



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

### **CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

#### **GEOLOCALIZACIÓN DE ECO-TACHOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOLECTORES DE BASURA EN LOS ALREDEDORES DE MERCADOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

**Trabajo de integración curricular:**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

#### **INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**AUTORA:** CORALIA MISHEL PAULA MANYA.

**DIRECTORA:** Ing, MSc. MÓNICA ANDREA ZABALA HARO.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Coralia Mishel Paula Manya.

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

Yo, Coralia Mishel Paula Manya, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo 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, 17 de septiembre de 2021.



**Coralia Mishel Paula Manya**

**0604830661**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de integración curricular, tipo: Proyecto Técnico, **GEOLOCALIZACIÓN DE ECO-TACHOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE RECOLECTORES DE BASURA EN LOS ALREDEDORES DE MERCADOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**, realizado por la señorita **CORALIA MISHEL PAULA MANYA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

**ING. DIEGO FERNANDO VELOZ  
CHÉRREZ. M.Sc.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**DIEGO FERNANDO  
VELOZ CHERREZ**

17-09-2021

**ING. MÓNICA ANDREA ZABALA  
HARO. M.Sc  
DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:  
**MONICA ANDREA  
ZABALA HARO**

17-09-2021

**ING. JEFFERSON ALEXANDER  
RIBADENEIRA RAMÍREZ PhD.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**JEFFERSON ALEXANDER  
RIBADENEIRA RAMIREZ**

17-09-2021

## **DEDICATORIA**

Dedico esta Tesis en primer lugar a Dios por permitirme tener vida, salud y poder realizar uno más de mis propósitos. A mi madre y padre a la vez Lourdes Manya quien me dio la vida, educación, por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, por ser el pilar fundamental para seguir adelante y por todo su sacrificio, para mi madre siempre mi admiración y respeto. A mi hermano Gonzalo Paula quien ha sido también como mi padre me ha apoyado en todo momento y enseñado que con el trabajo y perseverancia se encuentra el éxito. A mi sobrinita Guadalupe Fernanda Paula Sánchez, aunque no está físicamente, desde el cielo me guía para que todo salga bien. A mis abuelitos por su apoyo incondicional y a toda mi familia por siempre creer en mí, más que el apoyo económico, el apoyo moral me ha sido suficiente para estar siempre motivada. A mis compañeros y maestros que gracias a la ayuda y conocimiento que me han brindado no habría podido realizar esta tesis. Para todos ellos realizo esta dedicatoria

Coralia

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por permitirme ser parte de mi familia, gracias a mis abuelitos y a toda mi familia por todo el aprecio y apoyo incondicional en cada toma de decisiones, gracias por creer en mí, no ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero lo he logrado, agradezco infinitamente a mi madre por nunca rendirse conmigo y siempre estar ahí en los momentos difíciles dándome palabras de aliento. A mi hermano por su apoyo incondicional y por siempre motivarme a no abandonar mis sueños. A Galo Guerra por su apoyo moral, sus consejos, amistad sincera y por llegar a formar parte de mi familia, le estaré siempre agradecida. A todos mis amigos que estuvieron a lo largo del camino quienes dieron sentido y motivación para cumplir esta meta.

Finalmente, agradezco a mi tutora de tesis Ingeniera Mónica Zabala, quien me supo guiar y brindar sus conocimientos a lo largo de todo el desarrollo de este proyecto.

Coralia

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCION.....	1

### CAPITULO I

<b>1. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Formulación del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1. Sistematización del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Justificación teórica.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Justificación aplicativa.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<i>1.4.1. Objetivos generales.....</i>	<i>4</i>
<i>1.4.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>

### CAPÍTULO II

2 <i>MARCO TEÓRICO.....</i>	5
<b>2.1. Geolocalización.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Georreferenciación.....</b>	<b>5</b>
<i>2.2.1. Geo codificación.....</i>	<i>6</i>
<i>2.2.2. Geo etiquetado.....</i>	<i>6</i>
<b>2.2.3. Métodos de Georreferenciación.....</b>	<b>6</b>
<i>2.2.3.1. Método-punto (Point Method).....</i>	<i>6</i>
<i>2.2.3.2. Método del polígono (Shape Method).....</i>	<i>6</i>
<i>2.2.3.3. Método cuadrado.....</i>	<i>7</i>
<i>2.2.3.4. Método radio punto.....</i>	<i>7</i>
<b>2.2.4. Sistema de Información Geográfica.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.5. Que es un SIG.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.6. Estructura de un Sistema de Información Geográfica.....</b>	<b>9</b>

2.2.6.1.	<i>Datos Alfanuméricos</i> .....	9
2.2.6.2.	<i>Datos geográficos</i> .....	9
2.2.6.3.	Funciones de un Sistema de Información Geográfica (SIG) .....	10
2.2.6.4.	<i>Herramientas SIG</i> .....	11
2.2.7.	<b>Base de datos</b> .....	12
2.2.7.1.	<i>Base de Datos Relacional</i> .....	12
2.2.7.2.	<i>Base de Datos no Relacional</i> .....	12
2.2.7.3.	<i>Análisis comparativo de la base de datos relacional SQL y no relacional NoSQL</i> .....	12
2.2.7.4.	<i>Firestore</i> .....	14
2.2.8.	<b>Lenguajes de Programación</b> .....	15
2.2.9.	<b>Flutter Framework</b> .....	17
2.2.10.	<b>Visual Studio Code</b> .....	17
2.3.	<b>Android SDK</b> .....	18
2.4.	<b>Instrumentos de Recolección de Datos</b> .....	18
2.4.1.	<i>Mobile Topographer</i> .....	18
2.4.2.	<i>Características y funciones del Mobile Topographer Free</i> .....	19
2.5.	<b>Sistemas inteligentes de recolección de desechos</b> .....	20
2.5.1.	<i>Sistemas para administración de rutas</i> .....	20
2.5.2.	<i>Hardware que utilizan los sistemas inteligentes de recolección</i> .....	21
2.5.3.	<i>Software que utilizan los sistemas inteligentes de recolección</i> .....	21
2.6.	<b>Optimización de rutas</b> .....	22
2.7.	<b>Algoritmos de predicción de Rutas</b> .....	22
2.7.1.	<i>Clasificación de algoritmos</i> .....	22
2.8.	<b>Distribución de zonas de Recolección del Municipio de Riobamba</b> .....	24

### CAPÍTULO III

3	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	27
3.1.	<b>Metodología de la investigación</b> .....	27
3.1.1.	<i>Diseño de la Investigación</i> .....	27
3.1.2.	<i>Tipos de Investigación</i> .....	27
3.1.3.	<i>Métodos</i> .....	27
3.1.4.	<i>Técnicas</i> .....	28
3.1.5.	<i>Fuentes de Información</i> .....	28
3.1.6.	<i>Planteamiento de la Hipótesis</i> .....	29
3.1.7.	<i>Determinación de las variables</i> .....	29

3.1.8.	<i>Población y Muestra</i> .....	29
3.1.9.	<i>Instrumentos de Recolección de Datos</i> .....	29
3.2.	<b>Fases de Desarrollo</b> .....	30
3.2.1.	<i>Fase 1: Recolección de Datos</i> .....	30
3.2.2.	<i>Procesamiento de la información georreferenciada</i> .....	36
3.2.3.	<i>Fase 2: Diseño del Algoritmo de Predicción de Ruta</i> .....	38
3.2.4.	<i>Optimización de rutas</i> .....	38
3.2.5.	<i>Diseño del Algoritmo de Predicción de Ruta</i> .....	38
3.3.	<b>Fase 3: Diseño De La Interfaz</b> .....	40

## **CAPÍTULO IV**

4	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	45
4.1.	<b>Resultados e interpretación de optimización de Rutas</b> .....	45
4.1.1.	<i>Optimización mercado la Condamine, Santa Rosa y La Merced</i> .....	45
4.1.2.	<i>Optimización Mercados San Alfonso, Mercado Oriental y La Esperanza</i> .....	50
4.1.3.	<i>Optimización Mercado Santa Rosa, Condamine y la Plaza Roja</i> .....	52
4.1.4.	<i>Optimización Mercado Plaza Roja</i> .....	53
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	56
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	57
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Diferencias y ventajas que presentan SQL Y No SQL .....	13
<b>Tabla 2-2:</b>	Escala de Likert de las bases de relacionales y no relacionales. ....	14
<b>Tabla 3-2:</b>	Características de los distintos lenguajes de programación. ....	16
<b>Tabla 4-2:</b>	Escala de Likert para los diferentes lenguajes de programación.....	17
<b>Tabla 5-2:</b>	Ruta Mercados Horario Matutino. ....	26
<b>Tabla 6-2:</b>	Ruta Mercados Horario Vespertino. ....	26
<b>Tabla 1-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Condamine...	30
<b>Tabla 2-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Santa Rosa ...	31
<b>Tabla 3-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal La Merced....	31
<b>Tabla 4-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Plaza Roja....	32
<b>Tabla 5-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Plaza Dávalos. .....	32
<b>Tabla 6-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Oriental. ....	33
<b>Tabla 7-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal San Alfonso: .....	33
<b>Tabla 8-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal San Francisco .....	34
<b>Tabla 9-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal La Esperanza 1. ....	35
<b>Tabla 10-3:</b>	Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal La Esperanza.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1-2:</b>	Métodos: A) Método Punto B) Método Cuadrado C) Método Polígono. ....	7
<b>Figura 2-2:</b>	Método radio punto-.....	8
<b>Figura 3-2:</b>	Estructura de un sistema de información de apoyo a la decisión. ....	9
<b>Figura 4-2:</b>	Entorno visual Mobile Topographer.....	19
<b>Figura 5-2:</b>	Método de recolección desechos. ....	21
<b>Figura 6-2:</b>	Sistema de carga Posterior.....	25
<b>Figura 7-2:</b>	Rutas recolección de basura de los Mercados.....	25
<b>Figura 1-3:</b>	Base de datos de eco-tachos. ....	37
<b>Figura 2-3:</b>	Atributos asignados a cada eco-tacho. ....	37
<b>Figura 3-3:</b>	Diagrama de flujo para la optimización de rutas propuesto. ....	38
<b>Figura 4-3:</b>	Pseudocódigo distancia Haversine en Dart. ....	39
<b>Figura 5-3:</b>	Diagrama de flujo de la interfaz de la Aplicación.....	40
<b>Figura 6-3:</b>	Servicio de Autenticación de Firebase.....	41
<b>Figura 7-3:</b>	Inicio de Sesión Usuario.....	41
<b>Figura 8-3:</b>	Opción agregar zonas-.....	42
<b>Figura 9-3:</b>	Asignación de responsable de la zona. ....	42
<b>Figura 10-3:</b>	Añadir un nuevo eco-tacho.....	43
<b>Figura 11-3:</b>	Optimización de rutas.....	44
<b>Figura 12-3:</b>	Optimización de rutas.....	44
<b>Figura 1-4:</b>	Ruta Haversine, para un llenado del 100% en los eco-tachos, de los mercados Condamine, Santa Rosa y La merced. ....	46
<b>Figura 2-4:</b>	Optimización de ruta por Distancia, para un llenado del 100% en los eco- tachos, mercado Condamine, Santa Rosa y la Merced. ....	46
<b>Figura 3-4:</b>	Optimización de ruta por tiempo, para un llenado del 100% en los de eco- tachos, mercado Condamine.....	47
<b>Figura 4-4:</b>	Ruta Haversine, para un llenado del 50% en los eco-tachos, mercado Condamine. .....	48
<b>Figura 5-4:</b>	Optimización de ruta por distancia, para un llenado de 50% en los eco-tachos mercado Condamine, Santa Rosa, La Merced. ....	49
<b>Figura 6-4:</b>	Optimización de ruta por tiempo, para un llenado del 50% en los eco-tachos, mercado Condamine, Santa Rosa, la Merced. ....	49
<b>Figura 7-4:</b>	Optimización por distancia, para un llenado del 100% en los eco-tachos en los tres mercados asignados. ....	50
<b>Figura 8-4:</b>	Tachos A y B con un porcentaje de llenado menor al 30%.....	51

<b>Figura 9-4:</b> Optimización de ruta por distancia, para un porcentaje de llenado menor al 30% en los eco-tachos A y B.....	51
<b>Figura 10-4:</b> Resultado de la ruta a seguir en tres mercados mediante el método Haversine ...	52
<b>Figura 11-4:</b> Resultado de la ruta a seguir en tres mercados aplicando el algoritmo de distancia. ....	52
<b>Figura 12-4:</b> Ruta Haversine para un llenado del 100% en .....	53
<b>Figura 13-4:</b> Optimización por distancia, para un llenado.....	54
<b>Figura 14-4:</b> Optimización de ruta por tiempo, para un llenado .....	54

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CODIGO DE LA PROGRAMACION DEL ALGORITMO EN FLUTTER.

**ANEXO B:** INTERFAZ DE LA APLICACIÓN DE COLECTORES DE BASURA

**ANEXO C:** FÓRMULAS PARA CALCULAR LA DISTANCIA DE HAVERSINE.

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo por objetivo la geolocalización de los eco-tachos para la optimización de rutas de los recolectores de basura en los alrededores de mercados municipales de la ciudad de Riobamba. El proyecto se realizó en 3 etapas principales, para la primera etapa que corresponde al levantamiento de datos, se utilizó el software Mobile Topographer que permite georreferenciar un punto, obteniendo coordenadas en longitud y latitud permitiendo una óptima ubicación, se almacenó la información en la plataforma Firebase, además se utilizó la herramienta Real Time Data Base que es una base de datos alojada en la nube que permite manipular información en tiempo real. Posteriormente se tomó como base los algoritmos heurísticos y algoritmos del camino más cercano, se procesó la información almacenada mediante la implementación de algoritmos que permiten estimar la mejor ruta siendo esta la segunda etapa. Finalmente en la tercera etapa se diseñó una aplicación móvil en un framework multiplataforma conocido como Flutter, desarrollado por Google, al ser una aplicación móvil se tiene la disponibilidad de usar las API's de Google que permiten visualizar la mejor ruta mediante el uso de una de las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica como es Mapbox, ya que ofrecen mapas dando la posibilidad de poder graficar y personalizarlos de forma gratuita, sin consumir demasiados recursos en el dispositivo móvil, permitiendo de esta manera visualizar la mejor ruta de los eco-tachos, de esta forma se optimiza recursos para los recolectores de basura alrededor de los mercados municipales. Se recomienda a futuro hacer un análisis del uso de bases de datos relacionales para poder insertar más variables, que permita poder adaptar la aplicación a otros proyectos y tener una aplicación con más servicios.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)> <GEORREFERENCIACIÓN> <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO LOCAL (GPS)> <COORDENADAS DE POSICIONAMIENTO>.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

2098-DBRA-UPT-2021

2021-11-15

## SUMMARY

The main objective of this was the geolocation of the eco-bins for the optimization of the routes of the garbage collector collectors in the surroundings of municipal markets in Riobamba city. The project was developed in 3 main stages, to the first stages which correspond to the data collection, the mobile Topographer software was used in order to allow georeferencing a point and obtaining longitude and latitude coordinates that give us a correct location, the information was stored in the platform Firebase and also was used the Real Time Data Base tool which is a database hosted in the cloud that allows information to be manipulated in real time. After that, the heuristic algorithms and algorithms of the closest path were taken as a basis, the stored information was processed through the implementation of algorithms that allow us to estimate the best path, this being the second stage. Finally, in the third stage, a mobile application was designed in a multiplatform framework known as Flutter, developed by Google, as it is a mobile application, it is available to use Google's APIs which allow visualizing the best route through the use of one of the Geographic Information Systems tools such as Mapbox, since they offer maps giving the possibility of being able to graph and customize them for free, without consuming too many resources on the mobile device, thus allowing to visualize the best route of the eco-bins, in this way, resources are optimized for garbage collectors around municipal markets. It is recommended in the future to make an analysis of the use of relational databases to be able to insert more variables, which allows the application to be adapted to other projects and to have an application with more services.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (SIG)> <GEOREFERENCING> <LOCAL POSITIONING SYSTEM (GPS)> <POSITIONING COORDINATES>, <SMARTPHONE >.

WILSON  
GONZALO  
ROJAS  
YUMISACA



Firmado  
digitalmente por  
WILSON GONZALO  
ROJAS YUMISACA  
Fecha: 2021.11.17  
12:19:14 -05'00'

Lic. Wilson G. Rojas  
**NOMBRE Y FIRMA PROFESOR**

## **INTRODUCCION**

A medida que avanza el tiempo también existe un incremento en la población, esto se debe a un mejor progreso económico y un mayor grado de población urbana, lo cual genera un incremento de basura en las ciudades, que se nota de manera significativa sobre todo en las zonas donde existe mayor concentración de personas como es el caso de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba, es muy común en estas zonas ver desborde de basura en los eco-tachos causando molestias a las personas que transitan por estas calles y generando un mal aspecto de visual para las personas visitantes y originarios de la ciudad, es por eso que se desarrolla el presente proyecto que tiene como objetivo principal realizar un estudio de geolocalización de eco-tachos para optimizar las rutas de recolección de basura en los alrededores de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba, por medio del diseño de un algoritmo que optimice las rutas de recolección. Inicialmente se obtienen los conocimientos fundamentales sobre la georreferenciación y el tratamiento de información espacial además sobre los diferentes algoritmos de optimización. Se estudia la georreferenciación para poder obtener las coordenadas en latitud y longitud de un objeto o conjunto de objetos en el espacio en función de un sistema de coordenadas, es importante también conocer sobre los sistemas de Información Geográfica sus funciones y las herramientas con las que cuentan estos sistemas, ya que permiten realizar una representación de la información georreferenciada en mapas. En el capítulo 2 se realiza la georreferenciación de los eco-tachos alrededor de los mercados municipales, como también el almacenamiento de esta información en una base de datos, para posteriormente implementar un algoritmo que me permita con esta información georreferenciada realizar una optimización de rutas y mediante una aplicación móvil visualizar las rutas óptimas. En el último capítulo se realizan las pruebas para obtener la ruta más eficiente, considerando el nivel de llenado que tienen los eco-tachos. Finalmente se plantean las conclusiones obtenidas en el transcurso del desarrollo de la aplicación móvil para obtener rutas óptimas en la recolección de desechos sólidos en los diferentes mercados municipales de la ciudad de Riobamba.

# CAPITULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### ANTECEDENTES

En España en la ciudad de Algeciras la universidad de Málaga ha desarrollado un software denominado BIN-CT que pronostica el nivel de llenado de los depósitos de los desechos y calcula los recorridos de vaciado en función de las necesidades, mediante este sistema inteligente resuelven dos problemas a los que se enfrentan las empresas por un lado determinar los contenedores que se deben recoger y por otro lado el orden de recogida, lo que supone un ahorro de tiempo una reducción de contaminación (Fundacion, 2019). En este caso, han utilizado un algoritmo inteligente de búsqueda por trayectoria, que calcula rutas de recogida eficientes. Este sistema se ha aplicado para la ciudad de Algeciras. En la ciudad de Riobamba, ver basura por todas las calles se ha vuelto común lo cual es un problema que con los eco-tachos se ha disminuido considerablemente, recogiendo 150 toneladas de basura, se implementó un método de recolección de basura mediante contenedores con dos vehículos recolectores siguiendo una ruta y horarios. En el 2015 la dirección de Gestión Ambiental, Salubridad e Higiene del GAD municipal de Riobamba en una rueda de prensa informó que ya se disponían de 500 contenedores que serían ubicados en los diferentes barrios y mercados de la ciudad (GADMR, 2015). Una de las soluciones que se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el año 2019 donde se realizó la tesis de grado titulada “Implementación de un prototipo para el monitoreo de contenedores de basura basados en el diseño de los eco-tachos de la ciudad de Riobamba.” (Panchi Guevara, y otros, 2019).

Con la llegada de las nuevas tecnologías está de moda, el consumo de mapas a gran escala es una realidad gracias a GOOGLE MAPS y los GPS. Los procesos que hacen esto posible son, la digitalización, la georreferenciación y la publicación web. Los dos últimos procesos se realizan con los sistemas de información geográfica (SIG). Para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar social, se pueden incluir aplicaciones para fortalecer la prestación de los servicios públicos, específicamente servicios básicos y otros priorizados y considerados como esenciales por el GAD.

### 1.1. Formulación del problema

¿En qué forma la geolocalización de eco-tachos contribuirá para realizar una optimización de rutas de recolección de basura en los mercados municipales, y así optimizar los recursos para optimizar los servicios de recolección?

### **1.1.1. Sistematización del problema**

¿Cómo se puede sustentar la investigación con respecto a referencias y antecedentes sobre las variables de estudio?

¿Cómo se pueden establecer los puntos de recolección conforme a la ubicación espacial de los eco tachos alrededor de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba?

¿Se puede implementar un algoritmo para la optimización de rutas de recolectores de basura?

¿En qué forma se puede mejorar y optimizar las rutas de recolección de basura apoyados en medios tecnológicos de geolocalización?

### **1.2. Justificación teórica**

Mediante el proyecto de titulación denominado “Geolocalización e identificación de eco-tachos para la optimización de rutas de recolectores de basura en los alrededores de mercados municipales de la ciudad de Riobamba” se pretende obtener las ubicaciones de los eco-tachos de basura en las zonas de interés, para que esta información pueda ser visualizada por los usuarios y que en lo posterior sirva para la creación de nuevas aplicaciones como para nuevas investigaciones y esto ayudara a un mejor planificación y gestión. El presente trabajo tiene su importancia debida a que esta tecnología desde la aparición del Canadian Geographical Information System (CGIS) en 1962, hasta la actualidad se han ido implementando numerosas aplicaciones de los (SIG) en los más variados ámbitos, y se ha convertido en una herramienta cuya facilidad de uso ha extendido y democratizado esta tarea fuera del ámbito técnico existente hasta ahora (Choque, 2017 pág. 12).

El sistema a desarrollar presentará un enfoque innovador, ya que mediante la utilización del (SIG) se podrá brindar información visual para que los ciudadanos tengan libre acceso a dichos datos y puedan a su vez ser aplicados a otras áreas.

### **1.3. Justificación aplicativa**

La razón por la que surgió esta idea de proyecto, es debido a que la mayor parte de mercados municipales se encuentran en la zona centro de la ciudad de Riobamba y es en estas zonas donde se genera mayor cantidad de desechos sólidos, por ello se busca realizar una geolocalización para la optimización de rutas de los eco-tachos en los mercados municipales, lo cual ha llevado a realizar el levantamiento de datos geográficos de los elementos de acopio de los mercados

municipales de la ciudad de Riobamba, que se almacenaran en una base de datos, mediante la implementación de un algoritmo se optimizará las rutas, esta información será visualizada por medio de una aplicación móvil. Este proyecto estar dividido en tres partes la primera consiste en la georreferenciación de eco-tachos mediante un levantamiento de datos geográficos de los puntos de acopio de los mercados municipales con la ayuda de un dispositivo de posicionamiento. Los datos recolectados sobre la ubicación de eco-tachos se almacenarán en una base de datos. En el paso 2 se implementará un algoritmo para optimizar rutas de recolectores de basura. En el paso 3 se utilizará un Sistema de Información Gráfica (SIG) para que estos datos sean visualizados en una interfaz de aplicación móvil.

#### **1.4. Objetivos**

##### ***1.4.1. Objetivos generales***

Realizar un estudio de geolocalización de eco-tachos para optimizar las rutas de recolección de basura en los alrededores de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba, por medio del diseño de un algoritmo que optimice las rutas de recolección.

##### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Analizar las investigaciones o aplicaciones de información espacial con respecto a la recolección de residuos sólidos en medios urbanos, geolocalización y algoritmos para optimizar rutas.
- Levantar información geográfica de los puntos de recolección de residuos sólidos en un radio aproximado de 450 m de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba.
- Implementar un algoritmo para optimizar rutas de recolectores de basura.
- Visualizar información de datos espaciales mediante herramientas de gestión de información geográfica.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se sienta las bases con referencia a los conceptos fundamentales de la geolocalización, georreferenciación y los distintos técnicas y métodos, además se analiza los diferentes tipos de bases de datos que me permite el almacenamiento de la información.

También se detalla en el capítulo la información necesaria para el desarrollo del algoritmo, que permite realizar la optimización de rutas, por otro lado, se analiza los llamados sistemas de información geográfica que permiten la representación de información en forma de mapas.

Los objetivos planteados demandan cierto tipo de hardware como también de software para completarlos, por lo cual se detallan los requerimientos necesarios para el proyecto.

#### 2.1. Geolocalización.

La geolocalización es el conjunto de técnicas que permitirá determinar la ubicación física de un objeto o una persona con relación a un sistema de coordenada para posteriormente, acceder a información específica (Software, 2017). Es decir, es la capacidad de localizar de manera precisa las entidades geográficas, ya que es imprescindible en la representación cartográfica como en el sistema de información Geográfico (Arcotel, 2018). Los Smartphones en la actualidad se han vuelto los dispositivos ideales para la geolocalización, debido al hardware que incorporan y que sus fabricantes han dotado sus sistemas operativos de las herramientas necesarias para que los desarrolladores hagan uso de la geolocalización y se pueda explotar sus múltiples utilidades. Hoy en día la mayoría de aplicaciones disponibles en teléfonos móviles hacen uso de esta tecnología. (Sanchez, 2017 pág. 24)

#### 2.2. Georreferenciación.

Es un método que permitirá lograr un posicionamiento de un objeto o conjuntos de objetos en el espacio, en función de un sistema de referencia que permite lograr la ubicación de forma unívoca. Para obtener un dato georreferenciado debe de agregarse coordenadas, representadas como longitud y latitud. La trayectoria recorrida o ubicación de una persona en la ciudad son ejemplos de un dato georreferenciado. (Lagarrigue, 2014 pág. 11)

Al interior del radio urbano se pueden llevar a cabo dos formas de georreferenciación directa e indirecta. El primer caso se refiere a la captura de coordenadas mediante GPS, sea declarada por la empresa o bien capturada por alguna fuente de información sectorial. El segundo caso, da lugar

a la utilización de la base de datos con direcciones de industrias, la disponibilidad de una base de cartografía geo codificada.

En la actualidad la georreferenciación está en proceso de crecimiento, por el motivo a que representa un alto costo con beneficios que no son visibles en el corto plazo. Los sets de datos georreferenciado o espaciales cada vez incrementan en relación a los tradicionales. Hoy en día esta técnica es la más utilizada en campos como el transporte, la comunicación, servicios, medio ambiente y la agricultura. (Araya, 2009 pág. 6).

### **2.2.1. *Geo codificación.***

La geo codificación o asignación de códigos geográficos, es un proceso de aplicación de algún tipo de referencia geográfica, como la dirección de una casa en su formato más común, coordenadas o bien la ubicación descriptiva, tales como los códigos postales o censales, los cuales permiten distinguir a un lugar. (Araya, 2009 pág. 8).

### **2.2.2. *Geo etiquetado.***

Es el proceso mediante el cual se añade información geográfica en forma de metadatos a otro tipo de contenido. Usualmente es un paso posterior a la georreferenciación. (Sanchez, 2017 pág. 16).

### **2.2.3. *Métodos de Georreferenciación***

#### **2.2.3.1. *Método-punto (Point Method).***

El más utilizado es el método de “Punto”, por el cual un solo par de coordenadas es asignado a cada ubicación. Este método ignora el hecho de que un registro de localidad siempre describe un área en lugar de un punto adimensional y que la recolección puede ocurrir en cualquier lugar dentro del área indicada. Al proporcionar solo un punto para un registro georreferenciado, la distinción es perdida entre descripciones de localidad que son específicas y aquellas que no lo son.

#### **2.2.3.2. *Método del polígono (Shape Method).***

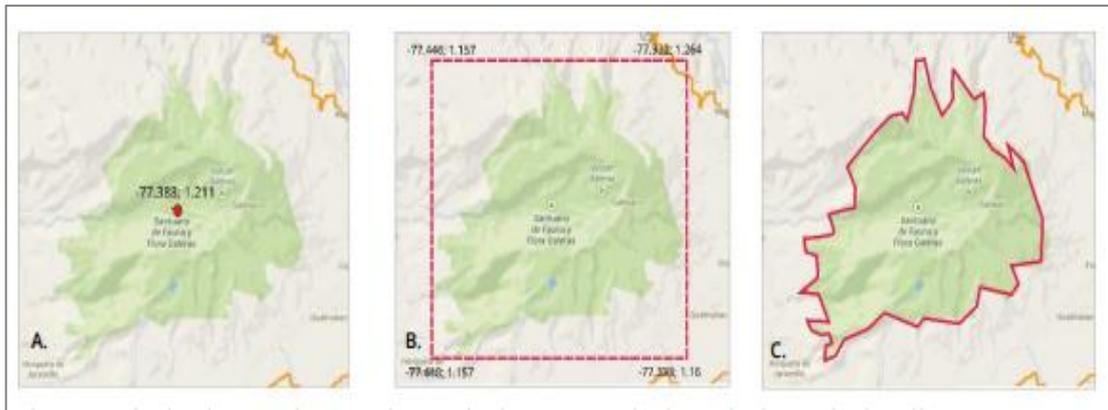
El método polígono (Shape method) se puede considerar el más preciso de los métodos al plasmar la forma del área, aunque dentro de un proceso masivo de georreferenciación es poco operativo, ya que implica una combinación de formas para representar la entidad geográfica; además, por

cada forma hay un conjunto de coordenadas cuyo almacenamiento en una base de datos es más conflictivo . (Escobar, y otros, 2015 pág. 28).

### 2.2.3.3. *Método cuadrado.*

Una forma común de describir una característica geográfica es usar un cuadro delimitador: un conjunto de dos pares de coordenadas que juntas forma un rectángulo (en la proyección apropiada) que abarca la localidad que se describe.

Este método ofrece algunas ventajas sobre el método de forma de polígono. Además, las consultas de la base de datos se pueden realizar en cuadros delimitadores sin la necesidad de un motor de base de datos espacial. Sin embargo, describir una localidad con un cuadro delimitador tiende a ser menos específico que describirlo con una forma más complicada. (Wieczorek, y otros, 2010).

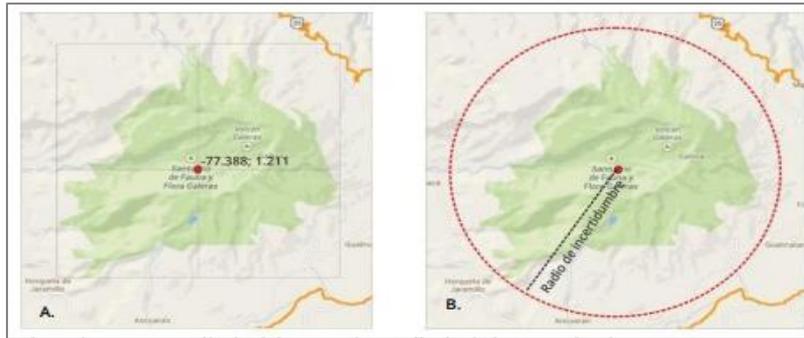


**Figura 1-2:** Métodos: A) Método Punto B) Método Cuadrado C) Método Polígono.

Fuente: (Escobar, y otros, 2015 pág. 28).

### 2.2.3.4. *Método radio punto.*

El método radio-punto describe el sitio de colecta con un punto georreferenciado y alrededor de este una circunferencia para definir el sitio probable de colecta que integra la descripción de la localidad e incertidumbres asociadas. Desde el punto de vista de manipulación de información, es más operativo para el manejo de la base de datos, al requerir solo un punto georreferenciado (latitud, longitud) y eficaz debido a que la incertidumbre va integrada en un solo atributo definido en una longitud en metros. (Escobar, y otros, 2015 pág. 29).



**Figura 2-2:** Método radio punto-

Fuente: (Escobar, y otros, 2015 pág. 9).

#### 2.2.4. *Sistema de Información Geográfica.*

La definición de los Sistemas de información Geográfica ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Inicialmente el concepto de SIG solo estaba limitado a representaciones visuales de un espacio de terreno determinado. Es decir, el concepto estaba vinculado únicamente a mapas e imágenes que servían para describir un espacio de territorio. (Choque, 2017 pág. 15)

#### 2.2.5. *Que es un SIG.*

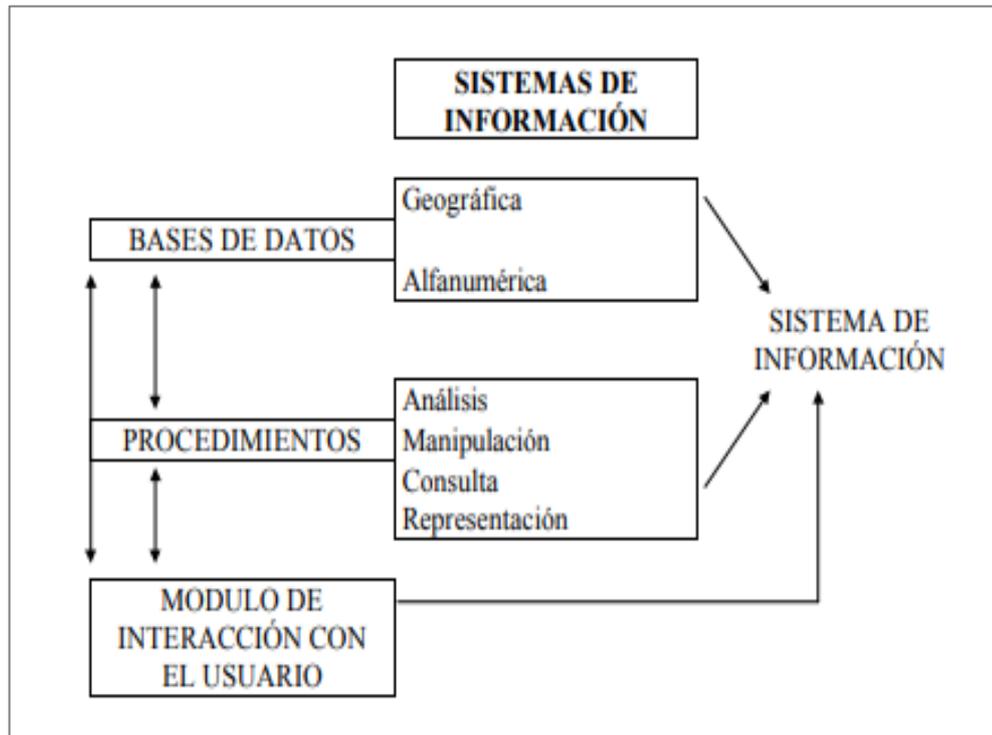
En general, un Sistema de Información (SI) consiste en la unión de información en formato digital y herramientas informáticas, para su análisis con unos objetivos concretos dentro de una organización, empresa etc. Un SIG es un caso particular de (SI) en el que la información aparece georreferenciada es decir incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica generalmente UTM.

De acuerdo al Comité Coordinador de la Infraestructura de Datos Espaciales (CCIDEP), el objetivo de contar con una herramienta SIG es resolver problemas de gestión y planificación. Estos sistemas permiten capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con la finalidad de obtener resultados para planificar y tomar decisiones aplicables a cualquier rama de la ciencia.

Un SIG requiere que se establezca una conexión entre información alfanumérica e información geográfica. Es decir, que los objetos a los cuales la información alfanumérica describe, se encuentren posicionados dentro de un sistema de coordenadas determinado. De este modo un SIG se convierte en una herramienta fundamental para llevar a cabo estudios de ordenación del Territorio o Evaluación de Impacto Ambiental. (Morea, y otros, 2017 pág. 6).

### 2.2.6. Estructura de un Sistema de Información Geográfica

Los Sistemas de información geográfica están inmersos en los más genéricos “Sistemas de información” cuyo objetivo es dar respuesta a preguntas no predefinidas de antemano. (Morea, y otros, 2017 pág. 5).



**Figura 3-2:** Estructura de un sistema de información de apoyo a la decisión.

**Fuente:** (Morea, y otros, 2017).

#### 2.2.6.1. Datos Alfanuméricos.

Los datos alfanuméricos son aquellos en cuyo contenido se tienen letras y dígitos estos se almacenan y recuperan como texto, son utilizados para los casos en los que se requiere tener descripciones sobre un determinado objeto. Por ejemplo, la dirección de una casa es un dato alfanumérico, ya que estará compuesto por un texto que ayuda a describir el objeto casa. En el ámbito de SIG, estas fuentes de datos son utilizadas para describir y brindar datos extra sobre un objeto geográfico. (Barriga, 2013 pág. 28).

#### 2.2.6.2. Datos geográficos.

Los datos geográficos son aquellos que se refieren a una descripción espacial de un objeto. Este tipo de dato se encarga de guardar representaciones que ayudan a describir una región o territorio

a través de su posición dentro de un sistema de referencia, utilizados para identificar en donde se encuentra el objeto. Para localizar un objeto es necesario que el mismo se encuentre georreferenciado. Es decir, que se encuentre localizado dentro de un sistema de coordenadas geográficas y Datum determinado. (Barriga, 2013 pág. 29).

#### 2.2.6.3. *Funciones de un Sistema de Información Geográfica (SIG).*

Las funciones de un SIG son:

- **Incorporación de la información.** Se incluye aquí no solo el paso de datos geográficos a una forma analítica (digitalización), sino también la integración en el sistema de las bases de datos.
- **Gestión de la información.** Toda la información incorporada debe poder ser gestionada por el sistema realizando búsquedas temáticas, espaciales y con capacidad de selección multi-condicionadas para su posterior análisis.
- **Análisis de la información.** Esta función es la específica de los SIG y es su elemento característico. En realidad, son modelos resultantes del tratamiento inteligente de la información, condicionados por las hipótesis contempladas. Los resultados pueden ser más o menos reales en función de la bondad de los datos y de la veracidad de las hipótesis utilizadas.
- **Interrelación con el usuario.** Los puntos anteriores deben tener su finalización en una relación práctica e intuitiva con el usuario del sistema, de tal forma que pueda elegir la salida más adecuada de los datos utilizados. Un SIG debe tener capacidad para ofrecer salidas tales como mapas, gráficos, tablas resumen y en cualquier soporte (papel, pantalla, exportación de datos, etc.).
- **Utilización de un Sistema de Información Geográfica.** Las funciones básicas, y más habitualmente utilizadas, de un SIG son el almacenamiento, visualización, consulta y análisis de datos espaciales. Un uso algo más avanzado sería la utilización de un SIG para la toma de decisiones en ordenación territorial o para la modelización de procesos ambientales.
- **Almacenamiento.** El almacenamiento de datos espaciales implica modernizar la realidad y codificar de forma cuantitativa este modelo.
- **Visualización.** la popularización de los SIG se debe a este tipo de aplicaciones ya que han permitido introducir la dimensión espacial de la información de forma sencilla en entornos de trabajo en los que no existía una tradición a este respecto.
- **Consultas.** En un SIG las consultas se basan tanto en atributos temáticos como en propiedades espaciales, estas pueden definirse mediante un par de coordenadas o pinchando directamente sobre un mapa.

- **Toma de decisiones.** la utilización de un SIG para resolver problemas de toma de decisión en planificación física, ordenación territorial, estudios de impacto ambiental, etc. mediante el uso de instrucciones complejas del análisis espacial y álgebra de mapas. (Morea, y otros, 2017 pág. 10).

#### 2.2.6.4. *Herramientas SIG.*

Hay varias herramientas para la creación, almacenamiento, análisis de información georreferenciada. A continuación, se mencionará algunas de ellas.

- **Excel:** Con su complemento Power Map, permite georreferenciar datos en la planilla y mostrarlos en mapas 2D y 3D.
- **ArcGIS:** plataforma incluye herramientas para la captura, edición, análisis y publicación de información. Es una de las herramientas más utilizadas
- **GeoMedia:** Es la competencia comercial directa de ArcGIS.
- **QGIS:** Quantum es una herramienta de Software libre con una potente funcionalidad para gestionar información georreferenciada.
- **GRASS:** Es una aplicación que permite gestionar datos Vectoriales y Raster, focalizados en estos últimos
- **Google Earth:** Permite ver una representación del globo a partir de una superposición de imágenes satelitales, fotografías aéreas y modelos creados por computadora. (Lagarrigue, 2014 pág. 22).

Otras herramientas importantes se considera los servidores de mapas en la nube como se presenta a continuación:

- **Google Maps:** Servidor de aplicaciones de mapas en la nube provisto por Google. Permite integrar cierta información particular y mediante interfaces de programación (API) permite a las aplicaciones externas consultar, renderizar y actualizar la información.
- **HERE:** Servidor de aplicación de mapas en la nube originalmente provisto por Nokia (Microsoft). Contiene una funcionalidad similar a la de Google Maps pero se caracteriza por tener una mejor interfaz de programación para aplicaciones externas con opciones diferentes.
- **MapBox:** Sitio Web que permite crear mapas customizados de una forma sencilla. Se basa en tecnología open source y utiliza la información de mapas provista por OpenStreetMaps a fin de seleccionar los orígenes, subir información georreferenciada propia, seleccionar distintos templates o estilos y aplicar animaciones predeterminadas.

- **CartoDB:** Provee un servicio similar a MapBox pero con una interface de usuario simplificada orientado a la creación rápida de mapas sobre una serie de templates predefinidos. (Lagarrigue, 2014 pág. 23).

### 2.2.7. *Base de datos.*

Se considera que una base de datos es un conjunto datos agrupados de forma estructurada en diferentes campos y tipos de datos, que se encuentran almacenados en un repositorio, con la finalidad de ser utilizados y procesados convirtiéndose en información. (Coral, 2018 pág. 26).

#### 2.2.7.1. *Base de Datos Relacional.*

Una base de datos relacional básicamente es un conjunto de tablas, muy similares a las hojas de cálculo ya que están formadas por filas que representan registros y columnas que representa campos, en este modelo relacional las tablas comparten algún campo entre ellas que permiten establecer interconexiones entre los datos. (Córdova, y otros, 2013 pág. 6).

Los sistemas gestores de bases de datos relacionales(SQL) son: MySQL, MariaDB, SQLite PostgreSQL, Microsoft SQL Server y Oracle.

#### 2.2.7.2. *Base de Datos no Relacional.*

Una base de datos no relacional son sistemas de almacenamiento de información que no requiere de estructuras de datos fijas(tablas), es decir que los datos no se almacenan en tablas, sino en colecciones JSON. Además, es capaz de gestionar inmensos volúmenes de información, que engloba todas las tecnologías de almacenamiento estructurado que no cumplen el esquema relacional. Cuenta con sistemas flexibles para realizar aplicaciones móviles modernas. Son destacadas por su facilidad de desarrollo, tanto en funcionalidad como en rendimiento a escala trabajan con una amplia variedad de modelos de datos e incluyen documentos, gráficos entre otros. (Chicaiza, 2020 pág. 16)

#### 2.2.7.3. *Análisis comparativo de la base de datos relacional SQL y no relacional NoSQL.*

En la siguiente Tabla 1-1 se presenta una comparación de las principales diferencias y ventajas que presentan las bases de dato SQL y NoSQL.

**Tabla 1-2:** Diferencias y ventajas que presentan SQL Y No SQL

	SQL	NoSQL
<b>Diferencias</b>	Esta base de datos es relacional ya que permite combinar de forma eficiente Diferentes tablas para extraer información relacionada.	NoSQL es una base de datos no relacional, permite distribuir grandes cantidades de información.
	Permite escalar de manera complicada si no cuenta con un diseño distribuido.	Permite un escalado horizontal sin problemas por su capacidad de distribución .
	Se utiliza SQL en sistemas contables, o de inventario, ya que requieren transacciones de varias filas.	Se utiliza NoSQL en sistemas de gestión de contenido, aplicaciones móviles, sistemas de análisis en tiempo real, bases de datos con un crecimiento rápido, con un esquema descentralizado.
	Las bases de datos relacionales utilizan un lenguaje de consulta estructurado para la manipulación de datos, estas se conforman por filas, columnas y registros y se almacenan por tablas.	Los datos se pueden almacenar de cualquier manera, columnas, documentos, gráficos, etc., y cada documento puede tener su propia estructura, sin afectar los demás, puede agregar más campos a medida que se avanza, ya que no tiene definiciones de esquema estándar que se debe respetarse.
	Para manipular los datos en SQL, se requiere primero determinar la estructura de estos, si se cambia la estructura de uno de los datos, puede perjudicar todo el sistema, ya que las tablas están relacionadas	Las bases de datos no relacionales tienen un esquema dinámico, no se requiere la estructura de los datos para su manipulación.
<b>Ventajas</b>	Elimina las duplicaciones de datos y permite tener almacenamiento sin redundancia .	No requieren servidores con una gran cantidad de recursos disponible para operar .
	Estándares bien definidos ya que al momento de crear, eliminar, insertar tablas y actualizar información se realiza bajo la misma sintaxis, basado en el estándar SQL	Los grandes sistemas de NoSQL son lo suficientemente flexibles para permitir una mejor utilidad para desarrollar aplicaciones de manera que respondan a sus necesidades.

<p>Atomicidad, tiene que ver con la operación que se desee ejecutar y no cumpla con los criterios de información preestablecidos, no se realizaran.</p>	<p>Las bases de datos NoSQL por lo general procesan datos más rápido que las bases de datos relacionales.</p>
---	---

**Realizado por:** Paula Coralia,2021

**Fuente:** (Córdova, y otros, 2013)

**Tabla 1-3:** Escala de Likert de las bases de relacionales y no relacionales.

Tipos de Bases de datos	Desarrollo móvil.	Desarrollo web.	Big Data	Consultas masivas de información	Total
SQL	-	1	-	-	1
NoSQL	1	1	1	1	4

**Realizado por:** Paula Coralia,2021

Mediante la comparación realizada en la Tabla 1-2 de la base de datos SQL Y NoSQL podemos destacar ciertas características que nos favorecen para el desarrollo del presente proyecto, teniendo en cuenta que una base de datos no relacional está ligada al manejo de grandes volúmenes de datos, conocidos como BIG DATA o grandes datos.

En la Tabla 2-2 podemos notar una base de datos no relacional es la que más se adaptaría a una aplicación móvil que está en constante consulta hacia la base de datos.

#### 2.2.7.4. *Firebase.*

Firebase es una plataforma BaaS (Backend as a Service), desarrollada por Google que facilita el desarrollo de apps, proporcionando un servidor Backend para las aplicaciones. Además, el mismo Backend puede ser utilizado de forma común en diversas plataformas Android, IOS y web.

Proporciona una solución eficaz frente no solo a problemas de desarrollo, sino también de escalabilidad a medida que la base de usuarios de la aplicación crece, ya que los servidores son proporcionados por Google. Entre sus funcionalidades se encuentra un servicio de autenticación, base de datos en tiempo real, almacenamiento de archivos, solución de errores, funciones Backend, testeo, y medida de estadísticas recogidas de los usuarios. (Chicaiza, 2020 pág. 24).

La ventaja de esta base de datos es que al estar alojada en la nube de Google no hay necesidad de mantener servidores y el SDK de Android permite que la sincronización sea fácil de implementar, utilizando las funciones que Firebase proporciona.

Al ser una base de datos NoSQL, es importante estructurar bien los datos, debido a que los datos de Firebase Real time Database se guardan en formato JSON. Es decir, que no existen tablas ni registros para guardar los datos, y cada vez que se agregan datos al árbol JSON, estos se convierten en un nodo en la estructura JSON existente. (Castellote, 2017 pág. 40).

## **Funciones y servicios de Firebase.**

Las funciones y servicios de Firebase son las siguientes:

- **Base de datos en tiempo real:** Firebase provee una base de datos NoSQL que almacena datos y los sincroniza en tiempo real. Es una gran ventaja ya que para los datos que cambian en la base de datos de Firebase se actualizan en los clientes, es decir que, si hay alguna novedad como, por ejemplo: descuentos por fechas, promociones, artículos nuevos, entre otros aspectos.
- Firebase ofrece soluciones de base de datos en la nube para clientes que requieren de sincronización de datos en tiempo real como son las siguientes:
- **Realtime Database:** Es la base de datos original de Firebase. Se le considera eficiente y de baja latencia para aplicaciones móviles y sitios web que requieran sincronización entre los clientes en tiempo real.
- **Cloud Firestore:** Lanzado en el año de 2017 por Google, es la nueva base de datos de Firebase, aprovecha lo mejor de Realtime Database con un nuevo modelo de datos, también cuenta con consultas rápidas y la escala se ajusta mejor que Realtime Database.
- **Autenticación:** Firebase provee un método de registro e inicio de sesión con varias opciones como lo es por medio de correo y contraseña, autenticación con redes sociales como Facebook, Google, GitHub, Twitter. La autenticación que provee Firebase es de gran ayuda para los desarrolladores ya que ahorra tiempo en desarrollar los distintos módulos que puede tener la autenticación.
- **Almacenamiento de archivos:** Esta característica se ha utilizado para guardar imágenes que la aplicación utilizará, así como las fotos de perfil del usuario, fotos de los productos a ofrecer.
- **Funciones backend:** Firebase permite ejecutar código JavaScript en el servidor. Ciertas funciones que no puede ejecutar en la parte del cliente se las puede ejecutar en el servidor, de tal manera que al producir un cambio los demás están pendientes, como por ejemplo las notificaciones push. (Chicaiza, 2020 pág. 18).

### **2.2.8. Lenguajes de Programación.**

Gracias a la continua evolución del mundo tecnológico, cada día se desarrollan nuevos dispositivos o se actualizan los ya existentes. Para que estos dispositivos funcionen, son necesarias aplicaciones, las cuales necesitan lenguajes de programación para lograr una buena comunicación hombre-máquina.

En la siguiente Tabla 3-2 se muestran las diferentes características que presenta cada lenguaje de programación.

**Tabla 2-2:** Características de los distintos lenguajes de programación.

<b>Lenguajes de Programación</b>	<b>Características</b>
Python	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es multiplataforma para: Unix, Linux, Windows y sistemas Mac Os.</li> <li>• Es orientado a objetos.</li> <li>• De libre distribución</li> <li>• Soporte para múltiple variedad de base de datos.</li> <li>• Extensas librerías</li> <li>• Se puede insertar lenguaje Python dentro de un programa C/C++.</li> </ul>
Java script.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se ejecuta en los navegadores web.</li> <li>• Agrega interactividad a las páginas web.</li> <li>• Está orientado a objetos.</li> <li>• Desarrollo de aplicaciones de escritorio para sistemas Windows, Linux y Mac.</li> <li>• Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, híbridas o que compilan a nativo</li> </ul>
Flutter.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo rápido, gracias a los widgets pre-construidas.</li> <li>• Tiene una característica Hot Reload que permite ver los cambios “en caliente” sin necesidad de esperar a recompilar.</li> <li>• Interfaz flexible y expresiva gracias a los widgets de Flutter permiten construir interfaces muy rápidos y altamente personalizables e incluyen material Desing (Android) y Cupertino Style (iOS).</li> <li>• Rendimiento nativo multiplataforma.</li> <li>• Interpreta su propia UI en lugar de dejarlo a la plataforma.</li> <li>• Realiza uso de SKIA, por lo que las aplicaciones de Flutter llegan a ser muy rápida.</li> <li>• Realiza la compatibilidad con cada sistema, utilizar el mismo código para Android y para aplicaciones web.</li> </ul>
PHP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite programación orientada a objetos.</li> <li>• Utiliza módulos externos para mejorar la aplicación web.</li> <li>• Es libre y multiplataforma.</li> <li>• Diseñado para realizar contenido web dinámico.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede conectarse con casi todos los motores de bases de datos.</li> </ul>
--	--

**Realizado por:** Paula Coralia,2021.

**Fuente:** (Diví, 2020)

**Tabla 3-2:** Escala de Likert para los diferentes lenguajes de programación.

Lenguajes de Programación.	Es multiplataforma	Compatibilidad con Android e iOS.	Plataformas de desarrollo nativo.	Respaldo por Google	Total
Python	1	-	-	-	1
Java script	1	1	-	-	2
Flutter	1	1	1	1	4
PHP	1	-	-	-	1

**Realizado por:** Paula Coralia,2021.

Mediante los resultados obtenidos en la Tabla 4-2 y las comparaciones realizadas en la Tabla 3-2 se puede considerar a Flutter como el lenguaje de programación más ideal para aplicaciones móviles, ya que sus características son las que mejor se adaptan para el desarrollo de una aplicación móvil debido a que tiene una interfaz flexible y expresiva gracias a los widgets, permiten construir interfaces muy rápidos y altamente personalizables e incluyen material Desing (Android) y Cupertino Style (iOS).

### 2.2.9. *Flutter Framework.*

Flutter es un SDK (Software Development Kit) para desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma, es decir que con el mismo código fuente puede crear apps para Android y para IOS. Y estas aplicaciones son 100% nativas, no híbridadas, no pseudo nativas, sino apps que se compilan directamente para el procesador del dispositivo. Para desarrollar con Flutter se usa el lenguaje de programación Dart. (Chavéz, 2019).

Flutter no utiliza componentes nativos este viene ya con sus propios componentes, denominados widgets por lo que la misma aplicación se verá igual en cualquier dispositivo independientemente de su sistema operativo o la versión. Gracias a ello el desarrollador no tiene que preocuparse porque el diseño de su aplicación no se vea bien en dispositivos antiguos. (Diví, 2020).

### 2.2.10. *Visual Studio Code.*

Visual Studio Code es un editor de código fuente ligero pero potente que se ejecuta en su escritorio y está disponible para Windows, macOS y Linux

Entre las ventajas que presenta son las siguientes:

- Viene con un soporte incorporado para JavaScript, TypeScript, nodeJs (autocompletado, comprobación de sintaxis, depuración).
- Tiene un gran ecosistema de complementos para admitir otros lenguajes de programación (C, C ++, C #, Python, Java, etc.), incluso puede instalar mapas de teclado de editores de texto como texto sublime, átomo y otros.
- Es multiplataforma: significa que siempre que esté en Windows, Mac o Linux, no es necesario aprender otra herramienta u otro mapa de teclas, solo descargar y configurar VSCode y comenzar a trabajar. (Chicaiza, 2020 pág. 35).

### **2.3. Android SDK.**

Es un conjunto de herramientas de desarrollo o Software Development Kit, por medio de ellos se puede crear aplicaciones y ejecutar, realiza pruebas mediante un emulador o un dispositivo Android. Para el proyecto es necesario tener instalado el SDK de Android para poder realizar las debidas pruebas del proyecto. (Chicaiza, 2020 pág. 30).

### **2.4. Instrumentos de Recolección de Datos.**

Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es una herramienta que permite localizar la posición de un objeto en el espacio terrestre, la cual, impulsada por la tecnología, es posible ya encontrar un elemento tecnológico de gran relevancia en los teléfonos inteligentes, dispositivos móviles y tabletas.

El desarrollo de esta tecnología tuvo sus inicios en el año 1999 cuando apareció el primer teléfono celular que integro GPS a su circuitería, con Benefon ESC, se trata de un aparato que no era inteligente ya que permitía percibir lo que vendría en relación a las posibilidades de navegación de estos dispositivos. El GPS es un sistema que valiéndose de un software y un hardware permite ubicar al usuario en cualquier lugar del planeta. Se conecta vía microondas con el espacio y establece comunicación con tres satélites de una serie de sistemas de satélites dispuestos para tal fin. De este modo hoy en día la mayoría Smartphone viene ya incluido con un sistema GPS, ya que existen varias aplicaciones que me permiten realizar una triangulación más precisa para la toma de datos. (Corral, 2021).

#### **2.4.1. Mobile Topographer.**

Mobile Topographer Free es una aplicación innovadora, muy útil para el levantamiento de información en campo (puntos) a partir de la misma, es posible delimitar e identificar zonas y lugares de interés. (Urgile, 2018).



**Figura 4-2:** Entorno visual Mobile Topographer.

Fuente: (Urgile, 2018).

#### 2.4.2. *Características y funciones del Mobile Topographer Free.*

Entre las características y funciones se considerará las más importantes como:

- **Aumenta la precisión del GPS usando:** Promedio ponderado en cada eje: Calibración de mapa. Parada automática para el posicionamiento preciso.
- **Muestra y convierte coordenadas geodésicas a cartesianas:** Conversión en tiempo real de coordenadas geodésicas (Latitud, Longitud) a cartesiana (E, N, Z, altura orto métrica) y viceversa.
- **Examina los satélites disponibles:** Evalúa la intensidad de señal y el número de satélites por cada constelación GNSS
- **Soporta varias unidades:** Metros, Pies
- **Drive me:** Permite introducir coordenadas (geodésicas o cartesianas) de un punto al que se desea llegar, o seleccionar un punto de la lista e inmediatamente a través del puntero indica

cómo llegar. Guarda múltiples puntos en la lista de puntos, los mismos que pueden ser utilizados en cualquier momento.

- **Exportar listas de puntos:** Las listas de puntos pueden ser exportados en los formatos:
- txt (txt file)
- csv (point file - comma separated) - kml (google earth file)
- gpx (Gps Exchange format) - dxf (drawing file) (Urgile, 2018 pág. 15).

## **2.5. Sistemas inteligentes de recolección de desechos.**

Con el paso del tiempo y el aumento de la población los niveles de basura en las ciudades van incrementando de manera significativa, debido a un mayor progreso económico y grado de urbanización, más cantidad de desechos se produce.

Es por esa razón que se han creado sistemas inteligentes de recolección de desechos alrededor del mundo que permiten recoger residuos de forma eficiente con el fin de reducir recursos y evitar problemas ambientales.

Los sistemas inteligentes son complejos y capaces de resolver acciones programadas y multidisciplinarias de una forma automática reduciendo tiempo a los usuarios y facilitando una forma efectiva de realizar la acción predestinada.

Con el avance de la tecnología estos sistemas cada vez son más eficientes y de gran escala que contiene miniordenadores comunicados hacia una red de sensores para la toma de decisiones, a su vez poseen cloud service para el respaldo de información o ejecución de programas que requieren cloud computing. (Rocio, 2017).

### **2.5.1. *Sistemas para administración de rutas.***

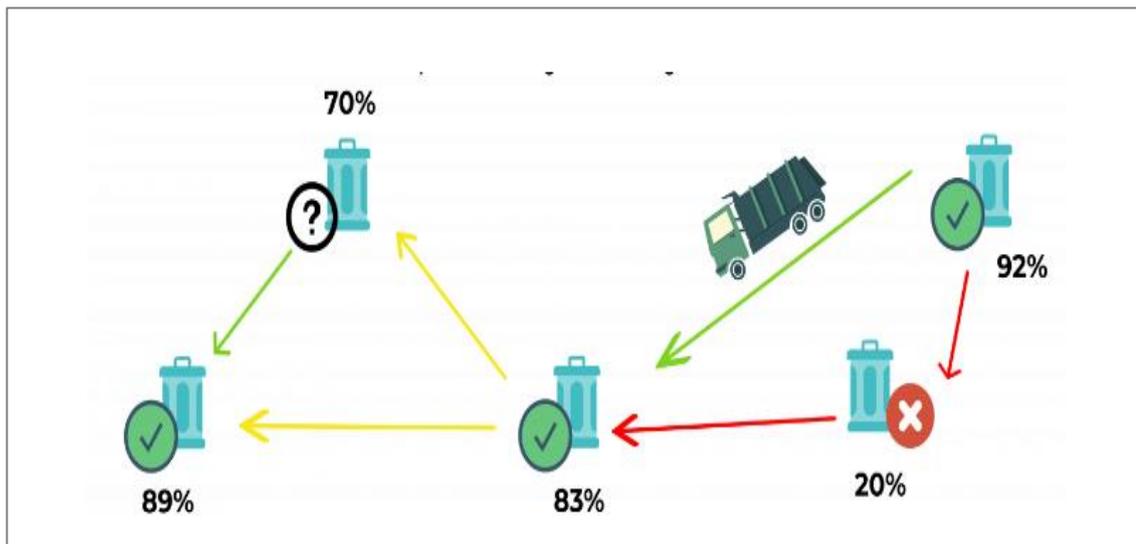
Entre los sistemas inteligentes de recolección de desechos que existen se mencionan los siguientes:

**Cubos ‘Smart’ para ahorrar:** Se trata de contenedores de basura que constan de sensores creados por la compañía Compology, que detectan el nivel de basura en los contenedores y notifican al camión que debe de eliminación de desechos al momento de recoger, estos recolectores de basura mantienen sus horarios propuestos se encuentren llenos o no mediante un sistema denominado WasteOS cada día se desarrollan y analizan las rutas más eficientes. El sistema se basa en un dispositivo que fotografía el contenido interior del cubo y lo analiza de forma automática. (Rocio, 2017).

**Bin-CT:** La universidad de Málaga ha desarrollado un software que pronostica el nivel de llenado de los depósitos de los desechos y calcula los recorridos de vaciado en función de las necesidades, mediante este sistema inteligente resuelven dos problemas a los que se enfrentan las empresas por

un lado determinar los contenedores que se deben recoger y por otro lado el orden de recogida, lo que supone un ahorro de tiempo una reducción de contaminación (Fundacion, 2019).

En este caso, han utilizado un algoritmo inteligente de búsqueda por trayectoria, que calcula rutas de recogida eficientes. Este sistema se Aplicado para la ciudad de Algeciras.



**Figura 5-2:** Método de recolección desechos.

**Fuente:** (Fundacion, 2019).

### **e-Garbag.**

Es un sistema para la recogida de basuras reciclables, estos sistemas se los utiliza en la ciudad de Andalucía y resto de España. Este sistema funciona mediante una red de sensores. Los objetivos de este sistema es desarrollar un sistema de localización que permita mostrar las rutas optimas más eficientes dados una serie de puntos de parada que a su vez están georreferenciados y localizados en todo momento. (Telecom, 2011).

#### **2.5.2. Hardware que utilizan los sistemas inteligentes de recolección.**

El hardware utilizado en los sistemas inteligentes de recolección ya antes mencionados, son dispositivos que tengan incorporado GPS para el proceso de georreferenciación y localización por otro lado también trabajan con redes de sensores.

#### **2.5.3. Software que utilizan los sistemas inteligentes de recolección.**

Una forma eficiente de efectuar un sistema inteligente a gran escala y funcional esta emergida a la programación ante eventos repetitivos y de toma de decisiones programadas o generadas por el sistema, para la generación de estas acciones se considera la ayuda de lenguajes de programación de alto nivel como Python, JavaScript, C#, entre otras, las cuales ayudan a llevar de forma efectiva al sistema inteligente. (Satuquinga Congacha, 2021 pág. 9).

## **2.6. Optimización de rutas.**

Son todas aquellas operaciones que ayudan a la mejora de la función de distribución puede en términos de nivel de servicio, mejora de calidad o reducción de costes, etc.

La optimización de rutas es un concepto que incluye necesariamente los tres niveles de decisión estratégico, táctico y operativo, que adquiere mayor importancia en las decisiones de carácter más táctico y operacional, esto es, en el momento de optimizar modelos ya existentes o adaptarlos ante la necesidad de incorporar nuevos productos o clientes en los flujos de distribución ya implantados. (Milian Mondragón, 2019 pág. 20).

## **2.7. Algoritmos de predicción de Rutas.**

Un algoritmo es un conjunto de instrucciones o pasos que se utiliza para realizar una tarea o solucionar un problema, los algoritmos se utilizan para el cálculo, procesamiento de datos. Los algoritmos son esenciales para el proceso datos. Existen programas que contienen algoritmos que especifican las instrucciones en un orden específico para realizar una determinada tarea. En la práctica es importante encontrar algoritmos que su tiempo de ejecución no sea tan extenso. (Vidal, 2013 pág. 18).

### **2.7.1. Clasificación de algoritmos.**

Existe una variedad de algoritmos entre estos tenemos

#### **Algoritmos deterministas y los no deterministas.**

- **Algoritmo Determinista.** Básicamente en un conjunto de problemas todas las ejecuciones del algoritmo producen el mismo resultado final siempre será el mismo de igual manera los resultados intermedios serán los mismos.
- **Algoritmos no Deterministas:** Un Algoritmo no es determinista si se introduce algo de aleatoriedad en el proceso de encontrar la solución y por lo tanto los resultados finales e intermedios no tienen coincidencia. (Muñoz, 2021 pág. 5).
- **Algoritmos exactos** aquellos que siempre nos dan una solución optima

- **Algoritmos aproximados** Estos algoritmos que producen soluciones que están dentro de un cierto porcentaje del óptimo. (Fausto, 2019 pág. 15)

**Métodos Exactos:** Dentro de estos Métodos que resuelven problemas de tipo VRP se tiene:

#### **Ramificación y acotación.**

- Es un método que usa la técnica de “divide y vencerás”
- Divide el conjunto de soluciones enteras en subconjuntos disjuntos cada vez menores
- Determina el valor de la mejor solución del subconjunto.
- Elimina la rama del árbol si la cota indica que no se tiene la solución óptima. (Fausto, 2019 pág. 16)

Estos métodos son capaces de encontrar soluciones optimas, pero no es apropiado para un problema NP- difícil ya que son complejos y difíciles de resolver sobre todo conllevan costo computacional elevado, para la solución de estos problemas se utiliza los algoritmos heurísticos y meta heurísticos. (Muñoz, 2021 pág. 5)

#### **Ramificación y corte.**

Es un método híbrido que usa los métodos de ramificación y acotación

- Selecciona un nodo para evaluar (inicio del nodo raíz).
- Se decide si se va a generar o no planos de corte
- Por último, se aplican los criterios del método de ramificación y acotación.

Para este tipo de soluciones hay que tener en cuenta la estructura de VR, debido a que se aplican cortes a una estructura que no ayuda a este algoritmo dado que la solución se puede complicar. Estos métodos se aplican únicamente en una cantidad de máximo 100 nodos, pero VRP se tiene más de 500 nodos esto requiere de un imponente tiempo de ejecución y recursos computacionales elevados. (Fausto, 2019)

#### **Métodos Aproximados**

En este tipo de Métodos se detallan los métodos heurísticos y meta heurísticos.

**Métodos Heurísticos.** Estos tipos de algoritmos por lo general tienen un tiempo de ejecución mucho menor en comparación a los algoritmos exactos que pueden ser muy lentos, dentro del grupo de los algoritmos heurísticos podemos mencionar a los denominados meta heurístico que imitan fenómenos simples observados en la naturaleza y están asociados con la inteligencia artificial. Entre otros algoritmos heurísticos podemos mencionar los siguientes. (Vidal, 2013 pág. 19)

- Algoritmos evolutivos (genéticos) están basados en modelos biológicos que emulan el proceso natural de evolución
- Algoritmos basados en el comportamiento de las comunidades de hormigas, abejas, etc.
- Búsqueda Heurística son algoritmos aleatorios
- Sistemas múltiagente. (Vidal, 2013 pág. 20)

### **Métodos Meta heurísticos.**

Estos métodos meta heurísticos solucionan problemas VRP según las siguientes técnicas:

#### **Colonia de hormigas**

- Solucionan las siguientes variantes de VRP:
- Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad.
- Problema de Ruteo de Vehículos con Ventana de Tiempo
- Problema de Ruteo de Vehículos con Ventana de Tiempo y Conectividad
- Problema de Ruteo de Vehículos Periódico.

#### **Algoritmos genéticos**

- Solucionan las siguientes variantes de VRP:
- Problema de Ruteo de Vehículos.
- Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad.
- Problema de Ruteo de Vehículos con Ventana de Tiempo.
- Problema de Ruteo de Vehículos con Ventana de Tiempo y Capacidad.
- Problema de Ruteo de Vehículos con Plazos (Fausto, 2019).

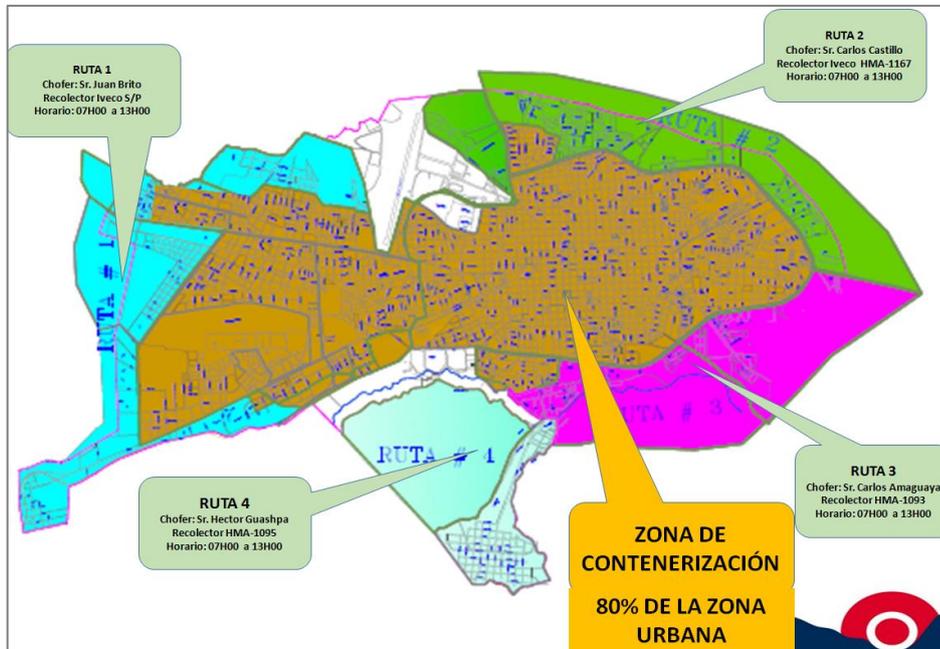
#### **Algoritmo del camino más corto**

Consiste el camino más corto que debe recorrer un vehículo entre dos puntos de una determinada red. Este algoritmo selecciona un nodo o vértice “v” cuya distancia es desconocida, entre todos los que tiene la distancia más corta al vértice origen “s”, entonces el camino más corto de “s” a “v” y realiza este proceso sucesivamente hasta que todos estén marcados en ese momento es conocida la distancia mínima del origen a “s”, entre las condiciones que se deben de considerar es que las aristas n deben tener un peso negativo, el grafo debe ser dirigido y o por supuesto ponderado. (Milian Mondragón, 2019 pág. 20).

## **2.8. Distribución de zonas de Recolección del Municipio de Riobamba.**

La Dirección de estudio de Higiene del Municipio de Riobamba realiza la planificación de las rutas de recolección mediante el sistema de carga posterior.

La ciudad de Riobamba se encuentra dividida en 4 rutas y la zona de contenerización que corresponde al 80% de la zona urbana, como se muestra en la figura siguiente.



**Figura 6-2:** Sistema de carga Posterior

Fuente: (GADMR, 2019).



**Figura 7-2:** Rutas recolección de basura de los Mercados.

Fuente: (GADMR, 2019).

En la Tabla 5-2 y Tabla 6-2 se muestran los horarios de recolección específicamente para los mercados municipales de la ciudad de Riobamba.

**Tabla 4-2:** Ruta Mercados Horario Matutino.

Responsables	Vehículo	Días de Recolección	Horario	Mercados
Chofer: Sr: Raúl Guamán	Recolector iveico placa: HMA-1166	Lunes-Sábado	07H00 A 13H00	Condamine Santa Rosa San Alfonzo La Merced Dávalos Oriental Las Esperanzas San Francisco

**Realizado por:** Coralia Paula,2021.

**Fuente:** (GADMR, 2019)

**Tabla 5-2:** Ruta Mercados Horario Vespertino.

Responsables	Vehículo	Días de Recolección	Horario	Mercados
Chofer: Sr: Fausto Rojas	Recolector kenworth 1 placa: HMA-1096	Lunes-Sábado	07H00 A 13H00	Condamine Santa Rosa San Alfonzo La Merced Dávalos Oriental Las Esperanzas San Francisco

**Realizado por:** Coralia Paula,2021.

**Fuente:** (GADMR, 2019)

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO.

Este capítulo se desarrolla en dos partes, primero se detalla la metodología de la investigación, es decir el tipo, los métodos y técnicas de investigación. Segundo se establecerán las fases de las que consta el desarrollo del presente trabajo en las cuales se tienen etapas secuenciales y necesarias para lograr la correcta ejecución del mismo.

#### 3.1. Metodología de la investigación.

##### 3.1.1. *Diseño de la Investigación.*

Dada la naturaleza del estudio, este se define como Cuasi-Experimental, dado que el ambiente de pruebas para optimización de rutas, así como el tráfico a analizar, no son generados de manera aleatoria, sino previamente definidos por el investigador en base al levantamiento de información generado de las ubicaciones espaciales de los eco tachos, además se manipula una variable independiente y evaluación de su correspondiente efecto en la variable dependiente.

##### 3.1.2. *Tipos de Investigación*

En el estudio se considera que el tipo de investigación a realizarse es una investigación descriptiva y aplicada, dado que se realizará recolección de datos in situ basados en los requerimientos específicos que necesita la aplicación a ser creada y en base del conocimiento previo para el levantamiento de la información relacionada a las vulnerabilidades explotadas por las diferentes herramientas.

##### 3.1.3. *Métodos.*

Para el presente proyecto de tipo técnico se utilizará los siguientes métodos de investigación:

**Método Científico:** Conocido como el método experimental de prueba y error, será de utilidad para la selección de herramientas como de configuraciones a implementar en el ambiente de pruebas para optimizar las rutas de recolección, así como para la selección y uso de las herramientas para la geolocalización de eco tachos. Se ha realizado las siguientes consideraciones para esta investigación:

- Se plantea el experimento en base a la situación actual de los eco tachos en referencia a su ubicación espacial.
- Se orienta hacia el cumplimiento estricto de los objetivos para garantizar el alcance de la investigación.
- Se plantea una hipótesis relacionada y enfocada a la solución del problema.
- Se realiza la recolección de datos, y se observa el comportamiento del ambiente de pruebas en las condiciones iniciales.
- Se consultan las recomendaciones más actuales y confiables sobre mejores prácticas para brindar mayor seguridad al prototipo.
- Se realiza la recolección de datos, y se observa el comportamiento del ambiente de pruebas en las condiciones mejoradas para comprobar que no se pierde rendimiento.
- Se realiza la prueba de la hipótesis con los resultados obtenidos.
- Se elaboran las conclusiones y recomendaciones, producto de la investigación realizada.

**Método Deductivo:** Debido a que se partirá del conocimiento general y los casos de prueba existentes para trabajar el caso propio para la presente investigación en sentido particular y específico, considerando que existe material suficiente sobre temas principales como geolocalización y optimización de rutas ejecutables en aplicaciones móviles.

#### **3.1.4.            *Técnicas.***

Principalmente se utilizará las siguientes:

- Observación.
- Investigación Bibliográfica

#### **3.1.5.            *Fuentes de Información.***

##### **Primaria:**

Información original obtenida por el investigador en el ambiente de pruebas implantado, con el fin de contrastar la hipótesis.

##### **Secundaria:**

- Artículos publicados en revistas científicas.

- Trabajos de investigación publicados a nivel nacional e internacional con temas afines al investigado.
- Páginas de internet que brinden información confiable y especializada.
- Libros especializados en la biblioteca y electrónicos.
- Revistas electrónicas.

### **3.1.6. *Planteamiento de la Hipótesis.***

La determinación de la geolocalización espacial de los eco tachos en los alrededores de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba permitirá diseñar un algoritmo ejecutable en aplicaciones móviles que optimice las rutas de recolección y mejore el servicio al público.

### **3.1.7. *Determinación de las variables.***

- **Variable Independiente:** Geolocalización de eco tachos.
- **Variable Dependiente:** Optimizar las rutas de recolección de basura.

### **3.1.8. *Población y Muestra.***

La población está representada por los eco tachos ubicados en un radio de 450 metros de los mercados municipales, siendo un total de 11 mercados municipales el total estimado de eco tachos es de 187, de los cuales se deberá obtener su ubicación espacial.

### **3.1.9. *Instrumentos de Recolección de Datos.***

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto una persona, un vehículo con una precisión de hasta centímetros, el primer paso para realizar un análisis de información espacial es tener la información base georreferenciada, es decir con coordenadas de ubicación con la que se va a trabajar para lo cual se utiliza la aplicación (Mobile Topographer), de tipo PDA (Asistencia Personal Digital). Es una aplicación de navegación gratuita para los teléfonos móviles que cuentan con el sistema operativo Android, se hizo uso de esta aplicación ya que se puede manipular en cualquier lugar funciona con conexión a internet móvil, de esta forma se puede navegar y acceder a los mapas, las actualizaciones son gratuitas.

Los datos tomados se pueden exportar desde el móvil hacia la PC ya que el archivo que se genera del levantamiento de datos lo podemos abrir txt.

Además, se utilizó también los sistemas de información geográfica: Google Earth.

### 3.2. Fases de Desarrollo.

#### 3.2.1. Fase 1: Recolección de Datos.

Después de reconocer el área de estudio se procede mediante la utilización de los dispositivos de posicionamiento, a realizar el levantamiento de datos con el objetivo de obtener una set de datos georreferenciados de los eco-tachos de la ciudad de Riobamba que se reflejan en el listado de la georreferenciación de los eco-tachos ubicados en los alrededores de los mercados municipales, lo que se presenta a continuación, cabe recalcar que en el listado cuentan 10 mercados municipales como se muestra en las Tabla 1-3 hasta la Tabla 10-3 de los 11 existentes, y es debido a que el mercado denominado “Las Hierbas” mantiene coincidencias con los eco tachos del mercado “La Esperanza 1”.

**Tabla 2-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Condamine.

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>CONDAMINE</b>		
1	-1.672126,-78.655279	CHILE Y CARABOBO
2	-1.673453,-78.657216	JUAN MONTALVO Y BOYACA
3	-1.672826,-78.658105	VARGAS TORRES Y BOYACÁ
4	-1.670449,-78.6573	FRANCIA Y CHILE
5	-1.671633,-78.6583	FRANCIA Y ESMERALDAS
6	-1.67123,-78.655292	JUAN MONTALVO Y GASPAR DE VILLAROEL
7	-1.674264,-78.652923	ESPAÑA Y CHILE
8	-1.674332,-78.656917	BARÓN DE CARONDELET Y CARABOBO
9	-1.675412,-78.658709	JUAN MONTALVO ENTRE 12 DE OCTUBRE Y CALLE 24 DE MAYO
10	-1.675349,-78.654788	GARCIA MORENO Y BOYACA
11	-1.674352,-78.654043	GARCIA MORENO Y COLOMBIA
12	-1.673276,-78.653113	GARCIA MORENO Y GASPAR DE VILLAROEL
13	-1.675172,-78.653662	ESPAÑA Y ESMERALDAS
14	-1.675541,-78.656952	VICENTE ROCAFUERTE Y BARÓN DE CARONDELET
15	-1.674354,-78.655942	VICENTE ROCAFUERTE Y BOYACÁ
16	-1.673328,-78.655115	VICENTE ROCAFUERTE Y COLOMBIA

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 3-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Santa Rosa

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>SANTA ROSA</b>		
17	-1.673051,-78.653873	PICHINCHA Y CHILE
18	-1.671962,-78.652942	PICHINCHA Y OLMEDO
19	-1.671184,-78.653319	VICENTE ROCAFUERTE Y GUAYAQUIL
20	-1.671098,-78.654327	CARABOBO Y OLMEDO
21	-1.670176,-78.653572	CARABOBO ENTRE GUAYAQUIL 10 DE AGOSTO
22	-1.670225,-78.653809	JUAN MONTALVO Y GUAYAQUIL
23	-1.670065,-78.655266	JUAN LAVALLE OLMEDO
24	-1.671208,-78.656118	JUAN LAVALLE Y CHILE
25	-1.671401,-78.656344	JUAN LAVALLE Y CHILE
26	-1.673303,-78.65307	GABRIEL GARCIA MORENO Y GASPAR DE VILLAROEL
27	-1.672055,-78.652027	GARCIA MORENO Y GUAYAQUIL
28	-1.672932,-78.651874	ESPAÑA Y OLMEDO
29	-1.676599,-78.653903	JUAN LARREA Y BOYACA
30	-1.674854,-78.652587	JUAN LARREA ENTRE CHILE Y COLOMBIA
31	-1.674202,-78.651883	JUAN LARREA Y GASPAR DE VILLAROEL
32	-1.672974,-78.651025	JUAN LARREA Y GUAYAQUIL

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 4-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal La Merced.

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>LA MERCED</b>		
33	-1.674118,-78.650873	CRISTOBAL COLON Y OLMEDO
34	-1.675101,-78.651689	CRISTOBAL COLON Y CHILE
35	-1.676051,-78.652483	CRISTOBAL COLON Y ESMERALDAS
36	-1.676479,-78.651867	ESPEJO ENTE ESMERALDAS Y COLOMBIA
37	-1.675176,-78.650816	ESPEJO Y GASPAR DE VIRRAROEL
38	-1.673863,-78.649721	ESPEJO Y GUAYAQUIL
39	-1.672999,-78.649035	ESPEJO ENTRE 10 DE AGOSTO Y PRIMERA CONSTITUYENTE
40	-1.671709,-78.647963	ESPEJO Y OROZCO
41	-1.672595,-78.647758	5 DE JUNIO Y JOSE VELÓZ
42	-1.673795,-78.648739	5 DE JUNIO Y 10 DE AGOSTO
43	-1.674922,-78.649568	5 DE JUNIO Y OLMEDO
44	-1.676137,-78.650643	5 DE JUNIO Y CHILE
45	-1.677018,-78.651318	5 DE JUNIO Y ESMERALDAS
46	-1.677216,-78.650637	TARQUI Y COLOMBIA
47	-1.676186,-78.649621	TARQUI Y GASPAR DE VILLAROEL

48	-1.675064,-78.64876	TARQUI Y GUAYAQUIL
49	-1.673571,-78.647621	TARQUI Y PRIMERA CONSTITUYENTE
50	-1.673414,-78.647493	TARQUI Y OROZCO

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 5-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Plaza Roja.

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>PLAZA ROJA</b>		
51	-1.670778,-78.64911	JUAN LARREA Y OROZCO
52	-1.668332,-78.648134	ESPAÑA Y AYACUCHO
53	-1.669173,-78.648777	ESPAÑA Y ARGENTINOS
54	-1.668599,-78.64921	GARCIA MORENO Y JUNIN
55	-1.667227,-78.648071	GARCIA MORENO Y VENEZUELA
56	-1.666106,-78.647171	GARCIA MORENO Y NUEVA YORK

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 6-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Plaza Dávalos.

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>PLAZA DÁVALOS</b>		
57	-1.666275,-78.648389	PICHINCHA Y FEBRES CORDERO
58	-1.667119,-78.649028	PICHINCHA ENTRE AYACUCHO Y VENEZUELA
59	-1.668337,-78.650019	PICHINCHA ENTRE JUNIN Y ARGENTINOS
60	-1.669558,-78.650958	PICHINCHA ENTRE OROZCO Y VELÓZ
61	-1.670763,-78.65195	PICHINCHA ENTRE PRIMERA CONSTITUYENTE Y 10 DE AGOSTO
62	-1.669804,-78.652101	VICENTE ROCAFUERTE Y PRIMERA CONSTITUYENTE
63	-1.668941,-78.651518	ROCAFUERTE ENTRE VELÓZ Y OROZCO
64	-1.667263,-78.650295	ROCAFUERTE Y JUNIN
65	-1.666521,-78.649431	ROCAFUERTE Y VENEZUELA
66	-1.665066,-78.648495	ROCAFUERTE Y NUEVA YORK
67	-1.664202,-78.647669	ROCAFUERTE Y LUZ ELIZA BORJA
68	-1.663048,-78.646544	ROCAFUERTE ENTRE AV. CORDOVEZ Y CHIMBORAZO
69	-1.663464,-78.64786	CARABOBO Y LUZ ELIZA BORJA
70	-1.664151,-78.648366	MEXICO Y CARABOBO
71	-1.662801,-78.648965	LUZ ELIZA BORJA Y AV ANTONIO JOSE DE SUCRE
72	-1.660899,-78.64817	AV ANTONIO JOSE DE SUCRE Y CIRCUNVALACION

73	-1.662142,-78.646873	CARABOBO Y CHIMBORAZO
74	-1.661611,-78.647404	JUAN MONTALVO ENTRE CIRCUNVALACION Y CHIMBORAZO
75	-1.663318,-78.643698	ESPAÑA Y MONSEÑOR A MACHADO
76	-1.664104,-78.64446	ESPAÑA Y CHIMBORAZO
77	-1.663615,-78.645052	GARCIA MORENO Y CHIMBORAZO
78	-1.663076,-78.6443	GARCIA MORENO Y AV EDELBERTO BONILLA
79	-1.664617,-78.643929	LARREA Y CHIMBORAZO
80	-1.663844,-78.643115	LARREA Y MONSEÑOR A MACHADO
81	-1.665448,-78.650604	JUAN MONTALVO Y VENEZUELA
82	-1.664973,-78.640669	MONSEÑOR A ANDRADE Y 5 DE JUNIO
83	-1.664961,-78.641362	5 DE JUNIO Y MONSEÑOR A MACHADO
84	-1.666114,-78.642428	5 DE JUNIO Y CHIMBORAZO
85	-1.663521,-78.648915	JUAN MONTALVO Y MEXICO

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 7-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal Oriental.

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>MERCADO ORIENTAL</b>		
86	-1.666093,-78.64323	ESPEJO Y AV LUZ ELIZA BORJA
87	-1.665511,-78.642814	ESPEJO Y CHIMBORAZO
88	-1.664492,-78.641705	ESPEJO ENTRE MONSEÑOR A MACHADO Y LA VASIJA
89	-1.665406,-78.640188	MONSEÑOR JOSE IGNACIO Y MONSEÑOR A ANDRADE
90	-1.668138,-78.643963	5 DE JUNIO Y MEXICO
91	-1.669047,-78.644857	5 DE JUNIO Y FEBRESCORDERO
92	-1.67025,-78.645832	5 DE JUNIO Y AYACUHO

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 8-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal San Alfonso:

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>SAN ALFONSO</b>		
93	-1.670494,-78.644881	TARQUI Y VENEZUELA
94	-1.669469,-78.644107	TARQUI Y NUEVA YORK
95	-1.667892,-78.642779	TARQUI Y LUZ ELIZA BORJA
96	-1.666489,-78.641541	TARQUI Y JOSE IGNACIO
97	-1.66608,-78.639608	MONSEÑOR A MACHADO Y MARIA DE JESUS
98	-1.666169,-78.64022	MONSEÑOR A MACHADO Y JUAN DE VELASCO
99	-1.667456,-78.64151	JUAN DE VELASCO Y AV LUIS CORDOVEZ

100	-1.669012,-78.642994	JUAN DE VELASCO Y MEXICO
101	-1.670086,-78.643625	JUAN DE VELASCO Y FEBRESCORDERO
102	-1.671266,-78.644809	JUAN DE VELASCO Y AYACUCHO
103	-1.672284,-78.645522	JUAN DE VELASCO Y ARGENTINOS
104	-1.673147,-78.646281	JUAN DE VELSSCO Y OROZVO
105	-1.674645,-78.647536	JUAN DE VELASCO Y 10 DE AGOSTO
106	-1.67566,-78.648362	JUAN DE VELASCO Y OLMEDO
107	-1.67695,-78.649485	JUAN DE VELASCO Y CHILE
108	-1.677284,-78.648488	BENALCAZAR Y VILLAROEL
109	-1.675936,-78.647571	BENALCAZAR Y GUAYAQUIL

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 9-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal San Francisco

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>SAN FRANCISCO</b>		
110	-1.67446,-78.646566	BENALCAZAR ENTRE VELOZ Y PRIMERA CONSTITUYENTE -
111	-1.674757,-78.645677	ALVARADO Y VELÓZ
112	-1.675553,-78.646222	ALVARADO ENTRE 10 DE AGOSTO Y PRIMERA CONSTITUYENTE
113	-1.676862,-78.647366	ALVARADO Y OLMEDO
114	-1.677998,-78.648329	ALVARADO Y CHILE
115	-1.677649,-78.647103	DIEGO DE ALMAGRO Y OLMEDO
116	-1.676491,-78.646215	DIEGO DE ALMAGRO ENTRE 10 DE AGOSTO Y GUAYAQUIL
117	-1.675047,-78.644949	DIEGO DE ALMAGRO Y VELÓZ
118	-1.674134,-78.644118	DIEGO DE ALMAGRO Y ARGENTINOS
119	-1.673067,-78.643169	DIEGO DE ALMAGRO Y AYACUCHO
120	-1.673726,-78.642942	MORONA Y JUNIN
121	-1.675153,-78.644002	MORONA Y OROZCO
122	-1.675926,-78.644779	MORONA Y PRIMERA COSTITUYENTE
123	-1.677172,-78.645714	MORONA ENTRE 10 DE AGOSTO Y GUAYAQUIL
124	-1.678342,-78.646754	MORONA Y GASPAS DE VILLAROEL
125	-1.679491,-78.64765	MORONA Y COLOMBIA
126	-1.679642,-78.646845	LOJA Y CHILE
127	-1.678784,-78.6461	LOJA Y GASPAS DE VILLAROEL
128	-1.677371,-78.644947	LOJA Y 10 DE AGOSTO
129	-1.676066,-78.643731	LOJA Y VELOZ
130	-1.67479,-78.642655	LOJA ENTRE ARGENTINOS Y JUNIN
131	-1.673812,-78.641879	LOJA Y AYACUCHO
132	-1.672718,-78.640878	LOJA Y AV. JUAN BERNARDO DE LEÓN
133	-1.673658,-78.644666	ALVARADO Y ARGENTINOS

134	-1.673176,-78.645215	MARIANA DE JESUS Y ARGENTINOS
135	-1.672188,-78.644411	MARIANA DE JESUS ENTRE JUNIN Y AYACUCHO
136	-1.671504,-78.643834	MARIANA DE JESUS Y VENEZUELA
137	-1.670202,-78.642664	MARIANA DE JESUS Y NUEVA YORK
138	-1.670504,-78.642224	ALVARADO Y NUEVA YORK
139	-1.671645,-78.643177	ALVARADO Y VENEZUELA
140	-1.672789,-78.644162	ALVARADO Y JUNIN
141	-1.671907,-78.642208	DIEGO DE ALMAGRO Y AV JUAN BERNARDO DE LEON
142	-1.672202,-78.641498	MORONA Y AV JUAN BERNARDO DE LEON
143	-1.672643,-78.642022	MORONA Y VENEZUELA
144	-1.675982,-78.642694	JUAQUIN CHURIBOGA Y OROZCO
145	-1.676976,-78.643582	JUAQUIN CHIRIBOGA Y PRIMERA COSTITUENTE
146	-1.677959,-78.644708	JOAQUIN CHIRIBOGA Y GUAYAQUIL
147	-1.66229,-78.647935	JUAN MONTALVO Y AV LUIS CORDOVEZ
148	-1.661878,-78.647377	JUAN MONTALVO Y CHIMBORAZO

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 10-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal La Esperanza 1.

<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>LA ESPERANZA 1</b>		
149	-1.662323,-78.641848	LIZARDO GARCIA Y GALO PLAZA
150	-1.663036,-78.64281	LIZARDO GARCIA Y AV EDELBERTO BONILLA
151	-1.662641,-78.643677	JUAN DIOS MARTINEZ Y AV EDELBERTO BONILLA
152	-1.662019,-78.642825	JUAN DE DIOS MARTINEZ Y JUAN PADILLA
153	-1.661192,-78.642134	FERNANDO DAQUILEMA Y GALO PLAZA

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

**Tabla 11-3:** Ubicación georreferenciada de los eco-tachos mercado municipal La Esperanza.

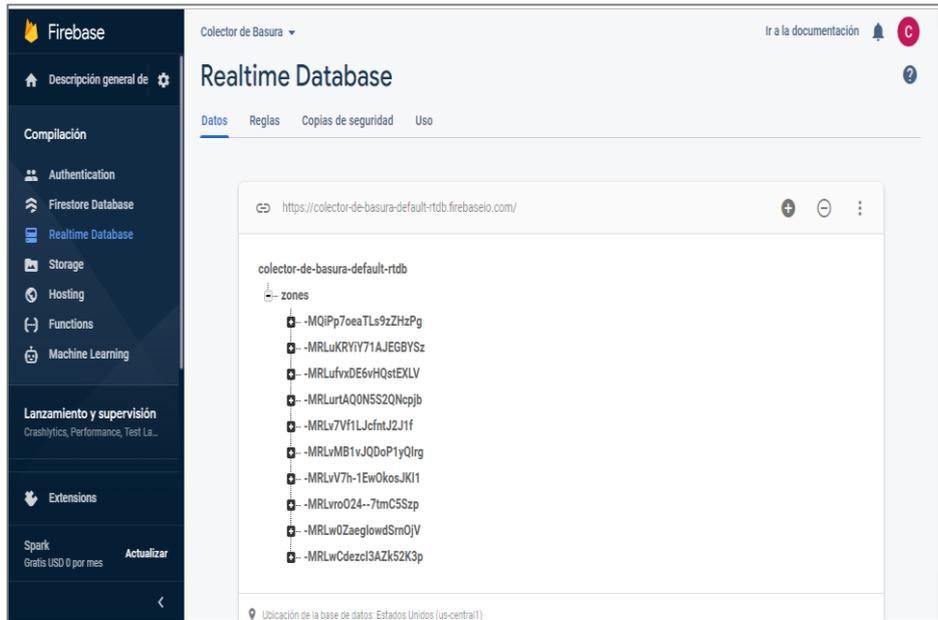
<b>UBICACIÓN GEOREFERENCIADA ECOTACHOS DE MERCADOS MUNICIPALES</b>		
<b>#</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
<b>LA ESPERANZA</b>		
154	-1.659854,-78.639589	JUAN DE DIOS MARTINES Y LIZARDO GARCIA
155	-1.659,-78.638449	JUAN DE DIOS MARTINES Y RIVERA
156	-1.658833,-78.638106	RIVERA Y JUAN DE DIOS MARTINEZ
157	-1.659929,-78.637523	RIVERA Y MARCELO SUARES
158	-1.660178,-78.638003	MARCELO SUAREZ Y OTTO AROCEMENA GOMEZ
159	-1.66096,-78.638966	MARCELO SUAREZ Y LIZARDO GARCIA
160	-1.661751,-78.639861	IGNACIO VEINTIMILLA Y MARCELO SUAREZ
161	-1.662863,-78.64104	MARCELO SUAREZ Y GALO PLAZA

162	-1.663565,-78.641918	MARCELOS SUAREZ Y AV EDELBERTO BONILLA
163	-1.660127,-78.636101	AV ALFONSO CHAVEZ Y DR ALGEL MARTINEZ
164	-1.661515,-78.638036	AV ALFONSO CHAVEZ Y LIZARDO GARCIA
165	-1.662718,-78.63936	AV ALFONSO CHAVEZ Y EL MENSAJERO
166	-1.661699,-78.644753	AV 21 DE ABRIL Y ALAUSI CHIMBORAZO
167	-1.661318,-78.64377	AV 21 DE ABRIL (AFUERA DEL COMPLEJO LA PANADERÍA)
168	-1.660034,-78.642467	VICENTE RAMON ROCA Y AV 21 DE ABRIL
169	-1.659965,-78.641548	IGNACIO VEINTIMILLA Y LIZARDO GARCIA
170	-1.658803,-78.641488	AV 21 DE ABRIL Y LIZARDO GARCIA
171	-1.656891,-78.640042	AV 21 DE ABRIL Y LEONIDAS PLAZA
172	-1.657054,-78.641112	LEONIDAS PLAZA Y OTTO AROSEMENA
173	-1.657513,-78.642236	LEONIDAS PLAZA Y LIZARDO GARCIA
174	-1.65806,-78.643177	LEONIDAS PLAZA Y RAMON ROCA
175	-1.657646,-78.643289	JAIME ROLDOS Y VICENYE RAMON ROCA
176	-1.656788,-78.64271	JAIME ROLDOS Y LIZARDO GARCIA
177	-1.655969,-78.64218	JAIME ROLDOS Y OTTO AROSEMENA GOMEZ
178	-1.65492,-78.641661	JAIME ROLDOS ENTRE ESTRADA Y RIVERA
179	-1.661003,-78.646145	ANTONIO BARRERA Y JAIME ROLDOS
180	-1.660112,-78.645406	JAIME ROLDOS Y CARRION
181	-1.65885,-78.644411	JAIME ROLDOS Y FRANCIACO ROSALES
182	-1.659826,-78.643313	BAQUERIZO MORENO Y ROSALES
183	-1.660734,-78.644523	BAQUERIZO Y MORENO

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

### 3.2.2. *Procesamiento de la información georreferenciada.*

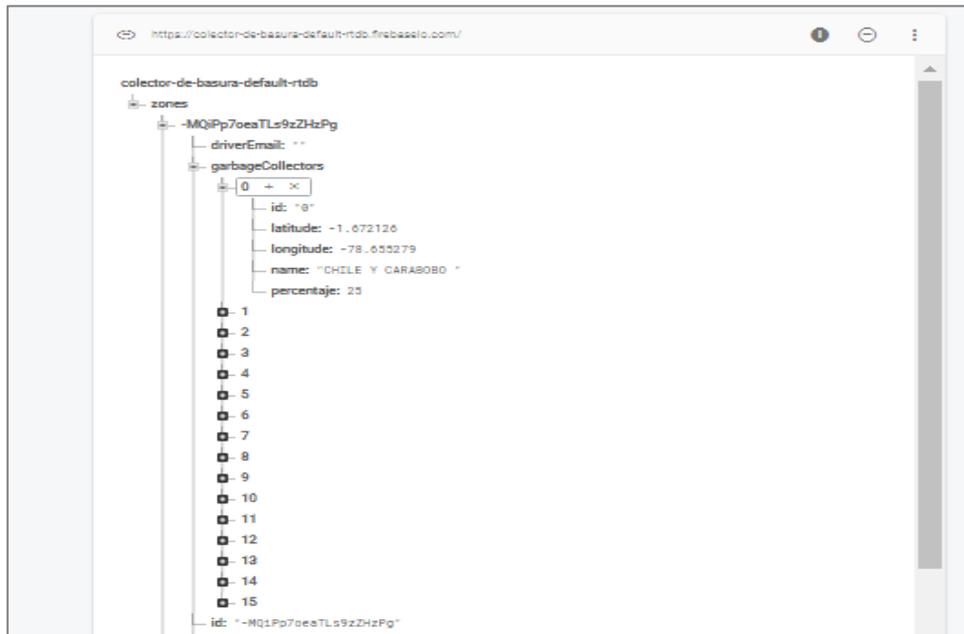
Con la información georreferenciada de cada uno de los eco-tachos de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba, se procede a poblar la base de datos con la información geográfica obtenida en latitud y longitud, para realizar esto utilizaremos Firebase de Google que se trata de una plataforma en la nube para el desarrollo de aplicaciones móviles que está disponible para distintas plataformas iOS, Android, en la Figura 1-3 podemos observar el entorno gráfico que nos presenta Firebase.



**Figura 1-3:** Base de datos de eco-tachos.

**Realizado por:** Paula Coralia, 2021.

Como se puede observar en la figura 2-3, dentro de la base de datos, cada mercado está asignado por el nombre zonas, donde cada zona consta con las ubicaciones de los eco-tachos, teniendo una cantidad determinada de eco-tachos que se encuentran distribuidos dentro de un radio de 450 metros de la zona especificada, los cuales constan de su longitud, latitud, name y la variable de llenado.



**Figura 2-3:** Atributos asignados a cada eco-tacho.

**Realizado por:** Paula Coralia, 2021

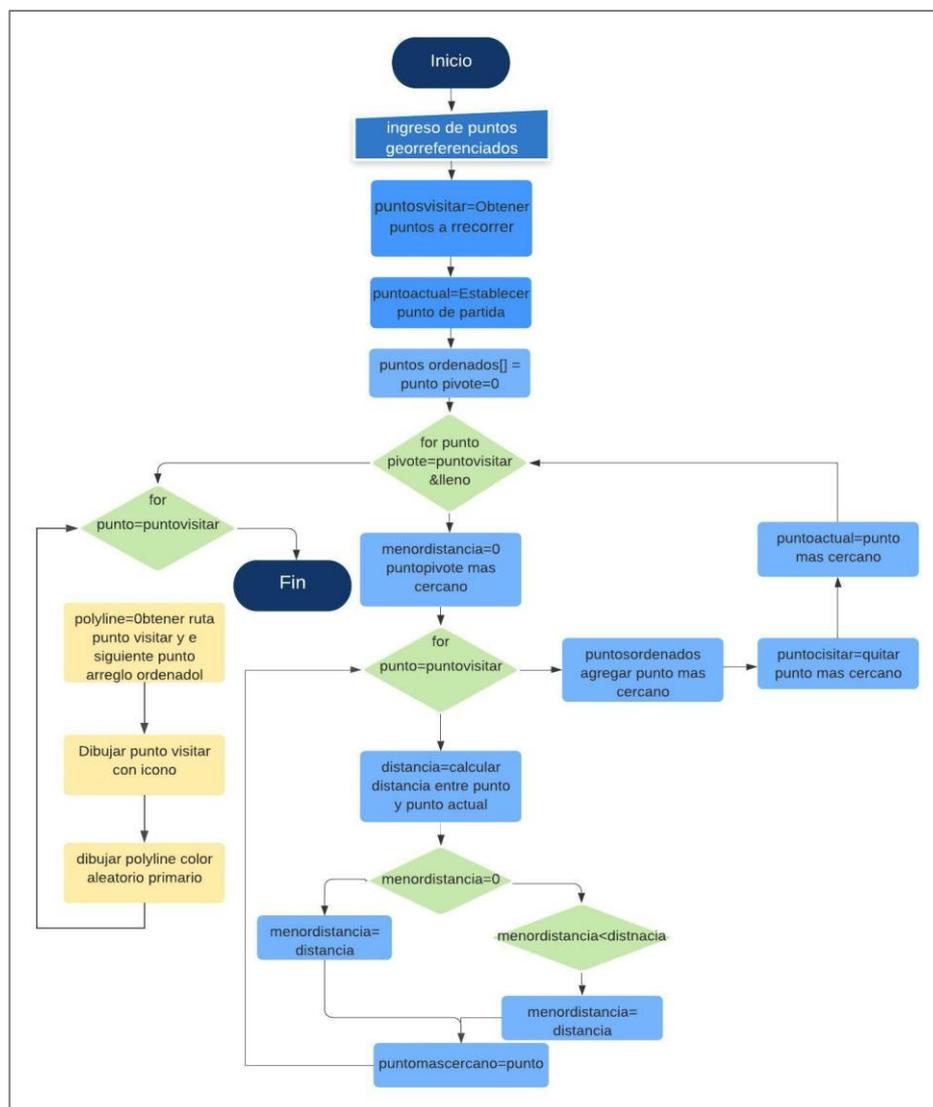
### 3.2.3. Fase 2: Diseño del Algoritmo de Predicción de Ruta.

### 3.2.4. Optimización de rutas

Para realizar la optimización de rutas se tomará en cuenta la distancia, tiempo y el nivel de llenado de cada eco-tacho.

### 3.2.5. Diseño del Algoritmo de Predicción de Ruta.

La implementación del algoritmo se ha elaborado en base a que cada unidad de recolección de desechos sólidos que están asignados a una sola ruta como está estipulado en la Tabla 1-2 y Tabla 2-2 que constan en el primer capítulo, donde se muestran los horarios de recolección específicamente para los mercados municipales de la ciudad de Riobamba.



**Figura 3-3:** Diagrama de flujo para la optimización de rutas propuesto.

Realizado por: Paula Coralia,2021

Para el desarrollo del algoritmo se tomó como base el algoritmo del camino más cercano, el diagrama de flujo del proceso completo se esquematiza en la Figura 3-3. Podemos observar que es un proceso recursivo ya que nos ayuda a solucionar un problema en términos de una llamada a sí mismo. En la primera fase del algoritmo se realiza el ingreso de los datos georreferenciados, para posteriormente ubicarnos en el punto de partida en este caso el municipio de Riobamba, la lista de puntos georreferenciados, se ordenan y el contador se encuentra en cero, una vez ordenado los puntos se procede a calcular la distancia mediante el método de Haversine entre el punto actual y el punto final, este proceso se realizara con todos los puntos, con la distancia obtenida de todos se realiza una comparación entre todos los puntos y se obtiene el punto más cercano que vendría hacer el nuevo punto pivote y se elimina el anterior punto este proceso lo realizara con todos los puntos, adicionalmente se implementa los algoritmos de Mapbox para calcular la mejor ruta y optimizarla estos algoritmos lo realizan en base a los algoritmos genéticos y el algoritmos heurísticos, al ser algoritmos propios de Mapbox tenemos la ventaja de implementarlos.(Ver anexo A).

### Haversine.

Es un método que realiza cálculos tomando en cuenta la curvatura de la tierra se utiliza en la mayoría de aplicaciones geográficas.

Como se observa en la Figura 4-3 para realizar este proceso se utiliza las siguientes ecuaciones Ecuación 1-3 a Ecuación 6-3 que permiten calcular la distancia entre dos puntos, también es necesario como dato el radio de la tierra como no es perfectamente redonda usaremos el radio ecuatorial de 6378 Km mientras que el polar e de 6357 Km.

```

class DistanceUtil {
    static MapboxProvider mapboxProvider = new MapboxProvider();
    static double calculateHaversineDistance(double latitudeFrom,
        double longitudeFrom, double latitudeTo, double longitudeTo) {
        double dLat = radians(latitudeTo - latitudeFrom);
        double dLon = radians(longitudeTo - longitudeFrom);

        latitudeFrom = radians(latitudeFrom);
        latitudeTo = radians(latitudeTo);

        double calc = pow(sin(dLat / 2), 2) +
            pow(sin(dLon / 2), 2) * cos(latitudeFrom) * cos(latitudeTo);
        double rad = 6371;
        double c = 2 * asin(sqrt(calc));
        return (rad * c);
    }
}

```

**Figura 4-3:** Pseudocódigo distancia Haversine en Dart.

Realizado por: Paula Coralia,2021.

$R = \text{Radio de la Tierra}$

**Ecuación 1-3**

$\Delta_{lat} = lat_2 - lat_1$

**Ecuación 2-3**

$\Delta_{long} = long_2 - long_1$

**Ecuación 3-3**

$a = \sin^2\left(\frac{\Delta_{lat}}{2}\right) + \cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta_{long}}{2}\right)$

**Ecuación 4-3**

$c = 2 \cdot \text{atan}_2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$

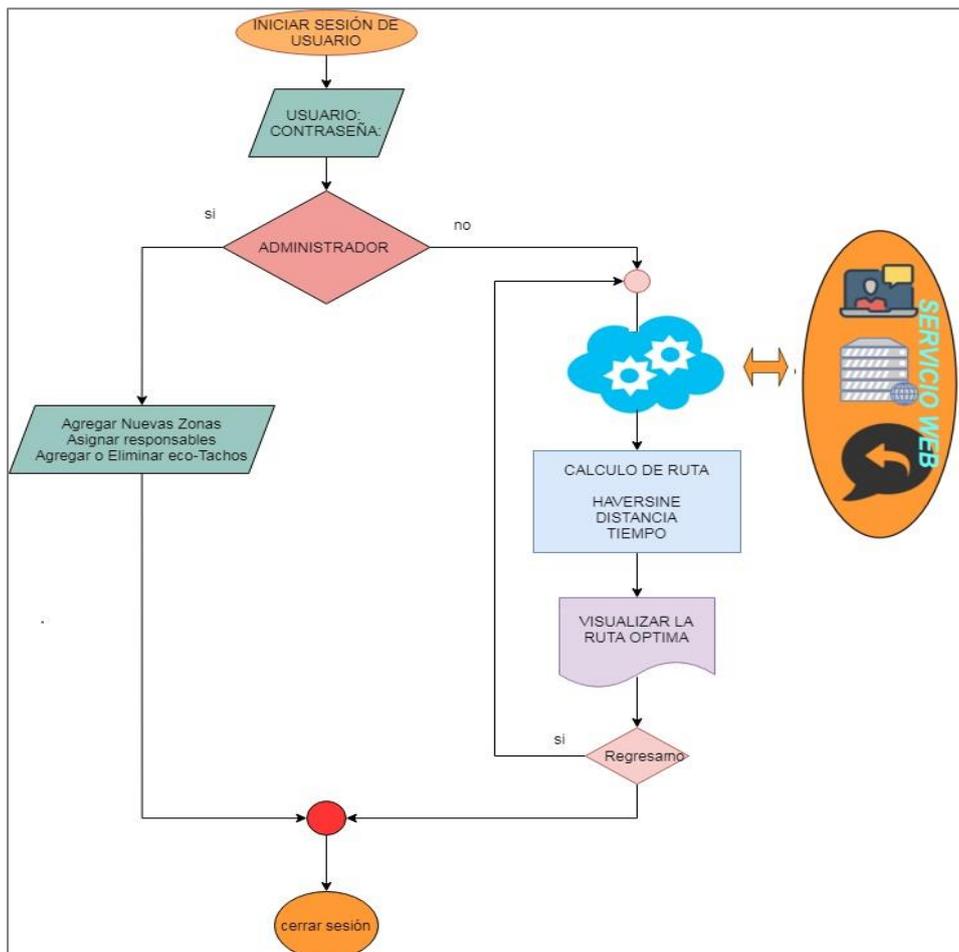
**Ecuación 5-3**

$d = R \cdot c.$

**Ecuación 6-3**

### 3.3. Fase 3: Diseño De La Interfaz.

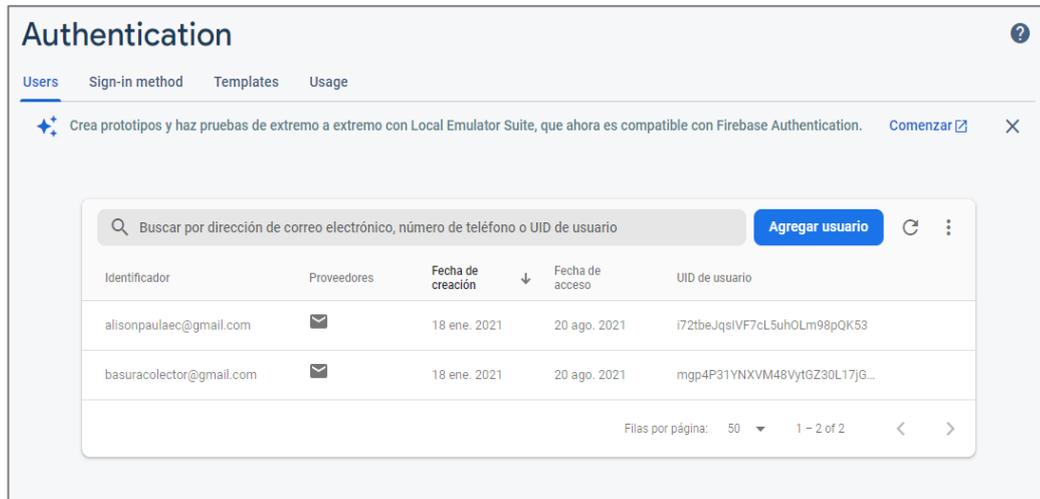
En la Figura 5-3 se observa el diagrama de funcionamiento de la interfaz diseñada para la aplicación. Para esta integración se utilizará una conexión http desde Firebase a Flutter con el detalle de los puntos, los cuales se encuentran georreferenciados dentro de la herramienta. (Ver Anexo B)



**Figura 5-3:**Diagrama de flujo de la interfaz de la Aplicación.

**Realizado por:** Paula Coralia, 2021

**Iniciar Sesión de Usuario:** Antes de realizar inicio de sesión realiza un registro en la plataforma Firebase que aparte de ofrecernos servicios como bases de datos que se alojan en la nube en tiempo real, también ofrece servicios de Autenticación como se puede observar en la siguiente Figura 6-3, en la que se añade un correo electrónico y su respectiva contraseña.



**Figura 6-3:** Servicio de Autenticación de Firebase.

**Realizado por:** Paula Coralia, 2021

**Usuario y Contraseña:** Posterior a este registro que se realiza, en Flutter que es un framework se procede a realizar la programación respectiva en el lenguaje de programación Dart, para poder realizar la aplicación donde en login nos pide ingresar un correo y contraseña como se observa en la Figura 7-3, si en algún caso llegáramos a olvidarnos de nuestra contraseña tenemos la opción de poder restablecerla en Firebase mediante el correo electrónico con el que nos registramos, en la aplicación no se realiza esta opción ya que está dirigida para los conductores de los recolectores.



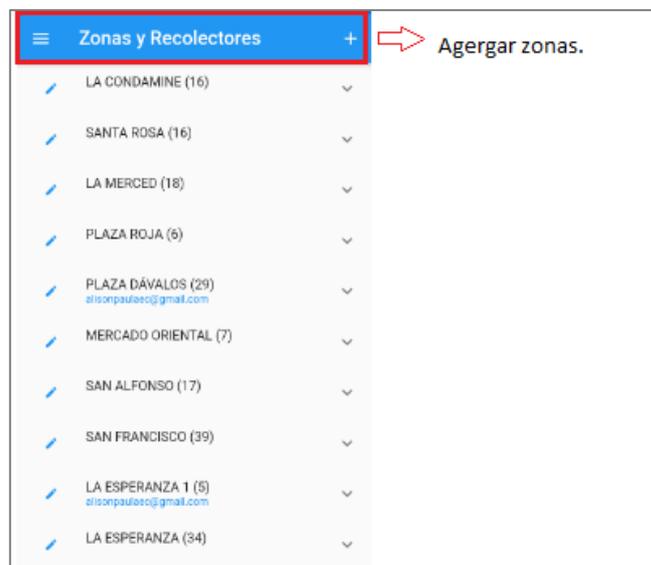
**Figura 7-3:** Inicio de Sesión Usuario.

**Realizado por:** Paula Coralia, 2021

**Administrador:** En este punto si el usuario y contraseña insertado pertenece al administrador que se asignó en Firebase entonces podremos acceder a las siguientes opciones como:

- Agregar una zona
- Asignación del responsable de la zona.
- Agregar o quitar un eco-tacho.

En la Figura 8-3 se observa una de las opciones que tiene el administrador agregar nuevas zonas sin la necesidad de acceder a la plataforma de Firebase, sino más bien simplemente haciendo uso desde la aplicación.



**Figura 8-3:** Opción agregar zonas-

**Realizado por:** Paula Coralia,2021

En la figura 9-3 se puede visualizar otra opción que tiene el administrador la asignación de ruta mediante el correo electrónico.

**Figura 9-3:** Asignación de responsable de la zona.

**Realizado por:** Paula Coralia,2021

En la Figura 10-3 se observa los atributos que se debe ingresar al momento de añadir un nuevo eco-tacho.



Recolectores

Dirección del Recolector

---

Latitud

0.0

---

Longitud

0.0

---

Percentage de Llenado

0.0

---

**Figura 10-3:** Añadir un nuevo eco-tacho.

Realizado por: Paula Coralia,2021

**Usuario:** Si el correo y la contraseña ingresada no está definido como Administrador entonces este será un usuario, al cual está asignado ciertos mercados que toman el nombre de zonas, mediante un proceso de optimización de ruta este podrá escoger que tipo de optimización desea. Hay que tomar en cuenta que la ruta está establecida por el administrador.

**Cálculo de ruta:** En este apartado el usuario puede escoger porque método desea optimizar la ruta como se puede observar en la Figura 11-3 tenemos 3 opciones.

- **Haversine:** Este método plantea el cálculo de la distancia entre dos puntos combinado a la distancia angular por la curvatura que tiene la tierra; a esto se denomina distancia Haversiana.
- **Optimización Ruta Distancia:** Al seleccionar el ícono Optimización Ruta Distancia, se muestra el mapa de ruta, en éste el proceso se considera factores como vías, contra vías y tráfico y con ello se establece la ruta más efectiva según la distancia a recorrer.
- **Optimización Ruta Tiempo:** Al seleccionar el ícono Optimización Ruta Tiempo se muestra el mapa de ruta; dentro de éste ícono se establece la mejor ruta en relación con el tiempo de recolección, tomando en cuenta factores como tráfico, vías y contra vías.



## CAPÍTULO IV

### 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo los resultados que se presentan son las imágenes de las rutas optimizadas mediante la distancia de Haversine y los algoritmos que nos ofrece Mapbox desarrollados en Flutter, los resultados obtenidos son:

- Optimización de Haversine.
- Optimización de Distancia.
- Optimización de Tiempo.

Además, que se incorporó una variable de llenado a la aplicación que permitió dar prioridad a los eco-tachos que ya estén demasiado llenos.

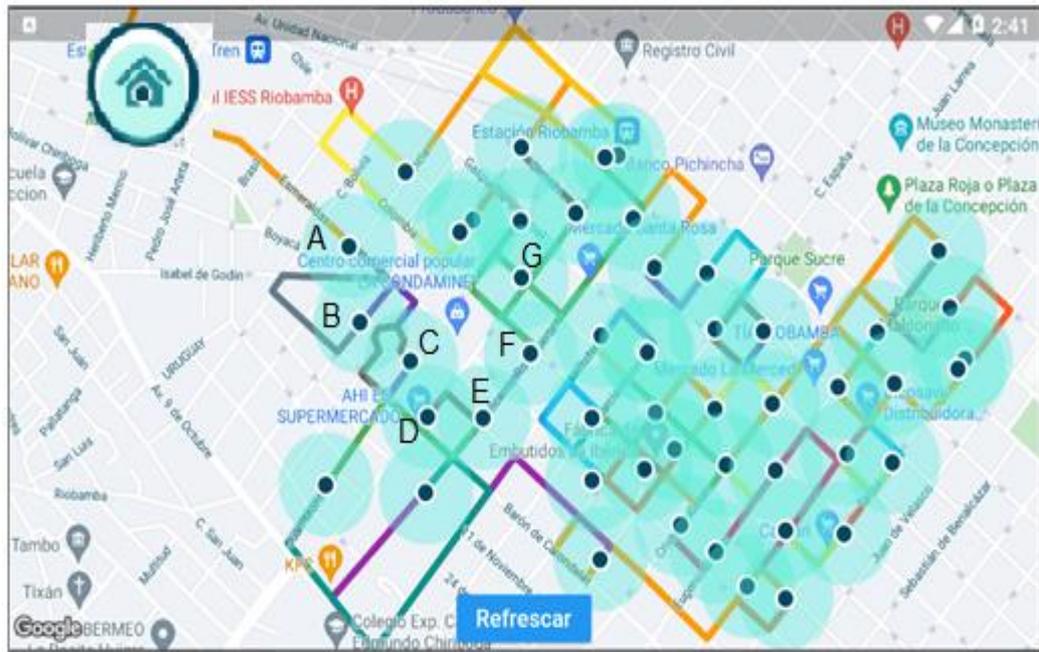
#### 4.1. Resultados e interpretación de optimización de Rutas.

Para poder verificar el correcto funcionamiento de la aplicación se procede a realizar varios escenarios, con el fin de poder comprobar si la optimización se ha realizado de manera satisfactoria.

##### 4.1.1. Optimización mercado la Condamine, Santa Rosa y La Merced.

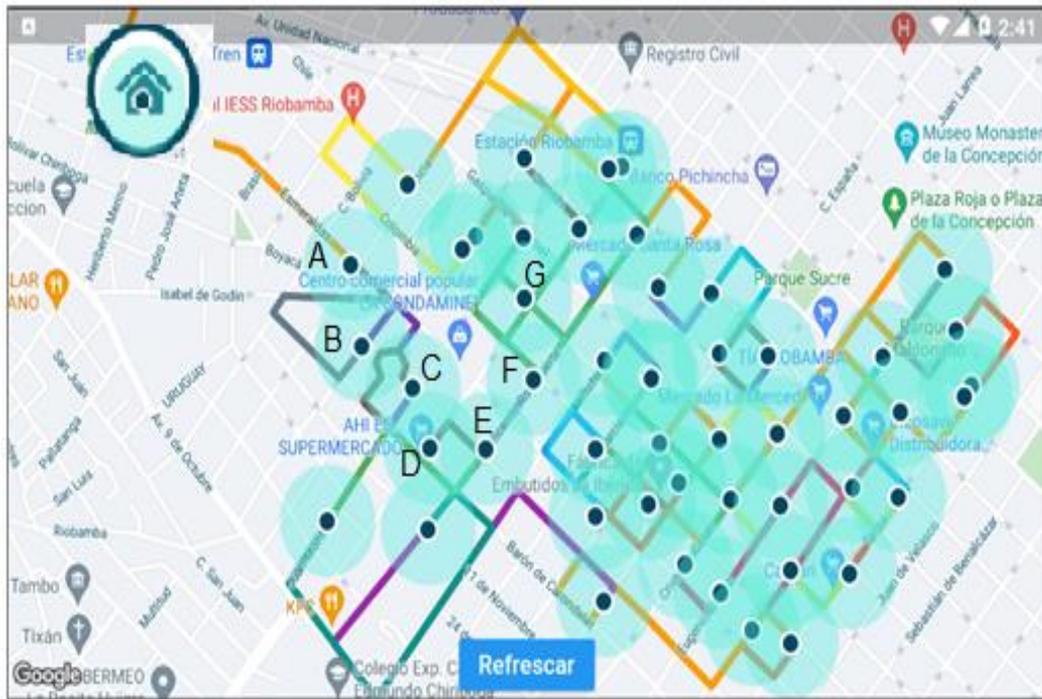
###### Escenario 1.

Como primer caso se considera todos los tachos de basura de la Condamine, Santa Rosa y la Merced llenos al 100%, obteniendo un total de 50 eco-tachos dándonos como resultado la siguiente ruta. Para los resultados obtenidos se realizó un análisis y se tomó como referencia los seis primeros puntos de la ruta a tomar, se los nombro con las letras A, B, C, D, E, F del alfabeto. Teniendo en cuenta que el punto A es el punto de origen en este caso los talleres del GAD de Riobamba.



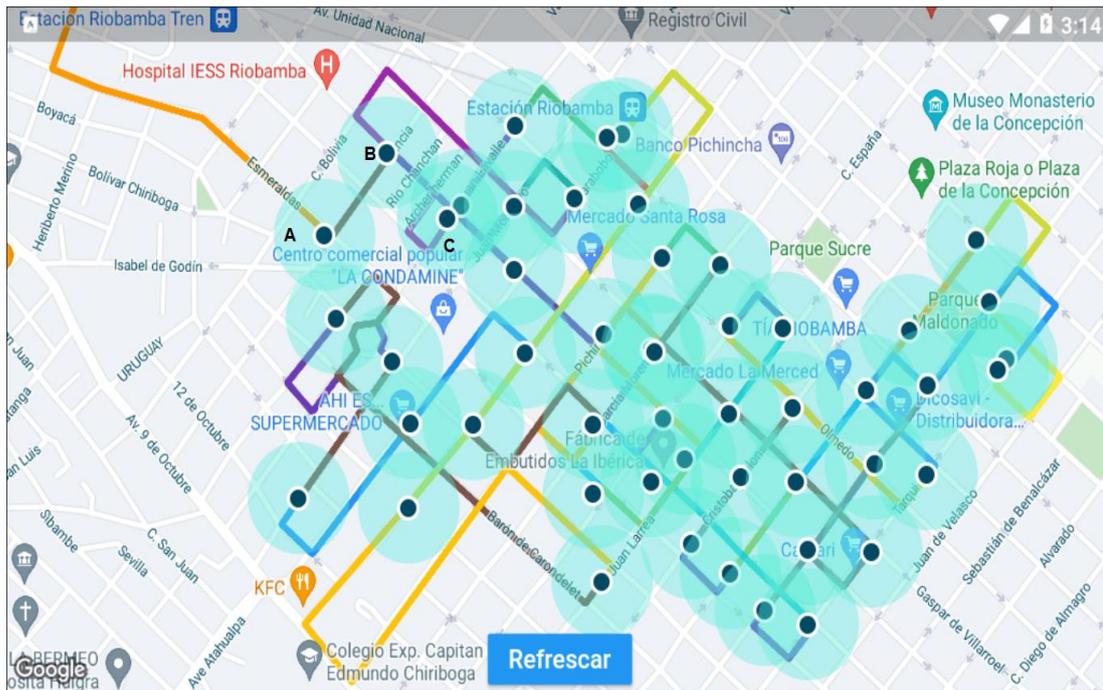
**Figura 1-4:** Ruta Haversine, para un llenado del 100% en los eco-tachos, de los mercados Condamine, Santa Rosa y La merced.

**Realizado por:** Paula Coralia,2021.



**Figura 2-4:** Optimización de ruta por Distancia, para un llenado del 100% en los eco- tachos, mercado Condamine, Santa Rosa y la Merced.

**Realizado por:** Paula Coralia,2021.



**Figura 3-4:** Optimización de ruta por tiempo, para un llenado del 100% en los de eco-tachos, mercado Condamine.

**Realizado por:** Paula Coralia, 2021.

Como se puede observar en la Figura 1-4 se aplicó la optimización de ruta Haversine tomando en cuenta que todos los eco-tachos se encuentran totalmente llenos, notamos claramente que la mayor parte de la ruta hace referencia a lazos, como punto pivote el origen de partida denotado por la letra A ubicado entre las calles Esmeralda y Francia, realiza el cálculo de la distancia por Haversine y busca la ubicación del eco-tacho con la distancia más corta dirigiéndose al punto B ubicado en las calles Boyacá y Vargas Torres, en este caso este vendría hacer mi nuevo punto pivote, vuelve a realizar el proceso y se dirige al punto C que está en las calles Boyacá y Juan Montalvo, este vendría hacer el nuevo pivote realiza el mismo proceso hasta llegar al punto D en las calles Carabobo y Barón de Carondele, realiza el proceso sucesivamente y al finalizar se dibujan las rutas con los puntos ordenados mediante las poly-line cada una con un color primario diferente como (morado, azul, verde, rojo, amarillo) de tal modo que se pueda diferenciar la siguiente ruta.

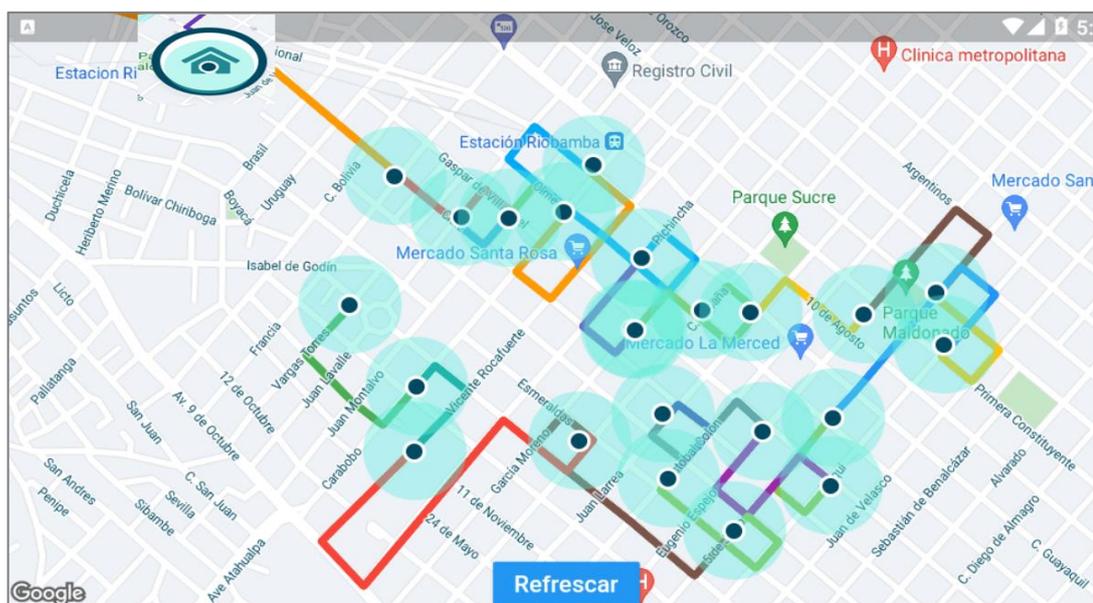
En el caso de la Figura 2-4 se puede visualizar que la ruta tomada difiere de la anterior ya que la optimización por distancias busca la mejor ruta considerando la distancias entre calles en tiempo real, el punto pivote en este caso el punto A que se encuentra ubicado en las calles el siguiente punto B ubicado en las calles Chile y España, posteriormente se avanza hasta el punto C ubicado en las calles García Moreno y Pichincha realiza el recorrido hasta el punto D ubicado en las calles España y Esmeraldas, debido a que los algoritmos que utiliza Mapbox, realizan un análisis de

tráfico de cada calle en tiempo real, por esta razón al momento de visualizar la ruta por este método conlleva más tiempo en procesar a diferencia de Haversine que permite de una forma menos compleja obtener la ruta que se requiere para llegar a los eco-tachos.

Para la Figura 3-4 nos muestra la mejor ruta por optimización de tiempo para este método la API de Mapbox utiliza los algoritmos de google que se basan en el algoritmo del agente viajero con ventanas de tiempo realizan un análisis de la congestión de tráfico de esta manera se obtuvo la mejor ruta en base al tiempo, se parte desde el punto A ubicado en las calles Esmeraldas y Francia, hasta el punto B ubicado Francia y Gaspar de Villarroel situado en las calles buscando el tiempo más corto hasta el próximo punto C en las calles Juan Lavalle y Gaspar de Villarroel, se realizó el proceso sucesivamente, en este método a diferencia de Haversine como se puede visualizar claramente que la ruta es más directa sin que se haya realizado varios lazos y se optimizo recursos.

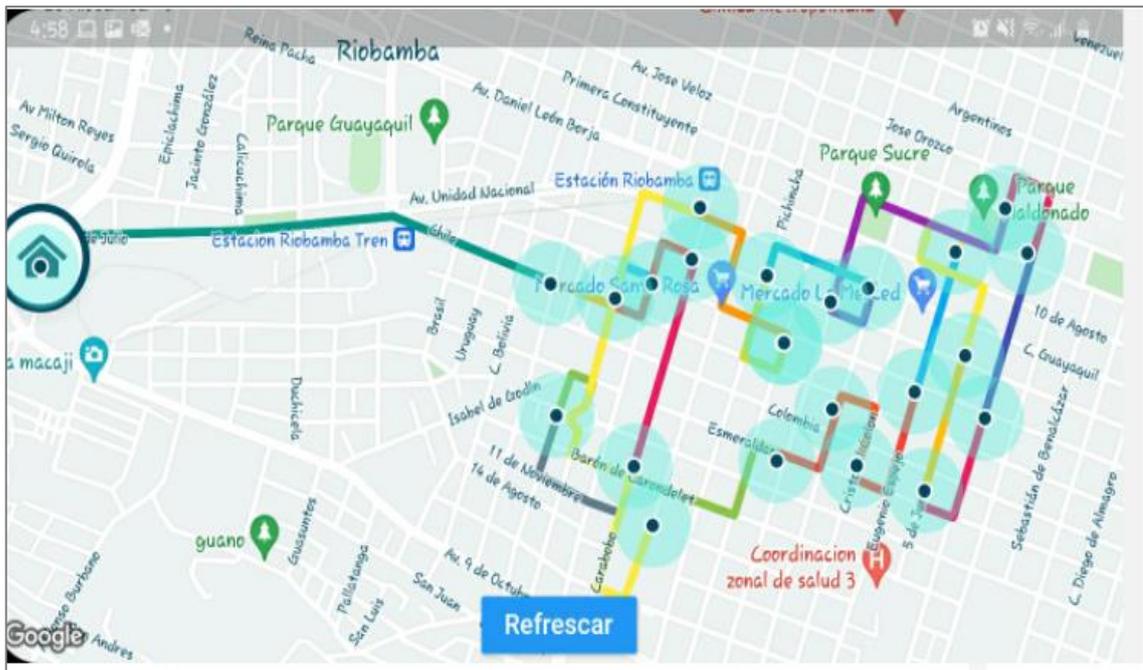
## Escenario 2.

Para el escenario 2 se planteó la mitad de los eco-tachos llenos con un porcentaje mayor al 30% en los mercados Condamine, Santa Rosa y La Merced con un total de 25 eco-tachos, mientras los demás tachos que tienen un porcentaje menor al 30% pueden aguantar un día más tomando en consideración la planificación de recorridos que realiza el departamento de Higiene del Municipio de Riobamba



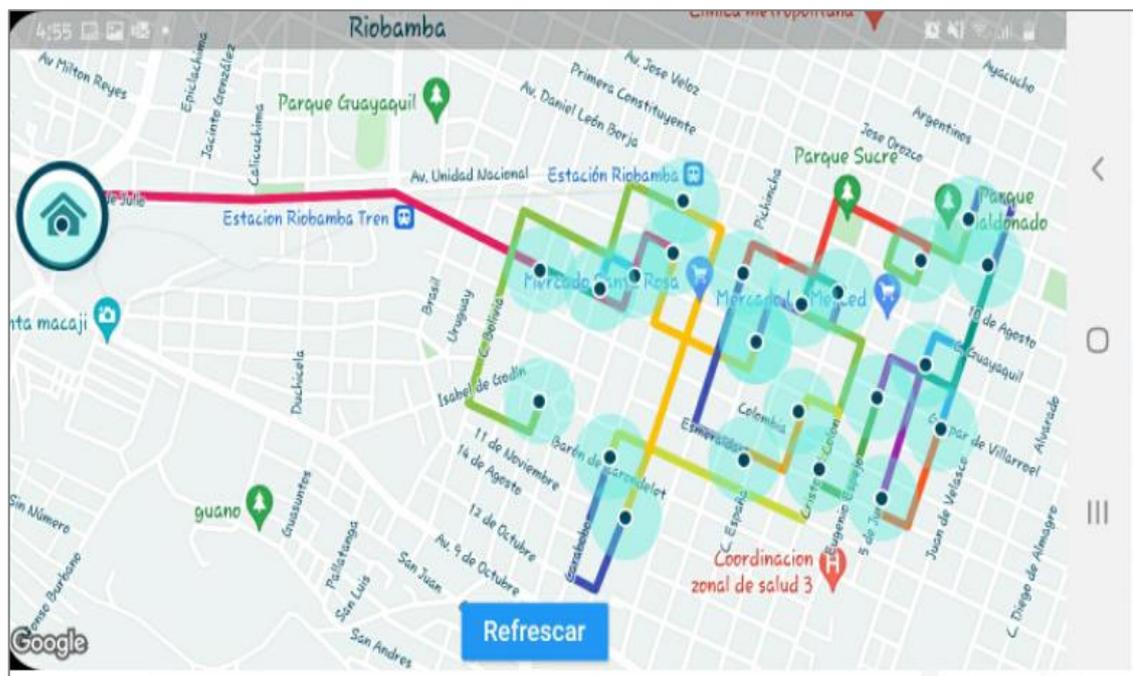
**Figura 4-4:**Ruta Haversine, para un llenado del 50% en los eco-tachos, mercado Condamine.

Realizado por: Paula Coralia, 2021.



**Figura 5-4:** Optimización de ruta por distancia, para un llenado de 50% en los eco-tachos mercado Condamine, Santa Rosa, La Merced.

Realizado por: Paula Coralia, 2021.



**Figura 6-4:** Optimización de ruta por tiempo, para un llenado del 50% en los eco-tachos, mercado Condamine, Santa Rosa, la Merced.

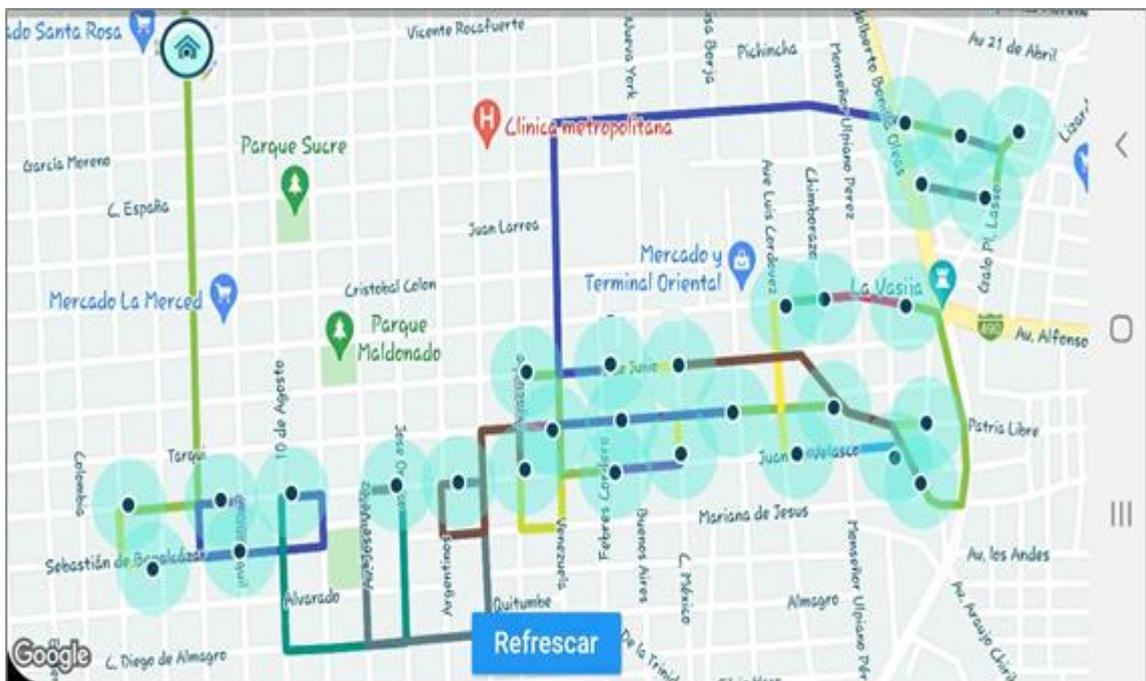
Realizado por: Paula Coralia, 2021.

Como podemos observar al no estar todos los eco-tachos totalmente llenos o en un porcentaje que no sea el especificado para considerarlo en la lista de los que ya tenga que ser vaciados automaticamente no se les toma en cuenta y se descartan de la ruta, de esta manera el tiempo de recolecion de desechos se reduce lo cual es muy favorable ya que es un ahorro en lo que seria el combustible y se podria dar prioridad a otros eco-tachos, con respecto a las optimizaciones se puede ver que existe una variacion en las Figuras 4-4, 5-4 y 6-4 en cuanto a la ruta que toma cada optimizacion, como se apreciar en el escenario 2 la optimizacion de tiempo seria la mas favorable con respecto a las otra dos optmicizaciones debido a que no existe muchos bucles en la ruta,

#### 4.1.2. Optimización Mercados San Alfonso, Mercado Oriental y La Esperanza.

##### Escenario 3

En este escenario se considera todos los tachos de basura del sector llenos al 100%, con un total de 30 eco-tachos, los hemos considerado todos llenos ya que San Alfonso y el Mercado Oriental se encuentran en la parte centro de la ciudad ya que existe mucha concurrencia de personas lo cual casi siempre se llenan sobre todo en los días de feria obteniendo las siguientes rutas.



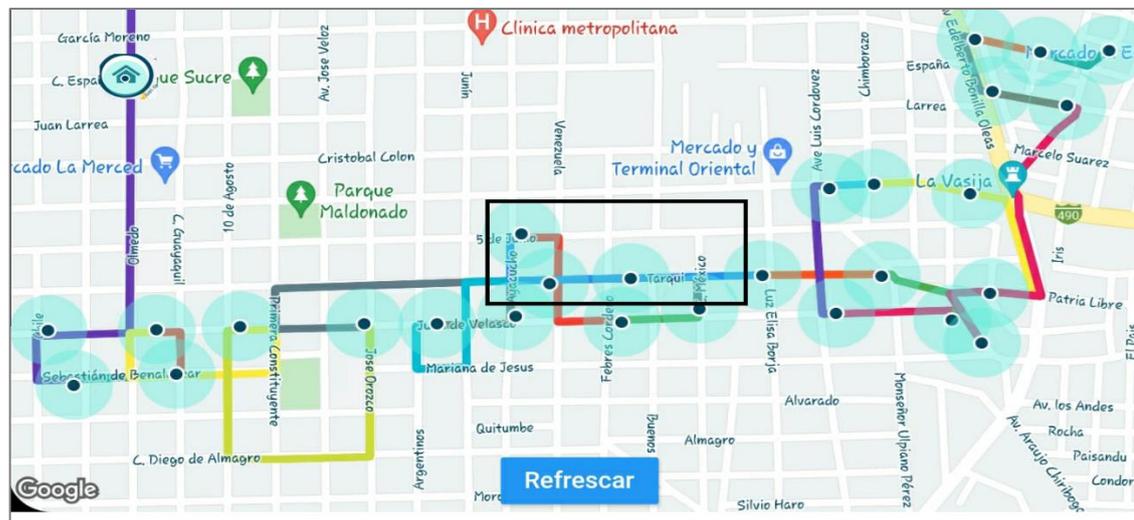
**Figura 7-4:** Optimización por distancia, para un llenado del 100% en los eco-tachos en los tres mercados asignados.

Realizado por: Paula Coralia, 2021.



**Figura 8-4:** Tachos A y B con un porcentaje de llenado menor al 30%.

**Realizado por:** Paula Coralia, 2021.



**Figura 9-4:** Optimización de ruta por distancia, para un porcentaje de llenado menor al 30% en los eco-tachos A y B.

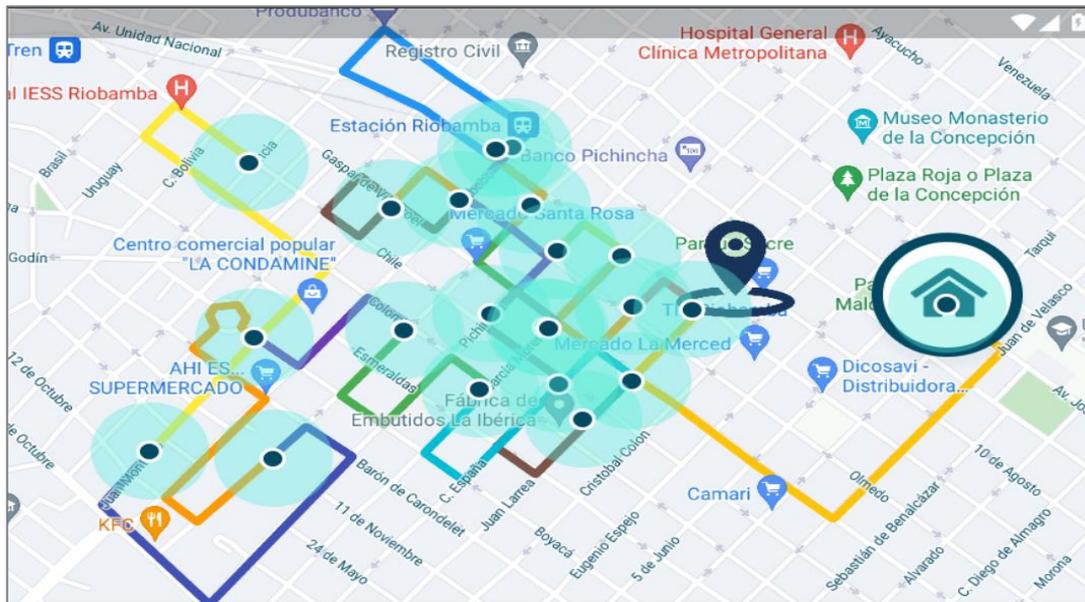
**Realizado por:** Paula Coralia, 2021.

Al interpretar las siguientes imágenes podemos observar en la Figura 7-4 realizamos la optimización por Distancia la ruta que se obtiene presenta algunos giros entre calles, mientras que en la Figura 8-4 se considera los eco-tachos denotados por la letra A ubicado en las calles 5 de junio y Febres Cordero y el eco-tacho denotado por la letra B ubicado en las calles 5 de junio y México, se encuentran vacíos, obteniendo una nueva ruta que se visualiza en la Figura 9-4, donde en el nuevo recorrido ya no se consideran los tachos vacíos de esta manera se evita realizar recorridos innecesarios y dar prioridad a los eco-tachos que se encuentran llenos.

#### 4.1.3. Optimización Mercado Santa Rosa, Condamine y la Plaza Roja.

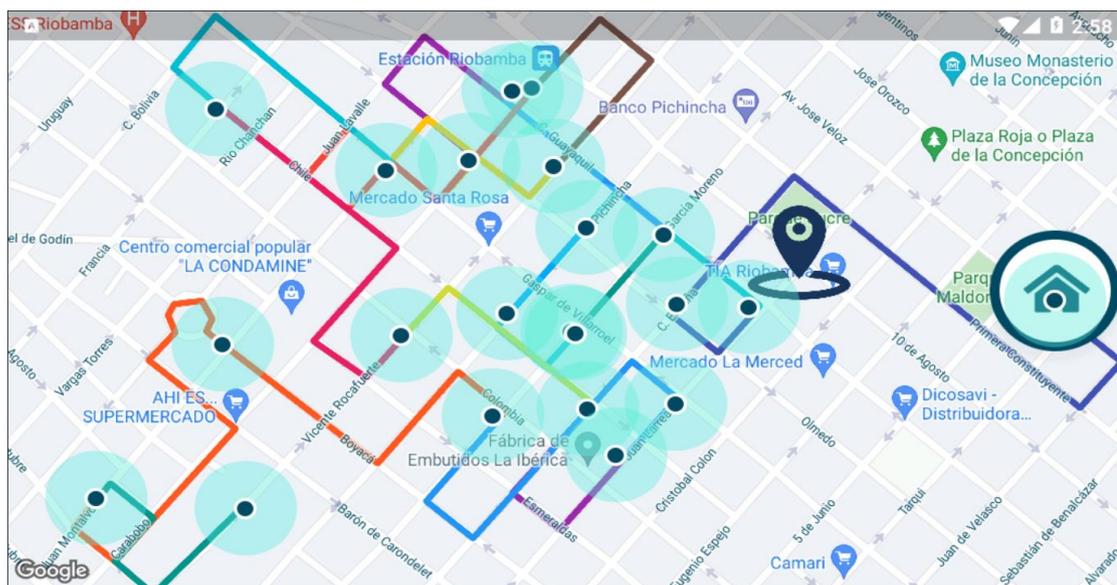
##### Escenario 5

En este escenario se plantea obtener la ruta optimizada de tres de los mercados municipales que se encuentran en la parte centro de la ciudad y que por lo general son los más transitados, con un nivel de llenado superior al 30% en los eco-Tachos que están más próximos a los mercados.



**Figura 10-4:** Resultado de la ruta a seguir en tres mercados mediante el método Haversine

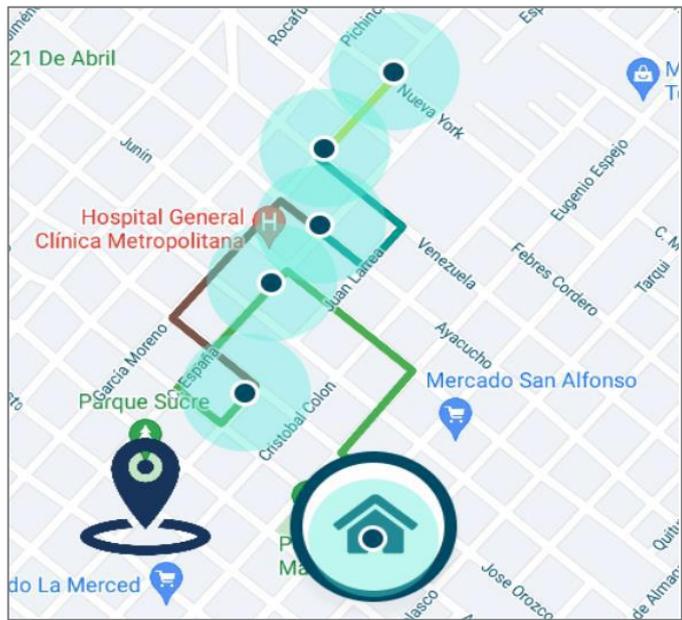
Realizado por: Paula Coralia, 2021



**Figura 11-4:** Resultado de la ruta a seguir en tres mercados aplicando el algoritmo de distancia.

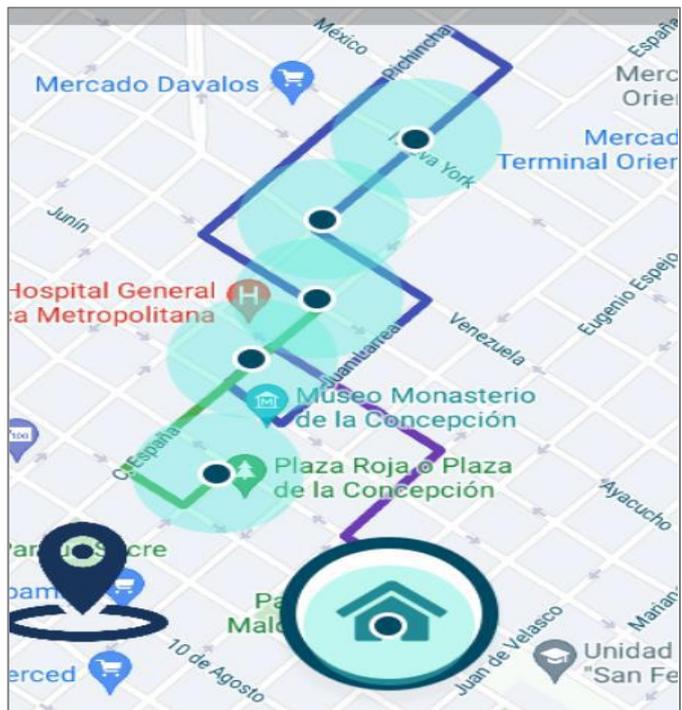
Realizado por: Paula Coralia, 2021.





**Figura 13-4:** Optimización por distancia, para un llenado del 100% en los eco-tachos del sector Plaza Roja.

Realizado por: Paula Coralia, 2021.



**Figura 14-4:** Optimización de ruta por tiempo, para un llenado del 100% en los eco-tachos del sector Plaza Roja.

Realizado por: Paula Coralia, 2021.

Al interpretar las siguientes imágenes podemos observar en la Figura 12-4 realizamos la optimización por Haversine la ruta que se obtiene presenta algunos giros entre calles , mientras que en la optimización por distancia trata de buscar una ruta sin muchos cruces si no una ruta más directa y por último en la Figura 14-4 podemos darnos cuenta que la ruta que obtenemos es más recta esto debido a que trata de recorrer todos los puntos en un solo sentido y así gracias a sus algoritmos evitar el tráfico que se puede presentar al hacer varios cruces sino más bien buscar la ruta menos transitada y tener el menos tiempo.

## CONCLUSIONES

- En las últimas décadas con el incremento de la población en zonas urbanas, existe un aumento de residuos sólidos urbanos, lo que ha generado la necesidad de investigar nuevas estrategias como mejores distribuciones de rutas esto se ha logrado gracias a la información espacial que permite realizar un análisis mediante procesos y herramientas, permitiendo tomar decisiones, las nuevas aplicaciones hacen uso de esta información espacial constantemente sobre todo dentro de las empresas podemos mencionar a PÉPSICO, BOOKING, SAMSUNG.
- La georreferenciación se ha vuelto un concepto muy importante a medida que pasan los años, permite saber la localización espacial de un objeto sobre la tierra, la mejora de equipos GPS y la incorporación de los mismos en dispositivos móviles se ha vuelto una gran ventaja, ya que están a nuestra disposición, convirtiéndose en una herramienta muy útil para realizar levantamientos de datos espaciales con el propósito de hacer uso de esta información que nos permitirá realizar análisis para poder optimizar procesos.
- Con la implementación de los algoritmos se logró identificar y determinar rutas con distancias mínimas, que contengan mejor accesibilidad y flexibilidad, al momento de realizar la recolección de residuos sólidos depositados en los eco-tachos de los mercados municipales de la ciudad de Riobamba, al evitar pasar por zonas donde no se sobrepase el nivel de llenado en un 30% permite reducir recursos.
- Se diseñó una aplicación que me permita realizar el tratamiento de datos espaciales para este caso optimización de rutas, mediante la implementación de algoritmos, la visualización de esta información fue posible mediante el uso de una de las herramientas gratuitas SIG, como lo es Mapbox gracias a sus capacidades de análisis y visualización de datos espaciales permitiendo tener una buena interactividad con el usuario.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar los costos de un sensor de llenado para tomar como referencia y tener un valor estimado de cuanto invertir en un sistema de automatización para la ingesta de datos hacia la base de datos de rutas a seguir o no seguir.
- Para poder desarrollar el algoritmo y posteriormente la aplicación se necesita recursos como memoria RAM de 8 GB con un procesador de una velocidad mínima de 3.2 GHz debido a que se necesita varios programas y emuladores para poder testear la aplicación Android antes de lanzarlo al mercado.
- Para el administrador quien haga uso de esta aplicación, se recomienda seguir un curso de Flutter en el caso de una avería en el programa o de alguna actualización que sea requerida.
- Para la toma de datos es recomendable realizarlo con un dispositivo GPS o cualquier otro dispositivo que tenga una tasa de error mínima en centímetro.

## **GLOSARIO**

<b>API</b>	Interfaz de programación de aplicaciones
<b>BaaS</b>	Backend as a Service
<b>CGIS</b>	Canadian Geographical Information System
<b>CCIDEP</b>	Comité Coordinador de la Infraestructura de Datos Espaciales
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>iOS</b>	Sistema Operativo Móvil
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation
<b>PDA</b>	Asistencia Personal Digital
<b>SDK</b>	Software Development Kit
<b>SI</b>	Sistema de Información
<b>SIG</b>	Sistema de Información Gráfica
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator
<b>VRP</b>	Vehicle Routing Problem

## BIBLIOGRAFÍA

**ARAYA MUÑOZ, Dayhann.** Metodología para la georreferenciación de elementos emisores y su implementación a través de un SIG.[En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,Valparaíso,Chile.2009.[Citado el: 28 de enero de 2021]. Disponible en:

<https://www.ubiobio.cl/miweb/webfile/media/222/Espacio/2008/02%20Dahyann%20Araya%20PAG%2025%20A%2046.pdf>

**ARCOTE.***Instructivo para la entrega de la información geo referenciada de las redes físicas de los servicios del régimen general de telecomunicaciones y redes privadas.* [En línea]. [Citado el 20 de enero de 2021]. Disponible en: <http://www.arcotel.gob.ec>

**BARRIGA OLIVO, Paúl Eduardo.** Aplicación de un prototipo de un sistema de información geográfica (SIG) para la georeferenciación de los principales catastros de actividades económicas correspondientes a la ciudad de Riobamba. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Univecidad San Francisco de Quito,Quito. 2013. págs 28-29. [Citado el: 10 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2455/1/106796.pdf>

**Ben Adler.** *¿Qué ciudad es la que genera más basura en el mundo?* [blog]. [Citado el: 26 de julio de 2021].Disponible en: [https://www.eldiario.es/theguardian/ciudad-genera-basura-mundo\\_0\\_574293331.html](https://www.eldiario.es/theguardian/ciudad-genera-basura-mundo_0_574293331.html).

**CASTELLOTE GARCÍA, Mariana.**Desarrollo de una aplicación Android de apuestas utilizando Firebase para la sincronización de datos. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universitat Jaume. 2017. pág 40. [Citado el: 15 de septiembre de 2021]. Disponible en:[http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/174192/TFG\\_2017\\_Castellote%20Garcia\\_Marina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/174192/TFG_2017_Castellote%20Garcia_Marina.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**CHAVÉZ, Felipe.***¿Por qué Flutter es el futuro del desarrollo móvil?* .[blog]. [Citado el: 28 de febrero de 2021].Disponible en: <https://ed.team/blog/por-que-flutter-es-el-futuro-del-desarrollo-movil>.

**CHICAIZA PALATE, Diego Baltazar.**Desarrollo de una aplicación híbrida e-Commerce para la gestión de ventas de la empresa “calzado Anabel. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad técnica de Ambato ,Ambato. 2020. págs 16-35. [Citado el: 20 de marzo de 2021]. Disponible en: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30726/1/ Tesis\\_](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30726/1/ Tesis_)

t1678si.pdf

**CHOQUE MACHACA, Candida Licia.** Aplicación móvil informativa de pre-facultativos con georreferenciación para la universidad mayor de San Andrés. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad mayor de San Andrés, La Paz. 2017. págs 12-15. [Citado el: 24 de enero de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/16614/T-3351.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**CORAL QUINTO, Maria José.** Diseño e implementación de base de datos mediante el uso de web services con integración de unity3d para apoyo de aplicaciones lúdicas en la materia de fundamentos de programación. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad de Guayaquil, Guayaquil.2018. pág 26 .[Citado el: 26 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36403/1/TESIS%20DISE%C3%91O%20E%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20BASE%20DE%20DATOS%20MEDIANTE%20EL%20USO%20DE%20WEB%20SERVICES%20CON%20INTEGRACI%C3%93N%20DE%20UNITY3D%20PARA%20APOYO%20DE~1.pdf>

**CÓRDOVA ESPINOZA, Rosa Fernanda y CUZCO SATANGO , Bernardo Esteban.** Analisis comparativo entre bases de datos relacionales con bases de datos no relacionales. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.2013. pág 6 .[Citado el: 14 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6977/1/UPS-CT003639.pdf>

**CORRAL BENZ, Alex.** *El primer celular con GPS.* [blog]. [Citado el: 15 de abril de 2021]. Disponible en: <https://reservoirphones.com/el-primer-celular-con-gps/>.

**DIVÍ, Victor.** *¿Qué es el lenguaje de programación Dart?* [blog]. [Citado el: 14 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://inlab.fib.upc.edu/es/blog/que-es-el-lenguaje-de-programacion-dart>.

**Enlace Judío.** *Contenedores inteligentes de basura.* [En línea] [Citado el: 21 de julio de 2020]. Disponible en: <https://www.enlacejudio.com/2015/08/31/en-afula-contenedores-inteligentes-de-residuos-avisan-cuando-estan-llenos/>.

**ESCOBAR, Dario, y otros.** "Georreferenciación de localidades" [En línea].2015.Colombia, págs 9-29. [Citado el: 18 de enero de 2021].Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35180>.

**LUCANO CHÁVEZ, Fausto Bolívar.** Optimización de rutas para la recolección de desechos sólidos en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad Técnica del Norte, Ibarra.2019. págs 15-16 .[Citado el: 18 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9096/1/04%20ISC%20513%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

**Fundación Descubre.** "Diseñan un sistema inteligente que prevé el volumen de los contenedores de residuos para planificar la ruta de recogida más eficiente". [En línea]. 2019. España.[Citado el: 13 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://fundaciondescubre.es/noticias/disenan-un-sistema-inteligente-que-preve-el-volumen-de-los-contenedores-de-residuos-para-planificar-la-ruta-de-recogida-mas-eficiente/>.

**GADMR.** *Dirección de Higiene socializó plan de contenerización y sistema de recolección de desechos sólidos.* [blog].[Citado el: 21 de febrero de 2020].Disponible en: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/noticias/boletines-de-prensa/503-direccion-de-higiene-socializo-plan-de-contenerizacion-y-sistema-de-recoleccion-de-desechos-solidos>.

**GUTIÉRREZ, Mariella.** El Rol de las Bases de Datos Espaciales en una Infraestructura de Datos. [En línea] 10 de 11 de 2006. <http://www.cpipea.org/documentos/tecnologia/Rol%20de%20las%20bases%20de%20datos%20espaciales%20en%20una%20IDE.pdf>.

**La Hora.** La Hora. [En línea] 24 de junio de 2007. [Citado el: 20 de febrero de 2020].Disponible en: <https://lahora.com.ec/noticia/585866/culminc3b3-colocacic3b3n-de-ecotachos>.

**LAGARRIGUE, Emiliano.** *Sistemas de Información Georreferenciada en Supply Chain Management.* [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Univercidad Torcuato di Tella, .2014. págs 11-23 .[Citado el: 27 de enero de 2021]. Disponible en: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QAeZTqjUwKoj:https://repositorio.utdt.edu/bitstream/handle/utdt/2401/MBA\\_2016\\_Lagarrigue.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=7&hl=es&ct=clnk&gl=ec](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:QAeZTqjUwKoj:https://repositorio.utdt.edu/bitstream/handle/utdt/2401/MBA_2016_Lagarrigue.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=7&hl=es&ct=clnk&gl=ec).

**MILIAN MONDRAGÓN, Jorge Luis.** *Sistema web basado en algoritmo de ruta más corta para optimización de rutas en la empresa de servicios logísticos de courier seminario Martínez servicios generales S.A.C.* [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo .2019.. pág 20 .[Citado el: 23 de marzo de 2021]. Disponible en: [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2237/1/TL\\_MilianMondragonJorge.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2237/1/TL_MilianMondragonJorge.pdf)

**MOREA RODRÍGUEZ, María Luisa y HUERTA RODRÍGUEZ, Juan Carlos.** Sistemas de Información geográfica. [En Línea].2017. págs 6-10 .[Citado el: 10 de febrero de 2021]. Disponible en: [https://administracionelectronica.gob.es/pae\\_Home/dam/jcr:3440992b-44ee-4240-8000-ac0a502ffb56/Ponencia\\_130.pdf](https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/dam/jcr:3440992b-44ee-4240-8000-ac0a502ffb56/Ponencia_130.pdf).

**MUÑOZ SANTIANA, Carlos Hugo.** Optimización de rutas para la recolección de residuos sólidos del cantón Latacunga. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad Técnica de Ambato, Ambato. 2021. pág 5 .[Citado el: 10 de abril de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/32721>

**PUNTES MOLINA, Alvaro.** Introducción a los sistemas de información Geográfica. [En línea] [Citado el: 20 de febrero de 2020].Disponible en: <https://es.slideshare.net/AlvaroPuentesMolina/00-gis-introduccion>.

**PANCHI GUEVARA, Johana Aide y MAYORGA VILLACIS, Angel Paúl.** Implementación de un prototipo para el monitoreo de contenedores de basura basados en el diseño de los ecotachos de la ciudad de Riobamba. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo,Riobamba. 2019. pág 5 .[Citado el: 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11016>.

**NAVARRO MACÍAS, Rocio.** Cómo los sistemas de basura inteligentes reducen los costes de recogida. [En línea].[Citado el: 16 de febrero de 2021].Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/vivo/ciudad/20170220/42155611703/basura-smart-ciudad.html#foto-2>.

**SANCHEZ CUENCA, Johanna Cecibel.** Aplicación Móvil para georreferenciación y búsqueda de farmacias utilizando tecnología multiplataforma [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Univecidad Nacional de Loja,Loja.2017. págs 16-24. [Citado el: 28 de enero de 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19376/3/S%20C3%A1nchez%20Cuenca%2C%20Johanna%20Cecibel.pdf>

**SATUQUINGA CONGACHA, Cristian Israel.** Sistema Inteligente de reciclaje “OPEN BOT”. [En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis Pregrado) Universidad Técnica de Ambato ,Ambato.2021.pág 9. [Citado el: 12 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32306/1/t1780ec.pdf>

**Software.** *Qué es la geolocalización y cómo funciona.* [blog].[Citado el: enero de 15 de 2021].Disponible en: <https://www.evaluandosoftware.com/la-geolocalizacion-funciona/.satuquinga>

**Telecom, Wellness.** *e-Garbage, un sistema inteligente de gestión de la recogida de residuos.* [En línea].[Citado el: 14 de marzo de 2021].Disponible en: [https://www.interempresas.net/Equipamiento\\_Municipal/Articulos/49606-e-Garbage-un-sistema-inteligente-de-gestion-de-la-recogida-de-residuos.html](https://www.interempresas.net/Equipamiento_Municipal/Articulos/49606-e-Garbage-un-sistema-inteligente-de-gestion-de-la-recogida-de-residuos.html).

**URGILEZ, Andrea.** Mobile Topographer Free. [En línea].[Citado el: 20 de abril de 2021].Disponible en: <https://www.felixugarte.org/wp-content/uploads/Manual-Mobile-Topographer.pdf>.

**VIDAL ESMORÍS, Aitana.** Algoritmos Heurísticos en Optimización.[En Línea](Trabajo de titulación).(Tesis maestría) Universidad de Santiago de Compostela,Santiago. 2013. págs 18-20. [Citado el: 12 de abril de 2021]. Disponible en: [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto\\_782.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_782.pdf)

**WIECZOREK, John & QINGHUA, Guo & HIJMANS, Robert.** The point-radius method for georeferencing locality descriptions and calculating associated uncertainty. [En línea] International Journal of Geographical Information Science, 2010. [Citado el: 3 de febrero de 2020].Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13658810412331280211>.

## ANEXOS

### ANEXO A. CODIGO DE LA PROGRAMACION FLUTTER.

#### Constantes

```
class Constants {
  static final String firebaseApiToken =
    'AIzaSyB4o4bYgBrdNbUf0YR0skW0w3KZuMGbD3w';
  static final int minimumPorcentaje = 30;
  static double homeLatitude = -1.672888407627412;
  static double homeLongitude = -78.64743303339142;
  static String adminUUID = 'mgp4P31YNXVM48VytGZ30L17jGk2';
}
```

#### Calculo de la Distancia Haversine

```
import 'dart:math';
import 'package:garbage_collector/src/entity/mapbox_distance_presenter.dart';
import 'package:garbage_collector/src/providers/mapbox_provider.dart';
import 'package:vector_math/vector_math_64.dart';

class DistanceUtil {
  static MapboxProvider mapboxProvider = new MapboxProvider();
  static double calculateHaversineDistance(double latitudeFrom,
    double longitudeFrom, double latitudeTo, double longitudeTo) {
    double dLat = radians(latitudeTo - latitudeFrom);
    double dLon = radians(longitudeTo - longitudeFrom);
    latitudeFrom = radians(latitudeFrom);
    latitudeTo = radians(latitudeTo);
    double calc = pow(sin(dLat / 2), 2) +
      pow(sin(dLon / 2), 2) * cos(latitudeFrom) * cos(latitudeTo);
    double rad = 6371;
    double c = 2 * asin(sqrt(calc));
    return (rad * c);
  }

  static Future<double> calculateMapboxDistance(double latitudeFrom,
    double longitudeFrom, double latitudeTo, double longitudeTo) async {
    MapboxDistancePresenter distancePresenter = await mapboxProvider.calculateDistance
      latitudeFrom, longitudeFrom, latitudeTo, longitudeTo)
    if (distancePresenter.code == "Ok")
    if (distancePresenter.routes.isEmpty)
    throw new Exception('No se encontró una ruta hacia este destino')
  } else {
    return distancePresenter.routes[0].distance;
  }
  } else
  throw new Exception(distancePresenter.message);
  }
}
```

```
static Future<double> calculateMapboxTime(double latitudeFrom,
  double longitudeFrom, double latitudeTo, double longitudeTo) async {
```

```

MapboxDistancePresenter distancePresenter =
await mapboxProvider.calculateDistance(
latitudeFrom, longitudeFrom, latitudeTo, longitudeTo);
if (distancePresenter.code == "Ok") {
if (distancePresenter.routes.isEmpty) {
    throw new Exception('No se encontró una ruta hacia este destino');
    } else {
    return distancePresenter.routes[0].duration;
    }
    } else {
    throw new Exception(distancePresenter.message);
    }
}
}
}

```

### Algoritmo

```

import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:garbage_collector/src/entity/coordinates.dart';
import 'package:garbage_collector/src/entity/zone.dart';
import 'package:garbage_collector/src/pages/login_page.dart';
import 'package:garbage_collector/src/pages/map_location.dart';
import 'package:garbage_collector/src/providers/zone_provider.dart';
import 'package:garbage_collector/src/storage/local_storage.dart';
import 'package:garbage_collector/src/utils/constants.dart';
import 'package:garbage_collector/src/utils/distance_utils.dart';
import 'package:google_maps_flutter/google_maps_flutter.dart';

void _callMap(BuildContext context, int type) async {
final zoneProvider = new ZoneProvider();
final LatLng _origin =LatLng(Constants.homeLatitude, Constants.homeLongitude);
final LatLng _target = LatLng(Constants.homeLatitude, Constants.homeLongitude);
List<Coordinates> collectors = [];
collectors.add(new Coordinates( latitude: _origin.latitude, longitude: _origin.longitude));
List<Zone> zones = await zoneProvider.findAll();
zones.forEach((zone) {
if (LocalStorage().userEmail.toString().isNotEmpty &&
(zone.driverEmail ?? "") == LocalStorage().userEmail.toString()) {
zone.garbageCollectors.forEach((collector) {
if ((collector.percentaje ?? 0) >= Constants.minimumPercentaje) {
collectors.add(new Coordinates(latitude: collector.latitude, longitude: collector.longitude));
}
});
}
});
setState() {
totalCollectors = collectors.length;
currentCollector = 0;
});
collectors = await sortCoordinates(collectors, [], collectors.first, type);
setState() {
loading = false;
});
Navigator.push(context, MaterialPageRoute(builder: (context) {

```

```

return GoogleMapUbication(
initialTarget: _origin,
finalTarget: _target,
collectors: collectors,
    );
    }));
    }
Future<List<Coordinates>> sortCoordinates(List<Coordinates> coordinates,
List<Coordinates> sortedList, Coordinates origin, final int type) async {
if (coordinates.isEmpty) {
return sortedList;
} else {
double closer;
Coordinates closerPoint;
setState(() {
    currectCollector++;
});
for (Coordinates coordinate in coordinates) {
if (closer == null) {
    switch (type) {
    case 1:
    closer = DistanceUtil.calculateHaversineDistance(origin.latitude,
    origin.longitude, coordinate.latitude, coordinate.longitude);
    break;
    case 2:
    closer = await DistanceUtil.calculateMapboxDistance(
    origin.latitude,
    origin.longitude,
    coordinate.latitude,
    coordinate.longitude,
    );
    break;
    case 3:
    closer = await DistanceUtil.calculateMapboxTime(
    origin.latitude,
    origin.longitude,
    coordinate.latitude,
    coordinate.longitude,
    );
    break;
    }
    closerPoint = coordinate;
} else {
    switch (type) {
    case 1:
    double distance = DistanceUtil.calculateHaversineDistance(
    origin.latitude,
    origin.longitude,
    coordinate.latitude,
    coordinate.longitude);
    if (distance < closer) {
    closer = distance;
    closerPoint = coordinate;
    }
    break;

```

```

    case 2:
    double distance = await DistanceUtil.calculateMapboxDistance(
    origin.latitude,
    origin.longitude,
    coordinate.latitude,
    coordinate.longitude,
    );
    if (distance < closer) {
    closer = distance;
    closerPoint = coordinate;
    }
    break;
    case 3:
    double distance = await DistanceUtil.calculateMapboxTime(
    origin.latitude,
    origin.longitude,
    coordinate.latitude,
    coordinate.longitude,
    );
    if (distance < closer) {
    closer = distance;
    closerPoint = coordinate;
    }
    break;
  }
}
sortedList.add(closerPoint);
coordinates.remove(closerPoint);
return sortCoordinates(coordinates, sortedList, closerPoint, type);
}
}
}

```

### **Trazo de la Ruta.**

```

Widget _buildGoogleMap(BuildContext context) {
  CameraPosition initialCameraPosition =CameraPosition(target: widget.initialTarget, zoom: 15);
  GoogleMapController mapController;
  return FutureBuilder(
    future: _createPolylines(),
    builder: (BuildContext context, AsyncSnapshot snapshot) {
    if (snapshot.hasData) {
    return GoogleMap(
    polylines: snapshot.data,
    myLocationButtonEnabled: false,
    compassEnabled: false,
    mapToolBarEnabled: false,
    initialCameraPosition: initialCameraPosition,
    mapType: MapType.normal,
    zoomControlsEnabled: widget.zoomControlsEnabled,
    zoomGesturesEnabled: true,
    myLocationEnabled: false,
    markers: _markers,

```

```

onMapCreated: (GoogleMapController controller) {
  mapController = controller;
  mapController.setMapStyle(_mapStyle);
  controller.complete(mapController);
    },
  );
  } else {
    return Center(
      child: CircularProgressIndicator(),
    );
  }
},
);
}
}
createPolylines() async {
  MapboxProvider mapboxProvider = new MapboxProvider();
  List colors = Colors.primarys;
  Random random = new Random();
  Set<Polyline> polylines = {};
  for (int i = 0; i < widget.collectors.length - 1; i++) {
    List<LatLng> polyCoordinates = [];
    Coordinates origin = widget.collectors[i];
    Coordinates target = widget.collectors[i + 1];
    MapboxDistancePresenter distancePresenter =
    await mapboxProvider.calculateDistance(origin.latitude,
    origin.longitude, target.latitude, target.longitude);
    if (distancePresenter.code == "Ok") {
      if (distancePresenter.routes.isEmpty) {
        throw new Exception('No se encontró una ruta hacia este destino');
      }
      distancePresenter.routes.forEach((route) {
        if (route.legs != null) {
          route.legs[0].steps.forEach((step) {
            step.intersections.forEach((intersection) {
              polyCoordinates.add(
                LatLng(intersection.location[1], intersection.location[0]));
            });
          });
        }
      });
      Polyline polyline = Polyline( polylineId: PolylineId(polylines.length.toString()),
      geodesic: true,
      width: 5,
      color: colors[random.nextInt(colors.length)],
      points: polyCoordinates);
      polylines.add(polyline);
    } else {
      throw new Exception(distancePresenter.message);
    }
  }
  return polylines;
}

```

## ANEXO B. INTERFAZ DE LA APLICACIÓN DE COLECTORES DE BASURA

### Diseño interfaz programación “Cuenta Administrador”

```
login_page.dart
lib > src > pages > login_page.dart > _LoginPageState > build
22  super.initState(),
23  loading = false;
24  }
25
26  @override
27  Widget build(BuildContext context) {
28    return Scaffold(
29      body: loading
30        ? Center(
31          child: Column(
32            mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
33            children: [CircularProgressIndicator(), Text('Autenticando')],
34          ), // Column
35        ) // Center
36        : Center(
37          child: Padding(
38            padding: const EdgeInsets.symmetric(horizontal: 60),
39            child: Column(
40              mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
41              children: [
42                _createHeader(),
43                _createEmailField(),
44                _createPasswordField(),
45                RaisedButton(
46                  child: Text('Ingresar'),
47                  onPressed: () {
48                    _login(context);
49                  },
50                ), // RaisedButton
51              ],
52            ), // Column
53          ), // Padding
54        ), // Center
55      ); // Scaffold
56  }
57
58  void _login(BuildContext context) async {
59    LoginProvider loginProvider = new LoginProvider();
60    try {
61      final localId = await loginProvider.login(email, password);
62      if (localId == Constants.adminUUID) {
63        Navigator.pushReplacementNamed(context, HomePage.routeName);
64      } else {
65      }
66    }
67  }
68
69  PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL
```

### Diseño interfaz programación tamaño y color de fuente

```
login_page.dart X
garbage-collector-master > lib > src > pages > login_page.dart > ...
138
139  _createHeader() {
140    Size size = MediaQuery.of(context).size;
141    return SizedBox(
142      height: size.height * 0.12,
143      child: Column(
144        children: [
145          Text(
146            'Ecotachos',
147            style: TextStyle(
148              fontSize: 22.0,
149              color: Colors.blue,
150            ), // TextStyle
151          ), // Text
152          SizedBox(
153            height: 15,
154          ), // SizedBox
155          Text(
156            'Sistema de optimización de rutas de recolección',
157            textAlign: TextAlign.center,
158            style: TextStyle(
159              color: Colors.grey,
160            ), // TextStyle
161          ), // Text
162        ],
163      ), // Column
```

## Diseño interfaz programación tamaño de fuente “Ecotacho”

```
  _createHeader() {  
    Size size = MediaQuery.of(context).size;  
    return SizedBox(  
      height: size.height * 0.12,  
      child: Column(  
        children: [  
          Text(  
            'Ecotachos',  
            style: TextStyle(  
              fontSize: 22.0,  
              color: Colors.blue,  
            ), // TextStyle  
          ), // Text  
          SizedBox(  
            height: 15,  
          ), // SizedBox  
          Text(  
            'Sistema de optimización de rutas de recolección',  
            textAlign: TextAlign.center,  
            style: TextStyle(  
              color: Colors.grey,  
            ), // TextStyle  
          ), // Text  
        ],  
      ),  
    );  
  }  
}
```

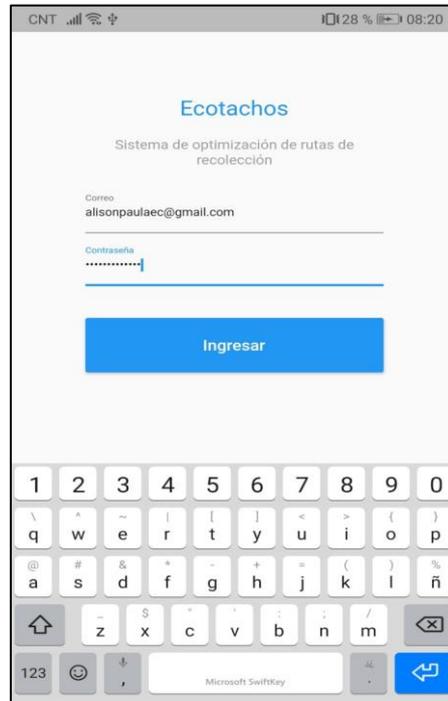
## Diseño interfaz programación “Cuenta de Usuario”

```
al Help  
zone_page.dart zone_provider.dart user_page.dart x constants.dart  
lib > src > pages > user_page.dart > _UserPageState > build  
29  
30 Widget build(BuildContext context) {  
31   final double buttonHeight = 75.0;  
32   Size size = MediaQuery.of(context).size;  
33   return Scaffold(  
34     appBar: AppBar(  
35       title: Text('Visualizar Rutass'),  
36     ), // AppBar  
37     drawer: Drawer(  
38       child: Container(  
39         color: Colors.blue,  
40         child: Column(  
41           children: [  
42             Spacer(),  
43             InkWell(  
44               child: Container(  
45                 width: double.infinity,  
46                 padding: EdgeInsets.all(30),  
47                 child: Center(  
48                   child: Row(  
49                     mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.spaceEvenly,  
50                     children: [  
51                       Text(  
52                         'Cerrar Sesión',  
53                         style: TextStyle(  
54                           color: Colors.white,  
55                           fontSize: 18,  
56                         ), // TextStyle  
57                       ), // Text  
58                       Icon(  
59                         Icons.exit_to_app_outlined,  
60                         color: Colors.white,  
61                         size: 25,  
62                       ), // Icon  
63                     ],  
64                   ), // Row // Center  
65                 ), // Container  
66                 onTap: () {  
67                   Navigator.pushNamedAndRemoveUntil(  
68                     context, LoginPage.routeName, (route) => false);  
69                 },  
70               ), // InkWell  
71             ],  
72           ), // Column  
73         ), // Container  
74       ), // Drawer  
75     ), // Scaffold  
76   );  
77 }
```

## FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN PARA LOS USUARIOS

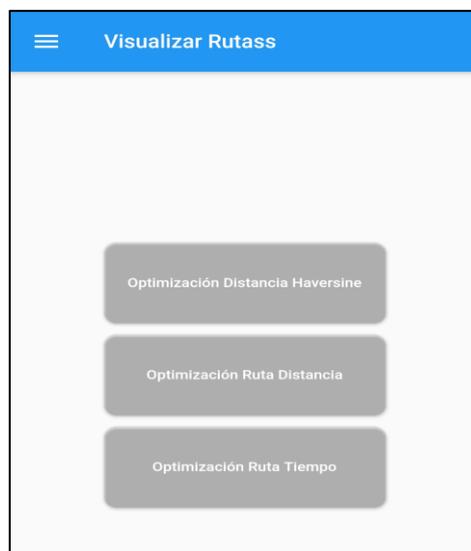
1. La forma de operar la aplicación inicia en la interfaz de ingreso, en la cual se visualizan los casilleros de usuario, contraseña y el botón de ingreso.

Diseño interfaz ingreso a la aplicación



2. Al proporcionar los datos de ingreso, se despliega el menú de visualización de rutas, y en él se presentan 3 íconos:

- Optimización Distancia Haversine
- Optimización Ruta Distancia
- Optimización Ruta Tiempo



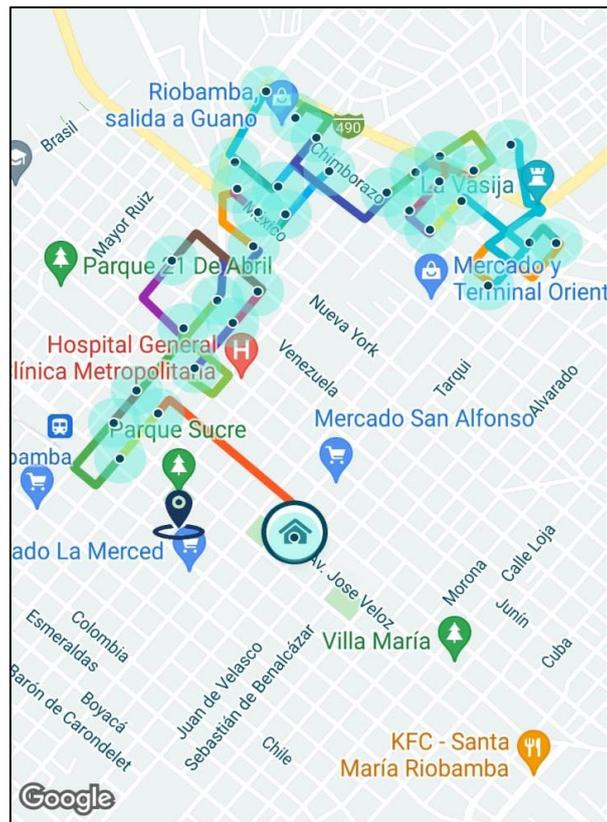
## Optimización Distancia Haversine.



Al seleccionar el ícono Optimización Ruta Distancia,



Al seleccionar el ícono Optimización Ruta Tiempo.



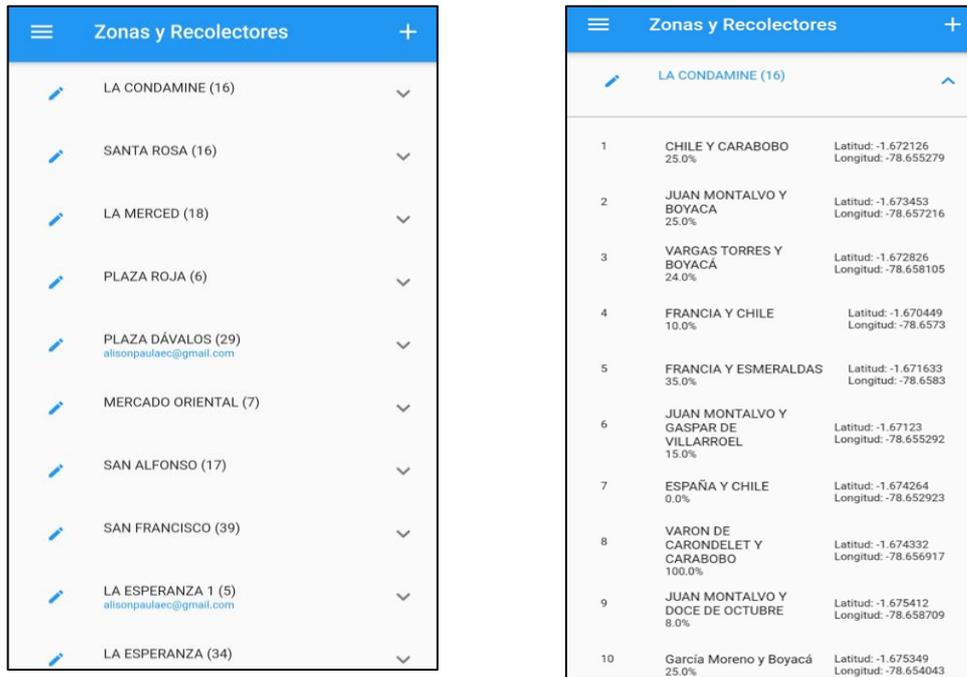
## FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN PARA EL ADMINISTRADOR

Se presenta la interfaz de ingreso, en la cual se visualizan los casilleros de usuario y contraseña y el botón de ingreso.

Una captura de pantalla de la interfaz de ingreso de la aplicación 'Ecotachos'. El encabezado muestra el nombre de la aplicación 'Ecotachos' y el subtítulo 'Sistema de optimización de rutas de recolección'. Debajo hay un campo de correo electrónico con el texto 'basuracolector@gmail.com' y un campo de contraseña con caracteres ocultos por puntos. En la parte inferior hay un botón azul con el texto 'Ingresar'. La barra superior del teléfono muestra 'CNT', los iconos de señal, Wi-Fi y batería, y el tiempo '08:29'.

Una vez proporcionados los datos de ingreso se despliega un menú de inicio denominado “Zonas y Recolectores”; en éste se muestran todas las zonas destinadas para realizar la recolección. Estas zonas son: La Condamine, Santa Rosa, La Merced, Plaza Roja, Plaza Dávalos, Mercado Oriental, San Alfonso, San Francisco, La Esperanza 1, La Esperanza

Al seleccionar cada zona se despliega un listado donde se incluyen todos los sectores a recorrer para realizar la recolección, cada uno contiene datos de latitud, longitud y porcentaje de llenado de cada tacho.



En la barra donde se muestra “Zonas Y Recolectores” existe también un ícono con forma de “más”; al seleccionarlo se muestra una pantalla donde solicitan datos para crear las zonas de recolección, estos datos son: Nombre de la zona, Correo del responsable.



Adicional a ello se muestra un ícono con forma de “más”, al seleccionarlo se despliega otro listado de datos, estos son: Dirección del recolector, Latitud, Longitud, Porcentaje de llenado.



The screenshot shows a mobile application interface for creating a new zone. The title bar is blue with a back arrow on the left and a save icon on the right. The form contains the following fields and values:

- Nombre de la Zona: Nueva Zona
- Correo del Responsable: (empty)
- Recolectores: (header)
- Dirección del Recolector: Alguna dirección
- Latitud: 0.01
- Longitud: 0.02
- Porcentage de Llenado: 0.03

En la esquina superior derecha de la misma pantalla se muestra un ícono con forma de disquete, al hacer clic ahí los datos proporcionados se guardan automáticamente y se crea la nueva zona.



This screenshot shows the same 'Nueva Zona' form, but with a blue plus sign (+) centered below the 'Recolectores' header, indicating that a list of collectors is about to be displayed.

Por último, para salir de la aplicación, en la misma barra donde se encuentra “Zonas y Recolectores”, del lado izquierdo existe un ícono en forma de 3 líneas horizontales, el cual, al seleccionar, se despliega una pantalla con el botón de “Cerrar sesión”.

## ANEXO C. FÓRMULAS PARA CALCULAR LA DISTANCIA DE HAVERSINE.

$$\Delta_{lat} = lat_2 - lat_1$$

$$\Delta_{long} = long_2 - long_1$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta_{lat}}{2}\right) + \cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta_{long}}{2}\right)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan}_2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$d = R \cdot c.$$

Donde:

R: Radio de la Tierra

$lat_1$ : Latitud del punto 1

$lat_2$ : Latitud punto 2

$long_1$ : Longitud del punto 1

$long_2$ : Longitud del punto 2

$\Delta\lambda$ : es la diferencia de longitudes

