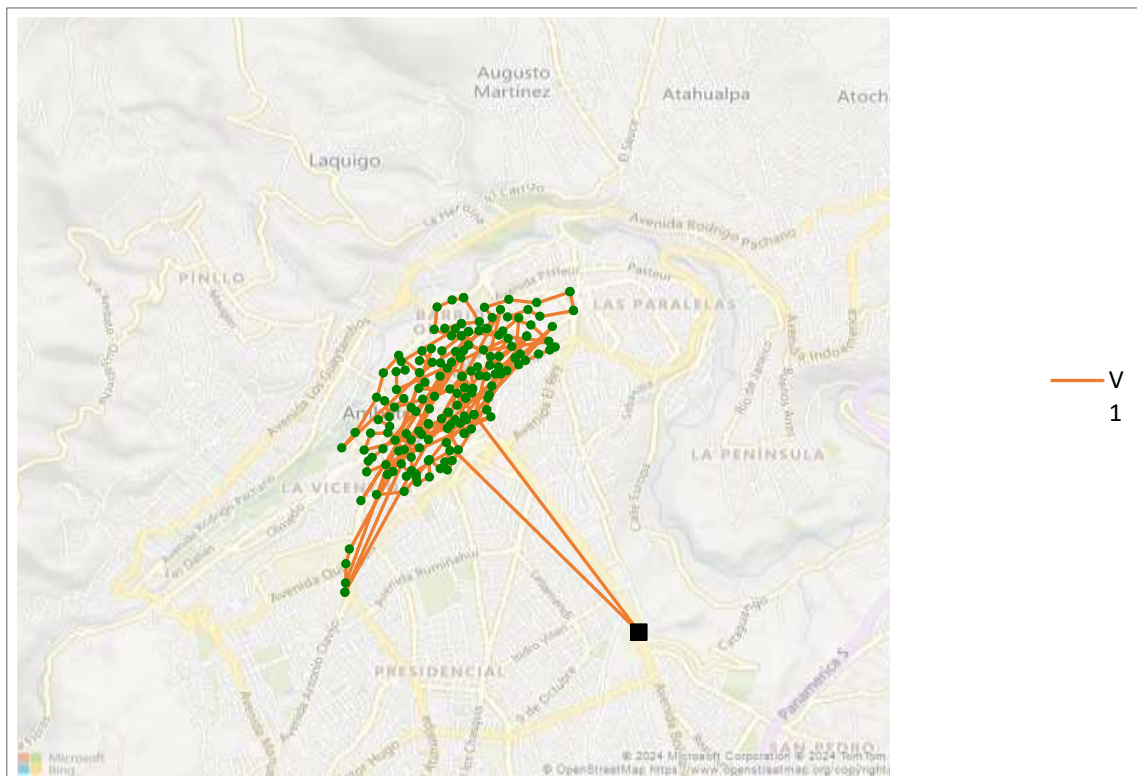


Ilustración 5-7: Ruta estilo vuelo de pájaro Casco Central AB.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024..



Ilustración 5-8: Ruta estilo vuelo de pájaro Casco Central AB.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Tabla 5-1: Resultados de la ruta optimizada casco urbano AB.

RESULTADOS RUTA CASCO CENTRAL AB		
Ruta anterior	Ruta optimizada propuesta	Ahorro
53 km	49,15 km	3,85 km

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

En para el diseño de esta zona se decidió por unir la ruta central A y la ruta central B, debido a que las dos se encuentran en zonas aledañas viendo innecesario que dos vehículos realicen esta ruta. Al utilizar la metodología, la solución que nos arroja es una ruta óptima de 49,15 kilómetros, teniendo un ahorro de 3,85 kilómetros. A su vez el tiempo que se tomará en recorrer esta ruta el vehículo recolector será aproximadamente de 6 horas y 35 minutos, este tiempo será variable dado que en varias ocasiones existirán contenedores que no se recogerán debido al bajo porcentaje en su capacidad.

Calles ruta Casco Central AB: Av. Bolivariana – Eugenio Espejo – Juan Benigno Vela – Mariano Egüés – 12 de noviembre – Marieta de Veintimilla – Luis Martínez – Av. Cevallos – Joaquín Lalama – Avenida – Cevallos – Av. De las Américas – Av. Gonzalo Suarez – 12 de Noviembre – 13 de Abril – Yahurua – Av. Atahualpa – Yahaira – Floreana 1 – Antonio José de Sucre – Francisco Flor – Jose Mejía -José Joaquín de Olmedo – Guayaquil – Plaza Urbina – José Joaquín de Olmedo – Simon Bolívar – Guayaquil – Plaza Urbina – Montufar – Quito – Vicente Rocafuerte – Simon Bolívar – Francisco Flores – Pérez de Anda – Mariano Castillo – Cuenca – Quito – Vicente Rocafuerte – Juan Montalvo – Pérez de Anda – Mariano Casillo – Pasaje Garcés – José Joaquín de Olmedo – Juan Montalvo – Lizardo Ruiz – Juan León Mera – 13 de Abril – José Joaquín de Olmedo – Juan León Mera – 12 de Noviembre – Luís Martínez – Lizardo Ruiz – Obispo Iturralde – Cuenca – Joaquín Mera – Vicente Rocafuerte – Eugenio Espejo – Lizardo Ruiz – Obispo Iturralde – Araujo – Joaquín Lalama – Antonio José de Sucre – Eugenio Espejo – Vicente Rocafuerte – Eloy Alfaro – Araujo – Tomas Sevilla – Av. Cevallos – Eloy Alfaro – Darquea – Constantino Fernández – Humberto Albornoz – Vicente Maldonado – Av. Cevallos – Manuela Cañizares – García Moreno – Vargas Torres – Humberto Albornoz – Joaquín Ayllón – Av. Cevallos – Vargas Torres – Darquea – 5 de Junio – Primera Imprenta – Vargas Torres – Simon Bolívar – Vargas Torres – Cristóbal Colón – Av. Unidad Nacional – Simon Bolívar – Vargas Torres – García Moreno – Av. Gonzalo Suarez – Simón bolívar – Av. Unidad Nacional – Darquea – Abdón Calderón – Primera Imprenta – Av. Unidad Nacional – 12 de Noviembre – Abdón Calderón – Av. Cevallos – Juan León Mera – Urdaneta – Av. Bellavista – Av. Bolivariana.

5.5.1.2. Ruta Casigana

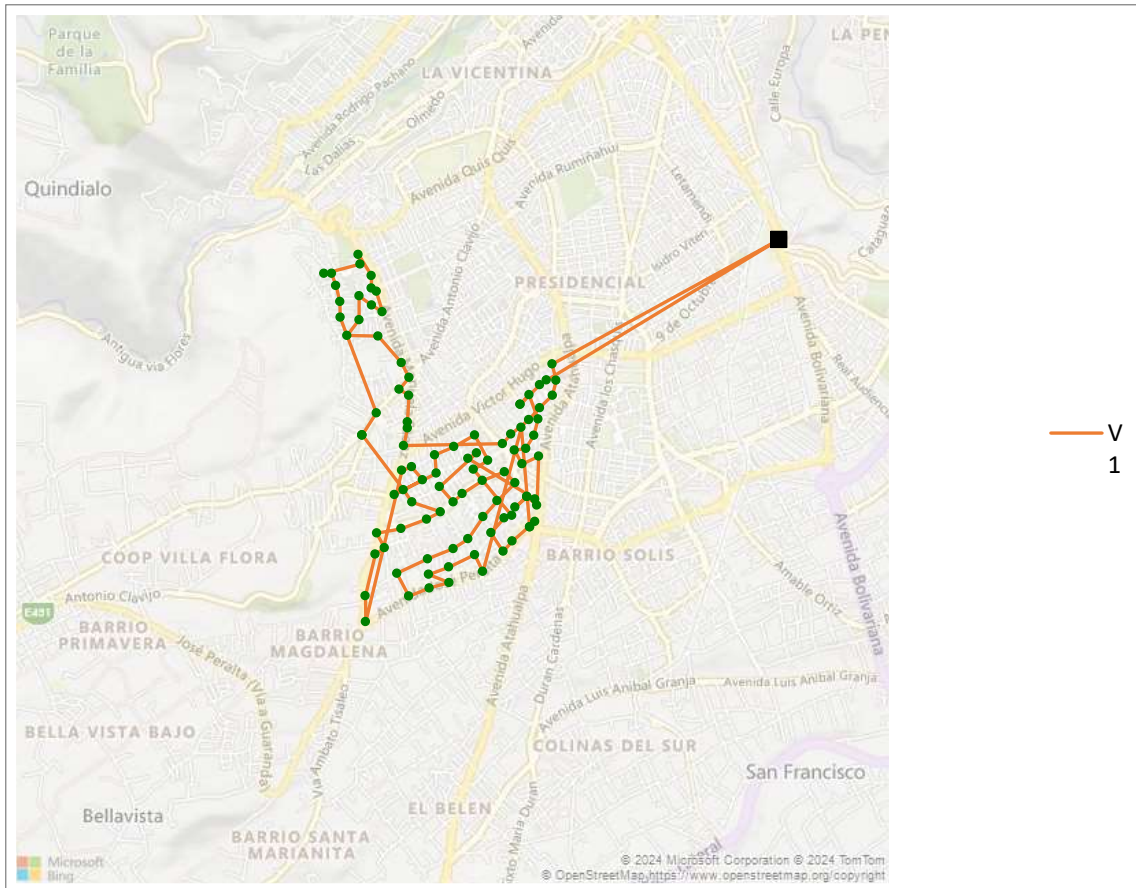


Ilustración 5-9: Ruta estilo vuelo de pájaro Casigana.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Tabla 5-2: Resultados de la ruta optimizada Casigana

RESULTADOS RUTA CASIGANA		
Ruta anterior	Ruta optimizada propuesta	Ahorro
59 km	49,86 km	9,14 km

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

En esta ruta mediante la aplicación de la metodología expuesta anteriormente, se logró reducir una distancia de 9,14 kilómetros, a su vez el tiempo que se tomará en recorrer esta ruta el vehículo al recolectar será de 3 horas y 53 minutos, esto puede ser variable ya que dependerá del porcentaje de ocupación de los contenedores en los diferentes días de la semana, esto quiere decir que en días en donde exista el mayor porcentaje de contenedores en su capacidad máxima, al vehículo recolector le tomará más tiempo atender cada uno de ellos, lo que genera que se incremente el tiempo de recorrido.



esPOCH | Carrera de Gestión del Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO PROPUESTA CASIGANA



LEYENDA

- CASIGANA
- CASIGANA



ESCALAS

0 250 500 m

1:21.248



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 5-10: Ruta estilo vuelo de pájaro Casigana.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Calles ruta Casigana: Av. Bolivariana – Av. Víctor Hugo – Marcos Montalvo – Rodríguez Labandera – Arturo Borja – Marcos Montalvo – Cervantes – Medardo Ángel Silva – Luis Felipe Borja – Av. Jácome Clavijo – Medardo Ángel Silva – Siete Tratados – El espectador – Av. Jácome Clavijo – Noboa y Camaño – Pareja DiezCanseco – Av. José Peralta – Calle Jesús – Jácome Clavijo – Av. Atahualpa – Oswaldo Guayasamín – Av. José Peralta – Aguilera Malta – Noboa y Camaño – Jorge Carrera – Av. José Peralta – Humberto Fierro – Medardo Ángel – Aguilera Malta – Av. José Peralta – Av. Manuela Sáenz – Ángel Jadán – Humberto Fierro – Av. Cervantes – Av. Manuela Sáenz – Av. Cervantes – Aguilera Malta – Marcos Montalvo – Abelardo Moncayo – Remigio Crespo – Celiano Monge – Marcos Montalvo – De la Cuadra – Av. Cervantes – Av. Jácome Clavijo – Gaspar de Villaroel – Julio Moreno -Franco Dávila – Antonio Clavijo – Garcilaso de la Vega – López de Ayala – Azorín – Calle G – Damaso Alonso – Jacinto Verdaguer – Av. Manuela Sáenz – Gómez de la Serma – López de Vega – López de Ayala – Blasco Ibáñez – Goya – Av. Manuela Sáenz – Pío Baroja – Emilio Prado - Ganivet - Pío Baroja – Av. Manuela Sáenz – Av. Antonio Clavijo – Bautista Aguirre – Av. Manuela Sáenz – Av. Víctor Hugo – Av. Bolivariana.

5.5.1.3. Ruta Ficoa

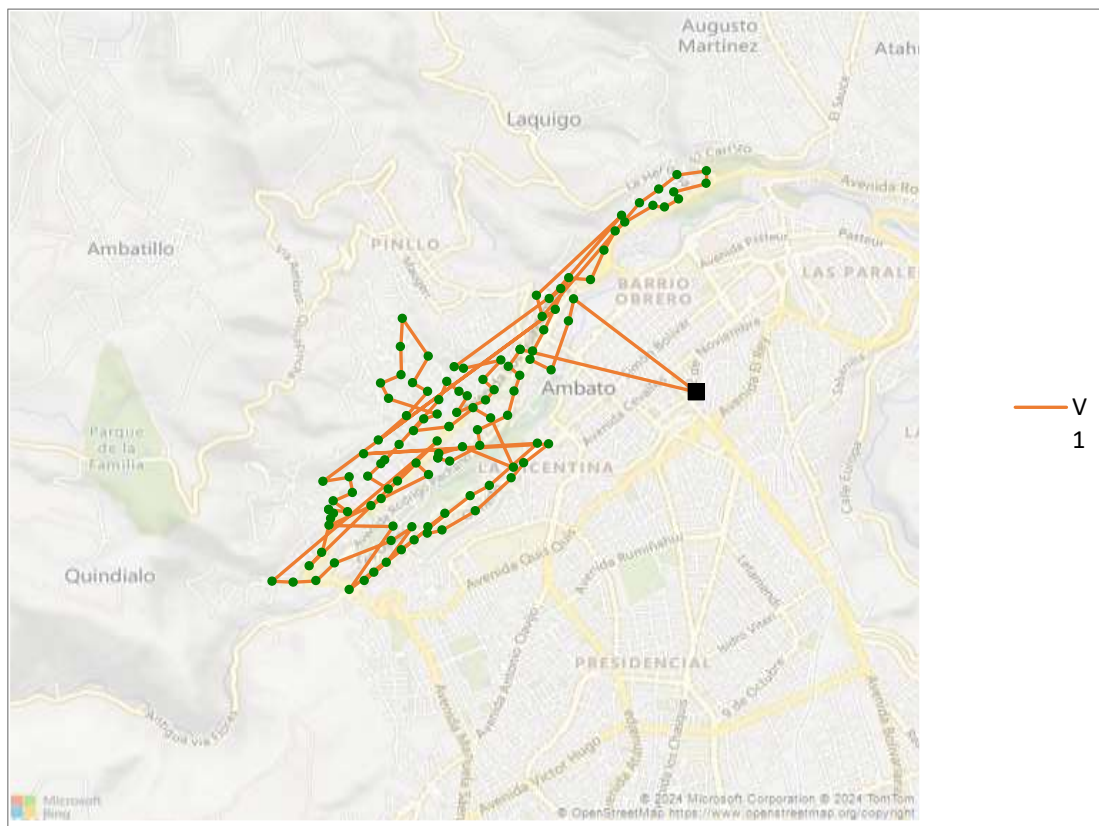


Ilustración 5-11: Ruta estilo vuelo de pájaro Ficoa.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024



Ilustración 5-12: Ruta estilo vuelo de pájaro Ficoa.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Tabla 5-3: Resultados de la ruta optimizada Ficoa

RESULTADOS RUTA FICOA		
Ruta anterior	Ruta optimizada propuesta	Ahorro
59 km	49,18 km	9,82 km

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

Aplicando la metodología descrita previamente en esta ruta, se logró una reducción de distancia de 9,82 kilómetros. Además, el tiempo estimado para recorrer la ruta y realizar la recolección en el vehículo es de 4 horas y 39 minutos. Este período puede variar dependiendo del nivel de ocupación de los contenedores en distintos días de la semana. En situaciones donde los contenedores alcanzan su capacidad máxima, el vehículo recolector requerirá más tiempo para atender cada uno de ellos, lo que resultará en un aumento en la duración total del recorrido.

Calles Ruta Ficoa: AV. Los Andes – 13 de abril – Luis Martínez – Lizardo Ruiz – Juan Montalvo – Av. Los Guaytambos – Las Manzanas – Av. Rodrigo Pachano – Los Olivos – Av. Rodrigo Pachano – Los Maracuyás – Las Frambuesas – Las Maracuyás – Las Guanábanas – Las Cerezas – Av. Los Guaytambos – Los Membrillos – Av. Los Guaytambos – Las Avellanas – Las Limas – Los Higos – Los Limones – Los Aguacates – Las Limas – Los Higos – Las Frutas – Los Higos – Los Chamburos – Los Ferloas – Los - Chamburos – Las Aceitunas – Las Moras – Las Frutas – Los Toctes – Las Fresas – Los Caimitos – Los Toctes – Los Capulíes - Las Limas – Las Bananas – Av. Los Guaytambos – Los Taxos – Av. Los Guaytambos – Las Magnolias – Av. Los Guaytambos – Club Tungurahua – Av. Los Guaytambos – Av. Rodrigo Pachano – Las Dilas – Av. Rodrigo Pachano – Av. Los Guaytambos – Los Geranios – Av. Miraflores – Olmedo – Av. Miraflores – Hortensias – Av. Miraflores – Las Dalias – Av. Rodrigo Pachano – Parque Luis Martínez – Av. Rodrigo Pachano – Los Cocos – Las Guindas – Av. Los Guaytambos – Las Naranjillas – Las Guanábanas – Las Frambuesas – Av. Los Guaytambos – Las Frutillas – Las Limas – Los Cubis - Las Limas – Las Mandarinas – Las Toronjas – Los Aguacates – Av. Los Guaytambos – La Delicia – Los Pepinos – Las Aceitunas – Los pepinos – Las Uvas – Las Uvas – Nieto Polo de Águila – Las Aguacollas – Av. Los Guaytambos – Av. Rodrigo Pachano – Soledad Eterna – Virgen del Sol – Catecismo – Agricultura – Calle F El carrizo – Av- Rodrigo Pachano – La Heroína – Himno Nacional – Av. Rodrigo Pachano – Mentor Mera – Himno Nacional – Soledad Eterna – Rodrigo Pachano – Eduardo Mera – Edmundo Martínez – Av. Loa Guaytambos – Las Chirimoyas – Los Tomates- Calle los Olivos – Av. Los Guaytambos – Av. Rodrigo Pachano – La Delicia – Los Mirabeles – Av. Rodrigo Pachano – Rio Ambato – Humberto Albornoz – Vicente Maldonado – 12 de noviembre – Eugenio Espejo – Av. Los Andes.

5.5.1.4. Ruta Ingahurco

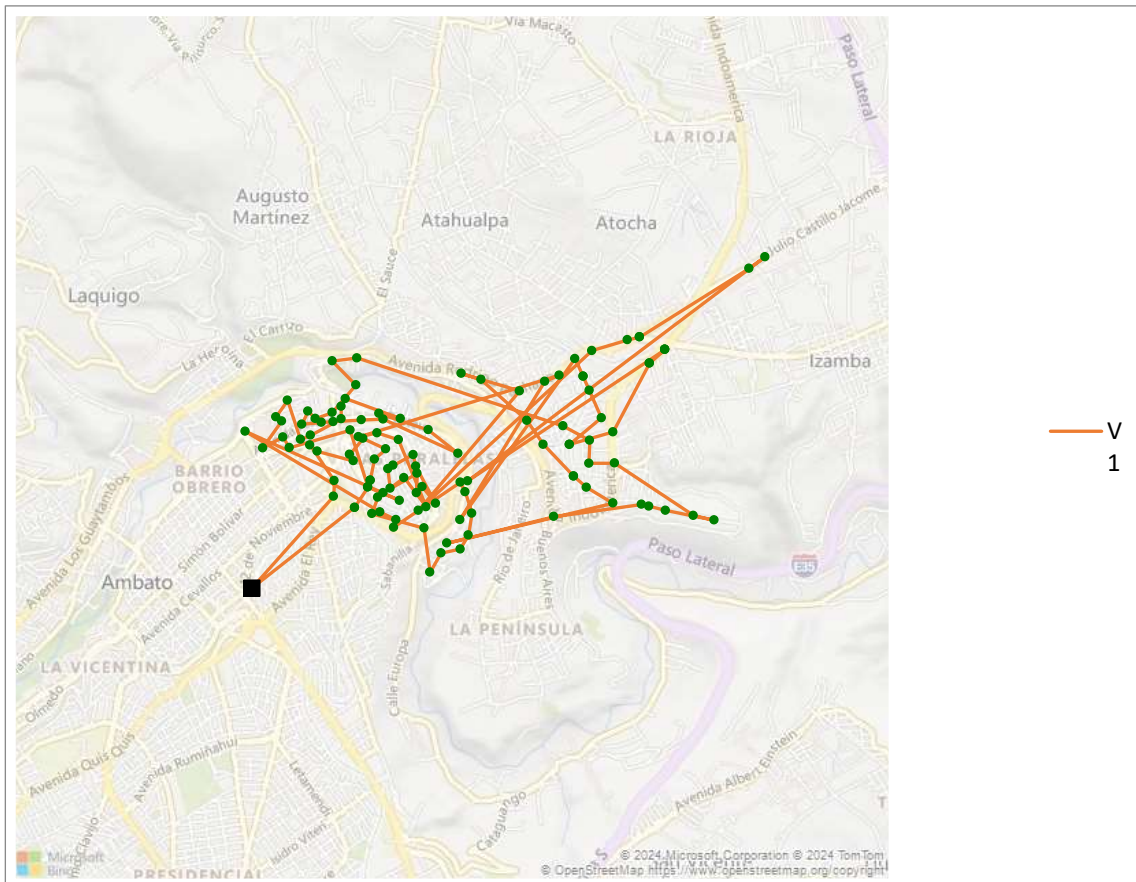


Ilustración 5-13: Ruta estilo vuelo de pájaro Ingahurco.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Tabla 5-4: Resultados de la ruta optimizada Ingahurco.

RESULTADOS RUTA INGAHURCO		
Ruta anterior	Ruta optimizada propuesta	Ahorro
62 km	50,19 km	11,81 km

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Mediante la aplicación de la metodología descrita anteriormente en esta ruta, se logró una reducción de la distancia en 11,81 kilómetros. Asimismo, se estima que el tiempo necesario para recorrer la ruta y llevar a cabo la recolección con el vehículo será de 4 horas y 51 minutos. Es importante destacar que esta estimación puede variar en función del grado de ocupación de los contenedores en diferentes días de la semana. En aquellos días en los que los contenedores alcanzan su capacidad máxima, el vehículo recolector requerirá más tiempo para atender cada uno, lo que resultará en un incremento en la duración total del recorrido.



Ilustración 5-14: Ruta estilo vuelo de pájaro Ingahurco.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Calles Ruta Ingahurco: Av. Los Andes – Tomás Sevilla – Av. Cevallos – Av. Unidad Nacional – Av. Pasteur – César Borja (Italia) – Benjamín Bravo – German Abad – Av. Pasteur – Pasteur – Julio Enrique Paredes – Pablo Arturo Suarez – Abel Gilbert – Julián Coronel – Izquieta Pérez – Abel Gilbert – Pablo Arturo Suarez – Julio Castillo – Tarquino Toro – Augusto Bonilla – Ernesto Bucheli – Julio Castillo – Emiliano Crespo – César Viteri – Av. Pasteur – Av. Unidad Nacional – Julián Córdova – Antonio Falconi – Julio Enrique Paredes – Av. Rodrigo Pachano – Cartago – Calle 26 – Quebec – Barranquilla – Arica – Paramaribo – Antofagasta – Encarnación – Maracaibo – Paysandú – Av. Rodrigo Pachano – Quezaltenango – Av. Indoamericana – Groenlandia – Av. de las Américas – Julio Enrique Paredes – Bolívar – Av. Gonzáles Suárez – Av. de las Américas – Paraguay – Estados Unidos – Brasil – Panamá – Venezuela – Bolivia – Uruguay – Brasil – Panamá – Colombia – Bolivia – México – Chile – Av. de las Américas – El Salvador – Colombia – Av. de las Américas – Av. Indoamericana – Calle Europa – Austria – Phinlandia (Buenos Aires) – Noruega – Suiza (La Paz) – Alemania (Bogotá) – Portugal – Holanda – Bélgica – Rusia – Brasilia – Portugal – Calle Europa – Av. Indoamericana – San Juan – La Rioja – Guantánamo – Av. Indoamericana – Julio Castillo Jácome – Alcides Naranjo – Francisco Becerra – Abel Barona – Av. Indoamericana -

5.5.1.5. Ruta Miñarica

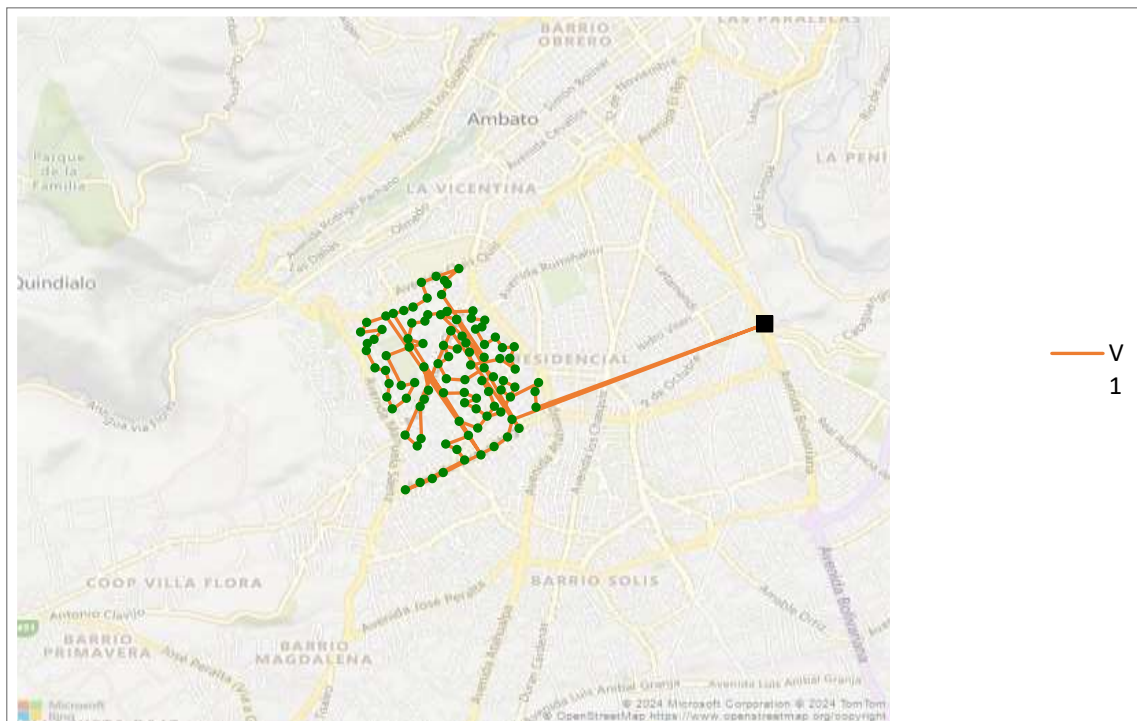


Ilustración 5-15: Ruta estilo vuelo de pájaro Miñarica.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

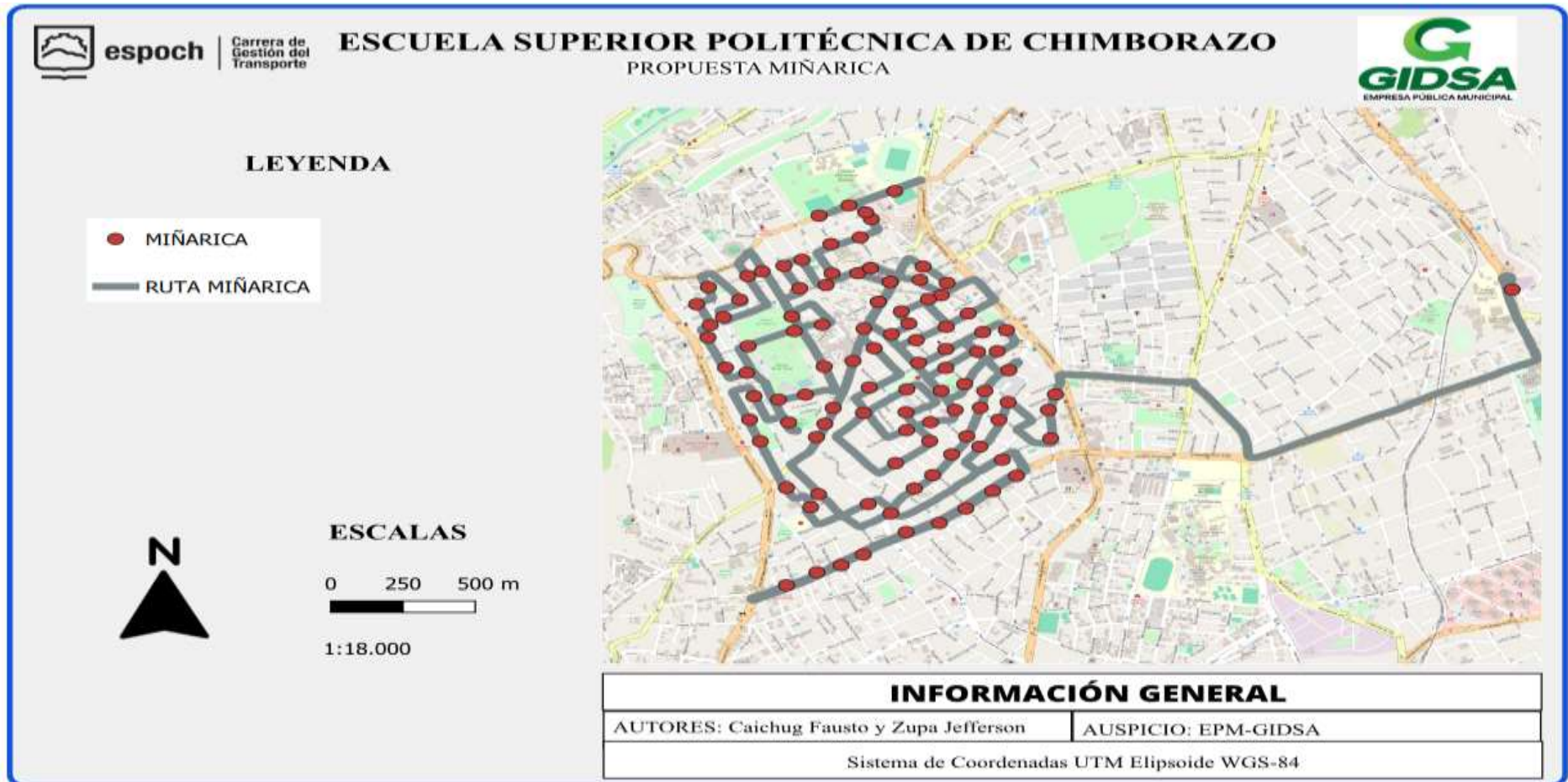


Ilustración 5-16: Ruta estilo vuelo de pájaro Miñarica

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Tabla 5-5: Resultados de la ruta optimizada Miñarica.

RESULTADOS RUTA MIÑARICA		
Ruta anterior	Ruta optimizada propuesta	Ahorro
66 km	47,35 km	18,65 km

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

En esta ruta, se logró una disminución de 18,65 kilómetros en la distancia total. Además, se estima que el tiempo requerido para recorrer la ruta y llevar a cabo la recolección con el vehículo será de aproximadamente 4 horas y 10 minutos. Sin embargo, esta estimación puede variar en función del nivel de ocupación de los contenedores en diferentes días de la semana. En aquellos días con una mayor ocupación de contenedores, el vehículo recolector empleará más tiempo en atender cada uno, lo que resultará en un aumento en la duración total del recorrido.

Calles que recorre: Av. Bolivariana – Av. Víctor Hugo – Av. Los Atis – Av. Leónidas Plaza Gutiérrez – Av. Atahualpa – Marcos Montalvo – German Chacón – Teófilo López – Alonso Castillo – Aparicio Rivadeneira – Gustavo Egüés – Manuel Isaías Sánchez – German Chacón – Acosta Solís – Av. Víctor Hugo – Acosta Solís – German Chacón – Ernesto Alban Mosquera – Av. Jácome Clavijo – Rodrigo Vela Barahona – Víctor Manuel Garcés – Dario Guevara – Jorge Icaza – Óscar Efrén Reyes – Benjamín Carrión – Rodrigo Vela Barahona – Víctor Manuel Garcés – Efrén Reyes – Av. Antonio Clavijo – Ernesto Miño – Víctor Manuel Garcés – Arturo Borja – Acosta Solís – Miguel Isaías Sánchez – Bolívar Sevilla – Isaías Toro Ruiz – Benjamín Carrión – Horacio Sevilla – Gabriel Navarro – Manuel Isaías Sánchez – Acosta Solís – Óscar Efrén Reyes – Alcedo y Bejarano – Balarezo Moncayo – César Silva – Juan Francisco Montalvo – Av. Antonio Clavijo – Celiano Monge – Agramonte – Ernesto Alban Mosquera – Av. Jácome Clavijo – Augusto Arias – Celiano Monge – Agramonte – Bolívar Sevilla – Pj. Paredes Medina – Ernesto Alvarado – Calderón de la Barca – López de Ayala – Ortega y Gasset – Pio Baroja – García Lorca – Antonio Machado – Menéndez y Pelayo – Barcelona – Gustavo Adolfo Bécquer – Nebrija – García Lorca – Av. Quis – Av. Jorge Manrique – Azorín – García Lorca – Barcelona – Murcia – Av. Quis – Córdoba – Ramón del Valle-Inclán – García Lorca – Gómez de la Serna – San Sebastián – Granada – Mallorca – Córdoba – Barcelona – Valencia – Vigo – Sevilla – Barcelona – Sergio Núñez – Av. Antonio Clavijo – Tenerife – Barcelona – Cádiz – Vigo – Av. Quis.

5.5.1.6. Ruta Universidad



Ilustración 5-17: Ruta estilo vuelo de pájaro Universidad.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Tabla 5-6: Resultados de la ruta optimizada Universidad.

RESULTADOS RUTA UNIVERSIDAD		
Ruta anterior	Ruta optimizada propuesta	Ahorro
62 km	51,16 km	10,84 km

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

En esta ruta mediante la aplicación de la metodología expuesta anteriormente, se logró reducir una distancia de 10,84 kilómetros, a su vez el tiempo que se tomará en recorrer esta ruta el vehículo recolector será de 4 horas y 14 minutos, esto puede ser variable ya que dependerá del porcentaje de ocupación de los contenedores en los diferentes días de la semana, esto quiere decir que en días en donde exista el mayor porcentaje de contenedores en su capacidad máxima, al vehículo recolector le tomará más tiempo atender cada uno de ellos, lo que genera que se incremente el tiempo de recorrido.



esPOCH

Carrera de
Gestión del
Transporte

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO PROPUESTA UNIVERSIDAD



LEYENDA

- UNIVERSIDAD
- UNIVERSIDAD

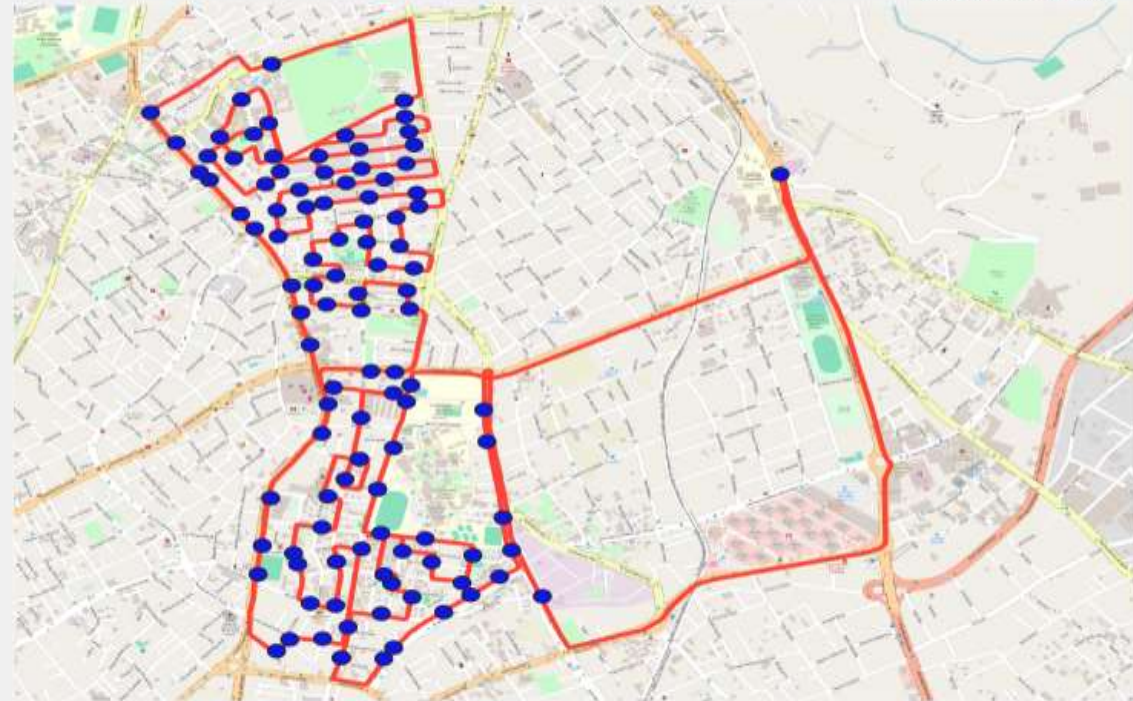


ESCALAS

0 250 500 m



1:19.978



INFORMACIÓN GENERAL

AUTORES: Caichug Fausto y Zupa Jefferson

AUSPICIO: EPM-GIDSA

Sistema de Coordenadas UTM Elipsoide WGS-84

Ilustración 5-18: Ruta estilo vuelo de pájaro Universidad.

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

Rutas Que Recorre: Av. Bolivariana – Av. Julio Jaramillo – Av. Ios Atis – Machangara – Julio Jaramillo – Av. Los Chasquis – Av. Cervantes – Rio Pucahuayco – Rio Pachanlica – Rio Talantag – Rio Yanayacu – Rio Cutzutagua – Rio Payamino – Rio Talantag – Rio Curaray – Rio Guapante – Rio Yanayacu – Rio Patate – Rio Payamino – Av. Ios Chasquis – Rio Guayllabamba – Rio Coca – Rio Cutuchi – Rio Yasuni – Rio Tiputini – Rio Coca – Rio Cutuchi – Rio Palora – Rio Papallacta – Rio Coca – Rio Payamino – Rio Misahualli – Av. Cervantes – Rio Coca – Rio Oyacachi – Av. Los Chasquis – Av. Jácome Clavijo – Rio Cosanga – Segundo Granja – Av. Atahualpa – Av. Los Shirys – Av. Rumiñahui – Av. Pichincha – Manco Capac – Av. Los Shyris – Tucomango – Pachacutec – Chiaquitinta – Caran XI – Nari Pillahuazo – Av. Los Shyris – Chaquitinta – Duchicela – Condorazo – Isidro Ayora – Sinchiroca – Av. Pichincha Condorazo – Duchicela – Roca Inca – Nari Pillahuazo – Av. Pichincha – Daquilema – Diego Noboa – Vicente Ramón Roca – Zopozopanqui – Av. Pichincha – Carlos Arosemana – Isidro Ayora – Victor Emilio Estrada – Av. Los Chasquis – Baquerizo Moreno – Camilo Ponce – Diego Noboa – Javier Estrada – Placido Camamaño – Vicente Ramón Roca – Baquerizo Moreno – Manuel de Ascazubi – Av. Leónidas Plaza Gutiérrez – Vicente Ramón Roca – Enriquez Gallo – Rio Coca – Camilo Ponce – Av. Leónidas Plaza Gutiérrez – Martinez Mera – Enriquez Gallo – Av. Los Chasquis – Av. Victor Hugo – Av. Atahualpa – Rio Guayllabamba – Av. Los Chasquis – Av. Victor Hugo.

Tabla 5-6: Comparación de kilometraje

CUADRO COMPARATIVO DEL KILOMETRAJE				
RUTA	SITUACIÓN PLANIFICADA (km)		SITUACIÓN ACTUAL (km)	PROPUESTA (km)
	A	B		
CASCO CENTRAL	A	12,85	53	49,15
	B	24,06		
CASIGANA		22,04	59	49,86
FICOA		29,78	59	49,18
INGAHURCO		52,88	62	50,19
MIÑARICA		24,35	66	47,35
UNIVERSIDAD		30,13	62	51,16

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024.

5.5.2. Propuesta de frecuencias optimizadas

Actualmente GIDSA cuenta con 3 frecuencias distribuidas en diferentes horarios (Tabla 4-1), esto provoca que los contenedores no lleguen a llenarse lo suficiente como para justificar los gastos que implica el realizar todo el recorrido de recolección, específicamente la problemática se vio reflejada en el turno diurno donde los contenedores tenían un máximo de 20% de llenado y en muchos casos estaban completamente vacíos, esto debido a que el turno de madrugada se encargó de la recolección de los mismo, también teniendo en cuenta que el lapso de tiempo que se da entre los turnos mencionados son en horas de la madrugada, pocas personas arrojan sus desechos en ese horario.

Sabiendo la problemática, la propuesta es la eliminación de la frecuencia denominada Diurna, esto deja en trabajo a dos de estos turnos, el de Madrugada y el Matutino/Vespertino que van a ser los encargados de la recolección de los desechos sólidos en el casco urbano del cantón Ambato.

La distribución de cada ruta está acorde a la cantidad de desechos promedio producidos dentro las mismas, es por eso que la ruta con mayor cantidad de residuos, Casco Central AB, tiene recolección dos veces por día durante toda la semana de manera ininterrumpida.

Tabla 5-7: Propuesta de frecuencias

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLE S	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
MADRUGADA A	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB
	CASIGANA	CASIGANA	CASIGANA	CASIGANA	CASIGANA	CASIGANA A	CASIGANA
	MIÑARICA		MIÑARICA		MIÑARICA		MIÑARICA
MATUTINO- VESPertino O	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB	CASCO CENTRAL AB
		UNIVERSIDA D		UNIVERSIDA D			UNIVERSIDA D
	FICOA		FICOA		FICOA	FICOA	FICOA
	INGAHURC O		INGAHURC O		INGAHURC O		INGAHURC O

Realizado por: Caichug F., Zupa J., 2024

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- La Empresa Municipal Pública (GIDSA) en la actualidad cuenta con 7 diferentes rutas para la recolección de residuos sólidos en el casco urbano del Cantón Ambato; la primera ruta abarca el Casco Central A con 86 contenedores de basura distribuidos en 12,85 km en las parroquias La Merced y San Francisco; la segunda ruta constituye el Casco Central B con 94 contenedores ubicados en una longitud de 24,06 km en las parroquias San Francisco y La Matriz; la tercera ruta engloba la zona de Casigana con 114 contenedores de basura que se distribuyen en las parroquias La Matriz y Huachi Chico con una distancia de 22,04 km; la cuarta ruta utilizada por la empresa abarca la zona de Miñarica con 107 contenedores ubicados únicamente en la parroquia de Huachi Chico en una longitud de 52,88 km; la quinta ruta constituye el sector de la Universidad con 102 contenedores de basura ubicados en la parroquia Celiano Monge con una distancia de 30,13 km; la sexta ruta está destinada para la zona de Ficoa misma que cuenta con 118 contenedores distribuidos en 29,78 km en la parroquia de Atocha Ficoa; finalmente la séptima ruta abarca el sector Ingahurco en donde existen 120 contenedores de basura en las parroquias La Merced y La Península con una longitud de 52,88 km.
- Los parámetros de operación evaluados en esta investigación fueron. El tiempo, los kilómetros recorridos, el consumo de combustible, el número de contenedores levantados y la cantidad de kilogramos generados en cada una de las rutas; a través de ello se evidenció que en la ruta del casco central A y B se tomó un tiempo de 7 horas y 30 minutos en recorrer 53 km, un consumo de combustible de 13,25 gl, 175 contenedores levantados y 12.840.00 kg recolectados; en la ruta Casigana se recorrió 59 km en un tiempo de 8 horas, un gasto de combustible de 14,75 gl, 114 contenedores levantados y una recolección de 15.360.00 Kg; en la ruta Miñarica hubo un consumo de 16 gl durante 66 km recorridos en un tiempo de 8 horas con un total de 100 contenedores levantados, expresando una cantidad de 11.000.00 kg de basura; para la ruta Universidad o Nueva Ambato se empleó un tiempo de 6 horas en recorrer 62 km, un consumo de 16,4 gl de diésel, 104 contenedores levantados y un total de 8.180.00 kg; en la ruta Ficoa se recorrió 59 km en 6 horas, un consumo de 14,75 gl, 100 contenedores levantados y 10.960.00 kg de basura; finalmente en la ruta Ingahurco se recorrió 62 km en un tiempo de 7 horas generando un consumo de 15.5 gl, 119 contenedores levantados y 11.410.00 kg de basura recolectado.

- En el presente trabajo investigativo se elaboró una propuesta de optimización, misma que consistió en el desarrollo de nuevas rutas de recolección y transporte de residuos sólidos del Cantón Ambato en su casco urbano, tuvo el objetivo de minimizar el costo de operación y mejorar la cobertura de este servicio. La propuesta refleja que en la nueva ruta Casco Central AB el ahorro de recorrido fueron 3,85 km; en la ruta Casigana el ahorro reflejado fue de 9,14 km; en lo que respecta a la ruta Ficoa el ahorro fue de 9,82 km; en la ruta Ingahurco el ahorro del recorrido fue de 11,81 km; en Miñarica el ahorro en la distancia es de 18,65 km; y finalmente en la ruta perteneciente a la Universidad el ahorro fue de 10,84 km. Es importante recalcar que el resultado al sumar todos los recorridos de las rutas ya existentes es de 387 km; mientras que el recorrido de las nuevas rutas propuestas es de 296,89 km, lo que evidencia que mediante la implementación de la propuesta habrá un ahorro del 23,30% en total de todas las rutas, pues a menor distancia recorrida los vehículos optimizarán y reducirán tanto el tiempo de recolección como el consumo de combustible.

6.2. Recomendaciones

- Realizar una socialización sobre las rutas y frecuencias que realizan los vehículos de recolección y transporte de residuos sólidos dirigida a la ciudadanía perteneciente al casco urbano del Cantón Ambato, con la finalidad de concientizar la participación de todos los habitantes quienes mediante la información otorgada de días y horarios de recolección podrán facilitar el servicio brindado.
- Se recomienda a la Empresa Municipal Pública (GIDSA) seguir realizando una evaluación continua de los parámetros de operación que intervienen en el proceso de recolección y transporte de residuos sólidos en cada ruta recorrida, con la finalidad de optimizar mediante estrategias de planificación el tiempo, la distancia y el combustible con los operan estos vehículos recolectores. Además de la instalación de sensores de carga en todos los contenedores de residuos sólidos, para que mediante esta tecnología se pueda verificar el estado en el que se encuentra la cantidad de carga y proceder a la recolección inmediata de estos residuos, optimizando los parámetros de operación.
- Socializar los resultados obtenidos en esta investigación con los actores directos e involucrados en la misma como es el GAD Municipal del cantón Ambato y la Empresa Municipal Pública (GIDSA) mismos que mediante la revisión y análisis podrán considerar la implementación de la propuesta planteada en el presente trabajo de investigación con la finalidad de dar solución al problema detectado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Allen-Monge, J. (2011). *Planificación del transporte*. *Boletín Técnico*. Recuperado de: [:https://www.lanamme.ucr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/50625112500/367/19.pdf?sequence=1](https://www.lanamme.ucr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/50625112500/367/19.pdf?sequence=1)
2. Briceño, C., & Guiñansa, J. (2022). *Optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos del cantón calvas*. (Trabajo experimental. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca). Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21889>
3. Castro, L. & Gonzales, D. (2022). *Optimización de rutas para recolección de los residuos sólidos domiciliarios utilizando herramienta sig en la localidad de Huarin* (Tesis de grado, Universidad San Ignacio de Loyola). Recuperado de: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/03163db4-a264-41b0-96eb-76a13dd1ad44/content>
4. Empresa Pública Municipal GIDSA. (2021). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos no Peligrosos*. Recuperado de: <https://www.epmgidsa.gob.ec/>
5. Erdoğan, G. (2013). VRP Spreadsheet Solver. *EURO Association of European Operational Research Societies*. Recuperado de: <https://www.euro-online.org/websites/verolog/vrp-spreadsheet-solver/>
6. Erdoğan, G. (2017). *An open-source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems*. *Computers and Operations Research*, 84, 62-72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.02.022>
7. Esri. (2023). *Introducción a ArcGIS Pro*. Recuperado de: <https://bit.ly/40Kx9Ui>
8. Gutierrez, F. (2008). *Análisis del sistema de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos en el Centro Histórico de Morelia, Aplicando SIG*. (Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México). Recuperado de: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2431/1/gutierrezg_alicia.pdf
9. Henry, G. y Heinke, W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México, D.F.: Prentice Hall
10. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). México: McGraw-Hifl.
11. Hernández, T. (2019). *Cálculo de rutas óptimas entre puntos de interés*. Recuperado de: <https://www.unigis.es/rutas-optimas-entre-puntos-interes/#:~:text=La%20ruta%20%C3%B3ptima%20se%20define,los%20que%20transita%20dicha%20ruta.>
12. Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú. (2019). *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales 2019*. Residuos sólidos. Recuperado de:

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1756/cap05.pdf

13. Islas, V., & Lelis, M. (2008). Análisis de los sistemas de transporte. Vol. 1: Conceptos básicos. *PUBLICACIÓN TÉCNICA*, (307).
14. Lobato, X. A. (2017). *Guía Técnica para la Planificación del sistema de Transporte Público Urbano, en los GADS tipo - Caso Riobamba*. Recuperado de: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/8416/1/112T0048.pdf>
15. MINAM. (2022). *Plan de manejo de residuos sólidos del despacho presidencial*. Recuperado de: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3435796/Plan%20de%20manejo%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos.pdf>
16. Morales, N. (2015). *Investigación exploratoria: tipos, metodología y ejemplos*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-exploratoria>
17. Moreira Mendoza, N., Zambrano Valencia, V., Menéndez López, J., & Arias Merchán, I. (2021). *Método tecnológico de recolección de desechos en la mejora del mantenimiento de las playas de Manabí*. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.162>
18. Moyón, E. L., & Muñoz, C. M. (2021). *Propuesta de optimización del servicio de recolección de desechos sólidos en las parroquias rurales del cantón Riobamba* (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/15162>
19. Pillajo, C., Muriel, A., Vizúete, R., & Riofrio, J. (2013). *Método de recolección de basura*. (Trabajo de Investigación. Universidad Politécnica Salesia). Recuperado de: https://www.academia.edu/8817192/Metodos_de_recoleccion_de_basura.
20. Pozo, R., Garcia, A., Sandoval, F., Ribeiro, A., Garcia, L., & Guinea, D. (2000). Sistema de posicionamiento Global: descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. *Instituto de Automática Industrial*, 9. Recuperado de: <https://www.peoplesmatters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>.
21. QGIS. (2023). *Un Sistema de Información Geográfica libre y de Código Abierto*. Recuperado de: <https://www.qgis.org/es/site/>
22. Reglamento a la ley de transporte Terrestres tránsito y seguridad vial. (2012). *Artículo 110*. Recuperado de: <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Decreto-Ejecutivo-No.-1196-de-11-06-2012-REGLAMENTO-A-LA-LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIA.pdf>
23. Rodríguez, J., & Olivella, R. (2010). *Introducción a los sistemas de información geográfica: costos y operaciones fundamentales*. Universidad Oberta De Catalunya.

24. Sarría , F. A. (2006). Sistemas de información geográfica. *Universidad de Murcia*, 239, 35. Recuperado de: <https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/index.html>
25. SITRACK. (2018). *Optimizador de rutas: características principales*. Recuperado de: <https://blog.sitrack.com/optimizador-de-rutas-caracter%C3%ADsticas-principales>
26. Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). *Desechos Solidos Principios de Ingenieria y Administración*. Merida, Venezuela. Recuperado de: https://www.academia.edu/31682388/DESECHOS_S%C3%93LIDOS_PRINCIPIOS_DE_INGENIER%C3%8DA_Y_ADMINISTRACI%C3%93N
27. Ufuk, D., & Erkan, M. (2022). The applications of multiple route optimization heuristics and meta-huristic algorithms to solid waste transportation: A case study in tuykey. *ScienceDirect*. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772662222000480?via%3Dihub>
28. UNCUYO. (2017). *Medios de Transporte Urbano*. Recuperado de: <https://ingenieria.uncuyo.edu.ar/catedras/u1-medios-de-transporte-urbano.pdf>
29. Universidad Isabel (2023). *Sistemas informáticos (SI): qué son, características y tipos*. Recuperado de: <https://www.ui1.es/blog-ui1/sistemas-informaticos-si-que-son-caracteristicas-y-tipos>.
30. Vilarreal, C. A. (2022). *Propuesta de optimización de rutas de transporte de la industria "productos lacteso del norte"*. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18623>

Total 30 referencias bibliográficas



ANEXO B: IMÁGENES DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN



Camión recolector de carga lateral



Contenedor de basura, Ruta Universidad



Ruta Casigana



Ruta Casco Central A



Ruta Casco Central A

ANEXO C: SOLUCIÓN POR RUTA

VRP Spreadsheet Solver										
0. Reset the workbook										
1. Locations										
2. Distances										
3. Setup Vehicles Worksheet										
4. Setup Solution Worksheet										
5. Setup Visualization Worksheet										
6. Solver										
Info										
Q54										
Vehicle:	V1	Stops:	178	Net profit:	-23.55					
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load		
0	Depot	0.00	0:00		00:00	0:00	0	0		
1	542	2.11	0:03	00:03	00:05	0:05	0	0		
2	855	2.11	0:03	00:05	00:07	0:07	0	0		
3	546	2.11	0:03	00:07	00:09	0:09	0	0		
4	29	2.19	0:03	00:09	00:11	0:11	0	0		
5	27	2.19	0:03	00:11	00:13	0:13	0	0		
6	28	2.19	0:03	00:13	00:15	0:15	0	0		
7	549	2.25	0:03	00:15	00:17	0:17	0	0		
8	548	2.25	0:03	00:17	00:19	0:19	0	0		
9	559	2.25	0:03	00:19	00:21	0:21	0	0		
10	472	2.31	0:03	00:21	00:23	0:23	0	0		
11	473	2.44	0:03	00:23	00:25	0:25	0	0		
12	474	2.89	0:04	00:26	00:28	0:28	0	0		
13	10	3.03	0:04	00:28	00:30	0:30	0	0		
14	4	3.15	0:04	00:30	00:32	0:32	0	0		
15	9	3.28	0:04	00:32	00:34	0:34	0	0		
16	12	3.40	0:04	00:34	00:36	0:36	0	0		
17	11	3.40	0:04	00:36	00:38	0:38	0	0		
18	468	3.71	0:05	00:39	00:41	0:41	0	0		
19	481	3.78	0:05	00:41	00:43	0:43	0	0		
20	7	3.88	0:05	00:43	00:45	0:45	0	0		
21	482	3.97	0:05	00:45	00:47	0:47	0	0		
22	507	4.16	0:05	00:47	00:49	0:49	0	0		
23	508	4.20	0:05	00:49	00:51	0:51	0	0		
24	3	4.33	0:06	00:52	00:54	0:54	0	0		
25	463	4.44	0:06	00:54	00:56	0:56	0	0		

Ruta Casco Urbano AB

VRP Spreadsheet Solver										
0. Reset the workbook										
1. Locations										
2. Distances										
3. Setup Vehicles Worksheet										
4. Setup Solution Worksheet										
5. Setup Visualization Worksheet										
6. Solver										
Info										
A1										
Total net profit:										
Vehicle:	V1	Stops:	101	Net profit:	-20.56					
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load		
0	Depot	0.00	0:00		00:00	0:00	0	0		
1	41	2.52	0:04	00:04	00:06	0:06	0	0		
2	42	2.57	0:04	00:06	00:08	0:08	0	0		
3	45	2.77	0:04	00:08	00:10	0:10	0	0		
4	44	2.77	0:04	00:10	00:12	0:12	0	0		
5	43	2.86	0:04	00:12	00:14	0:14	0	0		
6	39	3.06	0:05	00:15	00:17	0:17	0	0		
7	38	3.17	0:05	00:17	00:19	0:19	0	0		
8	37	3.28	0:05	00:19	00:21	0:21	0	0		
9	34	3.36	0:05	00:21	00:23	0:23	0	0		
10	35	3.51	0:05	00:23	00:25	0:25	0	0		
11	36	3.69	0:06	00:26	00:28	0:28	0	0		
12	77	4.07	0:07	00:29	00:31	0:31	0	0		
13	79	4.20	0:07	00:31	00:33	0:33	0	0		
14	80	4.30	0:07	00:33	00:35	0:35	0	0		
15	78	4.40	0:07	00:35	00:37	0:37	0	0		
16	99	4.49	0:07	00:37	00:39	0:39	0	0		
17	62	4.49	0:07	00:39	00:41	0:41	0	0		
18	63	4.49	0:07	00:41	00:43	0:43	0	0		
19	66	4.49	0:07	00:43	00:45	0:45	0	0		
20	30	4.66	0:07	00:45	00:47	0:47	0	0		
21	31	4.74	0:07	00:47	00:49	0:49	0	0		
22	32	4.91	0:07	00:49	00:51	0:51	0	0		
23	33	5.07	0:07	00:51	00:53	0:53	0	0		
24	76	5.22	0:07	00:53	00:55	0:55	0	0		
25	75	5.42	0:08	00:56	00:58	0:58	0	0		
26	74	5.54	0:08	00:58	01:00	1:00	0	0		

Ruta Casigana

VRP Spreadsheet Solver										
Archivo	Inicio	Insertar	Disposición de página	Fórmulas	Datos	Revisar	Vista	Programador	Ayuda	VRP Spreadsheet Solver
0. Reset the workbook	1. Locations	2. Distances	3. Setup Vehicles Worksheet	4. Setup Solution Worksheet	5. Setup Visualization Worksheet	6. Solver	Info			
Reset	1. Locations	2. Distances	3. Vehicles	4. Solution	5. Visualization	6. Solver	Info			
Q38										
3	Vehicle:	V1	Stops:	117	Net profit:	-24.38				
4	Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load	
5	0	Depot	0.00	0:00		00:00	0:00	0	0	
6	1	28	1.80	0:04	00:04	00:06	0:06	0	0	
7	2	29	1.80	0:04	00:06	00:08	0:08	0	0	
8	3	30	1.96	0:04	00:08	00:10	0:10	0	0	
9	4	23	2.14	0:05	00:11	00:13	0:13	0	0	
10	5	112	2.25	0:05	00:13	00:15	0:15	0	0	
11	6	109	2.44	0:05	00:15	00:17	0:17	0	0	
12	7	105	2.75	0:05	00:17	00:19	0:19	0	0	
13	8	104	2.91	0:05	00:19	00:21	0:21	0	0	
14	9	103	3.15	0:05	00:21	00:23	0:23	0	0	
15	10	100	3.25	0:05	00:23	00:25	0:25	0	0	
16	11	101	3.25	0:05	00:25	00:27	0:27	0	0	
17	12	102	3.42	0:06	00:28	00:30	0:30	0	0	
18	13	106	3.65	0:06	00:30	00:32	0:32	0	0	
19	14	88	3.65	0:06	00:32	00:34	0:34	0	0	
20	15	108	3.65	0:06	00:34	00:36	0:36	0	0	
21	16	107	3.79	0:06	00:36	00:38	0:38	0	0	
22	17	58	4.04	0:07	00:39	00:41	0:41	0	0	
23	18	57	4.04	0:07	00:41	00:43	0:43	0	0	
24	19	46	4.41	0:08	00:44	00:46	0:46	0	0	
25	20	45	4.52	0:08	00:46	00:48	0:48	0	0	
26	21	34	4.62	0:09	00:49	00:51	0:51	0	0	
27	22	40	5.02	0:10	00:52	00:54	0:54	0	0	
28	23	41	5.26	0:11	00:55	00:57	0:57	0	0	
29	24	42	5.41	0:11	00:57	00:59	0:59	0	0	
30	25	43	5.63	0:11	00:59	01:01	1:01	0	0	
31	26	44	5.85	0:11	01:01	01:03	1:03	0	0	

Ruta Ficoa

VRP Spreadsheet Solver										
Archivo	Inicio	Insertar	Disposición de página	Fórmulas	Datos	Revisar	Vista	Programador	Ayuda	VRP Spreadsheet Solver
0. Reset the workbook	1. Locations	2. Distances	3. Setup Vehicles Worksheet	4. Setup Solution Worksheet	5. Setup Visualization Worksheet	6. Solver	Info			
Reset	1. Locations	2. Distances	3. Vehicles	4. Solution	5. Visualization	6. Solver	Info			
R41										
3	Vehicle:	V1	Stops:	117	Net profit:	-28.59				
4	Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load	
5	0	Depot	0.00	0:00		00:00	0:00	0	0	
6	1	56	1.15	0:02	00:02	00:04	0:04	0	0	
7	2	57	1.27	0:02	00:04	00:06	0:06	0	0	
8	3	49	1.61	0:02	00:06	00:08	0:08	0	0	
9	4	51	1.73	0:02	00:08	00:10	0:10	0	0	
10	5	77	2.20	0:03	00:11	00:13	0:13	0	0	
11	6	78	2.25	0:03	00:13	00:15	0:15	0	0	
12	7	79	2.46	0:03	00:15	00:17	0:17	0	0	
13	8	71	2.71	0:03	00:17	00:19	0:19	0	0	
14	9	70	2.82	0:04	00:20	00:22	0:22	0	0	
15	10	75	3.03	0:04	00:22	00:24	0:24	0	0	
16	11	76	3.03	0:04	00:24	00:26	0:26	0	0	
17	12	53	3.03	0:04	00:26	00:28	0:28	0	0	
18	13	69	3.03	0:04	00:28	00:30	0:30	0	0	
19	14	22	3.03	0:04	00:30	00:32	0:32	0	0	
20	15	61	3.03	0:04	00:32	00:34	0:34	0	0	
21	16	60	3.36	0:05	00:35	00:37	0:37	0	0	
22	17	59	3.42	0:05	00:37	00:39	0:39	0	0	
23	18	82	4.16	0:07	00:41	00:43	0:43	0	0	
24	19	84	4.46	0:08	00:44	00:46	0:46	0	0	
25	20	91	4.65	0:09	00:47	00:49	0:49	0	0	
26	21	90	4.81	0:10	00:50	00:52	0:52	0	0	
27	22	89	4.92	0:10	00:52	00:54	0:54	0	0	
28	23	87	5.11	0:11	00:55	00:57	0:57	0	0	
29	24	88	5.26	0:12	00:58	01:00	1:00	0	0	
30	25	81	6.28	0:15	01:09	01:05	1:05	0	0	
31	26	83	6.73	0:16	01:06	01:08	1:08	0	0	

Ruta Ingahurco

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda **VRP Spreadsheet Solver**

0. Reset the workbook 1. Locations 2. Distances 3. Setup Vehicles Worksheet 4. Setup Solution Worksheet 5. Setup Visualization Worksheet 6. Solver Info

Reset 1. Locations 2. Distances 3. Vehicles 4. Solution 5. Visualization 6. Solver Info

Q35

Vehicle:	V1	Stops:	104	Net profit:	-19.85				
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load	
0	Depot	0.00	0:00		00:00	0:00	0	0	
1	2	2.39	0:04	00:04	00:06	0:06	0	0	
2	1	2.52	0:04	00:06	00:08	0:08	0	0	
3	0	2.61	0:04	00:08	00:10	0:10	0	0	
4	4	2.91	0:05	00:11	00:13	0:13	0	0	
5	21	3.02	0:05	00:13	00:15	0:15	0	0	
6	22	3.10	0:05	00:15	00:17	0:17	0	0	
7	3	3.23	0:05	00:17	00:19	0:19	0	0	
8	5	3.47	0:06	00:20	00:22	0:22	0	0	
9	19	3.62	0:06	00:22	00:24	0:24	0	0	
10	37	3.71	0:06	00:24	00:26	0:26	0	0	
11	36	3.84	0:07	00:27	00:29	0:29	0	0	
12	41	3.92	0:07	00:29	00:31	0:31	0	0	
13	39	4.04	0:07	00:31	00:33	0:33	0	0	
14	35	4.24	0:08	00:34	00:36	0:36	0	0	
15	82	4.57	0:09	00:37	00:39	0:39	0	0	
16	60	4.80	0:10	00:40	00:42	0:42	0	0	
17	61	4.88	0:10	00:42	00:44	0:44	0	0	
18	62	4.95	0:10	00:44	00:46	0:46	0	0	
19	63	5.28	0:11	00:47	00:49	0:49	0	0	
20	64	5.39	0:11	00:49	00:51	0:51	0	0	
21	66	5.55	0:11	00:51	00:53	0:53	0	0	
22	56	5.55	0:11	00:53	00:55	0:55	0	0	
23	57	5.55	0:11	00:55	00:57	0:57	0	0	
24	15	5.55	0:11	00:57	00:59	0:59	0	0	
25	55	5.55	0:11	00:59	01:01	1:01	0	0	
26	41	5.55	0:11	01:01	01:03	1:03	0	0	

Ruta Miñarica

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda **VRP Spreadsheet Solver**

0. Reset the workbook 1. Locations 2. Distances 3. Setup Vehicles Worksheet 4. Setup Solution Worksheet 5. Setup Visualization Worksheet 6. Solver Info

Reset 1. Locations 2. Distances 3. Vehicles 4. Solution 5. Visualization 6. Solver Info

US2

Vehicle:	V1	Stops:	109	Net profit:	-19.66				
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load	
0	Depot	0.00	0:00		00:00	0:00	0	0	
1	1	1.80	0:03	00:03	00:05	0:05	0	0	
2	27	2.28	0:04	00:06	00:08	0:08	0	0	
3	93	2.28	0:04	00:08	00:10	0:10	0	0	
4	69	2.28	0:04	00:10	00:12	0:12	0	0	
5	98	2.28	0:04	00:12	00:14	0:14	0	0	
6	97	2.36	0:04	00:14	00:16	0:16	0	0	
7	15	2.36	0:04	00:16	00:18	0:18	0	0	
8	104	2.36	0:04	00:18	00:20	0:20	0	0	
9	20	2.36	0:04	00:20	00:22	0:22	0	0	
10	19	2.48	0:04	00:22	00:24	0:24	0	0	
11	13	2.71	0:04	00:24	00:26	0:26	0	0	
12	14	2.82	0:05	00:27	00:29	0:29	0	0	
13	16	2.90	0:05	00:29	00:31	0:31	0	0	
14	17	3.04	0:06	00:32	00:34	0:34	0	0	
15	7	3.04	0:06	00:34	00:36	0:36	0	0	
16	22	3.04	0:06	00:36	00:38	0:38	0	0	
17	43	3.17	0:06	00:38	00:40	0:40	0	0	
18	33	3.38	0:06	00:40	00:42	0:42	0	0	
19	34	3.42	0:06	00:42	00:44	0:44	0	0	
20	105	3.42	0:06	00:44	00:46	0:46	0	0	
21	106	3.55	0:06	00:46	00:48	0:48	0	0	
22	107	3.67	0:06	00:48	00:50	0:50	0	0	
23	45	3.88	0:06	00:50	00:52	0:52	0	0	
24	46	4.02	0:06	00:52	00:54	0:54	0	0	
25	48	4.38	0:06	00:54	00:56	0:56	0	0	
26	49	4.46	0:06	00:56	00:58	0:58	0	0	

Ruta Universidad



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 02/07/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Fausto Anshelo Caichug Gómez Jefferson Stalin Zupa Guachambosa
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Administración de Empresas
Carrera: Gestión del Transporte
Título a optar: Licenciado en Gestión del Transporte
 Ing. Jorge Ernesto Huilca Palacios Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Ruffo Neptali Villa Uvidia Asesor del Trabajo de Titulación