



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

**Análisis comparativo entre la posición obtenida por el equipo Video VBOX
Lite y la obtenida por el GPS de varios teléfonos celulares**

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Iñiguez Luzuriaga, Cristian Andres

DIRECTOR: García Ramírez, Yasmany Damián, Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ph.D.

García Ramírez Yasmany Damián

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **Análisis comparativo entre la posición obtenida por el equipo Video VBOX Lite y la obtenida por el GPS de varios teléfonos celulares**, realizado por **Iñiguez Luzuriaga Cristian Andres**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Octubre de 2017

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo **Iñiguez Luzuriaga Cristian Andres** declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Análisis comparativo entre la posición obtenida por el equipo Video VBOX Lite y la obtenida por el GPS de varios teléfonos celulares, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo el Ph.D. García Ramírez Yasmany Damián director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f).....

Autor: Iñiguez Luzuriaga Cristian Andres

Cédula: 1105636375

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, pues es el pilar fundamental de mi vida, mi guía y el precursor de la culminación de este trabajo de fin de titulación.

A mis Padres y hermanos quienes me brindaron su apoyo incondicional, han estado conmigo en todos los momentos difíciles del transcurso del periodo académico y has sido mi mayor motivación.

A mi novia quien me supo brindar con mucha generosidad su ayuda en momentos de necesidad y por sus palabras de aliento que fueron motivo de superación.

Cristian Andres Tñiquez Luzuriaga

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, por haberme dado la gracia de poder culminar mis estudios de pregrado, por permitirme vivir cada una de las experiencias y aprendizajes que han servido para formarme como profesional y como persona.

A mis padres, hermanos y familia quienes siempre me han apoyado, me han brindado su ayuda y su consejo, de manera que han aportado con su granito de arena para la culminación de mis estudios de pregrado.

A mis maestros, que han compartido sus conocimientos de gran manera a lo largo de la etapa de estudio, en especial al Ph.D Yasmany García R. que me ha sabido guiar con sabiduría en el presente trabajo de fin de titulación, por sus enseñanzas y consejos que me han ayudado a formarme de manera correcta.

A mis amigos y compañeros con quienes he compartido muchas alegrías y grandes experiencias, que han sido grata compañía y han contribuido para cumplir esta meta.

Cristian Andres Tuiquez Luzuriaga

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I	3
INTRODUCCIÓN	3
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Hipótesis	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Metodología	5
1.5 Alcance de la investigación	6
1.6 Aporte de la investigación	7
1.7 Estructura de la tesis	7
CAPÍTULO II	8
ESTADO DEL ARTE	8
2.1 Introducción.....	9
2.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)	9
2.2.1 Segmentos constituyentes del GPS	9
2.3 Señal de GPS	10
2.4 Funcionamiento del GPS.....	11
2.4.1 Triangulación	11
2.4.2 Distancias	12
2.4.3 Tiempo.....	12
2.4.4 Ubicación de los satélites en el espacio.....	13
2.4.5 Fuentes de error	14
2.5 Sistema GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)	14
2.6 GPS en teléfonos celulares	15
2.6.1 Sistema de posicionamiento	15
2.6.2 Métodos de localización de los teléfonos celulares en sistema operativo Android	16

2.7 Aplicaciones para teléfono celular.....	17
2.8 Video VBOX Lite.....	18
2.9 Exactitud de medición y errores.....	19
2.10 Resumen y conclusiones.....	20
CAPÍTULO III.....	21
PLAN EXPERIMENTAL.....	21
3.1 Introducción.....	22
3.2 Selección de equipos.....	22
3.3 Selección de aplicaciones.....	22
3.4 Estudio estático.....	22
3.4.1 Ubicación del punto de control.....	23
3.4.2 Selección de la condición de recolección y toma de datos.....	23
3.5 Estudio dinámico.....	24
3.5.1 Selección de la ruta.....	25
3.5.2 Trabajo de campo.....	27
3.6 Resumen y conclusiones.....	30
CAPÍTULO IV.....	31
PROCESAMIENTO DE DATOS.....	31
4.1 Introducción.....	32
4.2 Estudio estático.....	32
4.2.1 Ordenamiento de información.....	32
4.2.2 Procesamiento de información.....	32
4.3 Estudio dinámico.....	35
4.3.1 Variables dependientes.....	35
4.3.2 Variables Independientes.....	38
4.4 Resumen y conclusiones.....	38
CAPÍTULO V.....	39
ANÁLISIS DE PATRONES DE COMPORTAMIENTO.....	39
5.1 Introducción.....	40
5.2 Estudio estático.....	40
5.3 Estudio dinámico.....	44
5.4 Resumen y conclusiones.....	52
CAPÍTULO VI.....	53
CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELOS.....	53
6.1 Introducción.....	54
6.2 Calibración de modelos.....	54
6.3 Validación de modelos.....	55
6.3.1 Preparación de datos.....	55
6.3.2 Validación de los modelos de error.....	56
6.4 Incorporación del estudio estático al estudio dinámico.....	61

6.5 Resumen y conclusiones.....	67
CAPÍTULO VII.....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS.....	75
ANEXO A: Análisis preliminar	74
ANEXO B: Procesamiento de datos tomados en la ruta de estudio, variable dependiente ...	86
ANEXO C: Procesamiento de datos tomados en la ruta de estudio, variables independientes.	96
ANEXO D:Procesamiento de datos tomados en la ruta de validación, variables independientes.....	105
ANEXO E: Procesamiento de datos tomados en ruta de validación, variables dependientes	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Aplicaciones de servicio GPS para sistema operativo Android.....	17
Tabla 3.1 Designación de los tramos constituyentes de la ruta de estudio.....	25
Tabla 3.2 Detalles de recorridos, equipos, aplicaciones y modos de recolección del estudio dinámico.....	28
Tabla 3.3 Características físicas seleccionadas y encontradas en los tramos de estudio.....	29
Tabla 4.1 RMSE de muestreo estático para GPS Speed en Samsung Galaxy S6.....	33
Tabla 4.2 RMSE de muestreo estático para GPS Logger en Samsung Galaxy S6.....	33
Tabla 4.3 RMSE de muestreo estático para GPS Speed en Samsung Galaxy A5	34
Tabla 4.4 RMSE de muestreo estático para GPS Logger en Samsung Galaxy A5.....	34
Tabla 4.5 Ejemplo de determinación de distancia mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE.....	36
Tabla 4.6 Tabla de resultados de RMSE para los distintos recorridos.....	36
Tabla 5.1. Coeficiente de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE para Samsung Galaxy S6.....	45
Tabla 5.2. Coeficiente de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE Samsung Galaxy A5.....	46
Tabla 5.3. Nuevos coeficientes de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE para Samsung Galaxy S6.....	49
Tabla 5.4. Nuevos coeficientes de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE para Samsung Galaxy A5.....	49
Tabla 6.1. Cuadro de modelos de regresión de error máximo, límites de aplicación y coeficientes de ajuste de los recorridos del estudio dinámico	54
Tabla 6.2. Detalle de los tramos constituyentes de la ruta de validación.....	55
Tabla 6.3. Tabla de resultados de RMSE y azimuts para la ruta de validación.....	56
Tabla 6.4. Factores de corrección de RMSE según el día de recolección para Galaxy S6.....	63
Tabla 6.5. Factores de corrección de RMSE según el día de recolección para Galaxy A5.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Esquema de principio de triangulación para localización GPS.....	12
Figura 2.2 Esquema de corrección de posición orbital de satélites	13
Figura 2.3 Equipo de video VBOX Lite.....	19
Figura 3.1 Ubicación del punto de control geodésico (UTPL, Loja).....	23
Figura 3.2 Esquema de recolección de datos del estudio estático.....	24
Figura 3.3 Vista en planta de ruta de estudio.....	27
Figura 3.4 Equipo de medición del estudio dinámico.....	28
Figura 4.1 Esquema de datos agrupados previo a su procesamiento.....	35
Figura 5.1 RMSE diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy S6.....	41
Figura 5.2 RMSE diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy A5.....	41
Figura 5.3. Error horizontal máximo diario por modos de recolección y por aplicación para Samsung Galaxy S6.....	42
Figura 5.4. Error horizontal máximo diario por modos de recolección y por aplicación para Samsung Galaxy A5.....	42
Figura 5.5. Error horizontal mínimo diario por modos de recolección y por aplicación para Samsung Galaxy S6.....	43
Figura 5.6. Error horizontal mínimo diario por modos de recolección y por aplicación para Samsung Galaxy A5.....	44
Figura 5.7. Esquema de condiciones físicas encontradas en los tramos de la ruta de estudio..	47
Figura 5.8. Dispersión azimuth vs RMSE, condición sólo chip-Galaxy S6-video VBOX Lite.....	50
Figura 5.9. Dispersión azimuth vs RMSE, condición chip y datos-Galaxy S6-video VBOX Lite.....	50
Figura 5.10. Dispersión azimuth vs RMSE, condición sólo chip-Galaxy A5-video VBOX Lite.....	51
Figura 5.11. Dispersión azimuth vs RMSE, condición chip y datos-Galaxy A5-video Vbox Lite.....	51
Figura 6.1. Vista en planta de ruta de validación.....	56

Figura 6.2. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip-GPS Speed-Galaxy S6.....	57
Figura 6.3. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip-GPS Logger-Galaxy S6.....	57
Figura 6.4. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Speed-Galaxy S6.....	58
Figura 6.5. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Logger-Galaxy S6.....	58
Figura 6.6. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip-GPS Speed-Galaxy A5.....	59
Figura 6.7. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip-GPS Logger-Galaxy A5.....	59
Figura 6.8. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Speed-Galaxy A5.....	60
Figura 6.9. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Logger-Galaxy A5.....	60
Figura 6.10. Esquema de distancia probable entre dos puntos de localización tomada con los telefonos celulares	61

RESUMEN

En la actualidad los teléfonos celulares son los dispositivos electrónicos más versátiles, dado que prestan al usuario múltiples beneficios, uno de ellos es la localización por GPS. Sin embargo, no se conoce si estos dispositivos son precisos en este aspecto, por lo que en la presente investigación se realiza un análisis comparativo de la posición, obtenida por los teléfonos celulares Samsung Galaxy A5, Samsung Galaxy S6, por medio de las aplicaciones GPS Logger y GPS Speed, respecto del equipo de video VBOX Lite.

El análisis comparativo se realizó a partir de características físicas de una ruta urbana versus el error cuadrático medio (RMSE) obtenido de los datos de posición. Este análisis permitió generar modelos de regresión de error máximo de acuerdo a la variable azimut.

Estos modelos de regresión servirán para establecer la magnitud máxima de error que existe entre la posición obtenida por los teléfonos celulares respecto del equipo de video VBOX Lite. Además, se plantearon ecuaciones que determinan el valor de distancia probable entre la posición de dos puntos a partir del valor máximo de RMSE.

PALABRAS CLAVE: GPS, Logger, Speed, Video VBOX Lite, Samsung A5, Samsung S6, modelos de regresión.

ABSTRACT

Nowadays, cell phones are the most versatile electronic devices, since they provide multiple benefits, one of them is GPS localization. However, it is unknown if these devices are accurate in this aspect, therefore in the present investigation a comparative analysis of the position obtained by the Samsung Galaxy A5, Samsung Galaxy S6 cell phones is carried out by GPS applications Logger and GPS Speed, regarding the VBOX Lite video equipment.

The comparative analysis was made from the physical characteristics of an urban route versus the root-mean-square deviation (RMSE) obtained from the position data. This analysis allowed the generation of maximum error regression models according to the azimuth variable.

These regression models will serve to establish the maximum magnitude of error that exists between the positions obtained by the cell phones respect to the VBOX Lite video equipment. In addition, equations were proposed to determine the probable distance value between two-point positions from the maximum value of RMSE.

KEYWORDS: GPS, Logger, Speed, Video VBOX Lite, Samsung A5, Samsung S6, regression models.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se presenta el propósito de la investigación, se detallan el planteamiento del problema, hipótesis, los objetivos, metodología empleada y la estructura del trabajo que consta de seis capítulos.

1.1 Planteamiento del problema

Debido al avance de la tecnología y los beneficios que conlleva, se puede destacar que los dispositivos móviles electrónicos (teléfonos celulares), son los artículos de comunicación más versátiles y de multiuso. Uno de los muchos beneficios que ofrecen los teléfonos celulares es posicionamiento global. A partir de aplicaciones permite conocer las coordenadas geográficas de algún punto sobre la Tierra, sin embargo no se conoce que tan precisos son estas herramientas, por lo cual en el presente trabajo de fin de titulación se pretende realizar un análisis comparativo entre los registros de posición de aplicaciones de teléfono celular y el equipo Video VBOX Lite, así determinar si existe variación en el registro de posición entre estos equipos. Los resultados de este trabajo de investigación se pueden usar en la transportación de vehículos, y alivio de la congestión de tránsito.

1.2 Hipótesis

En el presente trabajo de investigación se propone la siguiente hipótesis:

Existen errores de posicionamiento geografico en los datos obtenidos con aplicaciones GPS de teléfonos celulares respecto de los obtenidos por el equipo de video VBOX Lite.

El error en el posicionamiento geográfico está influenciado por variables correspondientes a factores climáticos, características físicas del entorno, modos de recolección, teléfono celular y aplicación que se utilice. Las características físicas del entorno corresponde a los edificios, árboles, ancho de calles, aceras, parterres y dirección de la calles. Por otro lado los modos de recolección establecen las condiciones de muestreo que presentan los teléfonos celulares.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Comparar la posición obtenida por el equipo Video VBOX Lite y las obtenidas por el GPS de varios teléfonos celulares.

1.3.2 Objetivos específicos

- Revisar la información bibliográfica de recolección de datos con el equipo video VBOX Lite y los teléfonos celulares.
- Desarrollar un plan experimental que permita establecer la relación de posición.
- Recolectar información con los equipos.
- Procesar la información recolectada.
- Encontrar las diferencias entre posición con el Video VBOX Lite y los teléfonos celulares.
- Validar la información del GPS de los teléfonos celulares

1.4 Metodología

El presente trabajo de investigación inicia con la conformación del estado del arte, partiendo del análisis de la información recolectada. En esta etapa se resalta el proceso de obtención de la posición geográfica de un punto sobre la Tierra. También se detallan los equipos que intervinieron en esta investigación, los cuales son: teléfonos celulares Samsung A5, Samsung S6 y equipo de video VBOX Lite. Además se detallan los factores que podrían ocasionar errores de lectura así como también las técnicas de procesamiento de datos. En base al estado del arte se preparó el un plan experimental en donde se establecieron las pautas y actividades a llevarse a cabo, tales como: selección de la ruta de estudio, tipos de recolección, tamaño de muestra, variables influyentes, aplicaciones para teléfono celular seleccionadas y horarios de recolección de datos. Todo esto con el fin de satisfacer los objetivos específicos planteados.

Posteriormente, se realizó la recolección de datos de posición geográfica (latitud y longitud) en simultáneo tanto con el equipo video VBOX Lite y el teléfono celular mediante una aplicación específica. Estos datos fueron tomados desde un automóvil, en una ruta ubicada en el sector urbano (estudio dinámico). Así también se realizó la recolección de datos de posición para un estudio estático, mediante los teléfonos celulares respecto de un punto de control geodésico.

Luego de recolectarse los datos, se llevó a cabo el procesamiento de los mismos, en donde se elaboraron gráficas comparativas entre las posiciones geográficas determinadas por ambos equipos. Esto se hizo con el fin de establecer datos limpios y previamente tratados mediante un análisis estadístico.

Posteriormente al procesamiento de datos, se ejecutó el análisis de patrones de comportamiento. En el estudio dinámico se realizaron gráficas de dispersión donde se observó la tendencia de los datos de RMSE (error cuadrático medio) en función a las características físicas de la ruta del sector urbano. De igual manera en el estudio estático se analizó la variación de marcación de datos del GPS de la aplicación celular respecto de los datos referencia que fueron suministrados por un punto de control geodésico.

Finalmente, en función de los resultados obtenidos se establecieron modelos de regresión con los cuales se determinaron los valores de RMSE máximo que presentan los teléfonos celulares respecto del equipo de video VBOX Lite. Así también se realizó la inclusión del estudio estático en el dinámico con el fin de determinar una ecuación que permita obtener de distancia probable entre dos puntos de localización respecto del RMSE máximo.

1.5 Alcance de la investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló con información de campo recolectada con el equipo de video VBOX Lite, así como también con los teléfonos celulares Samsung Galaxy A5 y Samsung Galaxy S6, dispuestos con sistema operativo Android y telefónica Claro. En los que se utilizaron las aplicaciones GPS Speed, GPS Logger.

La recolección de datos de posición se realizó en una ruta seleccionada, en el sector urbano de la ciudad de Loja. Para los estudios dinámico y estático la toma de datos se realizó en horario nocturno y diurno respectivamente en un periodo de 20 minutos aproximadamente por cada recolección. Diferenciando que para el estudio estático la recolección fue durante una semana y para el estudio dinámico la recolección se realizó un día martes.

En esta investigación se calibraron modelos de regresión lineal únicamente para obtener los valores de error máximo de los teléfonos celulares respecto del equipo de video VBOX Lite mas no corregir los valores de posición.

1.6 Aporte de la investigación

En el presente trabajo de investigación se proporcionan modelos de regresión de error máximo que presentan los teléfonos celulares al recolectar datos de posición, de acuerdo al tipo de celular, modo de recolección y aplicación.

Se relacionó el estudio estático con respecto al dinámico estableciendo valores de distancia probable entre dos puntos.

Mediante la recolección de los datos, procesamiento de información y los resultados obtenidos se determinó que el error de los equipos está sujeto a causas como: condiciones físicas, modos de recolección, equipo y aplicación utilizada.

1.7 Estructura de la tesis

La presente investigación consta de 7 capítulos:

Capítulo 1. Se indica la introducción del tema, hipótesis, objetivos y metodología.

Capítulo 2. Se realiza la recopilación y revisión de la literatura correspondiente a sistema de posicionamiento global GPS, así como de las variables influyentes en la posición y de los equipos de medición.

Capítulo 3. Contiene el plan experimental en donde se indica la metodología de recolección de datos, se establece las variables de estudio y los equipos utilizados.

Capítulo 4. Se indica el procesamiento de los datos recolectados y la metodología llevada a cabo para obtener el valor de RMSE para cada estudio.

Capítulo 5. Se realiza un análisis de patrones de comportamiento de las variables influyentes en cada caso de estudio.

Capítulo 6. Se realiza la calibración y la validación de los modelos de regresión desarrollados, para determinar el valor de error máximo de posición.

Capítulo 7. Se indica las conclusiones y recomendaciones

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción

En este capítulo se hace una revisión de la literatura, donde se detalla el sistema de posicionamiento global (GPS), los equipos utilizados para la determinación de la posición geográfica sobre la Tierra, así como también la descripción de las variables que son fuentes de error y por lo tanto afectan la precisión de las mediciones. Dado que en esta investigación se establece una relación entre aplicaciones de teléfono celular y el equipo de video VBOX Lite, también se hace una descripción de ellas y su beneficios. Además se detallan las características del equipo video VBOX Lite, el cual permite registrar la posición sin necesidad de estaciones base.

2.2 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema denominado NAVSTAR fue desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, concebido y operado desde 1995 como un sistema militar estratégico de navegación y guía global, que años más tarde también prestaría servicios civiles y tomaría el nombre de GPS (Pozo-Ruz et al., 2000). Este sistema permite determinar las coordenadas geográficas de un punto en particular sobre la superficie terrestre, para lo cual se sirve de una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites que mediante trilateración establecen la latitud, longitud y altura del punto en consideración (Wolf & Ghilani, 2009, pág. 323).

2.2.1 Segmentos constituyentes del GPS

Para comprender el funcionamiento del sistema de posicionamiento global (GPS) es necesario saber cómo se encuentra constituido y de qué manera aportan estos elementos para un correcto desempeño del mencionado sistema, el cual consta de tres segmentos:

A. Segmento Espacial: Consiste en 24 satélites que operan en seis planos orbitales separados por planos orbitales de 60° alrededor del ecuador. Se mantienen 4 como satélites adicionales como repuesto. Los satélites viajan en órbitas casi circulares que tienen una altura media de 20.200 Km arriba de la Tierra y un periodo orbital de 12 horas. Se usan Relojes atómicos precisos en los satélites para controlar el cronometraje de las señales que transmiten. (Wolf & Ghilani, 2009, pág. 324).

B. Segmento de control: El segmento de control está constituido por todas las infraestructuras en tierra necesarias para el control de la constelación de satélites, consisten en

instalaciones repartidas por todo el planeta, para tener un control homogéneo de toda la constelación de satélites (Torres, 2007).

En estas estaciones se monitorean las señales de los satélites y se rastrean sus órbitas. La información de rastreo es usada por las estaciones para hacer pronósticos precisos del futuro cercano de las orbitas de los satélites y sus parámetros de corrección del reloj. Esta información se descarga a los satélites y, a su vez se transmite como parte de sus mensajes transmitidos que deben usar los receptores para pronosticar la posición de los satélites y los sesgos de los relojes (errores sistemáticos) (Wolf & Ghilani, 2009, pág. 325).

C. Segmento del usuario: Este segmento esta compuesto por los receptores GPS, que captan la posición del usuario por medio de las señales que perciben de los satélites (Martini, 2002).

Los equipos de recepción se clasifican por su acceso a los dos servicios que el sistema suministra. Estos servicios son el Servicio de Posición Estándar (SPS: Standard Position Service) y el Servicio de Posicionamiento Preciso (PPS: Precise Positioning Service). El SPS se suministra en la frecuencia de transmisión L1 sin costo para el usuario y está diseñado para suministrar exactitudes de 100 m en posición horizontal y 156 m en posición vertical para un nivel de error del 95%. El PPS se transmite en ambas frecuencias L1 y L2 y solamente están disponibles para los receptores que tengan claves criptográficas válidas que se reservan casi completamente para uso del departamento de Defensa de Estados Unidos. Brinda una precisión de 18m en sentido horizontal y 28 m en sentido vertical para un nivel de error del 95% (Wolf & Ghilani, 2009, pág. 326).

2.3 Señal de GPS

Según Pozo-Ruz (2000), cuando los satélites del sistema GPS están orbitando, cada uno transmite continuamente una señal única, comunicando un código pseudo-aleatorio que se compone de tres tipos de cadenas y almacenadas en dos tipos de frecuencias de radio de microondas.

Códigos

- El código C/A (Coarse/Acquisition), posee una frecuencia de 1,023 MHz, y es utilizado por los usuarios civiles (Pozo-Ruz, 2000).

- El código P (Precision Code), es de uso militar, el cual posee una frecuencia 10 veces superior al código C/A (Pozo-Ruz, 2000).
- El código Y, es el código que se envía encriptado en lugar del código P cuando está activo el modo de operación anti-engaños (Pozo-Ruz, 2000).

Frecuencias

- Frecuencia portadora L1, transmite los códigos C/A y P, a una frecuencia de 1575,42 MHz (Pozo-Ruz, 2000).
- Frecuencia portadora L2, transmite información militar modulada en código P, a una frecuencia de 1227,60 MHz (Pozo-Ruz, 2000).

2.4 Funcionamiento del GPS

Torres (2007) menciona en resumen el funcionamiento del sistema GPS en los siguientes apartados:

2.4.1 Triangulación

El sistema GPS utiliza los satélites en el espacio como puntos de referencia para determinar ubicaciones de puntos en la Tierra, esto se hace mediante la medición de distancias de al menos 3 satélites, respecto del punto en consideración, lo que permite triangular la posición del objeto (Torres, 2007).

Las distancias entre los satélites y el punto se limitan a una circunferencia con un radio igual al valor de cada distancia, las cuales establecen un punto de intersección de las tres, los cuales determinarán la ubicación buscada, mientras más mediciones se tenga la precisión de localización del objeto aumentará (Torres, 2007). En la Figura 2.1 se muestra en representación gráfica el proceso de triangulación entre los satélites y el receptor.

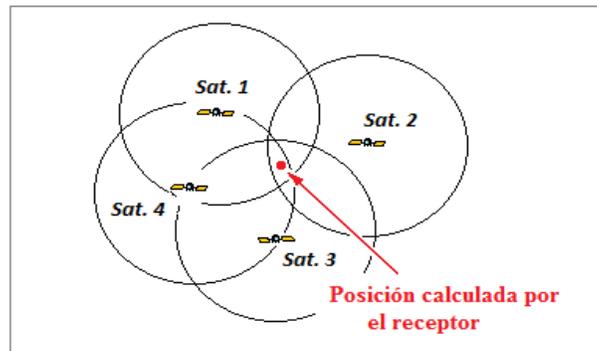


Figura 2.1. Esquema de principio de triangulación para localización GPS
Fuente: Vicente, 2005
Elaboración: Vicente, 2005

2.4.2 Distancias

Para medir las distancias que hay entre el receptor y los satélites, se mide el tiempo de viaje de la señal desde que es emitida por satélite hasta que llega al receptor GPS localizado en la Tierra (Martini, 2002).

En cuanto a la medición de la distancia se utilizó el principio básico de "velocidad por tiempo". El sistema GPS relaciona el tiempo de viaje de la señal de radio emitida por un satélite hasta que llega a un receptor, para así calcular la distancia. Por lo que se podrá llegar a este objetivo relacionando la velocidad de las ondas de radio las cuales viajan a la velocidad de la luz, respecto del tiempo de viaje de la señal desde que salió del emisor hasta que llega al receptor. (Martini, 2002).

Para el cálculo del tiempo de viaje de la señal de radio, se tiene en cuenta que tanto el satélite como el receptor generan el mismo código y al mismo tiempo. Por lo tanto cuando llega una onda al receptor este determina el tiempo transcurrido desde que éste generó el mismo código y la diferencia de tiempo será el tiempo de viaje de la señal de radio (Martini, 2002).

2.4.3 Tiempo

Por lo que respecta a reducir el error presentado por la desfase de tiempo entre la comunicación de los relojes tanto de satélite como receptor se descubrió que si es necesario tres mediciones perfectas para localizar un punto en el espacio, cuatro mediciones imperfectas o más pueden alcanzar una medición igual o más precisa (Torres, 2007).

La cuarta medición establecida como control cruzado no se cruza con las otras tres mediciones para que el receptor GPS detecte la discrepancia y atribuya la diferencia a una sincronización

imperfecta respecto a la hora universal. Puesto que las discrepancias con la hora universal afectarán a las cuatro mediciones, entonces el receptor buscará un factor de corrección, que al aplicarse a las mediciones de tiempo hará que las mismas coincidan en un solo punto. Esta corrección permite al reloj del receptor ajustarse a la hora universal y permitir la corrección de sus demás mediciones, para así garantizar un posicionamiento preciso (Torres, 2007).

2.4.4 Ubicación de los satélites en el espacio.

Los satélites de GPS se colocaron en una órbita muy precisa, lo cual fue realizado por parte de la Fuerza Aérea de los EEUU. La ubicación de estos satélites en Tierra, se conoce debido a que todos los receptores de GPS tienen un almanaque programado en sus computadoras que les informan la localización de cada satélite en el espacio. (Torres, 2007).

El Departamento de Defensa de los EEUU monitorea regularmente las órbitas de los satélites con el objetivo de controlar constantemente la altura, posición y velocidad de cada satélite, mediante el uso de radares muy precisos (Torres, 2007).

Cuando el Departamento de Defensa de los EEUU posee la posición exacta de un satélite, envía la nueva información al mismo satélite para que este incluya su nueva posición corregida en la información que se transmitirá través de sus señales a los receptores GPS. (Torres, 2007).

En la Figura 2.2 se muestra un esquema del control orbital de los satélites y la comunicación entre los segmentos del GPS que permite determinar datos correctos de posición.

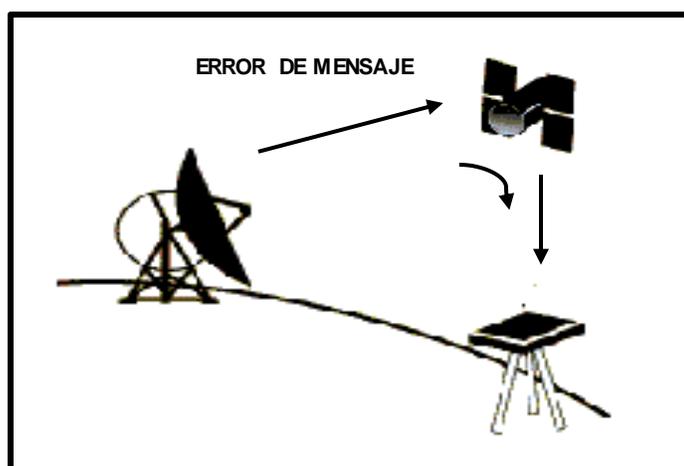


Figura 2.2. Esquema de corrección de posición orbital de satélites
Fuente: Gutovic, 1999
Elaboración: Gutovic, 1999

2.4.5 Fuentes de error

Pozo-Ruz (2000) especifica que durante la comunicación entre los receptores GPS y los satélites puede haber factores atmosféricos y/o geométricos causantes de error en la marcación del posicionamiento, los cuales se detallan a continuación:

Perturbación ionosférica: consiste en una capa de partículas cargadas eléctricamente que forman la ionosfera, las cuales interfieren en la velocidad de las señales de radio (Pozo-Ruz, 2000).

Fenómenos meteorológicos: las señales de radio se ven afectadas por el vapor de agua que existe en la tropósfera, las que hacen que su velocidad disminuya (Pozo-Ruz, 2000).

Topología receptor-satélite: La geometría receptor-satélites se utiliza en el cálculo de distancias, por lo que los receptores deben considerar una determinada configuración espacial ya que esto puede aumentar o disminuir la precisión de las mediciones (Pozo-Ruz, 2000).

Estos errores de distintas fuentes pueden ser acumulables que podrían generar un valor de incertidumbre incorporado a cada medida de posición GPS (Pozo-Ruz, 2000).

2.5 Sistema GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM)

El GNSS es el conjunto de sistemas de navegación por satélite, como son el GPS, GLONASS y el reciente Galileo, es decir, los sistemas que son capaces de dotar en cualquier punto y momento de posicionamiento espacial y temporal (García, 2008).

El GNSS consta del mismo segmento de control del cual está provisto el GPS aunque más desarrollado, puesto que se incorporaron al mismo, sistemas de corrección y aumento de señales que mejoran la precisión de posicionamiento a través de una red de receptores terrestre, los cuales transmiten en las bandas VHF y UHF (Bandas del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 3 GHz.) (García, 2008).

Los sistema de aumento y corrección de señales incorporados son el sistema SBAS (Sistema de Aumentación Basado en Satélites) y el sistema GBAS (Sistema de Aumentación Basado en Tierra) se componen comúnmente de una o varias estaciones terrestres, que retransmiten los datos a una instalación de procesamiento central que evalúa la validez de las señales y calcula correcciones a los datos de efemérides y reloj radiodifundidos de cada satélite a la vista. Posteriormente el receptor ajusta la información recibida directamente de los satélites GPS con

las correcciones recibidas de los satélites geoestacionarios, para así navegar con más seguridad (García, 2008).

2.6 GPS en teléfonos celulares

Debido al avance de la tecnología los teléfonos celulares vienen provistos con GPS, actuando como receptores en este sistema de posicionamiento. El principio de funcionamiento es igual al de cualquier navegador ordinario (receptor). Utiliza el GNSS para la determinación de posición geográfica de puntos sobre la tierra mediante el uso de la triangulación inversa (Fuentes, 2008).

2.6.1 Sistema de posicionamiento

Además estos equipos cuentan con un sistema híbrido de posicionamiento compuesto de tres tecnologías de ubicación como son: GPS asistido (A-GPS), posicionamiento WiFi y posicionamiento de la red celular.

El sistema A-GPS (GPS-Asistido)

El sistema A-GPS (GPS-Asistido) funciona como reductor de tiempo de inicialización del GPS., Por lo cual los dispositivos con A-GPS prestan beneficios similares a los GPS convencionales, los mismos que tardan unos minutos en obtener su posición inicial. Por lo que el A-GPS soluciona este problema. Para ello utiliza la información de las antenas de las operadoras cercanas para conseguir la comunicación apropiada con los satélites, de forma que se recibe la información aproximada de su localización (Fuentes, 2008)

Posicionamiento WiFi

Posicionamiento WiFi utiliza puntos de acceso WiFi estándar 802,11 en bases terrestres (APS) para determinar la ubicación, dichos puntos de acceso se han desplegado en viviendas, empresas, instituciones académicas, tiendas y edificios públicos los cuales emiten una señal que viaja cientos de metros y en todas las direcciones. La densidad de puntos de acceso en las áreas urbanas es tan alta que las señales a menudo se superponen, creando un sistema de referencia natural para la determinación de ubicación. El software de posicionamiento WiFi identifica las señales WiFi existentes dentro del alcance de un dispositivo móvil con acceso a WiFi y calcula la ubicación actual del dispositivo (Zandbergen, 2009).

Obtenido como resultado que el posicionamiento WiFi en teoría posee un buen rendimiento en zonas interiores. El posicionamiento WiFi no requiere que se establezca una conexión con la

red WiFi: las señales WiFi sólo se registran en la forma de su única dirección MAC y la intensidad de la señal en una ubicación determinada. Esto permite que el posicionamiento WiFi utilice señales potencialmente muy débiles, así como señales encriptadas, sin tener que establecer una conexión (Zandbergen, 2009).

Posicionamiento de red celular

En cuanto al posicionamiento por medio de la red celular, este se realiza en cuanto el usuario se conecta a la red. El dispositivo móvil se asigna a la estación base que transmite mejor señal y mediante la técnica de navegación basada en la medición de la diferencia de distancia (TDOA) a las estaciones de posición conocida se localiza al usuario. La precisión de localización depende de la señal de torre celular, por lo tanto si el receptor puede percibir múltiples estaciones base se aumenta la precisión sustancialmente y reducirá el error posicional (Zandbergen, 2009).

2.6.2 Métodos de localización de los teléfonos celulares en sistema operativo Android

Según Araque (2016), los teléfonos celulares que cuentan con el sistema operativo Android, presentan tres modos de localización que el usuario puede escoger y configurar en función a sus necesidades. Los cuales se describen a continuación.

Precisión alta: este modo de localización permite al dispositivo determinar su posición a través de varias redes, es decir, mediante el uso de GPS, WiFi y redes móviles. Generando como su nombre lo indica una localización de alta precisión, con el único inconveniente que produce un gasto excesivo de batería al teléfono celular (Araque, 2016).

Ahorro de energía: en este modo de localización se utiliza las redes móviles y el WiFi, lo que permite un consumo más bajo de recursos y por lo tanto de batería del teléfono. Es menos exacto que el anterior pues brinda resultados aproximados, pero puede ser usado igualmente (Araque, 2016).

Sólo GPS: este modo determina la localización solamente con el GPS integrado del teléfono, es muy beneficioso puesto que funcionará en sitios donde los otros modos sean obsoletos (Araque, 2016).

2.7 Aplicaciones para teléfono celular

Como se mencionó anteriormente los teléfonos celulares a partir de una aplicación puede brindar un servicio de posicionamiento, por ello se indagó de alguna que pueda ofrecer los beneficios requeridos para llevar a cabo este proyecto de investigación. En la Tabla 2.1 se muestran las mejores aplicaciones en cuanto a precisión en posicionamiento geográfico y registro de datos.

Tabla 2.1. Aplicaciones de servicio GPS para sistema operativo Android

Aplicaciones	Icono	Descripción
Mobile Topographer free		Permite determinar la posición con la mejor precisión, registro de datos y exportación en .txt, conversión de registros de WGS84 a UTM y viceversa.
GPS ligero (GPS Logger)		El propósito de esta aplicación es registrar coordenadas GPS a intervalos específicos de tiempo en un archivo .gpx en la tarjeta SD. Esta aplicación corre en segundo plano
GPS Waypoints		Aplicación de posicionamiento que recoge puntos de mapeo (puntos de interés) y senderos para realizar mapeo y actividades
GPS Speed		Aplicación que puede registrar su ubicación, velocidad, velocidad promedio, velocidad máxima, altitud del recorrido, distancia, tiempo de inicio y tiempo transcurrido, de un recorrido.

Fuente: Google play, 2017

Elaboración: El Autor

Estas aplicaciones fueron examinadas previamente, para así garantizar que son las herramientas adecuadas para el proceso de recolección y que presten los servicios necesitados.

Debido a que para la recolección de datos de posicionamiento de este trabajo de fin de titulación era necesario contar con la ayuda de una aplicación para teléfono celular que preste el servicio de registro de tracks, y toma de datos de posicionamiento geográfico en intervalos de tiempo y de manera automática. Se eligió las aplicaciones “GPS Logger” y “GPS Speed”, las mismas que brindan más beneficios y un mejor desempeño.

Según la página web Google play (2017), se encontraron los siguientes conceptos:

GPS Logger

Aplicación que puede tomar registro de coordenadas GPS, velocidad, distancia, número de satélites, de puntos particulares como también de trayectorias a intervalos de tiempo específicos y de manera automática. Graba los registros en archivos .gpx dentro de la tarjeta SD del dispositivo y puede funcionar en segundo plano.

GPS Speed

Aplicación que puede registrar la velocidad, velocidad promedio, velocidad máxima, distancia, se puede obtener el tiempo de inicio, tiempo transcurrido de un recorrido y posición de puntos mediante la configuración de intervalos de tiempo o por distancias específicas de registro de datos.

2.8 Video VBOX Lite

El equipo Video VBOX Lite es un aparato multi-cámara de superposición gráfica, se utiliza para medir la velocidad y la posición de un vehículo en movimiento, con un registro de datos GPS de 10 Hz. El equipo permite obtener información de posición cada 0,1 s, un registro automático de datos (Racelogic, 2014).

La unidad registra automáticamente los datos cuando la velocidad del vehículo sobrepasa 2,5 km/h, y se detiene cuando desciende por debajo de este valor durante 3 segundos (Racelogic, 2014). En esta investigación se configuró el equipo de Video VBOX Lite de manera que registre datos de posición automáticamente en intervalos de tiempo de un segundo, sin importar la velocidad mínima de registro. En la Figura 2.3 se muestra el equipo de Video VBOX Lite.



Figura 2.3. Equipo de video VBOX Lite

Fuente: Racelogic, 2014

Elaboración: Racelogic, 2014

2.9 Exactitud de medición y errores

La precisión y exactitud en la medición puede variar debido a diversos factores que obstaculizan la comunicación de los segmentos constituyentes del sistema de posicionamiento permitiendo que se genere un error. Los factores influyentes no solo son de carácter atmosférico como se mencionó anteriormente, sino que también tienen que ver con características físicas del sector, con el tipo o gama de celular, la aplicación a usarse, horario de recolección, aspectos que se analizarán posteriormente.

El tipo y la gama del celular: es un factor muy influyente ya que de acuerdo a la experimentación de Barber (2014), la variación se deba posiblemente a los distintos chips o microcontroladores de alta capacidad que poseen los teléfonos celulares. Puesto que estos chips son los interpretadores de la señal GPS y de acuerdo a su actualización tecnológica el equipo se verá afectado en su precisión.

Aplicación a usarse: está claro que la precisión depende de la aplicación a usarse y según Barber (2014), menciona que un factor importante es la frecuencia de sondeo, puesto que esta frecuencia afecta a la velocidad a la que el servidor de aplicaciones se comunica con la aplicación, al aumentar la frecuencia en que la información se procesa se incrementan la velocidad a la que se sondea y se generan más sondeos. Por consiguiente la aplicación trabajará en mejores condiciones y arrojará datos más precisos.

Geometría del lugar: se refiere por geometría a cualidades urbanas que posee el lugar, expresadas como edificios, árboles, túneles, calles, etc. Las mismas que obstaculizan o limitan la comunicación entre los satélites y los receptores GPS, ya que generan un encañonamiento urbano que causan un rebote de señal, produciendo imprecisiones en el marcaje del posicionamiento (Zandbergen y Barbeau, 2011).

2.10 Resumen y conclusiones

En este capítulo se hizo una revisión de la literatura existente. Se estableció una síntesis del principio del funcionamiento del GPS, los factores causantes de error en las mediciones, las actualizaciones y mejoras en el sistema de posicionamiento, aplicación del GPS en el campo civil, GPS en dispositivos móviles (teléfonos celulares), y especificaciones del equipo Video VBOX Lite.

El análisis de esta información permitió determinar la diferencia entre el sistema GPS y el Sistema GNSS, sus debilidades y fortalezas; y como repercuten en el usuario. Así mismo permitió establecer que fenómenos meteorológicos afectan en mayor o menor magnitud. Estos fenómenos podrían generar sesgo de la información en el registro de los GPS ya que estos reflejan las señales transmitidas por parte del segmento espacial y de usuario.

Por otro lado las aplicaciones de teléfonos celulares están encaminadas a necesidades específicas como registro de posición y velocidad. Lo realizan mediante un intervalo de tiempo fijo, esto para establecer igualdad de condiciones con los datos obtenidos por el equipo Video VBOX Lite.

Parte importante de la literatura, es saber porque se producen los errores al momento de realizar los registros de datos de posicionamiento puesto que servirá para establecer conclusiones de falencias y mejoras que se puedan ejecutar en posteriores recorridos, así mismo para respaldar resultados de los análisis puestos en acción.

CAPÍTULO III

PLAN EXPERIMENTAL

3.1 Introducción

Este capítulo contiene la descripción de la metodología usada en la recolección de datos de posición para los estudios estático y dinámico. En el estudio estático se detalla el proceso de toma de datos, períodos y modos de localización, el cual fue realizado con relación a un punto de control geodésico. En el estudio dinámico se procedió a la selección de la ruta de estudio, elección de las características físicas que pueden influir sobre los errores de posición y condiciones de recolección de datos. Así también se indica, en sus respectivos apartados, el trabajo de campo, las herramientas y equipos empleados para efectuar las ya mencionadas actividades.

Previamente a los estudios estático y dinámico se ejecutó un estudio preliminar, con el objetivo de evaluar las aplicaciones de teléfono celular, establecer y validar las características físicas influyentes en los errores del GPS. Con este estudio se mejoró la metodología de recolección de datos de posición y de variables independientes, así mismo se validaron las aplicaciones y celulares utilizados. Este estudio puede verse en el ANEXO A.

3.2 Selección de equipos

Para llevar a cabo el proceso de recolección de datos se utilizaron dos teléfonos celulares, el Samsung Galaxy S6 y Samsung Galaxy A5, los cuales funcionan con el sistema operativo Android.

3.3 Selección de aplicaciones

Las aplicaciones que cumplieron con los requerimientos para esta investigación son GPS Logger y GPS Speed, las mismas que permiten la recolección de datos de posición mediante tracks. Los tracks permiten tomar continuamente datos de posicionamiento geográfico en intervalos de tiempo y de manera automática.

3.4 Estudio estático

Este estudio está orientado a realizar una evaluación de los datos de posicionamiento recolectados con los teléfonos celulares respecto de un punto de control geodésico. En el cual se estima el error medio cuadrático estático entre la posición obtenida por las aplicaciones y el punto de control geodésico, tomando en cuenta las condiciones de muestreo que proporcionan estos dispositivos y sus aplicaciones.

De acuerdo a la literatura recopilada, se conoce que los teléfonos celulares presentan tres modos de localización. Para efecto de esta investigación se asumió el modo de precisión alta. Adicionalmente se procedió a determinar qué condición de recolección tiene un menor error por lo cual se tomaron datos de posicionamiento utilizando los teléfonos celulares Samsung Galaxy A5, Samsung Galaxy S6 mediante las aplicaciones GPS Logger y GPS Speed; relacionado, a un punto de control geodésico ubicado en el campus de la Universidad Técnica Particular de Loja.

3.4.1 Ubicación del punto de control

El punto de control geodésico se encuentra ubicado en el sector norte de la ciudad de Loja, dentro del campus de la Universidad Técnica Particular de Loja, cerca de la entrada sur de esta institución y de coordenadas: **Norte:** 9558918,616 m; **Este:** 699976,824 m; **Altura:** 2129,327 m. En la Figura 3.1 se puede observar la localización del punto de control geodésico dentro del campus universitario.



Figura 3.1. Ubicación del punto de control geodésico (UTPL, Loja)
Fuente: Google Maps, 2017
Elaboración: El Autor

3.4.2 Selección de la condición de recolección y toma de datos

Como se mencionó en el estado del arte, el modo de localización de precisión alta posee tres condiciones: ubicación con GPS, WiFi y redes móviles. En esta investigación se denominaron modos de recolección sólo chip, sólo WiFi y chip y datos respectivamente.

Posteriormente se realizó la recolección de datos de posicionamiento con estas condiciones para determinar cuál brinda un menor error. Se tomaron los datos de posición en horario diurno a las 8h00 a.m, en condiciones climáticas normales, con ambos teléfonos celulares y ambas aplicaciones, se tomaron datos cada segundo, por periodos de 20 minutos, utilizando los modos de recolección establecidos y con lapso de duración de una semana. El esquema de recolección se lo puede ver en la Figura 3.2.



Figura 3.2 Esquema de recolección de datos del estudio estático

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

3.5 Estudio dinámico

El estudio dinámico es una segunda fase de evaluación, en la cual se relacionan las variables físicas de los tramos respecto a los valores de errores medios cuadráticos obtenidos para cada tramo de la ruta. La finalidad de este estudio es determinar un patrón común para todos los tramos con el que se pueda generalizarlos mediante un modelo de regresión.

En este apartado se describe el proceso para la selección de la ruta de estudio, evaluación de las características físicas más influyentes de los tramos de la ruta y el detalle de recolección de datos de posición de acuerdo a los modos seleccionados. La recolección de datos se realizó con los teléfonos celulares Samsung Galaxy S6 y Galaxy A5, en los que se instalaron las aplicaciones GPS Logger y GPS Speed, y también con el equipo de video VBOX Lite. El equipo de video VBOX Lite servirá de referencia para luego realizar un análisis comparativo entre este equipo y cada teléfono celular.

3.5.1 Selección de la ruta

El punto de partida para la ejecución de este estudio es la selección de la ruta en donde se realizará la toma de datos. La ruta seleccionada contiene las características físicas más representativas del sector urbano de la ciudad de Loja. Esta ruta tiene una distancia de 6,2 km de recorrido aproximadamente y está compuesta por 51 tramos o cuadras, las cuales se describen en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Designación de los tramos constituyentes de la ruta de estudio

TRAMOS	CALLE PRINCIPAL	DE	HASTA
TRAMO 1	Sucre	Celica	Cariamanga
TRAMO 2	Sucre	Cariamanga	Catacocha
TRAMO 3	Sucre	Catacocha	Lourdes
TRAMO 4	Sucre	Lourdes	Mercadillo
TRAMO 5	Mercadillo	Sucre	Bolívar
TRAMO 6	Mercadillo	Bolívar	Bernardo Valdivieso
TRAMO 7	Bernardo Valdivieso	Mercadillo	Azuay
TRAMO 8	Bernardo Valdivieso	Azuay	Miguel Riofrío
TRAMO 9	Miguel Riofrío	Bernardo Valdivieso	Olmedo
TRAMO 10	Miguel Riofrío	Olmedo	Juan José Peña
TRAMO 11	Miguel Riofrío	Juan José Peña	Pasaje Sinchona
TRAMO 12	Miguel Riofrío	Pasaje Sinchona	24 de Mayo
TRAMO 13	Miguel Riofrío	24 de Mayo	Macará
TRAMO 14	Miguel Riofrío	Macará	Av. Orillas del Zamora
TRAMO 15	Av. Orillas del Zamora	Miguel Riofrío	Vicente Rocafuerte
TRAMO 16	Av. Orillas del Zamora	Vicente Rocafuerte	10 de Agosto
TRAMO 17	Av. Orillas del Zamora	10 de Agosto	Prol. 24 de Mayo
TRAMO 18	Prol. 24 de Mayo	Av. Orillas del Zamora	Zoilo Rodríguez
TRAMO 19	Zoilo Rodríguez	Prol. 24 de Mayo	Clodoveo Carrión
TRAMO 20	Clodoveo Carrión	Zoilo Rodríguez	Pasaje Santiago
TRAMO 21	Clodoveo Carrión	Pasaje Santiago	Segundo Cueva Celi
TRAMO 22	Clodoveo Carrión	Segundo Cueva Celi	Av. Orillas del Zamora
TRAMO 23	Av. Orillas del Zamora	Clodoveo Carrión	Juan de Salinas
TRAMO 24	Juan de Salinas	Av. Orillas del Zamora	Bolívar
TRAMO 25	Juan de Salinas	Bolívar	Sucre
TRAMO 26	Juan de Salinas	Sucre	18 de Noviembre
TRAMO 27	18 de Noviembre	Juan de Salinas	José Félix de Valdivieso
TRAMO 28	18 de Noviembre	José Félix de Valdivieso	Quito

Tabla3.1 Designación de los tramos constituyentes de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	CALLE PRINCIPAL	DE	HASTA
TRAMO 29	18 de Noviembre	Quito	Imbabura
TRAMO 30	18 de Noviembre	Imbabura	Colón
TRAMO 31	18 de Noviembre	Colón	José Antonio Eguiguren
TRAMO 32	José Antonio Eguiguren	18 de Noviembre	Av. Manuel Agustín Aguirre
TRAMO 33	Av. Manuel Agustín Aguirre	José Antonio Eguiguren	10 de Agosto
TRAMO 34	Av. Manuel Agustín Aguirre	10 de Agosto	Vicente Rocafuerte
TRAMO 35	Av. Manuel Agustín Aguirre	Vicente Rocafuerte	Miguel Riofrío
TRAMO 36	Av. Manuel Agustín Aguirre	Miguel Riofrío	Azuay
TRAMO 37	Azuay	Av. Manuel Agustín Aguirre	Lauro Guerrero
TRAMO 38	Azuay	Lauro Guerrero	Ramón Pinto
TRAMO 39	Ramón Pinto	Azuay	Mercadillo
TRAMO 40	Mercadillo	Ramón Pinto	José María Peña
TRAMO 41	Mercadillo	José María Peña	Nicolás García
TRAMO 42	Av. Pío Jaramillo	Mercadillo	Tnte. Maximiliano Rodríguez
TRAMO 43	Av. Pío Jaramillo	Tnte. Maximiliano Rodríguez	Venezuela
TRAMO 44	Av. Pío Jaramillo	Venezuela	España
TRAMO 45	Av. Pío Jaramillo	España	México
TRAMO 46	Av. Pío Jaramillo	México	Brasil
TRAMO 47	Av. Pío Jaramillo	Brasil	Cuba
TRAMO 48	Av. Pío Jaramillo	Cuba	Chile
TRAMO 49	Av. Pío Jaramillo	Chile	Av. Manuel Benjamín Carrión
TRAMO 50	Av. Pío Jaramillo	Av. Manuel Benjamín Carrión	John F. Kennedy
TRAMO 51	Av. Pío Jaramillo	John F. Kennedy	Av. Gobernación de Mainas

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

La ruta se encuentra ubicada en el sector centro-sur de la ciudad de Loja. Tal como se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.4. Equipo de medición del estudio dinámico

Fuente: Racelogic, 2014

Elaboración: El Autor

B. Recolección de datos de la variables dependientes

Las variables dependientes consideradas en esta investigación son los componentes de posición: latitud y longitud. Estos valores se recolectaron un día martes en horario nocturno desde un automóvil en movimiento, mediante la ayuda del equipo de video VBOX Lite y las aplicaciones “GPS Speed” y “GPS Logger” instaladas en los teléfonos celulares.

Los datos de posición se recolectaron cada segundo, en un periodo de aproximadamente 20 min. El registro se ejecutó de manera simultánea con ambos equipos, los cuales fueron un teléfono celular Samsung Galaxy S6 y el equipo de video VBOX Lite, luego con un teléfono celular Samsung A5 y el equipo de video VBOX Lite. Ambos teléfonos celulares recolectaron datos con las dos aplicaciones antes mencionadas y con los modos de recolección sólo chip y chip y datos, obteniendo así ocho recorridos. Los detalles de recolección para este estudio se puede observar en la Tabla 3.2

Tabla 3.2. Detalles de recorridos, equipos, aplicaciones y modos de recolección del estudio dinámico

Recorridos	Fecha (Dd/mm/aa)	Hora (H:mm:ss)	Equipo Usado		Aplicación	Modo de recolección
Primer recorrido (1 ^{ER})	28/03/2017	21:09:00	VBOX Lite	Galaxy S6	GPS Speed	Sólo chip
Segundo recorrido (2 ^{DO})	28/03/2017	21:49:16	VBOX Lite	Galaxy S6	GPS Logger	Sólo chip
Tercer recorrido (3 ^{ER})	28/03/2017	21:30:46	VBOX Lite	Galaxy S6	GPS Speed	Chip y datos
Cuarto recorrido (4 ^{TO})	28/03/2017	22:08:54	VBOX Lite	Galaxy S6	GPS Logger	Chip y datos
Quinto recorrido (5 ^{TO})	28/03/2017	22:25:35	VBOX Lite	Galaxy A5	GPS Speed	Sólo chip
Sexto recorrido (6 ^{TO})	28/03/2017	22:57:04	VBOX Lite	Galaxy A5	GPS Logger	Sólo chip
Séptimo recorrido (7 ^{MO})	28/03/2017	22:41:08	VBOX Lite	Galaxy A5	GPS Speed	Chip y datos
Octavo recorrido (8 ^{VO})	28/03/2017	23:12:28	VBOX Lite	Galaxy A5	GPS Logger	Chip y datos

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Para la toma de datos los equipos se sincronizaron de manera que puedan tomar registros automáticamente en un intervalo de tiempo de 1 segundo. Se tomaron en cuenta las condiciones de uso y no de datos móviles para la recolección, puesto que estas condiciones también serán evaluadas para determinar si esta cualidad permite que las aplicaciones generen mayor o menor error al momento de la medición.

C. Recolección de datos de las variables independientes

Las variables independientes representadas en este estudio se refieren a las características físicas presentes en los tramos de estudio. Esta recolección se realizó mediante la observación, conteo y medición de las distintas características, ejecutadas por parte del autor. Las características y su terminología se pueden observar en el Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Características físicas seleccionadas y encontradas en los tramos de estudio

NÚMERO	CARACTERÍSTICAS	TERMINOLOGÍA
1	Número de casas de 1 piso lado derecho	(nc1d)
2	Número de casas de 2 pisos lado derecho	(nc2d)
3	Número de casas de 3 pisos lado derecho	(nc3d)
4	Número de casas de 4 pisos lado derecho	(nc4d)
5	Número de casas de 5 pisos lado derecho	(nc5d)
6	Número de casas de 6 pisos lado derecho	(nc6d)
7	Número de casas de 7 pisos lado derecho	(nc7d)
8	Número de casas de 1 piso lado izquierdo	(nc1i)
9	Número de casas de 2 pisos lado izquierdo	(nc2i)
10	Número de casas de 3 pisos lado izquierdo	(nc3i)
11	Número de casas de 4 pisos lado izquierdo	(nc4i)
12	Número de casas de 5 pisos lado izquierdo	(nc5i)
13	Número de casas de 6 pisos lado izquierdo	(nc6i)
14	Número de casas de 7 pisos lado izquierdo	(nc7i)
15	Número de árboles grandes lado derecho	(nagd)
16	Número de árboles medianos lado derecho	(namd)
17	Número de postes con cables lado derecho	(npcd)
18	Número de árboles grandes lado izquierdo	(nagi)
19	Número de árboles medianos lado izquierdo	(nami)
20	Número de Postes con cables lado izquierdo	(npci)
21	Ancho de calzada	(ac)
22	Ancho de acera lado derecho	(aad)

Tabla 3.3. Características físicas seleccionadas y encontradas en los tramos de estudio (continuación)

NÚMERO	CARACTERÍSTICAS	TERMINOLOGÍA
23	Ancho de acera lado izquierdo	(aai)
24	Ancho de parterre	(ap)
25	Altura media de influencia de árboles grandes lado derecho	(amiagd)
26	Altura media de influencia de árboles grandes lado izquierdo	(amiagi)
27	Altura media de influencia de árboles medianos lado derecho	(amiamd)
28	Altura media de influencia de árboles medianos lado izquierdo	(amiami)
29	Altura media de influencia de casas lado derecho	(amicd)
30	Área de influencia de casas lado derecho	(aicd)
31	Altura media de influencia de casas lado izquierdo	(amici)
32	Área de influencia de casas lado izquierdo	(aici)
33	Velocidad Media	(Vm)
34	Relación altura de obstrucción vs ancho de tramo	(H/a)
35	Dirección respecto del norte	(azimut)

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

3.6 Resumen y conclusiones

En este capítulo se presentó la metodología de recolección de datos de posición, utilizada en el estudio estático y dinámico. Se detalló el proceso de la toma de datos de posicionamiento geográfico, así mismo se mostraron los tipos de muestreo según los modos de localización de los teléfonos celulares.

Los modos de localización se utilizaron tanto en el estudio estático como en el dinámico, excepto la condición sólo WiFi que no aplicó para el estudio dinámico por lo cual fue descartado del mismo.

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1 Introducción

Este capítulo se divide en dos apartados: estudio estático y estudio dinámico. Estos apartados contienen el procesamiento de los datos de posición obtenidos en campo, a partir de los cuales se obtendrá un valor de RMSE (error medio cuadrático). Este error es una magnitud expresada como la desviación de la raíz cuadrada del valor medio de la distancia de dos puntos que expresan la misma localización.

4.2 Estudio estático

El procesamiento de los datos recolectados en el estudio estático, realizado a partir de un análisis estadístico, se hizo con la finalidad de dar un ordenamiento a los datos y así se obtengan resultados de error cuadrático medio respecto a un punto de control. Estos análisis serán realizados posteriormente.

El procesamiento de los datos recolectados se realizó en función al procedimiento siguiente:

4.2.1 Ordenamiento de información

Se parte del uso de una página web GPS Visualizer (GPS Visualizer, 2002) que permitió la lectura de los archivos gpx. Estos archivos se obtienen de los registros proporcionados por las aplicaciones. Luego se transfiere esta información a un documento de Microsoft Excel (Excel, 2013) donde se transformaron los valores de coordenadas geográficas a coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator). Finalmente se clasificaron y agruparon las coordenadas que poseen igual valor horario. Esto se realizó para los 3 modos de recolección por aplicación y para los seis días de muestreo.

4.2.2 Procesamiento de información

Una vez que los datos fueron agrupados, se procedió a determinar el valor de error horizontal, para ello, se usó la ecuación de distancia entre dos puntos. Con estos valores se determinó el RMSE de cada recolección, esto se realizó para los 3 modos de recolección por aplicación y para los seis días de muestreo. Los resultados de este procesamiento se encuentran en la Tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

Tabla 4.1. RMSE de muestreo estático para GPS Speed en Samsung Galaxy S6

GPS SPEED		N° DATOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
RMSE	Sólo chip	1200	14,713	1,422	3,324	5,081	11,230	8,764
	Chip y datos	1200	4,639	1,955	1,774	8,721	6,507	8,842
	Sólo WiFi	1200	1,129	1,834	1,265	0,959	0,851	4,569
Error máx.	Sólo chip	1200	14,713	4,493	18,946	7,221	18,745	17,815
	Chip y datos	1200	6,426	6,072	6,431	41,271	18,878	19,366
	Sólo WiFi	1200	4,693	19,867	3,608	0,959	5,061	44,205
Error mín.	Sólo chip	1200	14,713	1,360	1,082	4,416	11,014	7,536
	Chip y datos	1200	4,632	1,728	1,422	8,068	5,627	0,262
	Sólo WiFi	1200	0,864	1,047	1,212	0,959	0,379	3,040
Error medio	Sólo chip	1200	14,713	1,396	3,144	5,080	11,203	8,429
	Chip y datos	1200	4,638	1,939	1,746	8,351	6,464	8,798
	Sólo WiFi	1200	1,114	1,382	1,243	0,959	0,823	4,021

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 4.2. RMSE de muestreo estático para GPS Logger en Samsung Galaxy S6

GPS LOGGER		N° DATOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
RMSE	Sólo chip	601	2,163	1,508	2,704	1,031	2,840	3,152
	Chip y datos	612	2,955	2,234	1,603	3,205	3,544	0,993
	Sólo WiFi	614	3,647	3,261	5,133	4,034	5,897	4,581
Error máx.	Sólo chip	601	23,772	17,521	9,536	7,433	9,058	28,694
	Chip y datos	612	28,694	8,104	23,772	17,837	17,521	10,424
	Sólo WiFi	614	40,693	23,772	23,772	9,518	28,694	28,694
Error mín.	Sólo chip	601	0,915	1,045	0,559	0,901	2,181	1,089
	Chip y datos	612	0,702	2,183	0,158	2,163	2,154	0,722
	Sólo WiFi	614	0,596	0,351	3,631	1,329	2,116	0,601
Error medio	Sólo chip	601	1,630	1,354	2,668	0,939	2,828	2,760
	Chip y datos	612	2,073	2,214	0,756	2,890	3,454	0,792
	Sólo WiFi	614	1,080	0,904	4,215	4,016	3,138	2,118

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Como se puede observar en las Tablas 4.1 y 4.2 los errores más altos se obtienen el día sábado en el caso del teléfono Samsung Galaxy S6 y el día viernes para el teléfono celular Samsung Galaxy A5. Así mismo los errores más bajos se obtienen el día martes para ambos teléfonos celulares.

Tabla 4.3. RMSE de muestreo estático para GPS Speed en Samsung Galaxy A5

GPS SPEED		N° DATOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
RMSE	Sólo chip	1200	5,591	2,788	4,040	5,360	7,477	8,012
	Chip y datos	1200	3,130	2,799	3,248	3,399	3,321	4,370
	Sólo WiFi	1200	1,621	1,747	1,871	1,671	2,451	1,202
Error máx.	Sólo chip	1200	46,035	4,724	17,064	19,150	12,277	17,538
	Chip y datos	1200	5,320	13,922	4,770	23,895	8,075	14,576
	Sólo WiFi	1200	1,954	2,652	2,860	14,456	3,172	3,779
Error mín.	Sólo chip	1200	3,029	0,189	3,535	1,949	4,614	6,896
	Chip y datos	1200	0,132	0,845	1,165	0,290	1,972	0,408
	Sólo WiFi	1200	0,942	1,288	1,511	1,502	2,253	0,230
Error medio	Sólo chip	1200	4,104	2,739	3,988	4,872	7,342	7,967
	Chip y datos	1200	2,975	2,771	3,245	3,311	3,312	4,166
	Sólo WiFi	1200	1,591	1,730	1,861	1,625	2,446	0,822

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 4.4. RMSE de muestreo estático para GPS Logger en Samsung Galaxy A5

GPS LOGGER		N° DATOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
RMSE	Sólo chip	318	1,136	0,899	1,082	5,025	3,581	0,922
	Chip y datos	291	0,952	2,411	1,898	5,240	4,694	1,465
	Sólo WiFi	332	0,603	2,100	3,682	3,089	5,249	1,441
Error máx.	Sólo chip	318	5,033	10,365	4,394	14,208	11,210	3,020
	Chip y datos	291	9,628	5,405	12,047	24,104	15,809	13,228
	Sólo WiFi	332	7,826	3,027	62,347	9,750	16,090	3,701
Error mín.	Sólo chip	318	0,921	0,659	0,049	0,200	0,427	0,769
	Chip y datos	291	0,621	1,845	0,282	0,306	0,273	0,616
	Sólo WiFi	332	0,355	0,148	0,121	2,412	0,101	0,715
Error medio	Sólo chip	318	1,112	0,792	0,953	4,382	3,230	0,897
	Chip y datos	291	0,811	2,382	1,687	4,229	4,044	1,190
	Sólo WiFi	332	0,471	2,043	2,168	3,066	4,572	1,400

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Como se puede observar en las Tablas 4.3 y 4.4 los errores más altos se obtienen el día sábado en el caso del teléfono Samsung Galaxy S6 y el día viernes para el teléfono celular Samsung Galaxy A5. Así mismo los errores más bajos se obtienen el día martes en el caso del teléfono Samsung Galaxy S6 y el día lunes para el teléfono celular Samsung Galaxy A5.

4.3 Estudio dinámico

El procesamiento de la información recolectada en el estudio dinámico se realizó mediante un análisis estadístico tanto para las variables dependientes e independientes. Con este análisis se pretende: ordenar los datos y obtener un valor de error cuadrático medio respecto de la comparación de los datos de los teléfonos celulares en relación al equipo de video VBOX Lite.

4.3.1 Variables dependientes

Las variables dependientes se registraron a partir de los teléfonos celulares con aplicaciones preinstaladas y el equipo de video VBOX Lite. Para su procesamiento se ejecutó el proceso siguiente:

- **Ordenamiento de información**

Se parte de la lectura de los archivos gpx mediante la página web GPS Visualizer (GPS Visualizer, 2002) para luego transferirlos a un documento de Microsoft Excel (Excel, 2013). Aquí se ordenó y agruparon los datos de los teléfonos celulares junto con los del equipo de video VBOX Lite. Posteriormente se exportaron a un archivo de AutoCAD (AutoCAD, 2014), en donde se graficaron los datos de latitud, longitud, hora y número de punto en unidades UTM (Universal Transverse Mercator) en un plano 2D. Luego se compararon los datos obtenidos con los teléfonos celulares y el equipo de video VBOX Lite para seleccionar los datos de igual condición horaria, de manera que se trabajó con pares de datos limpios. Esto se realizó para los ocho recorridos. En la Figura 4.1 se muestra un esquema de los datos agrupados.

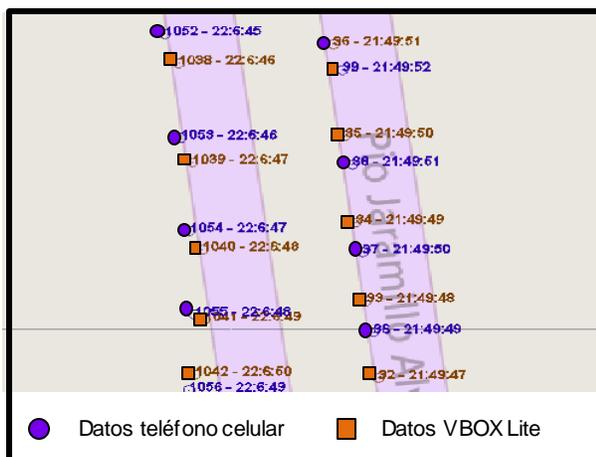


Figura 4.1. Esquema de datos agrupados previo a su procesamiento

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Cabe recalcar que al momento de agrupar y seleccionar los datos, también se realizó una separación de los mismos de acuerdo a los tramos de la ruta al que pertenecen.

- **Procesamiento de información**

Luego de ordenar y agrupar los datos, se determinaron los valores de distancia, distancia mínima, máxima, promedio, desviación estándar de distancia y RMSE de distancia para cada tramo de la ruta, los resultados de este procesamiento se encuentran en el ANEXO B. En la Tabla 4.4 se muestra un ejemplo de procesamiento de la información para un tramo de estudio.

Tabla 4.5. Ejemplo determinación de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE

TRAMO	Distancia (m)	Distancia Mín. (m)	Distancia Máx. (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	Distancia ² (m) ²	RMSE
Tramo 7	3,650	3,300	4,572	3,691	0,364	13,324	3,707
	3,559					12,666	
	3,801					14,450	
	3,598					12,948	

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Por otro lado, se determinaron los valores de RMSE para los ocho recorridos establecidos en el plan experimental. Estos valores serán parte del análisis dispuesto en el siguiente capítulo. Los mismos se pueden observar en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Tabla de resultados de RMSE para los distintos recorridos

TRAMOS	RMSE							
	1 ^{ER}	2 ^{DO}	3 ^{ER}	4 ^{TO}	5 ^{TO}	6 ^{TO}	7 ^{MO}	8 ^{VO}
TRAMO 1	4,5	3,8	7,1	4,7	2,8	6,9	6,8	9,1
TRAMO 2	3,8	7,2	7,6	3,2	4,1	7,6	8,0	7,1
TRAMO 3	3,0	11,9	6,4	3,1	2,8	10,1	5,9	8,7
TRAMO 4	4,1	8,1	6,5	2,4	8,4	11,7	7,9	8,4
TRAMO 5	1,9	7,9	9,9	8,3	16,9	17,1	10,3	3,8
TRAMO 6	2,6	2,8	7,7	5,9	8,5	8,3	8,2	6,6
TRAMO 7	4,7	4,2	8,8	3,7	10,7	4,6	9,6	7,0
TRAMO 8	5,1	14,1	9,0	2,0	7,9	9,5	4,3	6,7
TRAMO 9	2,6	3,6	4,2	2,5	9,7	5,9	5,3	9,3
TRAMO 10	3,4	4,2	5,1	4,5	3,6	9,7	8,3	9,6
TRAMO 11	5,1	3,1	2,1	5,7	1,5	6,3	7,3	4,4
TRAMO 12	6,8	1,9	3,5	4,2	1,7	6,0	5,5	6,3
TRAMO 13	6,5	1,9	3,8	3,7	3,5	5,2	4,2	3,4

Tabla 4.6 Tabla de resultados de RMSE para los distintos recorridos (continuación)

TRAMOS	RMSE							
	1 ^{ER}	2 ^{DO}	3 ^{ER}	4 ^{TO}	5 ^{TO}	6 ^{TO}	7 ^{MO}	8 ^{VO}
TRAMO 14	6,9	2,6	3,8	3,4	4,3	5,2	3,1	5,1
TRAMO 15	7,9	1,6	3,3	3,9	11,5	4,6	2,9	4,6
TRAMO 16	5,6	2,2	3,2	1,8	11,2	3,6	2,5	6,4
TRAMO 17	5,8	4,1	4,3	3,6	11,7	3,9	14,1	5,8
TRAMO 18	4,9	3,6	1,5	3,5	10,9	4,1	2,9	5,9
TRAMO 19	6,2	2,2	1,4	1,5	9,7	2,2	2,8	7,1
TRAMO 20	5,4	1,9	3,5	2,2	10,4	5,0	1,7	7,1
TRAMO 21	4,8	1,3	2,3	3,0	8,7	4,1	2,8	5,4
TRAMO 22	3,9	3,1	5,2	3,6	3,2	4,6	7,2	5,7
TRAMO 23	2,3	3,7	3,2	3,0	4,5	3,6	3,7	6,1
TRAMO 24	2,6	3,4	3,3	2,0	3,2	3,5	1,8	10,3
TRAMO 25	3,2	5,4	5,5	1,2	3,5	4,7	3,9	7,8
TRAMO 26	2,7	9,7	3,0	3,1	3,5	6,0	4,6	4,1
TRAMO 27	4,5	4,8	1,9	3,1	3,0	2,9	2,9	3,1
TRAMO 28	3,7	7,4	3,2	2,4	3,8	5,2	1,2	5,1
TRAMO 29	6,2	7,4	4,3	3,0	4,5	5,7	2,7	3,9
TRAMO 30	6,7	6,7	4,1	2,6	4,5	6,3	3,5	6,1
TRAMO 31	6,4	4,4	4,2	2,2	3,3	10,3	7,0	12,5
TRAMO 32	2,5	8,7	2,5	5,3	2,8	7,8	2,6	5,8
TRAMO 33	5,7	5,1	3,8	1,7	3,0	6,3	1,1	5,6
TRAMO 34	3,9	4,3	4,5	2,0	4,7	6,7	1,1	6,8
TRAMO 35	2,3	4,9	4,7	2,9	4,4	10,0	1,4	7,8
TRAMO 36	1,4	4,9	3,2	1,5	3,4	15,3	2,3	2,7
TRAMO 37	3,3	2,7	2,9	4,4	2,9	7,6	4,8	4,3
TRAMO 38	1,4	3,2	3,2	5,3	3,9	6,8	4,0	2,3
TRAMO 39	1,2	4,6	2,6	3,9	2,3	6,0	1,9	3,9
TRAMO 40	3,8	2,6	3,1	2,8	1,6	7,9	5,8	4,2
TRAMO 41	3,7	4,5	2,3	3,3	3,2	6,7	3,9	4,3
TRAMO 42	5,4	2,9	4,0	5,4	2,0	8,1	2,0	5,7
TRAMO 43	5,9	3,5	3,7	5,9	2,0	6,4	1,4	6,0
TRAMO 44	7,7	2,4	4,0	5,8	3,3	5,6	1,4	6,2
TRAMO 45	6,8	2,4	2,9	5,2	2,9	4,1	4,3	7,0
TRAMO 46	4,8	4,9	4,2	6,3	1,7	3,8	3,0	5,6
TRAMO 47	6,5	3,1	7,4	8,2	2,6	5,5	5,3	9,8
TRAMO 48	8,7	4,1	7,8	7,6	4,4	10,3	3,4	7,0
TRAMO 49	4,3	5,6	8,6	5,2	6,1	8,7	2,8	4,9
TRAMO 50	3,2	4,8	5,2	5,2	5,8	6,8	3,8	7,6
TRAMO 51	3,1	3,0	3,0	2,1	3,8	5,3	3,8	5,8

Fuente: El Autor
 Elaboración: El Autor

4.3.2 Variables Independientes

En el procesamiento de las variables independientes presentes en los tramos de estudio se estableció el valor promedio de los valores de altura media tanto para las casas como para los árboles y en algunos tramos para anchos de acera. Esto se hizo con el fin de obtener un valor unificado con el que se elaboraron las gráficas comparativas dispuestas en el análisis, dicha tabla de valores se encuentra en el ANEXO C.

4.4 Resumen y conclusiones

En este capítulo se indicó el proceso llevado a cabo para el procesamiento de datos tanto para el estudio estático como para el dinámico en los cuales se determinaron los valores de error cuadrático medio RMSE de la distancia.

También, para el estudio dinámico se establecieron los valores medios de las características físicas como casas, árboles y ancho de aceras, en los tramos en donde existe variación de medidas.

Los resultados obtenidos de este capítulo permitieron obtener una base de datos adecuada para ejecutar un correcto análisis de resultado de datos.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE PATRONES DE COMPORTAMIENTO

5.1 Introducción

Este capítulo se dividió en dos partes estudio estático y estudio dinámico. En el estudio estático se realizó la comparación de los valores de RMSE obtenidos por día, modo de recolección y aplicación, con lo cual se establecieron las condiciones más efectivas de recolección.

En el estudio dinámico se compararon los valores de error cuadrático medio respecto de las características físicas de los tramos en la ruta de estudio, para lo cual se estableció un modelo estadístico de evaluación como es el método de regresión lineal en donde se determinó el valor de R^2 (coeficiente de correlación) que muestra el valor de ajuste o tendencia que existe entre las variables evaluadas.

Así también se describen otras alternativas analizadas, con el fin de obtener un mayor valor de ajuste y establecer condiciones generales de evaluación para todos los tramos.

5.2 Estudio estático

Este estudio tiene la finalidad de determinar la aplicación de teléfono celular, día y modo de recolección que proporcionan un menor error. Para ello se compararon los valores de RMSE obtenidos bajo estas condiciones, mediante la elaboración de gráficas comparativas que permitan evaluarlos y conseguir este objetivo.

Además en este estudio se realizaron gráficas de dispersión de los datos obtenidos respecto del punto de control geodésico. Estas gráficas también fueron diferenciadas según el modo de recolección, día de recolección, aplicación y teléfono celular usado.

En la Figuras 5.1 a 5.6 se encuentran representados los valores de RMSE, error horizontal mínimo, y error horizontal máximo diario, por modo de recolección y aplicación usada; y para los dos teléfonos celulares.

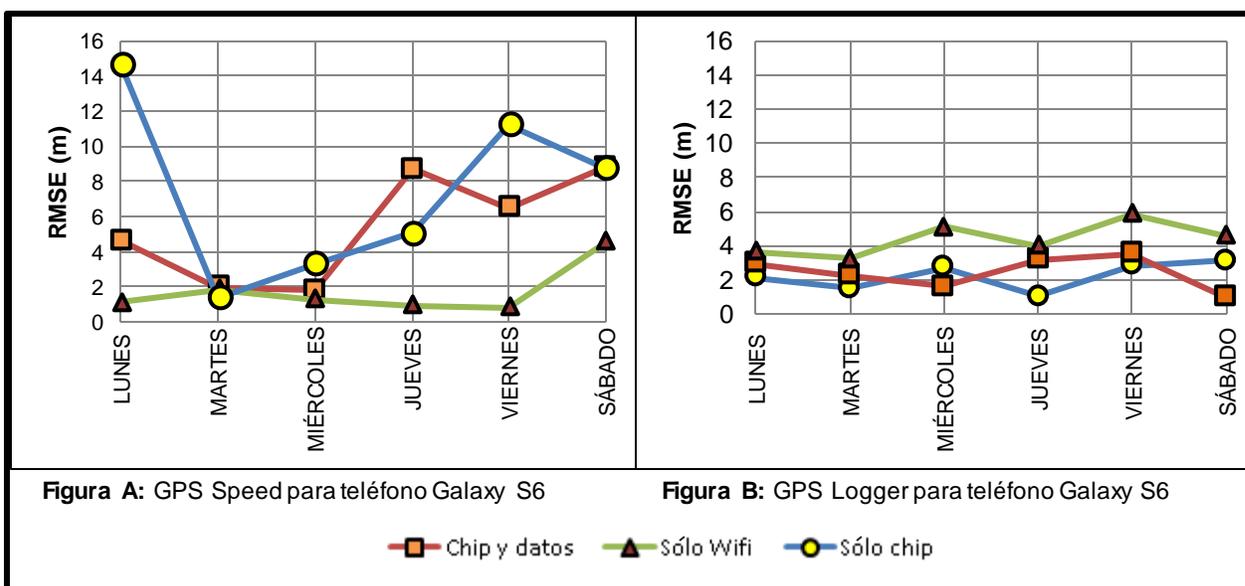


Figura 5.1. RMSE diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy S6

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

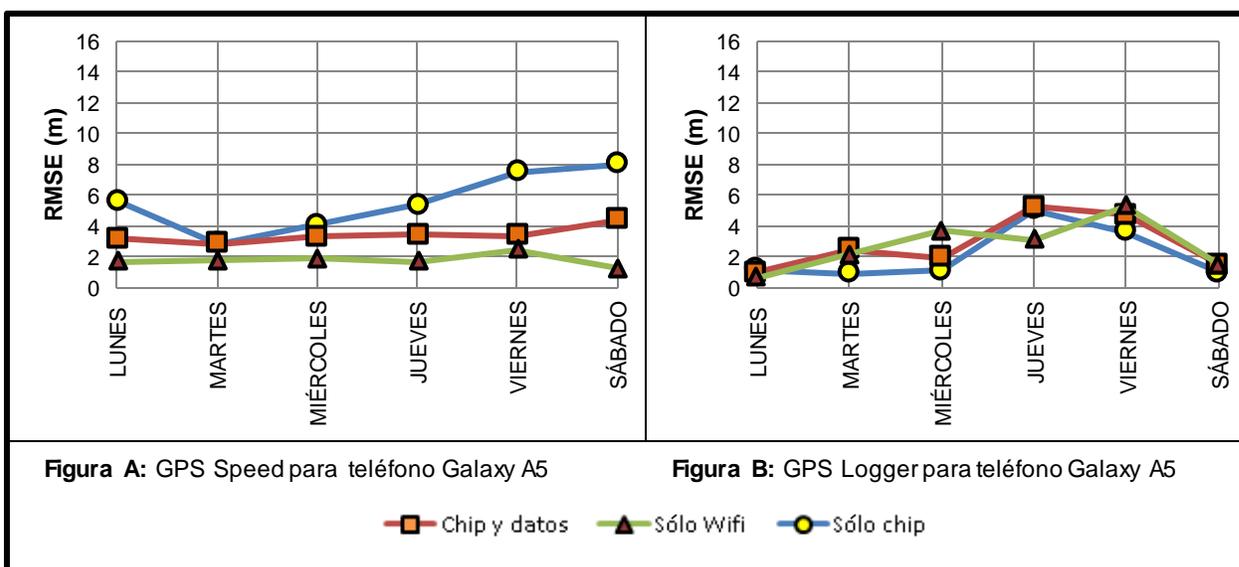


Figura 5.2. RMSE diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy A5

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

En la Figura 5.1 el día martes se obtuvo menor valor de RMSE y el día viernes el mayor, esto corresponde a los tres modos de recolección y para ambas aplicaciones.

Para la Figura 5.2 los días de menor RMSE son: martes para GPS Speed, lunes para GPS Logger y el día de mayor RMSE es el viernes para ambas aplicaciones.

Además se observa que en ambas figuras los modos de menor RMSE son sólo WiFi y sólo chip para GPS Speed y GPS Logger respectivamente y para ambos teléfonos.

La aplicación que ofrece los valores de RMSE de menor magnitud es la GPS Logger, con uso del teléfono Samsung Galaxy A5.

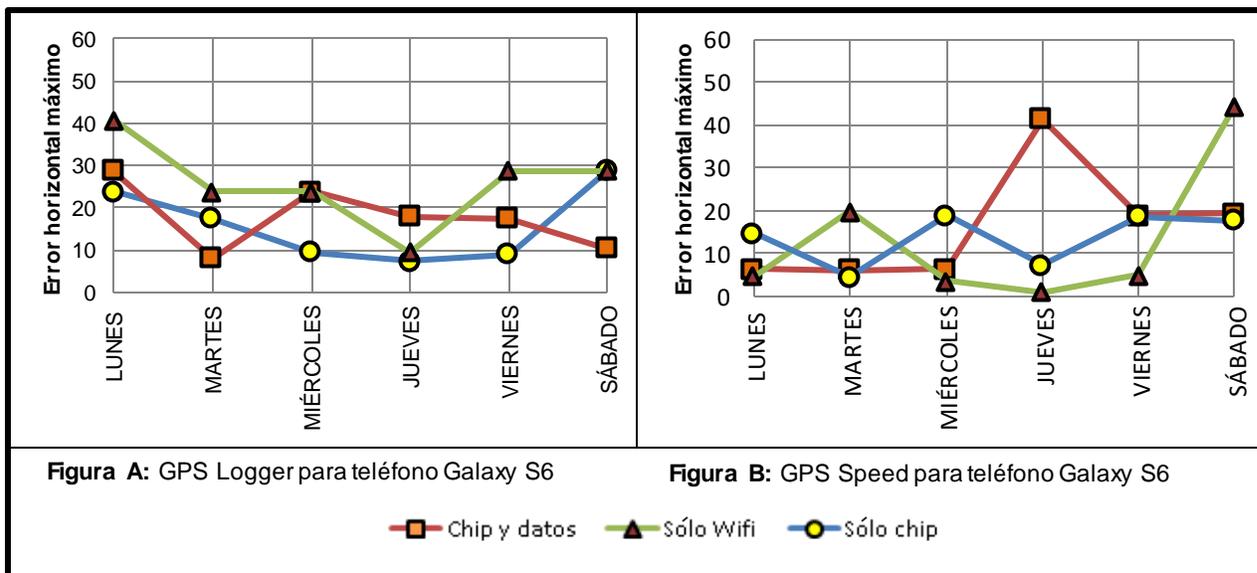


Figura 5.3. Error horizontal máximo diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy S6
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

En la Figura 5.3 se observa que los modos de menor error horizontal máximo son sólo chip y sólo WiFi para GPS Speed y GPS Logger respectivamente, correspondiente al teléfono Samsung Galaxy S6. Así también los días de menor error horizontal máximo son: jueves para GPS Logger, lunes para GPS Speed y el día de mayor error es el lunes para GPS Logger y sábado para GPS Speed.

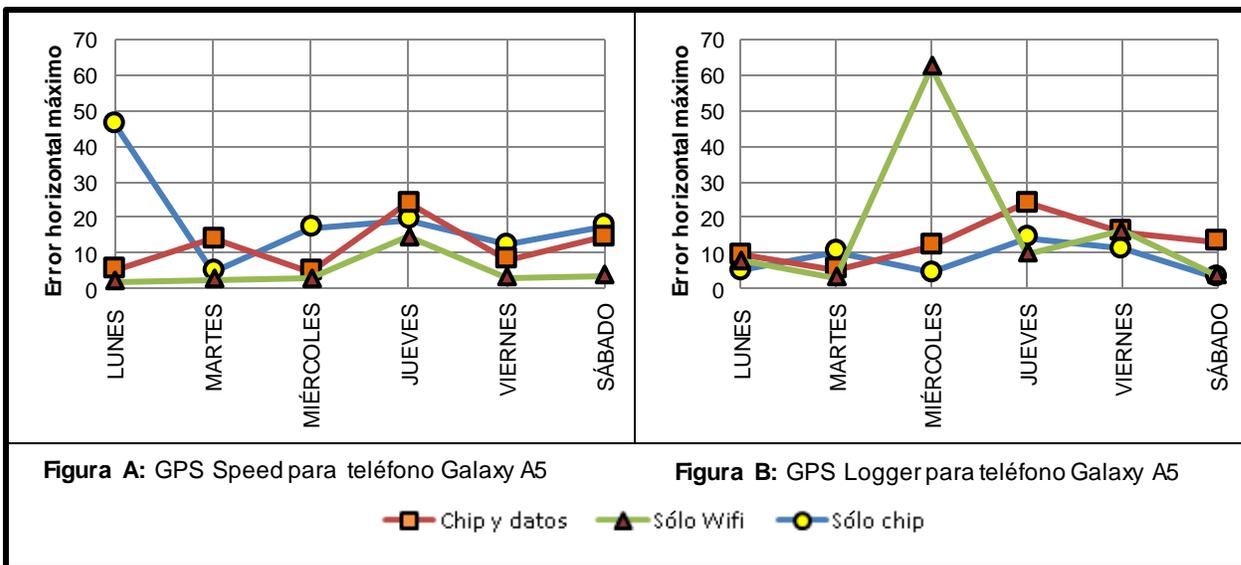


Figura 5.4. Error horizontal máximo diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy A5
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

En la Figura 5.4 se observa que los modos de menor error horizontal máximo son sólo WiFi y sólo chip para GPS Speed y GPS Logger respectivamente, correspondiente al teléfono Samsung Galaxy A5. Además el día de menor error horizontal máximo es el martes para ambas aplicaciones y el día de mayor error horizontal máximo es el jueves para ambas aplicaciones. La aplicación con que ofrece los valores de error horizontal máximo de menor magnitud es la GPS Logger, con uso del teléfono Samsung Galaxy A5.

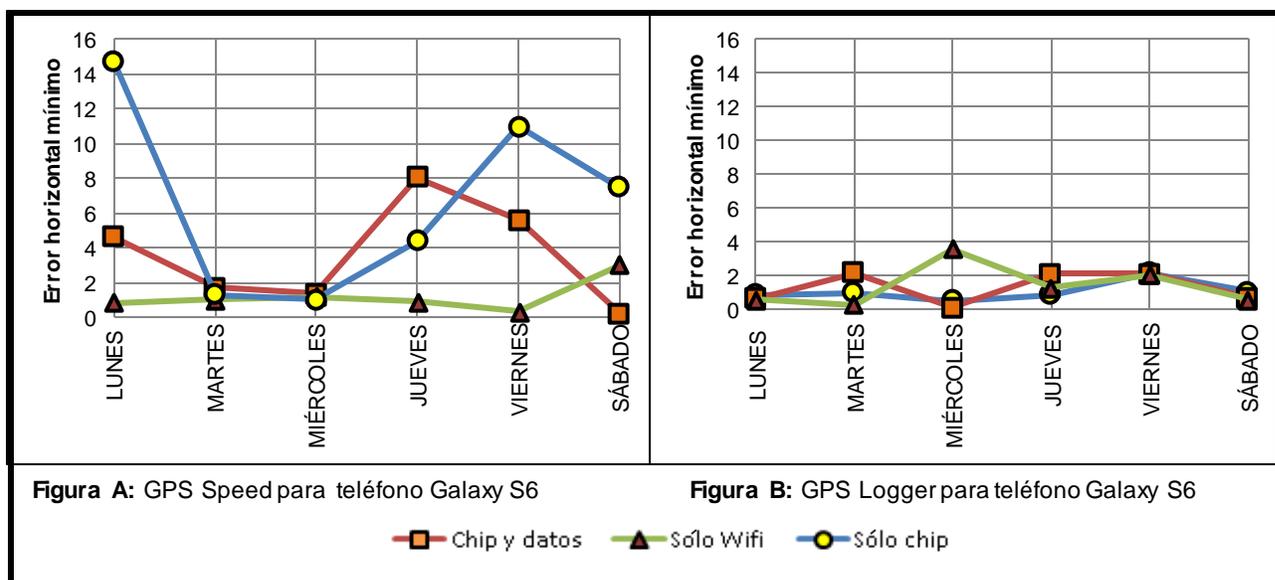


Figura 5.5. Error horizontal mínimo diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy S6
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

En esta Figura 5.5 se observa que los modos de menor error horizontal mínimo son sólo WiFi y sólo chip para GPS Speed y GPS Logger respectivamente, correspondiente al teléfono Samsung Galaxy S6.

Así también se puede observar que en los días miércoles y sábado se obtuvo el menor valor de error horizontal mínimo para las aplicaciones GPS Speed y GPS Logger respectivamente, y el día viernes el mayor valor de error horizontal mínimo para ambas aplicaciones.

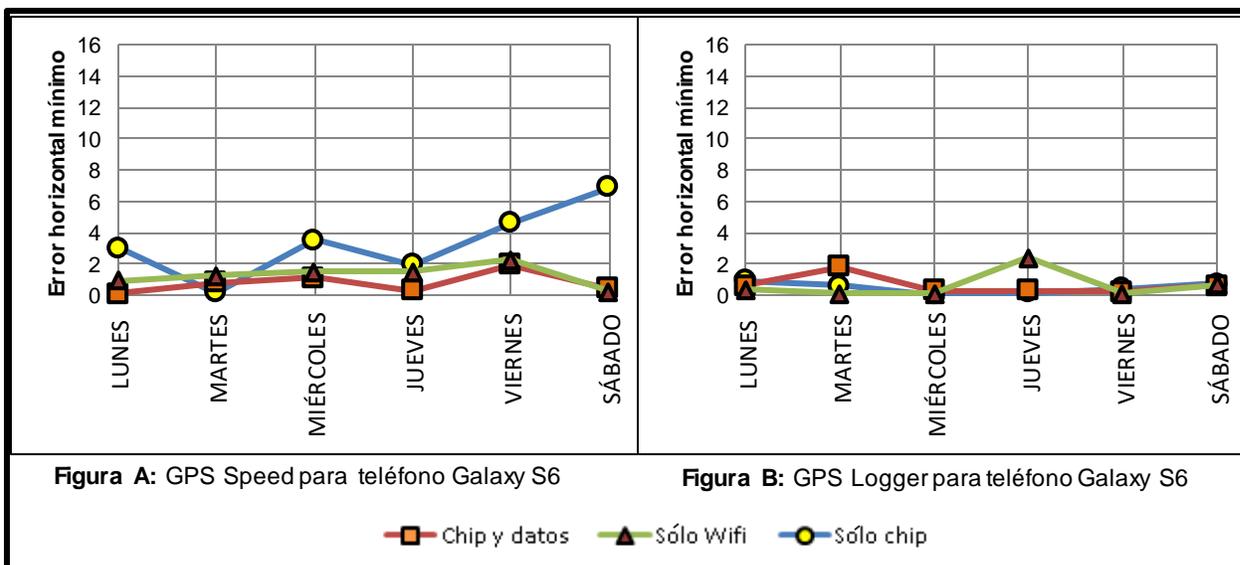


Figura 5.6. Error horizontal mínimo diario por modos de recolección y aplicación para Samsung Galaxy A5
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

En la Figura 5.6 se vio que los modos de menor error horizontal mínimo son chip y datos y sólo chip para GPS Speed y GPS Logger respectivamente, correspondiente al teléfono Samsung Galaxy A5. Los días de menor valor de error horizontal mínimo fueron el día martes y miércoles y el mayor valor de error horizontal mínimo se presentó los días jueves y viernes para las aplicaciones GPS Speed y GPS Logger respectivamente.

La aplicación con que ofrece los valores de menor error horizontal mínimo magnitud es la GPS Logger, con uso del teléfono Samsung Galaxy A5.

Las gráficas comparativas de datos que se mostraron brindan una idea de la variación de error existente en los dispositivos de muestreo, ya sea por tipo de aplicación o modo de recolección a usarse, los valores de error cuadrático medio oscilan entre los 0,6 hasta los 14 metros en los peores casos.

5.3 Estudio dinámico

En este estudio se desarrollaron gráficas de dispersión de los valores de RMSE vs las características físicas presentadas en los tramos de estudio, con el fin de determinar un valor de R^2 (coeficiente de determinación).

De acuerdo a esta premisa se elaboraron gráficas de dispersión para cada característica física respecto del valor de RMSE para cada uno de los recorridos. De las cuales se obtuvo los resultados de correlación que se presentan en las Tablas 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1. Coeficiente de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE para Samsung Galaxy S6

CARACTERÍSTICAS	TERMINOLOGÍA	SAMSUNG GALAXY S6			
		SC-SV	SC-LV	CD-SV	CD-LV
		R^2			
Número de casas de 1 piso lado derecho (u)	(nc1d)	-	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado derecho (u)	(nc2d)	-	-	-	-
Número de casas de 3 pisos lado derecho (u)	(nc3d)	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado derecho (u)	(nc4d)	-	0,22	-	-
Número de casas de 5 pisos lado derecho (u)	(nc5d)	0,11	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado derecho (u)	(nc6d)	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado derecho (u)	(nc7d)	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (u)	(nc1i)	-	0,10	0,17	-
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (u)	(nc2i)	-	0,12	-	-
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (u)	(nc3i)	-	0,21	-	-
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (u)	(nc4i)	-	0,15	-	-
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (u)	(nc5i)	-	0,12	-	-
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (u)	(nc6i)	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (u)	(nc7i)	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (u)	(nagd)	-	-	-	-
Número de árboles medianos lado derecho (u)	(namd)	-	-	-	-
Número de postes con cables lado derecho (u)	(npcd)	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (u)	(nagi)	-	-	-	0,10
Número de árboles medianos lado izquierdo (u)	(nami)	-	-	-	-
Número de Postes con cables lado izquierdo (u)	(npci)	-	-	-	-
Ancho de calzada (m)	(ac)	-	-	0,13	-
Ancho de acera lado derecho (m)	(aad)	-	-	-	-
Ancho de acera lado izquierdo (m)	(aai)	-	-	-	-
Ancho de parterre (m)	(ap)	-	-	-	0,22
Altura media de influencia de árboles grandes lado derecho (m)	(amiagd)	-	-	-	-
Altura media de influencia de árboles grandes lado izquierdo (m)	(amiagi)	-	-	-	-
Altura media de influencia de árboles medianos lado derecho (m)	(amiamd)	-	-	-	-
Altura media de influencia de árboles medianos lado izquierdo (m)	(amiami)	-	-	-	-
Altura media de influencia de casas lado derecho (m)	(amicd)	0,12	-	-	-
Área de influencia de casas lado derecho (m^2)	(aicd)	-	-	-	-
Altura media de influencia de casas lado izquierdo (m)	(amici)	-	-	-	-
Área de influencia de casas lado izquierdo (m^2)	(aici)	-	-	-	-
SC-SV: Sólo chip-Speed-VBOX (Primer recorrido) SC-LV: Sólo chip-Logger-VBOX (Segundo recorrido) CD-SV: Chip y datos-Speed-VBOX (Tercer recorrido) CD-LV: Chip y datos-Logger-VBOX (Cuarto recorrido) -: Valores $R^2 < 0,1$					

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 5.2. Coeficiente de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE para Samsung Galaxy A5

CARACTERÍSTICAS	TERMINOLOGÍA	SAMSUNG GALAXY A5			
		SC-SV	SC-LV	CD-SV	CD-LV
		R^2			
Número de casas de 1 piso lado derecho (u)	(nc1d)	-	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado derecho (u)	(nc2d)	-	-	-	-
Número de casas de 3 pisos lado derecho (u)	(nc3d)	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado derecho (u)	(nc4d)	-	0,22	-	-
Número de casas de 5 pisos lado derecho (u)	(nc5d)	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado derecho (u)	(nc6d)	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado derecho (u)	(nc7d)	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (u)	(nc1i)	-	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (u)	(nc2i)	-	-	0,11	0,10
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (u)	(nc3i)	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (u)	(nc4i)	-	-	-	-
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (u)	(nc5i)	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (u)	(nc6i)	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (u)	(nc7i)	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (u)	(nagd)	-	0,18	-	-
Número de árboles medianos lado derecho (u)	(namd)	-	-	-	-
Número de postes con cables lado derecho (u)	(npcd)	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (u)	(nagi)	-	-	-	-
Número de árboles medianos lado izquierdo (u)	(nami)	-	-	-	-
Número de Postes con cables lado izquierdo (u)	(npci)	-	-	-	-
Ancho de calzada (m)	(ac)	-	0,10	-	-
Ancho de acera lado derecho (m)	(aad)	-	-	0,11	-
Ancho de acera lado izquierdo (m)	(aai)	-	0,10	-	-
Ancho de parterre (m)	(ap)	-	-	-	-
Altura media de influencia de árboles grandes lado derecho (m)	(amiagd)	-	-	-	-
Altura media de influencia de árboles grandes lado izquierdo (m)	(amiagi)	-	-	0,10	-
Altura media de influencia de árboles medianos lado derecho (m)	(amiamd)	-	-	-	-
Altura media de influencia de árboles medianos lado izquierdo (m)	(amiami)	-	-	-	-
Altura media de influencia de casas lado derecho (m)	(amicd)	-	-	-	-
Área de influencia de casas lado derecho (m^2)	(aicd)	-	-	-	-
Altura media de influencia de casas lado izquierdo (m)	(amici)	-	-	-	-
Área de influencia de casas lado izquierdo (m^2)	(aici)	-	-	-	-
SC-SV: Sólo chip-Speed-VBOX (Quinto recorrido) SC-LV: Sólo chip-Logger-VBOX (Sexto recorrido) CD-SV: Chip y datos-Speed-VBOX (Séptimo recorrido) CD-LV: Chip y datos-Logger-VBOX (Octavo recorrido) -: Valores $R^2 < 0,1$					

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

En función de este valor de ajuste se estableció cuáles serían las variables que se analizarán buscando un patrón común de error, acordando previamente que se aceptará las variables cuyo el valor de R^2 sea igual o mayor a 0,1.

De acuerdo a las Tablas 5.1 y 5.2 mostradas anteriormente, se pudo apreciar que las variables poseen poca relación y tendencia baja, esto debido a que los valores de R^2 expresan magnitudes de porcentaje de correlación de 0 a un máximo de 0,2. Por lo cual se optó por realizar un nuevo análisis estableciendo tres parámetros más generales y más representativos, presentados a continuación:

Velocidad media por tramo (V_m): valor medio de velocidad por tramo obtenido del procesamiento de datos.

Coefficiente de relación de altura de obstrucción versus ancho de tramo (H/A): el valor de altura de obstrucción se determinó a partir de relacionar la altura de los árboles y edificios tanto para el lado derecho como para el izquierdo extrayendo un valor medio de esta altura y por tramo. El ancho del tramo se representa como una composición de los ancho de vía, ancho de aceras y si es el caso ancho de parterre. En la Figura 5.7 se muestra el esquema de condiciones físicas generalizada y asumida para los tramos de análisis donde: (**H**: altura de obstrucción media, **A**: ancho entre obstrucciones).

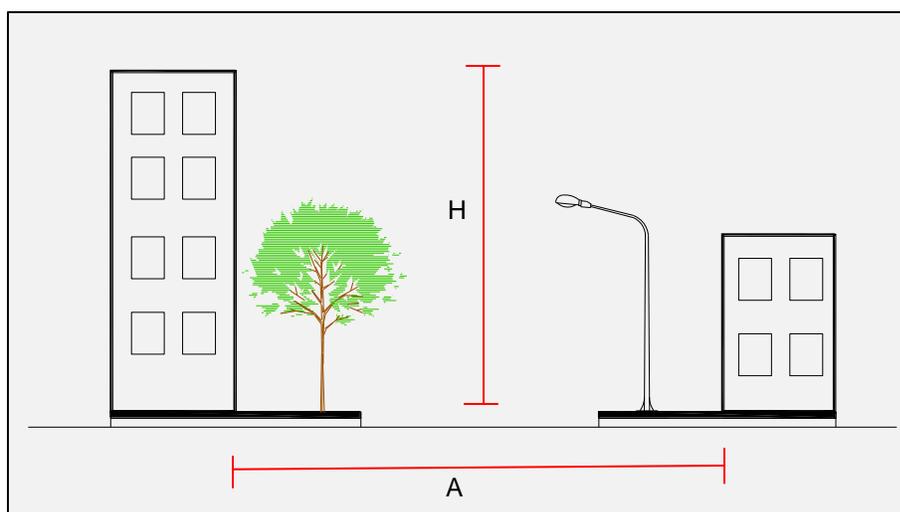


Figura 5.7. Esquema de condiciones físicas encontradas en los tramos de la ruta de estudio

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Dirección horizontal del tramo: se representa como **azimut**, para su obtención se inicia determinando el rumbo mediante la siguiente ecuación:

$$Rumbo = \tan^{-1} \left(\frac{X_2 - X_1}{Y_2 - Y_1} \right) \quad (5.1)$$

Donde:

Y_2 = Valor de longitud coordenada 2

Y_1 = Valor de longitud coordenada 1

X_2 = Valor de latitud coordenada 2

X_1 = Valor de latitud coordenada 1

\tan^{-1} =Tangente inversa

π = Pi

A partir del rumbo se procedió a encontrar el azimut, estableciendo el cuadrante en donde se encuentra ubicado el rumbo según los signos obtenidos en la sustracción de longitudes y latitudes, para lo cual se usan las siguientes condiciones:

- Si $(X_2 - X_1) = +$; y $(Y_2 - Y_1) = +$ (1er cuadrante) = El ángulo es directo.
- Si $(X_2 - X_1) = +$; y $(Y_2 - Y_1) = -$ (2do cuadrante) = $180^\circ -$ ángulo obtenido.
- Si $(X_2 - X_1) = -$; y $(Y_2 - Y_1) = -$ (3er cuadrante) = $180^\circ +$ ángulo obtenido.
- Si $(X_2 - X_1) = -$; y $(Y_2 - Y_1) = +$ (4to cuadrante) = $360^\circ -$ ángulo obtenido.

Se conservará el signo de la operación para la suma o resta según el cuadrante, y si el valor del rumbo pasa de 360° se debe restar un valor de igual valor para obtener el ángulo real.

Posteriormente se ejecutó un nuevo análisis desarrollando gráficas de dispersión de los valores de RMSE versus estas nuevas características. Obteniendo nuevamente los valores de determinación R^2 que se muestran en las Tablas 5.3 y 5.4.

Tabla 5.3. Nuevos coeficientes de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE para Samsung Galaxy S6

Resultados	Samsung Galaxy S6			
Características	SC-SV	SC-LV	CD-SV	CD-LV
	R^2			
Velocidad Media (Vm)	0,115	-	-	-
Relación altura de obstrucción vs ancho de tramo (H/a)	-	-	-	-
Dirección respecto del norte (azimut)	-	-	-	-
SC-SV: Sólo chip-Speed-VBOX (Primer recorrido) SC-LV: Sólo chip-Logger-VBOX (Segundo recorrido) CD-SV: Chip y datos-Speed-VBOX (Tercer recorrido) CD-LV: Chip y datos-Logger-VBOX (Cuarto recorrido) -: Valores $R^2 < 0,1$				

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 5.4. Nuevos coeficientes de determinación (R^2) de variables independientes versus RMSE para Samsung Galaxy A5

Resultados	Samsung Galaxy A5			
Características	SC-SV	SC-LV	CD-SV	CD-LV
	R^2			
Velocidad Media (Vm)	-	-	-	-
Relación altura de obstrucción vs ancho de tramo (H/a)	-	-	-	-
Dirección respecto del norte (azimut)	-	-	0,215	-
SC-SV: Sólo chip-Speed-VBOX (Quinto recorrido) SC-LV: Sólo chip-Logger-VBOX (Sexto recorrido) CD-SV: Chip y datos-Speed-VBOX (Séptimo recorrido) CD-LV: Chip y datos-Logger-VBOX (Octavo recorrido) -: Valores $R^2 < 0,1$				

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

De acuerdo a lo observado en las Tablas 5.3 y 5.4, las variables analizadas presentan un porcentaje de correlación bajo. Entonces se ajustaron las gráficas de dispersión de la característica "azimut" para sus valores maximos, la cual presentó una mejor tendencia y demostró ser evaluable para los 8 recorridos. Esto permitió encontrar un valor de R^2 de mayor significancia y así determinar los modelos de regresión de error de los teléfonos celulares respecto del equipo de video Vbox Lite.

Las gráficas de dispersión antes mencionadas se muestran en las Figuras 5.8 a 5.11 en donde se presenta azimut como característica resultante de mayor influencia para todos recorridos.

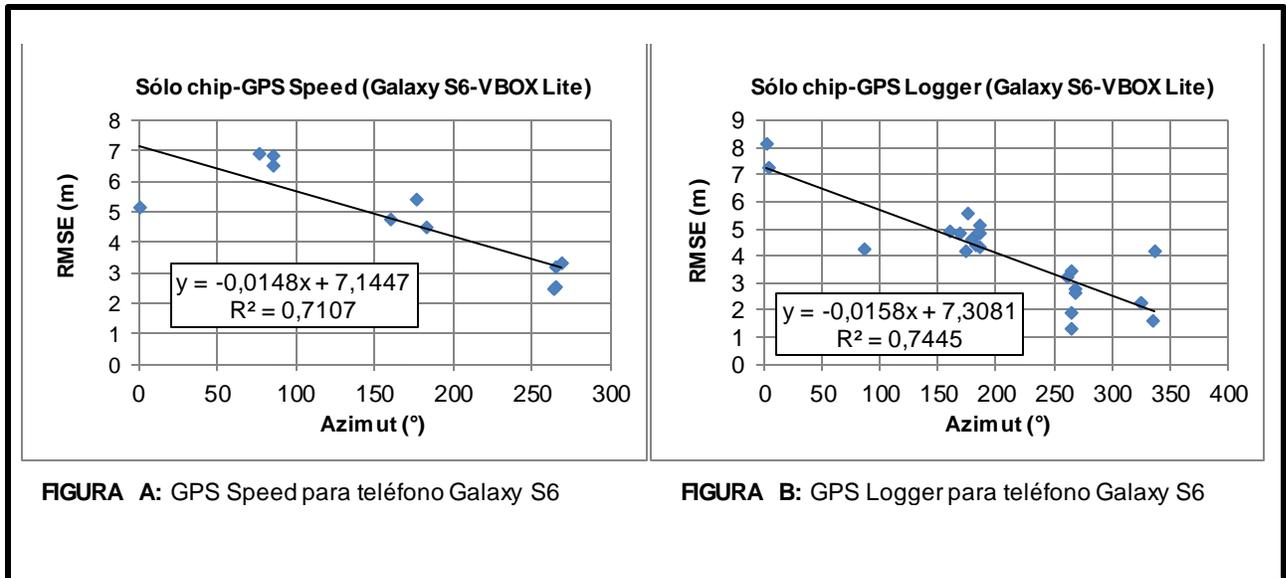


Figura 5.8. Dispersión azimut vs RMSE, condición sólo chip-Galaxy S6-Video VBOX Lite
 Fuente: El Autor
 Elaboración: El Autor

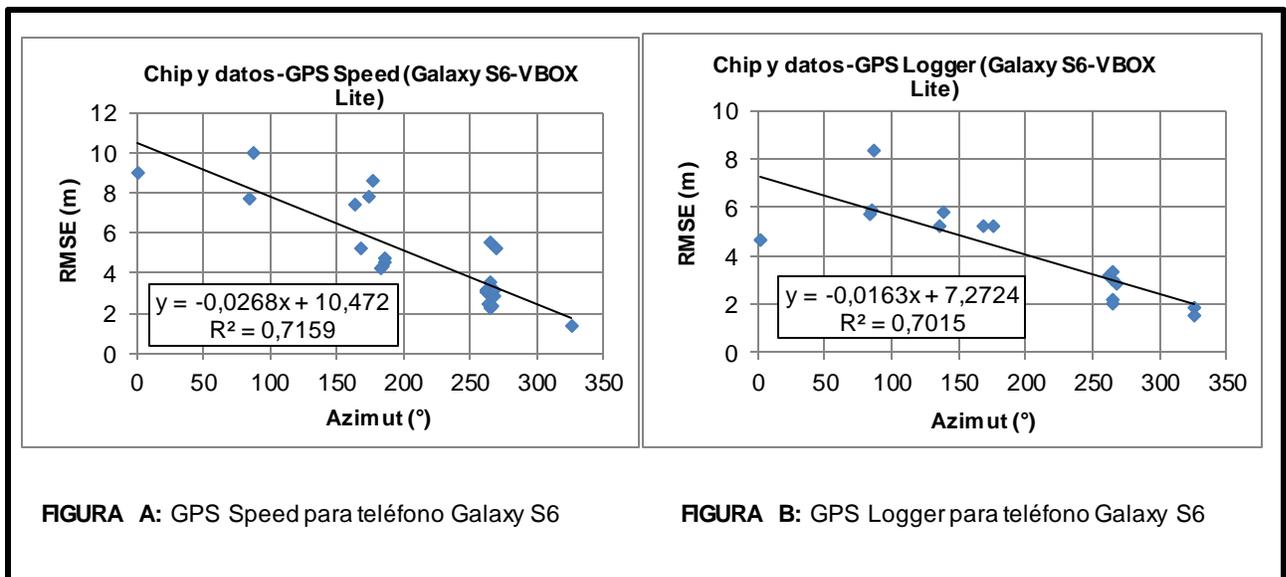


Figura 5.9. Dispersión azimut vs RMSE, condición chip y datos-Galaxy S6-video VBOX Lite
 Fuente: El Autor
 Elaboración: El Autor

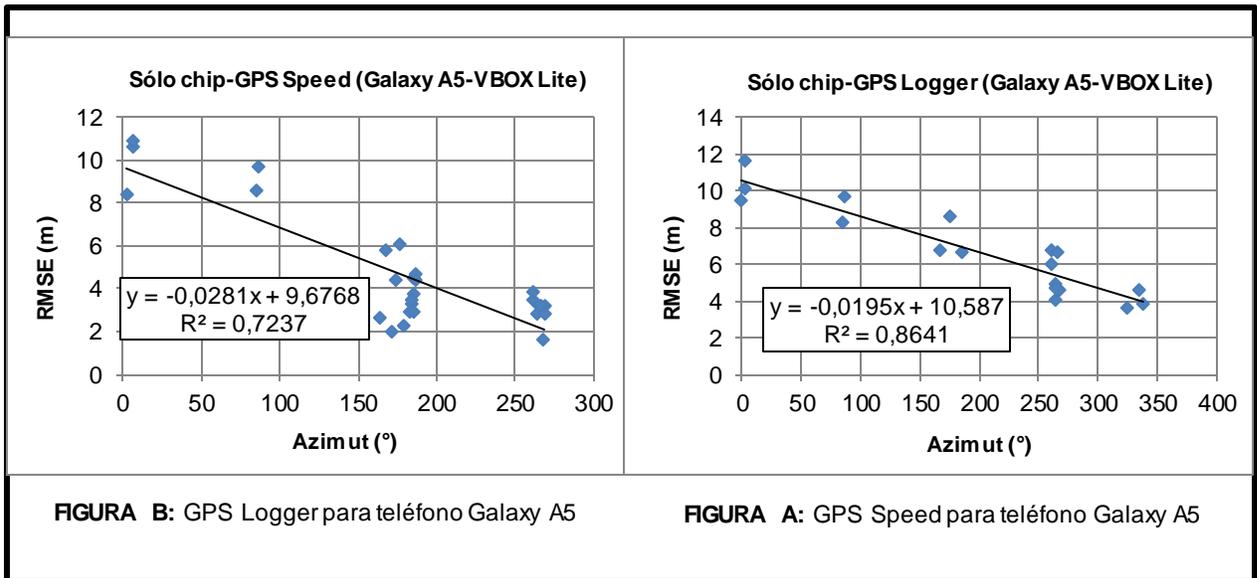


Figura 5.10. Dispersión azimut vs RMSE, condición sólo chip-Galaxy A5-Video VBOX Lite

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

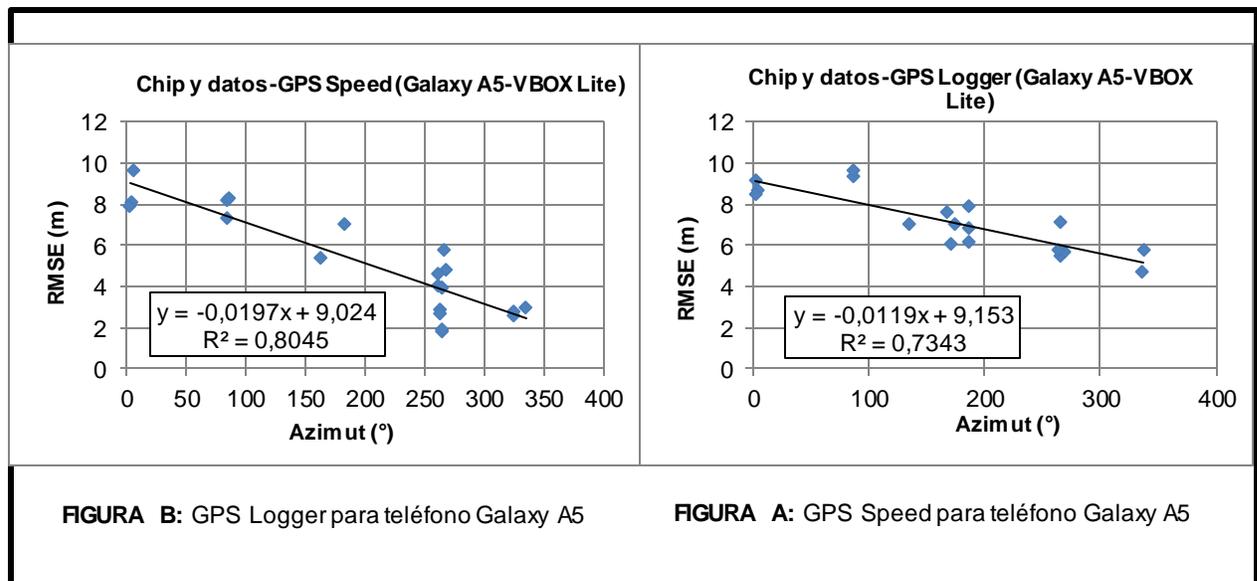


Figura 5.11. Dispersión azimut vs RMSE, condición chip y datos-Galaxy A5-Video Vbox Lite

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Como se pudo apreciar en las gráficas de dispersión presentadas para los modos de registros sólo chip, chip y datos, y para ambas aplicaciones, los valores de par ordenados tienen una tendencia inversamente proporcional de decrecimiento del error respecto del aumento del ángulo de dirección horizontal (azimut).

5.4 Resumen y conclusiones

En este capítulo se realizó el análisis de los datos de ambos estudios tanto para el estático como el dinámico. En el estudio estático se establecieron los modos de recolección más viables o que presentan un menor error cuadrático medio y que se usará en el posterior estudio dinámico. Se obtuvo como mejor condición de registro en el estudio estático el modo sólo chip.

En el estudio dinámico se determinó la característica física que permitió una evaluación común de los tramos de la ruta. Posteriormente y mediante esta característica se establecerá algún modelo matemático que permita determinar los errores presentados por los teléfonos celulares respecto del equipo de video VBOX Lite. La característica más viable que permitirá establecer un análisis general para todos los tramos es el "azimut".

CAPÍTULO VI

CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DE MODELOS

6.1 Introducción

En este apartado se detalla el proceso de calibración y validación de los modelos de regresión desarrollados. Para esta investigación se realizaron 8 modelos mediante un análisis de regresión lineal, los cuales corresponden a los recorridos establecidos en el análisis dinámico.

Además se estableció una nueva ruta, en la cual se validan los modelos de regresión y se determinó su funcionalidad.

6.2 Calibración de modelos

Los modelos de error de posición se calibraron en base a la variable independiente “Azimut”, la misma que resultó la variable más influyente. Para la calibración se empleó el método estadística de regresión lineal, proceso llevado a cabo en el software Microsoft Excel (Excel, 2013). En la Tabla 6.1 se presenta los modelos de error generados, los límites de aplicación y coeficiente de relación de ajuste.

Tabla 6.1. Cuadro de modelos de regresión de error máximo, límites de aplicación y coeficientes de ajuste de los recorridos del estudio dinámico

Número de Ecuación	Recorrido	Modelos de regresión	Límites de aplicación	Coefficiente de ajuste R ²
(6.1)	Primer	$E = -0,0148x(A) + 7,1447$	0,3 – 267,9	0,711
(6.2)	Segundo	$E = -0,0158x(A) + 7,3081$	2,5 – 337,5	0,745
(6.3)	Tercer	$E = -0,0268x(A) + 10,472$	0,3 – 325,3	0,716
(6.4)	Cuarto	$E = -0,0163x(A) + 7,2724$	2,4 – 325,3	0,702
(6.5)	Quinto	$E = -0,0281x(A) + 9,6768$	2,5 – 268,4	0,723
(6.6)	Sexto	$E = -0,0195x(A) + 10,587$	0,3 – 337,5	0,864
(6.7)	Séptimo	$E = -0,0197x(A) + 9,024$	2,5 – 335,0	0,805
(6.8)	Octavo	$E = -0,0119x(A) + 9,153$	2,4 – 337,5	0,734
Samsung Galaxy S6 Primer recorrido: Sólo chip-Speed-VBOX Segundo recorrido: Sólo chip-Logger-VBOX Tercer recorrido: Chip y datos-Speed-VBOX Cuarto recorrido: Chip y datos-Logger-VBOX E= Máximo error cuadrático medio A=Valor de azimut de entrada.		Samsung Galaxy A5 Quinto recorrido: Sólo chip-Speed-VBOX Sexto recorrido: Sólo chip-Logger-VBOX Séptimo recorrido: Chip y datos-Speed-VBOX Octavo recorrido: Chip y datos-Logger-VBOX		

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

6.3 Validación de modelos

Para llevar a cabo la validación de modelos se siguió el proceso que se detalla a continuación:

6.3.1 Preparación de datos

Se parte de la selección de una ruta de validación. Esta ruta contiene 7 tramos o cuabras, los cuales presentan características similares a los tramos de la ruta de estudio. En la Tabla 6.2 se puede visualizar los nuevos tramos con su respectiva designación.

Tabla 6.2. Designación de los tramos constituyentes de la ruta de validación

TRAMOS	CALLE PRINCIPAL	DE	HASTA
TRAMO 1	Av. Pío Jaramillo	Av. Gobernación de Mainas	Chile
TRAMO 2	Chile	Av. Pío Jaramillo	Manuel Zambrano
TRAMO 3	Chile	Manuel Zambrano	Av. Universitaria
TRAMO 4	Av. Universitaria	Chile	Gonzanamá
TRAMO 5	Av. Universitaria	Gonzanamá	Celica
TRAMO 6	Celica	Av. Universitaria	18 de Noviembre
TRAMO 7	Celica	18 de Noviembre	Sucre

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

La ruta de validación se encuentra ubicada en la zona sur de la ciudad de Loja, posee una distancia de recorrido de 950 m aproximadamente, la cual se muestra en la Figura 6.1.

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
4,30	7,06	2,75
3,86	6,31	2,45
6,57	6,24	-0,34
5,48	7,04	1,56
3,57	7,07	3,50
4,14	5,89	1,75
3,71	6,04	2,34

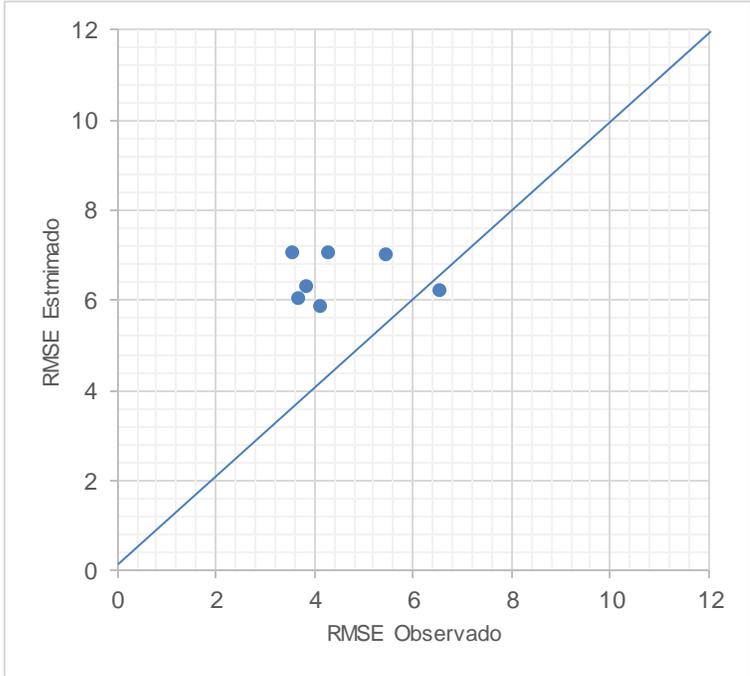


Figura 6.2. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip-GPS Speed-Galaxy S6

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
3,5	7,40	3,85
5,5	8,20	2,69
6,3	8,28	2,01
1,9	7,42	5,51
3,1	7,38	4,26
3,9	8,65	4,78
4,6	8,48	3,91

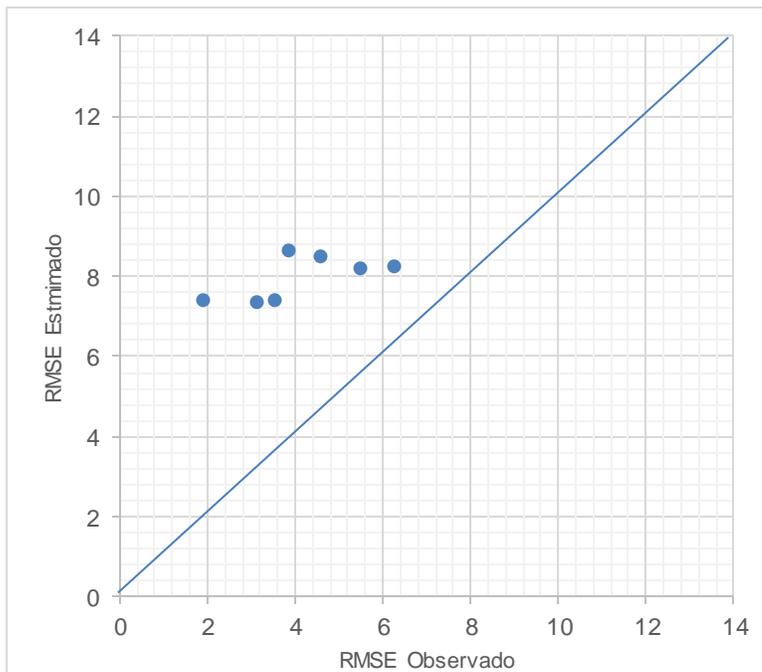


Figura 6.3. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip-GPS Logger-Galaxy S6

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
8,1	10,31	2,22
8,3	8,95	0,61
8,8	8,83	0,06
12,6	10,28	-2,31
6,8	10,35	3,58
7,8	8,19	0,37
7,4	8,48	1,05

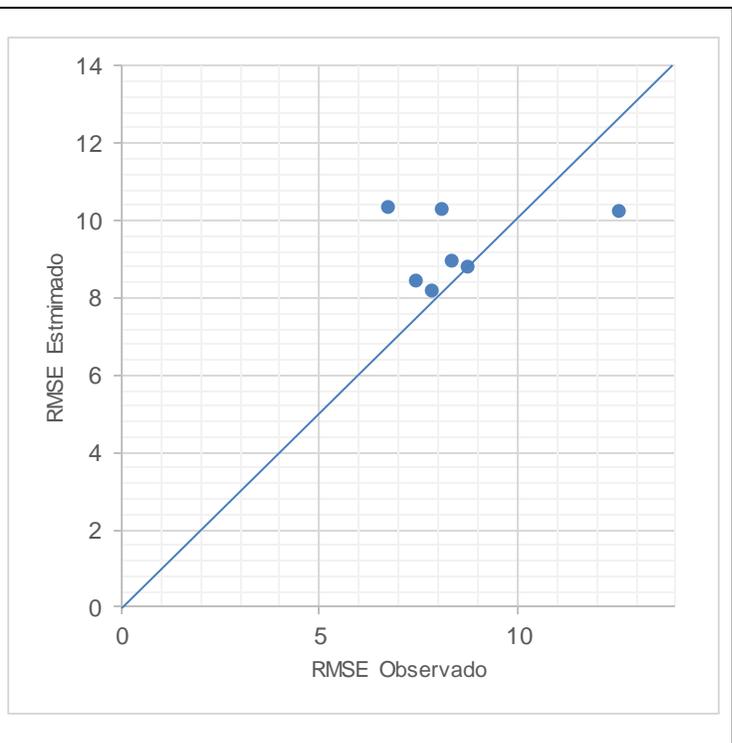


Figura 6.4. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Speed-Galaxy S6

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
8,1	7,17	-0,91
4,1	6,35	2,26
2,9	6,27	3,33
2,5	7,15	4,61
5,5	7,20	1,65
3,5	5,89	2,35
4,5	6,06	1,53

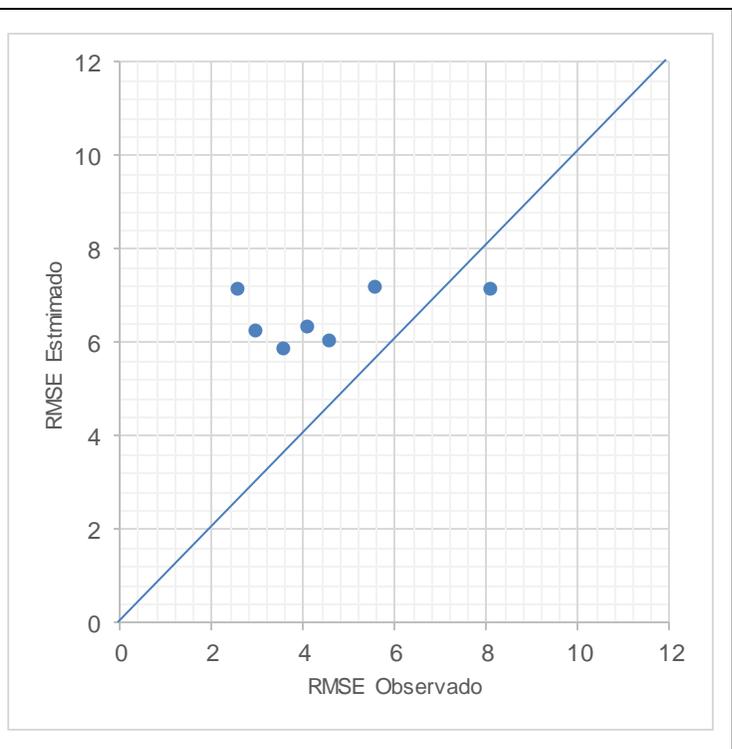


Figura 6.5. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Logger-Galaxy S6

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
7,2	9,51	2,33
1,1	8,08	6,97
5,4	7,95	2,55
4,5	9,47	5,01
2,0	9,54	7,51
3,5	7,29	3,79
4,0	7,59	3,55

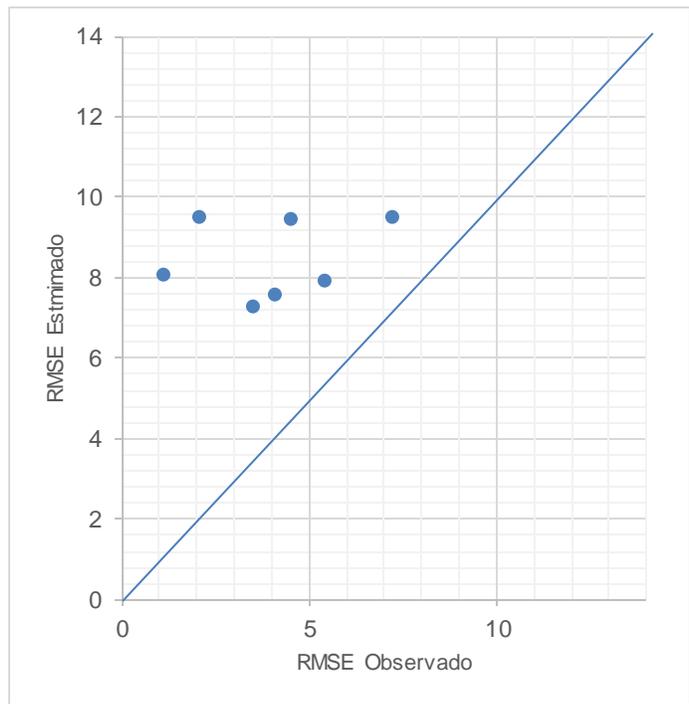


Figura 6.6. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip- GPS Speed-Galaxy A5
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
3,4	10,47	7,08
3,2	9,48	6,23
3,4	9,39	6,04
4,4	10,45	6,08
5,2	10,49	5,32
2,6	8,93	6,34
6,4	9,14	2,70

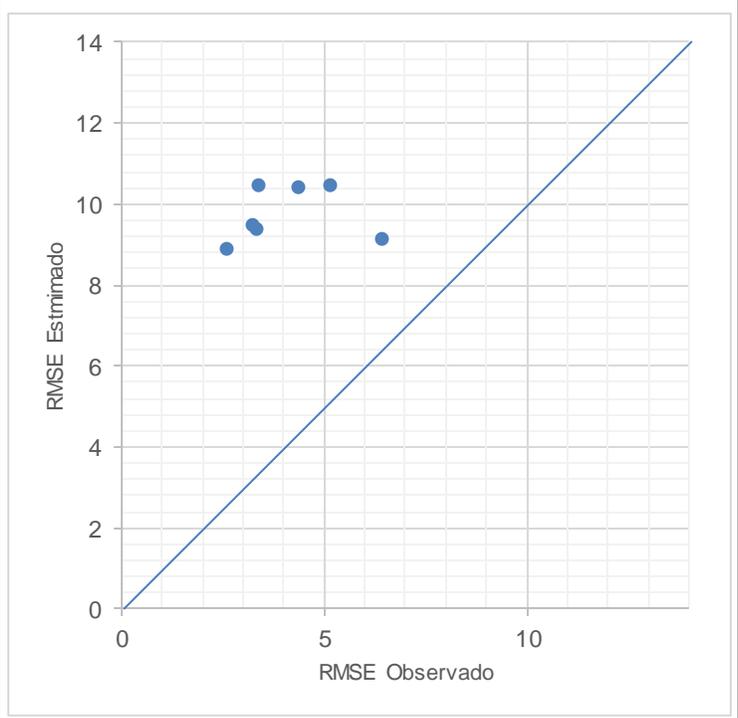


Figura 6.7. Comparación de valores RMSE estimado y observado para sólo chip- GPS Logger-Galaxy A5
Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
3,1	8,91	5,81
1,5	7,91	6,44
2,9	7,82	4,96
3,0	8,88	5,88
3,1	8,93	5,83
0,9	7,35	6,44
4,3	7,56	3,22

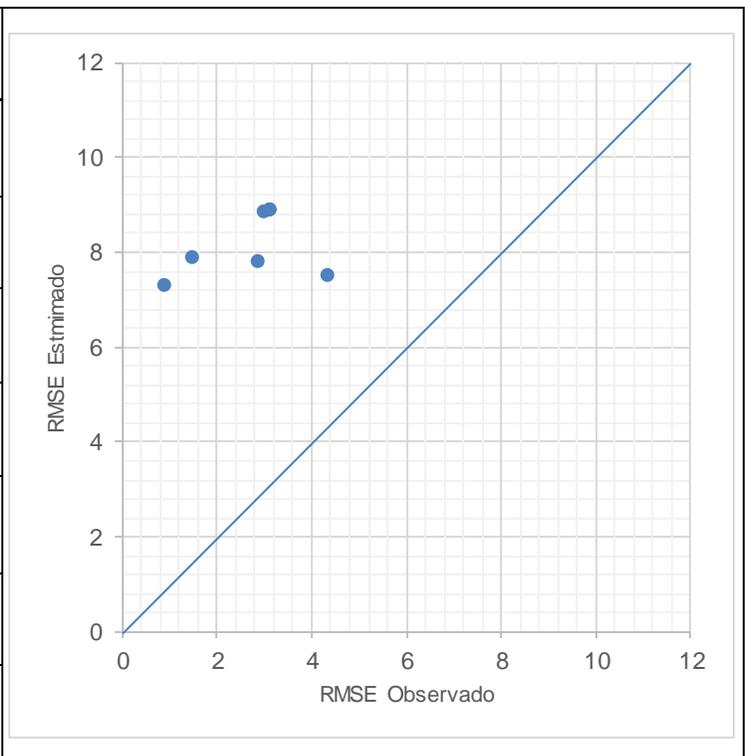


Figura 6.8. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Speed-Galaxy A5

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

RMSE observado (m)	RMSE estimado (m)	Diferencia (m)
6,7	9,08	2,41
4,6	8,48	3,90
4,4	8,42	4,06
3,0	9,07	6,03
2,7	9,10	6,35
3,7	8,14	4,40
3,8	8,27	4,47

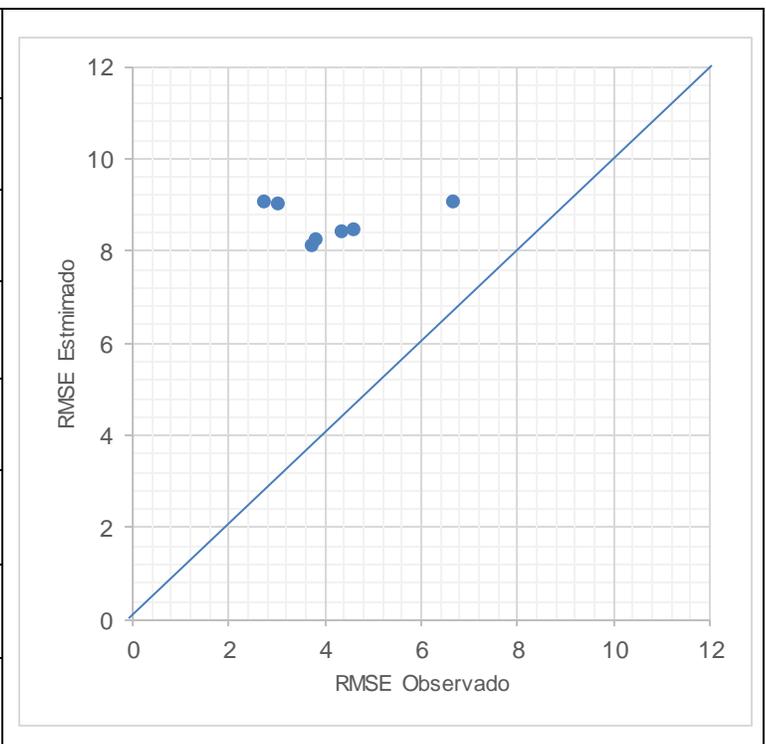


Figura 6.9. Comparación de valores RMSE estimado y observado para chip y datos-GPS Logger-Galaxy A5

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Las representaciones gráficas mostradas permiten una evaluación visual de la dispersión de los datos respecto a una línea de 45°, la cual expresa una correlación perfecta con los valores máximos determinados por el modelo matemático. Así también se calculó la diferencia de los valores de RMSE estimados y los observados con la finalidad de que aporten con información cuantitativa y más eficaz para la evaluación.

6.4 Incorporación del estudio estático al estudio dinámico

Si se asume que el equipo de video de VBOX Lite posee un valor de registro de error cero respecto del punto de control geodésico se puede incorporar el estudio estático en el estudio dinámico. Para cumplir con este objetivo se relacionaron los valores de RMSE del estudio estático con los RMSE del estudio dinámico mediante la determinación del valor matemático de distancia probable entre puntos.

Para llevar a cabo este objetivo se prosiguió con el proceso siguiente:

1. Determinar el valor de RMSE dinámico con respecto al azimut del tramo o cuadra de estudio utilizando las ecuaciones de la Tabla 6.1. Esto según el modo de recolección, aplicación y teléfono celular con el que se analice.
2. Comparar el valor de RMSE dinámico respecto del RMSE estático dispuesto en las Tablas 4.1 a 4.4 y determinar el valor máximo de RMSE.
3. Con el valor máximo de RMSE y la Figura 6.10 se calcula la distancia probable

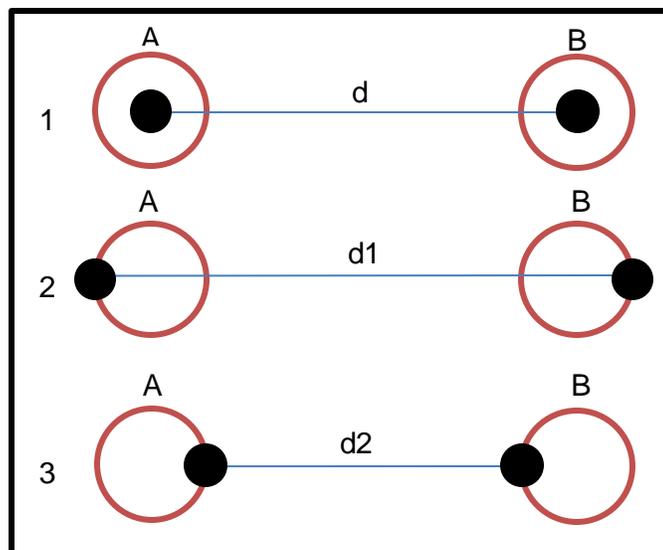


Figura 6.10. Esquema de distancia probable entre dos puntos tomada con los teléfonos celulares

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

En la Figura 6.10 se presentan tres casos de variación de distancia respecto de la ubicación de los puntos de análisis.

En el **primer caso** se tiene la condición normal, que representa la condición de error cero y se asumiría como la base para la deducción de la ecuación.

En el **segundo caso** se tiene la condición de variación máxima, y representa el valor máximo de distancia a la que se podría llegar luego de haber incorporado el valor de RMSE.

En el **tercer caso** se tiene la condición de variación mínima, pues esta representa una distancia mínima entre puntos, que se podría obtener luego de haber incorporado el valor de RMSE.

A partir de estas condiciones se generó una ecuación con la cual se obtiene un valor de distancia probable. La misma que está constituida por el valor de distancia en condición normal \pm dos veces el valor de RMSE máximo determinado en el paso 2. La ecuación se muestra a continuación.

$$Dp = d \pm 2 E.Máx \quad (6.9)$$

Donde:

Dp = distancia probable (m)

D = distancia sin error(m)

E. Máx = RMSE máximo (m)

La ecuación 6.9 es aplicable para datos recolectados los días martes; para datos recolectados en días distintos al martes, se aplicará un factor de corrección al RMSE dinámico previo al paso 2, el mismo que se puede encontrar en las Tabla 6.4 y 6.5.

Tabla 6.4. Factores de corrección de RMSE según el día de recolección para Galaxy S6

SAMSUNG GALAXY S6		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
GPS SPEED							
RMSE	Sólo chip	10,35	1,00	2,34	3,57	7,90	6,16
	Chip y datos	2,37	1,00	0,91	4,46	3,33	4,52
GPS LOGGER							
RMSE	Sólo chip	1,43	1,00	1,79	0,68	1,88	2,09
	Chip y datos	1,32	1,00	0,72	1,43	1,59	0,44

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 6.5. Factores de corrección de RMSE según el día de recolección para Galaxy A5

SAMSUNG GALAXY A5		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
GPS SPEED							
RMSE	Sólo chip	2,01	1,00	1,45	1,92	2,68	2,87
	Chip y datos	1,12	1,00	1,16	1,21	1,19	1,56
GPS LOGGER							
RMSE	Sólo chip	1,26	1,00	1,20	5,59	3,98	1,03
	Chip y datos	0,39	1,00	0,79	2,17	1,95	0,61

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Para mejor comprensión se presentan tres ejemplos de aplicación donde se analizarán los casos que se podrían presentar y su manera de solucionarlos.

Ejemplo 1

Se desea calcular la distancia probable entre dos puntos separados 20 m, los cuales se encuentran localizados en una calle que tiene un azimut 275° . Estos datos se registraron un día martes y mediante el uso de un teléfono celular Samsung Galaxy A5, con la aplicación GPS Logger y el modo de recolección sólo chip.

1. Se calcula el valor de RMSE dinámico a partir del azimut, para lo cual se hace uso de la ecuación (6.6) que se encuentra en la Tabla 6.1

$$E = -0,0195x(A)+10,587$$

$$E = -0,0195x(275^{\circ})+10,587$$

$$E = 5,225m$$

2. Se compara este valor con los valores de RMSE estáticos de la Tabla 4.4 y se establece el valor máximo.

$$RMSE_{dinámico} = 5,225m$$

$$RMSE_{estático} = 0,899m$$

$$5,225 > 0,899 \therefore E.Máx = 5,225m$$

3. Una vez determinado el valor máximo de RMSE se determina el valor de distancia probable.

$$Dp = d \pm 2xE.Máx.$$

$$Dp = 20m \pm 2 \times 5,225m$$

$$Dp = 20 \pm 10,45m$$

El valor de distancia probable para dos puntos tomados con un teléfono celular Samsung Galaxy A5, con la aplicación GPS Logger y con el modo de recolección Sólo chip es de $20 \pm 10,45m$.

Ejemplo 2

Se requiere calcular la distancia probable entre dos puntos que se encuentran distanciados a 25 m y registrados un día lunes, la calle tiene un azimut de 250° . Los registros se realizaron con un teléfono celular Samsung Galaxy S6, con la aplicación GPS Speed y el modo de recolección chip y datos.

1. Se calcula el valor de RMSE dinámico a partir del azimut, para lo cual se hace uso de la ecuación (6.3) que se encuentra en la Tabla 6.1

$$E = -0,0268x(A) + 10,472$$

$$E = -0,0268x(250^\circ) + 10,472m$$

$$E = 3,772m$$

2. Una vez encontrado el valor de RMSE dinámico del día lunes, se procede a transformar este valor para el RMSE dinámico del día martes, mediante el uso del factor de transformación correspondiente, los cuales se encuentran en la Tabla 6.4.

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} (\text{Lunes}) = 3,772\text{m}$$

$$\text{Factor de transformación de Lunes a Martes} = 2,37$$

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} (\text{Martes}) = 3,772\text{m} \times 2,37$$

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} (\text{Martes}) = 8,94\text{m}$$

3. Luego se compara este valor con los valores de RMSE estático de la Tabla 4.1 y se establece el valor máximo.

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} = 8,94\text{m}$$

$$\text{RMSE}_{\text{estático}} = 1,955\text{m}$$

$$8,94 > 1,955 \therefore \text{E.Máx} = 8,94\text{m}$$

4. Una vez determinado el valor máximo de RMSE se determina el valor de distancia probable.

$$\text{Dp} = d \pm 2 \times \text{E.Máx.}$$

$$\text{Dp} = 25\text{m} \pm 2 \times 8,94\text{m}$$

$$\text{Dp} = 25\text{m} \pm 17,88\text{m}$$

El valor de distancia probable para dos puntos tomados con un teléfono celular Samsung Galaxy S6, con la aplicación GPS Speed y con el modo de recolección Chip y Datos para el día lunes es de $25\text{m} \pm 17,88\text{m}$.

Ejemplo 3

Calcule la distancia probable entre dos puntos que se encuentran a una distancia de 30 m y registrados un día Viernes, en una calle con un valor de azimut de 187° . La distancia fue tomada con un teléfono celular Samsung Galaxy A5, con la aplicación GPS Speed y el modo de recolección chip y datos.

1. Se calcula el valor de RMSE dinámico a partir del azimut, para lo cual se hace uso de la ecuación (6.7) que se encuentra en la Tabla 6.1

$$E = -0,0197x(A)+9,024$$

$$E = -0,0197x(67^{\circ})+9,024$$

$$E = 7.704m$$

2. Una vez encontrado el valor de RMSE dinámico del día viernes, se procede a transformar este valor para el RMSE dinámico del día martes, mediante el uso del factor de transformación correspondiente, los cuales se encuentran en la Tabla 6.4.

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} (\text{Viernes}) = 7,704m$$

$$\text{Factor de transformación de Viernes a Martes} = 1,19$$

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} (\text{Martes}) = 7,704m \times 1,19$$

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} (\text{Martes}) = 9,167m$$

3. Luego se compara este valor con los valores de RMSE estático de la Tabla 4.1 y se establece el valor máximo.

$$\text{RMSE}_{\text{dinámico}} = 9,167m$$

$$\text{RMSE}_{\text{estático}} = 2,799m$$

$$9,167 > 2,799 \therefore \text{E.Máx} = 9,167m$$

4. Una vez determinado el valor máximo de RMSE se determina el valor de distancia probable.

$$Dp = d \pm 2xE.Máx.$$

$$Dp = 30m \pm 2 \times 9,167$$

$$Dp = 30m \pm 18,34m$$

El valor de distancia probable para dos puntos tomados con un teléfono celular Samsung Galaxy A5, con la aplicación GPS Speed y con el modo de recolección chip y datos para el día viernes es de $30m \pm 18,34m$

6.5 Resumen y conclusiones

En este capítulo se pudo apreciar el proceso de calibración y validación de los modelos de regresión del error máximo de posición establecidos. Se calibraron 8 modelos de regresión, los cuales poseen un rango de aplicación de aproximadamente $0,3^{\circ}$ a $337,5^{\circ}$ de azimut.

La validación de los modelos se la realizó mediante la elaboración de gráficas de dispersión de valores RMSE observados versus estimados. Obteniendo como resultado que en todos los casos las ecuaciones fueron validadas.

Se realizó la incorporación del RMSE estático en el RMSE dinámico para establecer un valor de distancia probable, la cual se genera por el error de recolección de los teléfonos celulares respecto del equipo de video VBOX Lite.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La presente investigación tuvo la finalidad de realizar un análisis comparativo de los teléfonos celulares respecto del equipo de video VBOX Lite. Este análisis se realizó en función de características físicas presentadas en la ruta de estudio, condiciones de recolección y aplicaciones de servicio GPS de los teléfonos celulares

Posteriormente y de acuerdo al análisis realizado se establecieron varios modelos de regresión de error máximo, también se determinaron varias ecuaciones que permiten obtener los valores de distancia probable entre la posición de dos puntos, respecto del valor máximo de RMSE.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se pudo concluir que:

- Los teléfonos celulares Samsung Galaxy A5 y Samsung Galaxy S6 utilizados en esta investigación sí presentaron variación en el registro de datos de posición respecto al equipo de video VBOX Lite. La variación se cuantificó mediante un valor estadístico representado como error cuadrático medio (RMSE), en función de las condiciones del equipo evaluadas.
- La precisión de posición en los teléfonos celulares se ve afectada por distintas condiciones del equipo que pueden generar errores de medición, las que se pudieron apreciar en esta investigación son: tipo de teléfono celular, condición de recolección de datos y tipo de aplicación usada.
- La aplicación con mejor desempeño para registros de datos dinámicos es la GPS Speed, así como para registros estáticos lo es la aplicación GPS Logger. El teléfono celular que obtuvo mejores resultados de recolección es el teléfono Samsung Galaxy A5 y la mejor condición de registro de datos, que poseen los teléfonos celulares, es el modo de recolección sólo chip.
- Las características físicas del entorno de la ruta de recolección son factores que afectan a la precisión de la posición, debido al encañonamiento del sitio de recolección, interrumpiendo la comunicación de los equipos con los satélites, sin embargo no se encontraron relaciones estadísticas significativas. Es así que el azimut resultó ser la única característica física que tuvo relación estadística con el RMSE y pudo evaluarse en todos los tramos y los recorridos establecidos, además posee un rango de aplicación de $0,3^{\circ}$ a $337,5^{\circ}$.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y las conclusiones obtenidas se recomienda lo siguiente:

- Realizar un estudio similar usando teléfonos celulares que posean sistema operativo IOS, de manera que se pueda comparar con los resultados obtenidos en esta investigación y se determine el teléfono celular de mejores cualidades.
- Realizar un análisis de la influencia que presenta la geometría de los satélites respecto de la generación de errores por sesgo en la medición de localización GPS.
- Usar la aplicación GPS Logger acompañado del modo de recolección sólo WiFi en estado estático, y la aplicación GPS Speed acompañado del modo de recolección sólo chip para el estado dinámico, para obtener registros con mayor precisión.
- Realizar un análisis similar en otra ciudad u otro sector de estudio, considerando la metodología aprendida.
- De la misma manera es recomendable realizar la recolección en diferentes condiciones climáticas para determinar la influencia sobre los resultados de posición.

BIBLIOGRAFÍA

- Araque, J. (2016). *Estas son las diferencias entre los tres modos de ubicación de Android*. Andro4all (CC) [Blog]. Recuperado el 02 de junio del 2017 de <https://andro4all.com/2016/06/diferencias-tres-modos-ubicacion>
- Autodesk (2014). AutoCAD (Versión 2014) [Software]. Descargado de <https://www.autodesk.es/products/autocad/overview>
- Barber, J. (04 Noviembre 2014). *GPS Distance Accuracy Test: Smartphone Apps vs. Dedicated GPS*. Recuperado el 03 de Abril del 2017 de <https://www.singletracks.com/blog/gps/gps-distance-accuracy-test-smartphone-apps-vs-dedicated-gps/>
- Fuentes, S. (5 de Noviembre de 2008). *Xataka Móvil* [Blog]. Recuperado el 08 de junio del 2017 de <http://www.xatakamovil.com/varios/gps-y-a-gps-en-que-se-diferencian>
- García, D. (2008). Sistema GNSS (Global navigation satellite system). (Tesis de Pregrado) Madrid. Universidad Autónoma de Madrid.
- Google. (2017). [Mapa de Loja, Ecuador en Google maps]. Recuperado el 06 de Abril de 2017 de <https://www.google.com.co/maps/place/Loja,+Ecuador/@-4.0105779,-79.2224272,12.72z/data=!4m5!3m4!1s0x91cb480661b91d2d:0x8e12137cdc1eee09!8m2!3d-4.0078909!4d-79.2112769?hl=en>
- Google Play. (2017). App Store (2017) [Aplicación Móvil]. Recuperado el 15 de febrero de 2017 de <https://play.google.com/store/apps?hl=es>
- GPS Visualizer. (2002). GPS Visualizer: Do-It-Yourself Mapping [Aplicación web]. Recuperado el 26 marzo del 2017 de <http://www.gpsvisualizer.com/>
- Gutovnik, P. (1999). *Cómo funciona el sistema GPS, en cinco pasos lógicos*. Obtenido de <http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html>
- Huerta, E., Mangiaterra, A., Noguera, G. (2005). *GPS: posicionamiento satelital*. Rosario: UNR Editora - Universidad Nacional de Rosario.

- Martini, A., Bragachini, M., & Bianchini, A. (2002). *Sistemas de Posicionamiento de Precisión*. Recuperado el 20 de febrero de 2017 de <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2010/01/eea-manfredi-sistemas-de-posicionamiento.pdf>
- Microsoft (2013). Microsoft Office Excel (Versión 2013) [Software]. Descargado de <https://products.office.com/en-us/microsoft-excel-2013>
- Pozo-Ruz, A., Ribeiro, A., García-Alegre, M. C., García, L., Guinea, D., & Sandoval, F. (2000). *Sistema De Posicionamiento Global (Gps): Descripción, Análisis De Errores, Aplicaciones Y Futuro*. ETS Ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga, 174. Recuperado el 13 de abril de 2017 de: http://www.oocities.org/es/foro_gps/infografia/gps5.pdf
- Racelogic. (2014). *Video VBOX-User Manual*. Obtenido de https://racelogic.support/02VBOX_Motorsport/Video_Data_Loggers/Video_VBOX_Range/Video_VBOX_-_User_manual
- Torres, A. (2007). *Mejora de los sistemas de cartografía del territorio colombiano*. Bogotá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Vicente Guido, E. (2005). *Sistema satelitales de posicionamiento global*. Observatorio Astronomico Felix Aguilar. Recuperado el 05 de febrero de 2017 de <http://www.oafa-unsj.edu.ar/oafa/Area%20Extramericiana/GPS/Sistemas%20Satelitales%20de%20Posicionamiento%20Global.htm>
- Wolf , P. R., & Ghilani, C. D. (2009). *Topografía*. (Undecima ed.). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México.
- Zandbergen, Paul A. (2009). *Accuracy of iPhone Locations: A Comparison of Assisted GPS, WiFi and Cellular Positioning*. Transactions in GIS 13(s1): 5–26. Department of Geography University of New Mexico.
- Zandbergen, P. A., Barbeau, S. J. (2011). *Positional Accuracy of Assisted GPS Data from High-Sensitivity GPS-enabled Mobile Phones*. The journal of navigation 64, 381–399. Department of Geography, University of New Mexico.

ANEXOS

ANEXO A: Análisis preliminar

Como primer paso se ejecutó el estudio preliminar, el cual nos servirá como antecedente y fase de práctica previa al estudio dinámico en donde se evaluó las aplicaciones de teléfonos celulares “GPS Speed” y “GPS Logger”. Estas se seleccionaron de acuerdo a las condiciones de uso necesitadas, además se seleccionó una ruta urbana preliminar que consta de 29 calles, las mismas que se pueden encontrar en la Tabla 1.

Tabla 1. Tramos de estudio ruta preliminar

TRAMOS	CALLE PRINCIPAL	DE	HASTA
TRAMO 1	Av. Pio Jaramillo	Av. Gobernación de Mainas	Chile
TRAMO 2	Chile	Av. Pio Jaramillo	Manuel Zambrano
TRAMO 3	Chile	Manuel Zambrano	Av. Manuel Agustín Aguirre
TRAMO 4	Av. Universitaria	Chile	Gonzanamá
TRAMO 5	Av. Universitaria	Gonzanamá	Celica
TRAMO 6	Av. Universitaria	Celica	Cariamanga
TRAMO 7	Av. Universitaria	Cariamanga	Catacocha
TRAMO 8	Catacocha	Av. Universitaria	18 de Noviembre
TRAMO 9	Catacocha	18 de Noviembre	Sucre
TRAMO 10	Sucre	Catacocha	Lourdes
TRAMO 11	Sucre	Lourdes	Mercadillo
TRAMO 12	Sucre	Mercadillo	Azuay
TRAMO 13	Azuay	Sucre	18 de Noviembre
TRAMO 14	Azuay	18 de Noviembre	Av. Universitaria
TRAMO 15	Azuay	Av. Manuel Agustín Aguirre	Lauro Guerrero
TRAMO 16	Azuay	Lauro Guerrero	Ramón Pinto
TRAMO 17	Ramón Pinto	Azuay	Mercadillo
TRAMO 18	Mercadillo	Ramón Pinto	José María Peña
TRAMO 19	Mercadillo	José María Peña	Nicolás García
TRAMO 20	Av. Pio Jaramillo	Mercadillo	Tnte. Maximiliano Rodríguez
TRAMO 21	Av. Pio Jaramillo	Tnte. Maximiliano Rodríguez	Venezuela
TRAMO 22	Av. Pio Jaramillo	Venezuela	España
TRAMO 23	Av. Pio Jaramillo	España	México
TRAMO 24	Av. Pio Jaramillo	México	Brasil
TRAMO 25	Av. Pio Jaramillo	Brasil	Cuba
TRAMO 26	Av. Pio Jaramillo	Cuba	Chile
TRAMO 27	Av. Pio Jaramillo	Chile	Av. Manuel Benjamín Carrión
TRAMO 28	Av. Pio Jaramillo	Av. Manuel Benjamín Carrión	John F. Kennedy
TRAMO 29	Av. Pio Jaramillo	Jhon F. Kennedy	Av. Gobernación de Mainas

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

La ruta preliminar de estudio se encuentra ubicada en la zona sur de la ciudad de Loja, lugar donde posteriormente se extrajeron las condiciones físicas que servirán para el análisis que se realizó más adelante. La ruta preliminar se puede visualizar en la Figura 1.

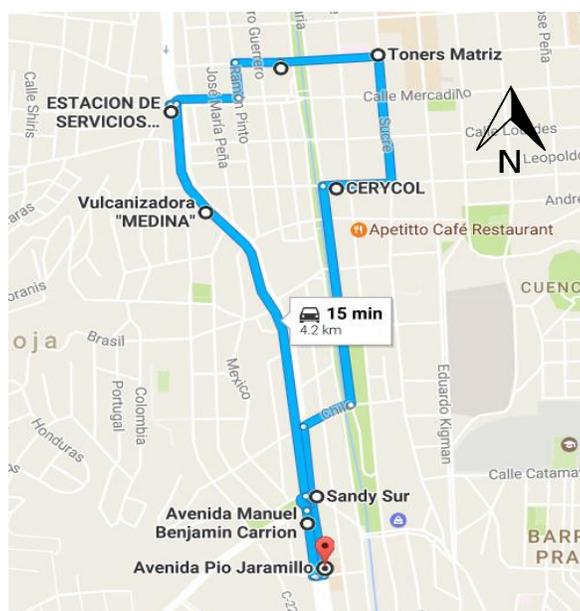


Figura 1. Vista en planta de ruta preliminar.
Fuente: Google maps, 2017
Elaboración: El Autor

Posteriormente como trabajo de campo se realizó el levantamiento de la información de la variable dependiente expresada como los valores de posicionamiento en medidas de longitud y latitud. Esta información se recolectó usando los teléfonos celulares Samsung Galaxy S6 y el Samsung Galaxy A5 simultáneamente y a partir de las aplicaciones GPS Logger y GPS Speed, en 6 recorridos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Detalles de recorridos, equipos, aplicaciones y uso de datos del estudio preliminar.

Recorridos	Fecha	Hora	Teléfono celular		Aplicación		Uso de datos
Primer recorrido	25/11/2016	23:33:49	Galaxy S6	Galaxy A5	GPS Speed	GPS Logger	si
Segundo recorrido	25/11/2016	23:44:56	Galaxy S6	Galaxy A5	GPS Logger	GPS Speed	si
Tercer recorrido	25/11/2016	23:55:52	Galaxy S6	Galaxy A5	GPS Speed	GPS Speed	si
Cuarto recorrido	26/11/2016	0:05:12	Galaxy S6	Galaxy A5	GPS Logger	GPS Logger	si
Quinto recorrido	28/11/2016	23:16:23	Galaxy S6	Galaxy A5	GPS Speed	GPS Logger	no
Sexto recorrido	28/11/2016	23:28:33	Galaxy S6	Galaxy A5	GPS Logger	GPS Speed	no

Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

Así también se obtuvo la información de las variables independientes establecidas como las características físicas propias de los tramos constituyentes de la ruta preliminar. Esta información se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Características físicas de los tramos de estudio de la ruta preliminar.

NUMERO	CARACTERÍSTICAS	TERMINOLOGÍA
1	Número de casas de 1 piso lado derecho	(nc1d)
2	Número de casas de 2 pisos lado derecho	(nc2d)
3	Número de casas de 3 pisos lado derecho	(nc3d)
4	Número de casas de 4 pisos lado derecho	(nc4d)
5	Número de casas de 5 pisos lado derecho	(nc5d)
6	Número de casas de 6 pisos lado derecho	(nc6d)
7	Número de casas de 7 pisos lado derecho	(nc7d)
8	Número de casas de 1 piso lado izquierdo	(nc1i)
9	Número de casas de 2 pisos lado izquierdo	(nc2i)
10	Número de casas de 3 pisos lado izquierdo	(nc3i)
11	Número de casas de 4 pisos lado izquierdo	(nc4i)
12	Número de casas de 5 pisos lado izquierdo	(nc5i)
13	Número de casas de 6 pisos lado izquierdo	(nc6i)
14	Número de casas de 7 pisos lado izquierdo	(nc7i)
15	Número de árboles grandes lado derecho	(nagd)
16	Número de árboles medianos lado derecho	(namd)
17	Número de postes con cables lado derecho	(npcd)
18	Número de árboles grandes lado izquierdo	(nagi)
19	Número de árboles medianos lado izquierdo	(nami)
20	Número de Postes con cables lado izquierdo	(npci)
21	Ancho de calzada	(ac)
22	Ancho de acera lado derecho	(aad)
23	Ancho de acera lado izquierdo	(aai)
24	Ancho de parterre	(ap)

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Para el procesamiento de datos primero se procedió a ordenar la información y agrupar los datos de igual condición (hora, posición, etc.), presentado por ambos teléfonos celulares, para esto se graficaron los valores de posicionamiento (latitud y longitud) mediante el uso del software Microsoft Excel (Excel, 2013) y AutoCAD (AutoCAD, 2014), permitiendo así una mejor orientación al momento de agrupar y distinguir los puntos de posicionamiento respecto de los tramos antes mencionados.

Una vez se encuentran los datos agrupados de ambas aplicaciones, se procede a determinar el valor de diferencia entre los datos, para ello se hace uso de la ecuación de distancia entre dos puntos y así obtener los valores de distinción como: distancia, distancia mínima, máxima,

promedio y desviación estándar de distancia, para cada tramo de la ruta y para cada recorrido, tal y como se muestra en el Tabla 4.

Tabla 4. Ejemplo determinación de distancia, mínima, máxima, media y desviación estándar.

TRAMO	Distancia (m)	Distancia Mín. (m)	Distancia Máx. (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar Distancia (m)
Tramo 8	3,650	3,300	4,572	3,691	0,364
	3,559				
	3,801				
	3,598				

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Así también se analizó los resultados de distancia media obtenidos, y por motivo que no se encontró un patrón que defina una similitud entre tramos, se planificó realizar un análisis de las características físicas de cada tramo respecto de la distancia media.

Finalmente se procedió a realizar gráficas de dispersión de puntos, de la distancia media vs las características físicas, de acuerdo a los recorridos realizados y para 6 casos de estudio establecidos como son: Avenidas con rio, Avenidas con parterre, Calles céntricas, calles Norte-Sur; Sur-Norte, calles Este-Oeste; Oeste-Este, calles Noreste; Sureste, con los cuales se pretendió determinar menores valores de ajuste R^2 . Estas graficas muestran la tendencia que presenta una característica física, respecto de la distancia media de los puntos situados en cada tramo.

A partir de la tendencia presentada por estas gráficas, se determinó el valor de ajuste R^2 de cada una de las características físicas, en función de estos porcentajes de ajuste estableció cuáles serían las variables que se descartarán o asumirán en el estudio dinámico. Acordando previamente que se aceptara las variables cuyo el valor de ajuste R^2 en cuestión sea igual o mayor a 0,1.

Se deberán revisar los valores de R^2 de cada característica física para todos los recorridos, para así determinar si poseen el valor mínimo de ajuste en al menos un recorrido de lo contrario se desechará. Los resultados de los valores de R^2 se muestran en las Tablas 5 a 10.

Tabla 5. Resultados de correlación (R^2) para avenidas con río

Características	Avenidas con río					
	R^2					
	S-L (d)	L-S (d)	S-S (d)	L-L (d)	S-L (sd)	L-S (sd)
Número de casas de 1 piso lado derecho (nc1d)	0,575	0,869	-	0,638	-	0,120
Número de casas de 2 pisos lado derecho (nc2d)	0,869	-	0,470	0,752	0,607	0,368
Número de casas de 3 pisos lado derecho (nc3d)	0,729	-	0,720	0,823	0,278	-
Número de casas de 4 pisos lado derecho (nc4d)	0,072	0,285	0,193	-	0,900	0,994
Número de casas de 5 pisos lado derecho (nc5d)	0,370	-	0,661	0,568	-	-
Número de casas de 6 pisos lado derecho (nc6d)	0,869	-	0,470	0,752	0,607	0,368
Número de casas de 7 pisos lado derecho (nc7d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (nc1i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (nc2i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (nc3i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (nc4i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (nc5i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (nc6i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (nc7i)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (nagd)	0,869	-	0,470	0,752	0,607	0,368
Altura media de árboles grandes lado derecho (amagd)	0,869	-	0,470	0,752	0,607	0,368
Número de árboles medianos lado derecho (namd)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado derecho (amamd)	-	-	-	-	-	-
Número de postes con cables lado derecho (npcd)	0,410	-	0,480	0,262	0,974	0,841
Altura media de arbustos lado derecho (amad)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (nagi)	0,157	0,358	0,830	0,126	0,779	0,654
Altura media de árboles grandes lado izquierdo (amagi)	-	0,606	0,736	-	0,625	0,580
Número de árboles medianos lado izquierdo (nami)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado izquierdo (amami)	-	-	-	-	-	-
Número de Postes con cables lado izquierdo (npci)	-	-	-	-	-	-
Altura media de arbustos lado izquierdo (amai)	-	-	-	-	-	-
Ancho de río (ar)	-	-	-	-	-	-
Ancho de calzada (ac)	-	-	-	-	-	-
Ancho de acera lado derecho (aad)	-	0,424	0,278	-	0,891	0,983
Ancho de acera lado izquierdo (aai)	-	-	-	-	-	-
Ancho de parterre (ap)	-	-	-	-	-	-
Altura media de casas de lado derecho e izquierdo (amcdi)	0,491	0,825	-	0,616	-	0,214
S-L (d): GPS Speed-GPS Logger con datos L-S (d): GPS Logger-GPS Speed con datos S-S (d): GPS Speed-GPS Speed con datos L-L (d): GPS Logger-GPS Logger con datos S-L (sd): GPS Speed-GPS Logger sin datos L-S (sd): GPS Logger-GPS Speed sin datos -: Relación $R^2 < 0.1$						

Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

Tabla 6. Resultados de correlación (R^2) para avenidas con parterre

Características	Avenidas con parterre					
	R^2					
	S-L (d)	L-S (d)	S-S (d)	L-L (d)	S-L (sd)	L-S (sd)
Número de casas de 1 piso lado derecho (nc1d)	-	-	-	0,344	0,288	0,248
Número de casas de 2 pisos lado derecho (nc2d)	-	-	0,113	0,292	-	0,138
Número de casas de 3 pisos lado derecho (nc3d)	0,273	-	0,328	0,195	-	0,140
Número de casas de 4 pisos lado derecho (nc4d)	-	0,108	-	-	-	0,222
Número de casas de 5 pisos lado derecho (nc5d)	-	0,390	-	-	-	0,337
Número de casas de 6 pisos lado derecho (nc6d)	-	0,187	-	-	-	0,266
Número de casas de 7 pisos lado derecho (nc7d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (nc1i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (nc2i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (nc3i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (nc4i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (nc5i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (nc6i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (nc7i)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (nagd)	0,197	-	-	-	-	0,385
Altura media de árboles grandes lado derecho (amagd)	0,207	-	-	-	-	0,327
Número de árboles medianos lado derecho (namd)	-	0,120	0,195	-	0,114	0,105
Altura media de árboles medianos lado derecho (amamd)	-	0,120	0,195	-	0,114	0,132
Número de postes con cables lado derecho (npcd)	-	-	-	0,388	-	0,385
Altura media de arbustos lado derecho (amad)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (nagi)	-	0,126	-	0,107	-	0,271
Altura media de árboles grandes lado izquierdo (amagi)	-	-	-	0,378	-	0,368
Número de árboles medianos lado izquierdo (nami)	0,108	-	0,174	0,495	-	-
Altura media de árboles medianos lado izquierdo (amami)	-	-	0,109	0,545	-	0,362
Número de Postes con cables lado izquierdo (npci)	-	-	-	-	-	0,422
Altura media de arbustos lado izquierdo (amai)	0,152	0,124	-	0,171	0,389	0,123
Ancho de río (ar)	-	-	-	-	-	-
Ancho de calzada (ac)	-	-	-	-	0,169	0,216
Ancho de acera lado derecho (aad)	-	-	-	0,160	0,195	0,296
Ancho de acera lado izquierdo (aai)	-	-	-	-	-	-
Ancho de parterre (ap)	-	-	-	0,219	0,171	0,395
Altura media de casas de lado derecho e izquierdo (amcdi)	-	-	-	-	0,279	-
S-L (d): GPS Speed-GPSLogger con datos L-S (d): GPSLogger-GPS Speed con datos S-S (d): GPS Speed-GPS Speed con datos L-L (d): GPSLogger-GPSLogger con datos S-L (sd): GPS Speed-GPSLogger sin datos L-S (sd): GPSLogger-GPS Speed sin datos -: Relación $R^2 < 0.1$						

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 7. Resultados de correlación (R^2) para Calles

Características	Calles					
	R^2					
	S-L (d)	L-S (d)	S-S (d)	L-L (d)	S-L (sd)	L-S (sd)
Número de casas de 1 piso lado derecho (nc1d)	-	0,129	-	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado derecho (nc2d)	0,281	-	-	0,423	0,124	-
Número de casas de 3 pisos lado derecho (nc3d)	0,109	-	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado derecho (nc4d)	-	-	-	-	-	0,164
Número de casas de 5 pisos lado derecho (nc5d)	0,345	0,241	-	-	0,177	-
Número de casas de 6 pisos lado derecho (nc6d)	0,243	-	-	-	-	0,193
Número de casas de 7 pisos lado derecho (nc7d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (nc1i)	0,166	-	-	0,595	0,178	-
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (nc2i)	-	-	0,151	-	-	-
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (nc3i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (nc4i)	0,252	-	0,151	0,240	-	-
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (nc5i)	-	0,201	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (nc6i)	-	-	-	0,124	-	0,142
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (nc7i)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (nagd)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles grandes lado derecho (amagd)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles medianos lado derecho (namd)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado derecho (amamd)	-	-	-	-	-	-
Número de postes con cables lado derecho (npcd)	0,232	0,113	-	-	0,554	0,103
Altura media de arbustos lado derecho (amad)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (nagi)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles grandes lado izquierdo (amagi)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles medianos lado izquierdo (nami)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado izquierdo (amami)	-	-	-	-	-	-
Número de Postes con cables lado izquierdo (npci)	-	-	-	-	-	-
Altura media de arbustos lado izquierdo (amai)	-	-	-	-	-	-
Ancho de río (ar)	-	-	-	-	-	-
Ancho de calzada (ac)	-	-	-	-	-	-
Ancho de acera lado derecho (aad)	0,273	0,156	-	-	-	0,197
Ancho de acera lado izquierdo (aai)	-	-	-	0,292	0,126	-
Ancho de parterre (ap)	-	-	-	-	-	-
Altura media de casas de lado derecho e izquierdo (amcdi)	-	0,118	-	-	0,145	-
S-L (d): GPS Speed-GPSLogger con datos L-S (d): GPSLogger-GPS Speed con datos S-S (d): GPS Speed-GPS Speed con datos L-L (d): GPSLogger-GPSLogger con datos S-L (sd): GPS Speed-GPSLogger sin datos L-S (sd): GPSLogger-GPS Speed sin datos -: Relación $R^2 < 0.1$						

Fuente: El Autor
Elaboración: El Autor

Tabla 8. Resultados de correlación (R^2) para puntos cardinales (sur-norte, norte-sur)

Características	Puntos cardinales (sur-norte, norte-sur)					
	R^2					
	S-L (d)	L-S (d)	S-S (d)	L-L (d)	S-L (sd)	L-S (sd)
Número de casas de 1 piso lado derecho (nc1d)	0,248	0,158	0,332	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado derecho (nc2d)	-	-	-	0,178	-	-
Número de casas de 3 pisos lado derecho (nc3d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 4 pisos lado derecho (nc4d)	-	-	-	-	0,223	-
Número de casas de 5 pisos lado derecho (nc5d)	-	0,119	-	0,406	-	0,266
Número de casas de 6 pisos lado derecho (nc6d)	-	-	-	0,144	-	-
Número de casas de 7 pisos lado derecho (nc7d)	-	0,128	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (nc1i)	0,299	0,123	-	-	0,245	-
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (nc2i)	0,482	0,236	-	0,178	0,109	-
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (nc3i)	0,482	0,236	-	0,178	0,109	-
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (nc4i)	0,506	0,121	0,200	-	0,237	0,161
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (nc5i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (nc6i)	0,210	-	-	-	0,261	-
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (nc7i)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (nagd)	-	-	0,131	0,116	-	0,180
Altura media de árboles grandes lado derecho (amagd)	-	-	0,109	-	-	0,114
Número de árboles medianos lado derecho (namd)	-	0,141	-	-	0,102	-
Altura media de árboles medianos lado derecho (amamd)	-	0,141	-	-	0,102	-
Número de postes con cables lado derecho (npcd)	0,295	-	0,268	-	-	-
Altura media de arbustos lado derecho (amad)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (nagi)	0,398	0,362	0,255	-	-	-
Altura media de árboles grandes lado izquierdo (amagi)	0,320	0,246	0,147	-	0,136	-
Número de árboles medianos lado izquierdo (nami)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado izquierdo (amami)	-	-	-	-	-	-
Número de Postes con cables lado izquierdo (npci)	-	-	-	-	-	-
Altura media de arbustos lado izquierdo (amai)	0,120	0,351	-	0,111	0,303	-
Ancho de río (ar)	-	-	-	-	0,211	-
Ancho de calzada (ac)	0,450	0,302	0,207	-	0,277	-
Ancho de acera lado derecho (aad)	0,179	-	-	-	0,247	-
Ancho de acera lado izquierdo (aai)	0,107	-	-	-	-	-
Ancho de parterre (ap)	0,139	-	-	-	-	-
Altura media de casas de lado derecho e izquierdo (amcdi)	0,253	0,318	0,122	-	-	-

S-L (d): GPS Speed-GPSLogger con datos
L-S (d): GPSLogger-GPS Speed con datos
S-S (d): GPS Speed-GPS Speed con datos
L-L (d): GPSLogger-GPSLogger con datos
S-L (sd): GPS Speed-GPSLogger sin datos
L-S (sd): GPSLogger-GPS Speed sin datos
 -: Relación $R^2 < 0.1$

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 9. Resultados de correlación (R^2) para puntos cardinales (oeste-este, este-oeste)

Características	Puntos cardinales (oeste-este, este-oeste)					
	R^2					
	S-L (d)	L-S (d)	S-S (d)	L-L (d)	S-L (sd)	L-S (sd)
Número de casas de 1 piso lado derecho (nc1d)	-	0,163	0,168	0,297	0,354	0,161
Número de casas de 2 pisos lado derecho (nc2d)	-	0,639	-	0,277	-	0,162
Número de casas de 3 pisos lado derecho (nc3d)	0,464	0,359	-	0,171	0,160	-
Número de casas de 4 pisos lado derecho (nc4d)	-	0,100	-	0,255	-	-
Número de casas de 5 pisos lado derecho (nc5d)	0,595	-	-	-	0,654	0,143
Número de casas de 6 pisos lado derecho (nc6d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado derecho (nc7d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (nc1i)	0,288	0,285	-	0,226	-	0,300
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (nc2i)	0,195	0,536	-	0,662	-	-
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (nc3i)	-	-	0,116	0,112	0,219	-
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (nc4i)	-	0,229	-	0,249	-	-
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (nc5i)	0,397	-	-	-	0,201	0,488
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (nc6i)	-	0,229	-	0,249	-	-
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (nc7i)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (nagd)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles grandes lado derecho (amagd)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles medianos lado derecho (namd)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado derecho (amamd)	-	-	-	-	-	-
Número de postes con cables lado derecho (npcd)	0,115	-	-	-	-	-
Altura media de arbustos lado derecho (amad)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (nagi)	0,195	0,352	0,217	0,383	-	-
Altura media de árboles grandes lado izquierdo (amagi)	0,208	0,341	0,248	0,412	-	-
Número de árboles medianos lado izquierdo (nami)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado izquierdo (amami)	-	-	-	-	-	-
Número de Postes con cables lado izquierdo (npai)	-	-	-	-	-	-
Altura media de arbustos lado izquierdo (amai)	0,219	0,321	0,280	0,438	-	-
Ancho de río (ar)	-	-	-	-	-	-
Ancho de calzada (ac)	-	0,266	0,260	0,560	0,116	-
Ancho de acera lado derecho (aad)	0,227	0,310	0,263	0,427	-	-
Ancho de acera lado izquierdo (aai)	0,323	0,195	0,171	0,253	-	0,160
Ancho de parterre (ap)	0,219	0,321	0,280	0,438	-	-
Altura media de casas de lado derecho e izquierdo (amcdi)	0,187	0,105	0,182	0,220	0,199	0,337
S-L (d): GPS Speed-GPSLogger con datos L-S (d): GPSLogger-GPS Speed con datos S-S (d): GPS Speed-GPS Speed con datos L-L (d): GPSLogger-GPSLogger con datos S-L (sd): GPS Speed-GPSLogger sin datos L-S (sd): GPSLogger-GPS Speed sin datos -: Relación $R^2 < 0.1$						

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 10. Resultados de correlación (R^2) para puntos cardinales (noreste, sureste)

Características	Puntos cardinales (noreste, sureste)					
	R^2					
	S-L (d)	L-S (d)	S-S (d)	L-L (d)	S-L (sd)	L-S (sd)
Número de casas de 1 piso lado derecho (nc1d)	0,336	-	0,321	0,193	0,144	-
Número de casas de 2 pisos lado derecho (nc2d)	0,286	0,910	0,809	0,861	0,891	0,990
Número de casas de 3 pisos lado derecho (nc3d)	-	0,726	0,431	0,468	0,808	0,738
Número de casas de 4 pisos lado derecho (nc4d)	-	0,263	0,324	0,262	0,769	0,450
Número de casas de 5 pisos lado derecho (nc5d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado derecho (nc6d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado derecho (nc7d)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 1 piso lado izquierdo (nc1i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 2 pisos lado izquierdo (nc2i)	0,226	0,981	0,508	0,651	-	0,788
Número de casas de 3 pisos lado izquierdo (nc3i)	0,106	-	0,507	0,358	0,641	0,358
Número de casas de 4 pisos lado izquierdo (nc4i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 5 pisos lado izquierdo (nc5i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 6 pisos lado izquierdo (nc6i)	-	-	-	-	-	-
Número de casas de 7 pisos lado izquierdo (nc7i)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado derecho (nagd)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles grandes lado derecho (amagd)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles medianos lado derecho (namd)	-	-	-	-	-	-
Altura media de árboles medianos lado derecho (amamd)	-	-	-	-	-	-
Número de postes con cables lado derecho (npcd)	-	0,543	-	0,143	0,381	0,376
Altura media de arbustos lado derecho (amad)	-	-	-	-	-	-
Número de árboles grandes lado izquierdo (nagi)	-	0,765	0,484	0,524	0,837	0,786
Altura media de árboles grandes lado izquierdo (amagi)	-	0,830	0,585	0,630	0,878	0,868
Número de árboles medianos lado izquierdo (nami)	0,145	0,281	-	-	0,399	0,247
Altura media de árboles medianos lado izquierdo (amami)	0,145	0,281	-	-	0,399	0,247
Número de Postes con cables lado izquierdo (npci)	-	-	-	-	-	-
Altura media de arbustos lado izquierdo (amai)	0,286	0,910	0,809	0,861	0,891	0,990
Ancho de río (ar)	-	-	-	-	-	-
Ancho de calzada (ac)	0,286	0,910	0,774	0,861	0,891	0,990
Ancho de acera lado derecho (aad)	0,286	0,910	0,809	0,861	0,891	0,990
Ancho de acera lado izquierdo (aai)	0,286	0,910	0,809	0,861	0,891	0,990
Ancho de parterre (ap)	0,286	0,910	0,809	0,704	0,891	0,990
Altura media de casas de lado derecho e izquierdo (amcdi)	-	0,810	0,216	0,352	0,252	0,496
S-L (d): GPS Speed-GPSLogger con datos L-S (d): GPSLogger-GPS Speed con datos S-S (d): GPS Speed-GPS Speed con datos L-L (d): GPSLogger-GPSLogger con datos S-L (sd): GPS Speed-GPSLogger sin datos L-S (sd): GPSLogger-GPS Speed sin datos -: Relación $R^2 < 0.1$						

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Debido a los resultados obtenidos y mostrados en las Tablas 5 a 10 se estableció que para el estudio dinámico se evaluarán todas las características físicas presentadas, y así poder determinar con mayor certeza cual característica será la que permitirá un análisis común para todos los tramos de la ruta.

ANEXO B: Procesamiento de datos tomados en la ruta de estudio, variable dependiente.

Tabla 11. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Speed - sólo chip

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	3,28	5,40	4,49	0,51	4,51
TRAMO 2	2,72	5,61	3,69	0,75	3,76
TRAMO 3	1,73	3,75	2,98	0,63	3,04
TRAMO 4	1,31	5,70	3,98	1,07	4,11
TRAMO 5	0,09	3,81	1,73	0,85	1,93
TRAMO 6	0,61	3,48	2,50	0,78	2,61
TRAMO 7	3,45	5,43	4,68	0,58	4,71
TRAMO 8	3,54	5,69	5,11	0,58	5,14
TRAMO 9	0,17	4,83	2,26	1,34	2,61
TRAMO 10	0,47	5,56	3,15	1,31	3,40
TRAMO 11	4,61	5,69	5,13	0,35	5,14
TRAMO 12	4,13	8,96	6,68	1,42	6,82
TRAMO 13	5,50	7,63	6,47	0,66	6,50
TRAMO 14	5,23	8,12	6,86	0,95	6,92
TRAMO 15	5,40	10,10	7,70	1,80	7,89
TRAMO 16	5,21	6,46	5,59	0,34	5,60
TRAMO 17	3,71	7,37	5,76	0,80	5,81
TRAMO 18	0,95	6,90	4,75	1,13	4,88
TRAMO 19	3,25	7,67	6,03	1,60	6,22
TRAMO 20	3,81	6,86	5,34	1,07	5,43
TRAMO 21	3,40	5,87	4,72	0,99	4,81
TRAMO 22	1,41	6,04	3,60	1,52	3,88
TRAMO 23	0,78	5,17	1,99	1,16	2,30
TRAMO 24	0,35	4,81	2,29	1,15	2,55
TRAMO 25	2,18	4,18	3,09	0,70	3,17
TRAMO 26	0,87	3,72	2,58	0,79	2,70
TRAMO 27	3,64	5,09	4,48	0,45	4,50
TRAMO 28	3,32	3,96	3,70	0,25	3,71
TRAMO 29	3,79	7,71	6,04	1,33	6,18
TRAMO 30	6,13	7,41	6,64	0,48	6,66
TRAMO 31	3,35	7,49	6,28	0,98	6,36
TRAMO 32	0,20	4,90	2,13	1,32	2,49
TRAMO 33	4,21	6,83	5,67	0,92	5,74
TRAMO 34	2,73	4,42	3,90	0,56	3,93
TRAMO 35	0,89	2,95	2,14	0,73	2,25
TRAMO 36	1,03	1,80	1,36	0,27	1,39
TRAMO 37	0,88	5,81	2,83	1,77	3,30
TRAMO 38	0,27	2,38	1,29	0,66	1,44
TRAMO 39	0,08	2,27	1,07	0,64	1,24
TRAMO 40	0,88	5,72	3,31	2,07	3,82
TRAMO 41	0,46	6,14	3,14	1,96	3,66
TRAMO 42	4,87	5,79	5,39	0,33	5,40
TRAMO 43	5,32	6,90	5,89	0,48	5,91
TRAMO 44	7,20	8,41	7,71	0,42	7,72
TRAMO 45	6,05	7,31	6,80	0,47	6,82
TRAMO 46	0,93	9,95	3,93	2,72	4,77
TRAMO 47	3,57	9,12	6,23	2,01	6,52
TRAMO 48	5,03	9,45	8,62	1,24	8,71
TRAMO 49	2,45	5,48	4,17	1,06	4,30
TRAMO 50	0,38	4,63	2,98	1,25	3,22
TRAMO 51	1,05	4,52	2,91	1,08	3,10

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 12. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Logger - sólo chip

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	1,38	6,77	3,51	1,53	3,81
TRAMO 2	2,14	12,60	6,50	3,39	7,25
TRAMO 3	11,31	12,44	11,88	0,80	11,89
TRAMO 4	4,83	10,54	7,83	2,42	8,14
TRAMO 5	3,33	10,91	7,68	2,14	7,94
TRAMO 6	0,85	4,95	2,53	1,24	2,81
TRAMO 7	2,11	5,70	3,98	1,31	4,17
TRAMO 8	8,17	17,61	13,79	3,05	14,09
TRAMO 9	0,97	8,24	2,82	2,43	3,63
TRAMO 10	1,60	5,80	4,03	1,34	4,23
TRAMO 11	1,72	3,97	3,05	0,83	3,14
TRAMO 12	1,33	2,27	1,84	0,42	1,88
TRAMO 13	1,14	2,74	1,81	0,68	1,92
TRAMO 14	1,20	4,39	2,39	1,12	2,61
TRAMO 15	1,08	2,32	1,55	0,49	1,61
TRAMO 16	0,82	3,99	2,00	1,04	2,23
TRAMO 17	3,10	4,81	4,11	0,47	4,14
TRAMO 18	2,48	4,61	3,54	0,68	3,60
TRAMO 19	0,62	3,72	1,97	1,07	2,22
TRAMO 20	1,12	3,06	1,79	0,53	1,86
TRAMO 21	0,54	1,86	1,24	0,58	1,33
TRAMO 22	0,24	5,02	2,48	2,10	3,13
TRAMO 23	2,42	4,88	3,63	0,86	3,72
TRAMO 24	0,39	6,25	2,92	1,86	3,43
TRAMO 25	4,04	6,54	5,28	1,03	5,36
TRAMO 26	6,39	11,54	9,53	2,02	9,71
TRAMO 28	5,58	8,42	7,36	1,26	7,44
TRAMO 29	5,97	8,23	7,32	0,98	7,37
TRAMO 30	6,26	7,17	6,67	0,34	6,67
TRAMO 31	3,00	7,64	4,18	1,28	4,37
TRAMO 32	2,47	13,23	7,99	3,63	8,74
TRAMO 33	2,78	7,82	4,83	1,81	5,13
TRAMO 34	3,60	5,17	4,24	0,58	4,27
TRAMO 35	2,59	6,03	4,73	1,19	4,85
TRAMO 36	2,59	6,03	4,73	1,19	4,85
TRAMO 37	0,49	4,35	2,53	1,10	2,74
TRAMO 38	1,20	4,29	2,95	1,33	3,19
TRAMO 39	1,74	5,81	4,36	1,55	4,59
TRAMO 40	1,50	3,84	2,43	1,04	2,60
TRAMO 41	3,49	5,11	4,48	0,55	4,51
TRAMO 42	1,49	3,46	2,86	0,68	2,93
TRAMO 43	3,16	4,05	3,53	0,33	3,54
TRAMO 44	1,84	2,97	2,41	0,43	2,44
TRAMO 45	1,95	2,75	2,33	0,40	2,36
TRAMO 46	0,85	6,27	4,52	1,88	4,89
TRAMO 47	1,11	4,58	2,83	1,49	3,14
TRAMO 48	0,77	7,24	3,50	2,37	4,15
TRAMO 49	2,17	7,13	5,35	1,73	5,59
TRAMO 50	0,49	7,18	4,27	2,29	4,80
TRAMO 51	1,49	4,44	2,85	0,98	3,00

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 13. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Speed – chip y datos

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	4,10	8,56	6,97	1,41	7,10
TRAMO 2	2,42	10,48	7,18	2,64	7,63
TRAMO 3	1,77	12,31	5,54	3,33	6,43
TRAMO 4	5,07	7,52	6,45	0,64	6,48
TRAMO 5	2,43	14,89	9,23	3,80	9,94
TRAMO 6	5,38	10,65	7,56	1,67	7,73
TRAMO 7	6,97	10,15	8,76	1,18	8,84
TRAMO 8	6,09	11,09	8,81	1,83	8,98
TRAMO 9	0,60	6,30	3,75	1,96	4,20
TRAMO 10	0,18	8,40	4,40	2,59	5,07
TRAMO 11	1,54	2,95	2,09	0,41	2,12
TRAMO 12	1,61	5,69	3,25	1,41	3,53
TRAMO 13	3,16	4,82	3,73	0,50	3,76
TRAMO 14	1,97	5,24	3,74	0,83	3,83
TRAMO 15	1,64	4,18	3,18	0,82	3,28
TRAMO 16	1,59	4,45	3,14	0,69	3,22
TRAMO 17	1,72	6,00	4,13	1,19	4,29
TRAMO 18	0,08	2,24	1,37	0,60	1,49
TRAMO 19	0,12	3,14	1,15	0,74	1,36
TRAMO 20	2,87	4,06	3,47	0,43	3,49
TRAMO 21	1,76	2,93	2,24	0,38	2,27
TRAMO 22	1,56	7,57	4,90	1,80	5,20
TRAMO 23	1,36	5,42	2,96	1,23	3,20
TRAMO 24	0,39	8,09	2,93	1,48	3,28
TRAMO 25	2,31	8,18	5,32	1,62	5,55
TRAMO 26	1,87	4,30	2,92	0,79	3,02
TRAMO 27	0,66	2,85	1,70	0,94	1,92
TRAMO 28	2,79	3,65	3,18	0,29	3,19
TRAMO 29	3,25	4,75	4,32	0,51	4,35
TRAMO 30	3,13	4,76	4,10	0,49	4,13
TRAMO 31	3,76	4,75	4,20	0,30	4,22
TRAMO 32	0,39	3,93	2,29	0,92	2,46
TRAMO 33	2,11	4,71	3,70	0,70	3,76
TRAMO 34	3,72	5,31	4,48	0,55	4,51
TRAMO 35	2,54	5,50	4,62	0,97	4,71
TRAMO 36	0,59	5,10	2,94	1,41	3,23
TRAMO 37	0,29	4,28	2,67	1,04	2,86
TRAMO 38	1,77	4,29	3,06	0,95	3,19
TRAMO 39	0,93	3,27	2,52	0,57	2,58
TRAMO 40	2,27	3,78	3,08	0,59	3,13
TRAMO 41	0,97	3,71	2,21	0,82	2,35
TRAMO 42	2,07	5,23	3,90	0,87	3,99
TRAMO 43	2,44	4,70	3,63	0,87	3,72
TRAMO 44	3,13	4,42	4,02	0,37	4,04
TRAMO 45	2,06	3,47	2,81	0,58	2,86
TRAMO 46	2,16	6,93	4,01	1,25	4,19
TRAMO 47	5,83	8,35	7,36	0,78	7,40
TRAMO 48	6,78	8,86	7,78	0,78	7,82
TRAMO 49	6,62	10,31	8,52	1,07	8,58
TRAMO 50	2,71	6,58	5,12	1,01	5,21
TRAMO 51	1,54	4,75	2,91	0,90	3,04

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 14. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Logger – chip y datos

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	2,64	6,21	4,52	1,16	4,65
TRAMO 2	1,54	4,23	3,11	0,91	3,23
TRAMO 3	0,90	4,88	2,77	1,40	3,07
TRAMO 4	0,57	4,28	2,02	1,35	2,39
TRAMO 5	4,25	12,44	7,88	2,73	8,29
TRAMO 6	2,88	8,29	5,56	1,95	5,86
TRAMO 7	2,20	4,73	3,61	0,88	3,70
TRAMO 8	0,47	3,13	1,76	1,01	2,00
TRAMO 9	0,28	4,37	2,03	1,57	2,50
TRAMO 10	2,82	5,91	4,40	1,15	4,53
TRAMO 11	3,60	7,71	5,56	1,49	5,72
TRAMO 12	3,60	4,98	4,17	0,44	4,19
TRAMO 13	2,32	4,40	3,60	0,76	3,67
TRAMO 14	2,03	4,47	3,28	0,99	3,41
TRAMO 15	2,59	5,09	3,81	0,91	3,90
TRAMO 16	0,56	2,26	1,74	0,65	1,84
TRAMO 17	2,75	4,56	3,60	0,55	3,63
TRAMO 18	1,98	5,41	3,38	0,91	3,49
TRAMO 19	0,85	2,27	1,44	0,54	1,53
TRAMO 20	0,98	3,78	1,97	0,97	2,17
TRAMO 21	2,18	3,65	2,92	0,53	2,96
TRAMO 22	1,61	4,74	3,40	1,17	3,57
TRAMO 23	2,07	4,73	2,91	0,93	3,03
TRAMO 24	0,06	3,67	1,77	0,96	2,00
TRAMO 25	0,73	1,70	1,19	0,40	1,25
TRAMO 26	0,91	4,23	2,93	1,20	3,13
TRAMO 27	1,35	4,10	2,95	1,09	3,11
TRAMO 28	1,81	2,69	2,40	0,36	2,42
TRAMO 29	2,46	3,33	3,00	0,41	3,03
TRAMO 30	2,35	2,78	2,55	0,17	2,56
TRAMO 31	0,82	4,19	1,96	0,98	2,17
TRAMO 32	1,06	9,09	4,66	2,67	5,35
TRAMO 33	0,64	2,41	1,59	0,72	1,72
TRAMO 34	1,16	2,90	1,91	0,62	1,99
TRAMO 35	0,11	4,92	2,32	1,96	2,90
TRAMO 36	1,28	1,99	1,53	0,26	1,55
TRAMO 37	2,41	6,33	4,13	1,70	4,42
TRAMO 38	3,53	6,45	5,18	1,17	5,29
TRAMO 39	2,66	4,80	3,89	0,61	3,93
TRAMO 40	2,14	3,87	2,77	0,76	2,85
TRAMO 41	1,07	4,92	3,02	1,42	3,29
TRAMO 42	4,89	6,01	5,37	0,41	5,38
TRAMO 43	5,15	6,88	5,89	0,60	5,92
TRAMO 44	2,71	7,40	5,57	1,74	5,80
TRAMO 45	3,47	7,22	4,91	2,02	5,18
TRAMO 46	5,20	7,58	6,25	0,80	6,29
TRAMO 47	7,71	8,86	8,24	0,39	8,25
TRAMO 48	5,29	9,38	7,49	1,24	7,58
TRAMO 49	3,54	6,72	5,06	1,14	5,17
TRAMO 50	3,91	6,43	5,16	0,81	5,22
TRAMO 51	0,58	3,35	1,92	1,00	2,14

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 15. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Speed – sólo chip

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	0,31	6,67	2,20	1,77	2,80
TRAMO 2	1,90	5,67	3,94	1,19	4,11
TRAMO 3	1,02	4,95	2,43	1,35	2,76
TRAMO 4	1,41	11,52	8,06	2,59	8,44
TRAMO 5	4,95	25,15	15,72	6,43	16,91
TRAMO 6	3,96	14,84	7,82	3,54	8,55
TRAMO 7	9,05	13,02	10,61	1,11	10,67
TRAMO 8	4,13	12,59	7,25	3,31	7,93
TRAMO 9	5,47	11,33	9,54	1,78	9,69
TRAMO 10	0,54	8,02	3,10	1,88	3,60
TRAMO 11	0,75	2,36	1,37	0,55	1,46
TRAMO 12	0,59	2,37	1,57	0,64	1,68
TRAMO 13	0,74	5,18	3,13	1,62	3,49
TRAMO 14	0,42	6,73	3,88	1,92	4,30
TRAMO 15	2,49	16,65	10,59	4,66	11,49
TRAMO 16	7,16	18,86	10,41	4,46	11,24
TRAMO 17	6,40	14,19	11,50	2,18	11,70
TRAMO 18	5,76	20,73	10,56	2,92	10,94
TRAMO 19	7,58	11,30	9,64	1,28	9,72
TRAMO 20	5,26	12,56	10,15	2,15	10,35
TRAMO 21	3,07	10,91	8,21	3,15	8,73
TRAMO 22	2,06	4,35	3,15	0,66	3,21
TRAMO 23	2,32	6,07	4,26	1,37	4,46
TRAMO 24	1,71	5,79	3,10	0,82	3,21
TRAMO 25	0,92	5,71	3,31	1,30	3,55
TRAMO 26	1,18	4,87	3,30	1,28	3,53
TRAMO 27	1,35	3,48	2,88	0,76	2,97
TRAMO 28	2,88	4,44	3,72	0,59	3,76
TRAMO 29	4,10	4,81	4,50	0,21	4,50
TRAMO 30	4,07	4,83	4,53	0,24	4,54
TRAMO 31	0,79	4,23	3,12	1,01	3,26
TRAMO 32	0,19	4,67	2,55	1,19	2,81
TRAMO 33	1,93	3,69	2,91	0,60	2,97
TRAMO 34	3,53	5,51	4,64	0,76	4,70
TRAMO 35	3,16	5,55	4,36	0,87	4,44
TRAMO 36	2,31	4,06	3,41	0,49	3,44
TRAMO 37	0,06	4,53	2,52	1,44	2,88
TRAMO 38	2,30	6,01	3,69	1,23	3,87
TRAMO 39	1,47	3,37	2,27	0,50	2,32
TRAMO 40	1,11	1,95	1,57	0,25	1,59
TRAMO 41	0,37	6,56	2,93	1,39	3,23
TRAMO 42	1,01	2,84	1,95	0,50	2,01
TRAMO 43	0,34	3,39	1,59	1,30	2,02
TRAMO 44	2,46	4,08	3,26	0,56	3,30
TRAMO 45	1,62	3,87	2,80	0,73	2,88
TRAMO 46	1,09	2,89	1,68	0,46	1,74
TRAMO 47	1,40	3,84	2,52	0,69	2,60
TRAMO 48	2,77	7,54	4,12	1,51	4,38
TRAMO 49	1,28	7,76	5,85	1,84	6,12
TRAMO 50	2,30	8,18	5,55	1,65	5,78
TRAMO 51	0,42	6,01	3,37	1,71	3,76

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 16. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Logger – sólo chip

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	2,64	6,21	4,52	1,16	4,65
TRAMO 2	1,54	4,23	3,11	0,91	3,23
TRAMO 3	0,90	4,88	2,77	1,40	3,07
TRAMO 4	0,57	4,28	2,02	1,35	2,39
TRAMO 5	4,25	12,44	7,88	2,73	8,29
TRAMO 6	2,88	8,29	5,56	1,95	5,86
TRAMO 7	2,20	4,73	3,61	0,88	3,70
TRAMO 8	0,47	3,13	1,76	1,01	2,00
TRAMO 9	0,28	4,37	2,03	1,57	2,50
TRAMO 10	2,82	5,91	4,40	1,15	4,53
TRAMO 11	3,60	7,71	5,56	1,49	5,72
TRAMO 12	3,60	4,98	4,17	0,44	4,19
TRAMO 13	2,32	4,40	3,60	0,76	3,67
TRAMO 14	2,03	4,47	3,28	0,99	3,41
TRAMO 15	2,59	5,09	3,81	0,91	3,90
TRAMO 16	0,56	2,26	1,74	0,65	1,84
TRAMO 17	2,75	4,56	3,60	0,55	3,63
TRAMO 18	1,98	5,41	3,38	0,91	3,49
TRAMO 19	0,85	2,27	1,44	0,54	1,53
TRAMO 20	0,98	3,78	1,97	0,97	2,17
TRAMO 21	2,18	3,65	2,92	0,53	2,96
TRAMO 22	1,61	4,74	3,40	1,17	3,57
TRAMO 23	2,07	4,73	2,91	0,93	3,03
TRAMO 24	0,06	3,67	1,77	0,96	2,00
TRAMO 25	0,73	1,70	1,19	0,40	1,25
TRAMO 26	0,91	4,23	2,93	1,20	3,13
TRAMO 27	1,35	4,10	2,95	1,09	3,11
TRAMO 28	1,81	2,69	2,40	0,36	2,42
TRAMO 29	2,46	3,33	3,00	0,41	3,03
TRAMO 30	2,35	2,78	2,55	0,17	2,56
TRAMO 31	0,82	4,19	1,96	0,98	2,17
TRAMO 32	1,06	9,09	4,66	2,67	5,35
TRAMO 33	0,64	2,41	1,59	0,72	1,72
TRAMO 34	1,16	2,90	1,91	0,62	1,99
TRAMO 35	0,11	4,92	2,32	1,96	2,90
TRAMO 36	1,28	1,99	1,53	0,26	1,55
TRAMO 37	2,41	6,33	4,13	1,70	4,42
TRAMO 38	3,53	6,45	5,18	1,17	5,29
TRAMO 39	2,66	4,80	3,89	0,61	3,93
TRAMO 40	2,14	3,87	2,77	0,76	2,85
TRAMO 41	1,07	4,92	3,02	1,42	3,29
TRAMO 42	4,89	6,01	5,37	0,41	5,38
TRAMO 43	5,15	6,88	5,89	0,60	5,92
TRAMO 44	2,71	7,40	5,57	1,74	5,80
TRAMO 45	3,47	7,22	4,91	2,02	5,18
TRAMO 46	5,20	7,58	6,25	0,80	6,29
TRAMO 47	7,71	8,86	8,24	0,39	8,25
TRAMO 48	5,29	9,38	7,49	1,24	7,58
TRAMO 49	3,54	6,72	5,06	1,14	5,17
TRAMO 50	3,91	6,43	5,16	0,81	5,22
TRAMO 51	0,58	3,35	1,92	1,00	2,14

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 17. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Speed – chip y datos

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	5,30	8,73	6,68	1,05	6,76
TRAMO 2	3,95	11,25	7,82	1,87	8,02
TRAMO 3	1,90	8,95	5,46	2,35	5,91
TRAMO 4	1,18	10,95	7,19	3,27	7,86
TRAMO 5	5,20	17,59	9,78	3,43	10,35
TRAMO 6	5,38	13,02	7,94	2,10	8,20
TRAMO 7	2,01	17,00	8,59	4,52	9,64
TRAMO 8	0,34	8,26	3,50	2,55	4,29
TRAMO 9	1,95	9,53	4,77	2,30	5,26
TRAMO 10	4,21	13,59	8,04	2,07	8,29
TRAMO 11	5,13	8,68	7,21	1,09	7,28
TRAMO 12	3,33	6,75	5,33	1,35	5,48
TRAMO 13	2,81	5,96	4,09	1,07	4,22
TRAMO 14	1,02	4,79	2,93	0,99	3,08
TRAMO 15	0,74	5,21	2,46	1,60	2,89
TRAMO 16	0,69	4,47	2,34	1,03	2,54
TRAMO 17	0,60	42,90	9,65	10,58	14,11
TRAMO 18	0,99	3,89	2,79	0,80	2,89
TRAMO 19	1,70	3,47	2,72	0,59	2,78
TRAMO 20	0,79	3,63	1,56	0,78	1,73
TRAMO 21	0,75	4,18	2,52	1,39	2,84
TRAMO 22	0,75	15,78	5,99	4,13	7,17
TRAMO 23	0,86	4,96	3,42	1,39	3,67
TRAMO 24	0,20	4,49	1,52	1,04	1,83
TRAMO 25	1,92	7,45	3,44	1,95	3,93
TRAMO 26	3,53	5,24	4,53	0,52	4,55
TRAMO 27	1,36	4,79	2,64	1,17	2,86
TRAMO 28	0,71	1,64	1,19	0,33	1,23
TRAMO 29	1,30	3,28	2,61	0,63	2,68
TRAMO 30	1,59	5,66	3,24	1,47	3,52
TRAMO 31	1,78	12,68	5,57	4,47	6,99
TRAMO 32	0,38	8,68	1,98	1,76	2,63
TRAMO 33	0,66	1,45	1,10	0,23	1,12
TRAMO 34	0,56	1,52	1,04	0,31	1,09
TRAMO 35	0,38	2,19	1,24	0,62	1,37
TRAMO 36	1,51	2,74	2,21	0,51	2,26
TRAMO 37	0,89	8,68	4,33	2,17	4,81
TRAMO 38	1,51	6,24	3,73	1,43	3,98
TRAMO 39	0,90	3,04	1,82	0,55	1,89
TRAMO 40	5,00	6,19	5,74	0,38	5,75
TRAMO 41	2,37	5,87	3,80	1,07	3,93
TRAMO 42	1,10	3,19	1,90	0,73	2,02
TRAMO 43	1,06	1,64	1,37	0,19	1,38
TRAMO 44	0,49	2,02	1,29	0,61	1,42
TRAMO 45	3,06	5,90	4,21	0,95	4,30
TRAMO 46	1,97	5,54	2,87	0,99	3,03
TRAMO 47	3,93	6,12	5,24	0,91	5,31
TRAMO 48	2,90	3,81	3,40	0,29	3,41
TRAMO 49	0,93	6,98	2,51	1,32	2,82
TRAMO 50	1,97	6,47	3,52	1,49	3,80
TRAMO 51	0,35	6,77	3,36	1,84	3,81

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 18. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Logger – chip y datos

TRAMOS	Distancia Mín (m)	Distancia Máx (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia(m)
TRAMO 1	4,59	12,77	8,66	3,05	9,11
TRAMO 2	0,29	11,98	6,06	3,96	7,05
TRAMO 3	3,49	16,24	7,40	4,94	8,66
TRAMO 4	4,92	13,22	8,06	2,56	8,41
TRAMO 5	1,43	5,97	3,48	1,55	3,76
TRAMO 6	2,90	8,17	6,24	2,29	6,58
TRAMO 7	1,27	10,86	6,09	3,80	7,01
TRAMO 8	1,35	10,40	5,66	4,11	6,75
TRAMO 9	3,39	12,54	8,70	3,51	9,30
TRAMO 10	4,29	14,39	8,61	5,20	9,60
TRAMO 11	1,59	7,06	3,91	2,28	4,43
TRAMO 12	4,01	8,39	6,13	1,74	6,33
TRAMO 13	0,83	5,19	3,14	1,36	3,38
TRAMO 14	2,20	7,79	4,84	1,90	5,14
TRAMO 15	0,73	8,07	3,56	3,32	4,63
TRAMO 16	3,26	11,34	6,03	2,22	6,40
TRAMO 17	2,31	10,84	5,48	1,83	5,76
TRAMO 18	2,59	9,02	5,52	2,30	5,93
TRAMO 19	3,36	10,68	6,52	3,29	7,11
TRAMO 20	2,51	10,68	6,50	3,13	7,08
TRAMO 21	2,78	9,03	4,95	2,53	5,44
TRAMO 22	2,61	7,10	5,47	1,71	5,68
TRAMO 23	1,91	11,43	5,41	3,10	6,12
TRAMO 24	6,28	13,79	9,88	3,76	10,35
TRAMO 25	3,84	10,07	7,41	2,73	7,78
TRAMO 26	1,99	6,09	3,95	1,38	4,15
TRAMO 27	1,72	4,08	2,95	0,97	3,07
TRAMO 28	1,78	7,13	4,52	2,70	5,09
TRAMO 29	3,03	5,47	3,84	0,97	3,94
TRAMO 30	5,07	7,88	6,00	1,27	6,10
TRAMO 31	7,53	17,77	11,88	4,09	12,45
TRAMO 32	0,25	9,58	4,94	3,07	5,77
TRAMO 33	3,25	9,25	5,10	2,80	5,64
TRAMO 34	2,69	10,12	6,29	2,95	6,82
TRAMO 35	2,45	12,02	6,66	4,73	7,82
TRAMO 36	1,13	4,75	2,36	1,42	2,68
TRAMO 37	1,42	8,10	3,77	2,37	4,35
TRAMO 38	1,12	3,25	2,19	0,91	2,34
TRAMO 39	1,03	5,83	3,40	2,01	3,89
TRAMO 40	1,63	6,71	3,62	2,35	4,16
TRAMO 41	3,15	5,73	4,19	0,95	4,28
TRAMO 42	2,53	8,97	5,15	2,77	5,74
TRAMO 43	0,77	9,98	5,06	3,68	6,04
TRAMO 44	0,43	10,18	5,04	3,98	6,17
TRAMO 45	3,80	9,09	6,64	2,67	6,99
TRAMO 46	2,20	8,98	5,09	2,64	5,65
TRAMO 47	3,79	14,48	9,02	4,55	9,85
TRAMO 48	0,41	11,50	5,73	4,34	6,97
TRAMO 49	0,29	7,99	4,23	2,56	4,86
TRAMO 50	1,27	13,14	6,48	4,16	7,57
TRAMO 51	0,78	9,82	4,88	3,27	5,78

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

ANEXO C: Procesamiento de datos tomados en la ruta de estudio, variables independientes.

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio

TRAMOS	Números de carriles	Presencia de estacionamiento*	Presencia de acera**	Presencia de parterre***	Sentido	NUMERO DE CASAS LADO DERECHO						
						Casas de 1 piso DER	Casas de 2 piso DER	Casas de 3 piso DER	Casas de 4 piso DER	Casas de 5 piso DER	Casas de 6 piso DER	Casas de 7 piso DER
TRAMO 1	2	1	2	0	Unidireccional	3	1	2	0	2	0	0
TRAMO 2	2	1	2	0	Unidireccional	3	1	4	1	1	0	0
TRAMO 3	2	1	2	0	Unidireccional	3	7	1	1	0	0	0
TRAMO 4	2	1	2	0	Unidireccional	0	7	1	1	1	0	0
TRAMO 5	1	0	2	0	Unidireccional	3	4	1	1	0	0	0
TRAMO 6	2	1	2	0	Unidireccional	0	0	0	0	0	0	0
TRAMO 7	2	1	2	0	Unidireccional	0	2	1	0	0	0	0
TRAMO 8	2	1	2	0	Unidireccional	1	2	1	2	0	0	0
TRAMO 9	2	1	2	0	Unidireccional	2	2	0	1	0	0	0
TRAMO 10	2	1	2	0	Unidireccional	3	2	5	0	0	0	0
TRAMO 11	3	1	2	0	Unidireccional	1	2	0	0	0	0	0
TRAMO 12	3	1	2	0	Unidireccional	2	1	0	0	0	0	0
TRAMO 13	3	1	2	0	Unidireccional	4	0	0	0	0	0	0
TRAMO 14	3	1	2	0	Unidireccional	3	0	3	0	0	0	0
TRAMO 15	4	1	2	0	Unidireccional	1	0	0	0	0	0	0
TRAMO 16	3	1	2	0	Unidireccional	0	4	1	1	0	0	0
TRAMO 17	5	1	2	0	Unidireccional	2	2	4	0	0	1	0
TRAMO 18	4	2	2	0	Bidireccional	4	9	0	2	0	1	0
TRAMO 19	2	0	2	0	Bidireccional	0	1	0	0	0	0	0
TRAMO 20	2	1	1	1	Unidireccional	0	2	2	0	0	0	0
TRAMO 21	2	1	1	1	Unidireccional	2	2	0	0	0	0	0
TRAMO 22	2	1	1	1	Unidireccional	1	1	1	0	2	0	0
TRAMO 23	3	1	2	0	Unidireccional	2	2	0	1	1	0	0
TRAMO 24	4	2	2	0	Bidireccional	2	1	2	1	0	0	0
TRAMO 25	4	2	2	0	Bidireccional	3	1	4	1	1	0	0
TRAMO 26	4	2	2	0	Bidireccional	2	0	1	2	3	0	0
TRAMO 27	3	1	2	0	Unidireccional	0	5	1	0	0	0	0
TRAMO 28	3	1	2	0	Unidireccional	1	3	1	1	0	0	0

* 0: sin presencia de estacionamiento, 1: presencia de un carril de estacionamiento, 2: presencia de dos carriles de estacionamiento
 ** 1: presencia de un espacio de acera, 2: presencia de dos espacios de acera
 *** 0: sin presencia de parterre, 1: con presencia de parterre

Fuente: El Autor
 Elaboración: El Autor

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	Números de carriles	Presencia de estacionamiento*	Presencia de acera**	Presencia de parterre***	Sentido	NUMERO DE CASAS LADO DERECHO						
						Casas de 1 piso DER	Casas de 2 piso DER	Casas de 3 piso DER	Casas de 4 piso DER	Casas de 5 piso DER	Casas de 6 piso DER	Casas de 7 piso DER
TRAMO 29	3	1	2	0	Unidireccional	0	7	0	2	0	0	0
TRAMO 30	4	1	2	0	Unidireccional	0	0	0	0	0	0	0
TRAMO 31	2	0	2	0	Unidireccional	1	4	1	1	0	0	0
TRAMO 32	2	1	2	0	Unidireccional	0	4	1	1	0	0	0
TRAMO 33	3	0	2	0	Unidireccional	1	0	4	0	0	0	0
TRAMO 34	3	0	2	0	Unidireccional	0	2	3	0	0	0	0
TRAMO 35	3	0	2	0	Unidireccional	0	2	1	1	1	1	0
TRAMO 36	3	0	2	0	Unidireccional	2	1	0	2	0	0	0
TRAMO 37	3	1	2	0	Unidireccional	1	1	1	1	1	0	0
TRAMO 38	4	2	2	0	Unidireccional	0	3	0	0	1	0	0
TRAMO 39	3	0	2	0	Unidireccional	2	1	3	2	0	0	0
TRAMO 40	2	0	1	1	Unidireccional	0	2	1	0	0	0	0
TRAMO 41	2	0	1	1	Unidireccional	0	0	3	1	1	0	0
TRAMO 42	2	0	1	1	Unidireccional	1	2	1	0	0	0	0
TRAMO 43	2	1	1	1	Unidireccional	0	4	5	0	0	0	0
TRAMO 44	2	1	1	1	Unidireccional	2	1	2	2	0	0	0
TRAMO 45	3	1	1	1	Unidireccional	0	1	1	1	0	0	0
TRAMO 46	3	1	1	1	Unidireccional	6	6	2	2	0	0	0
TRAMO 47	3	1	1	1	Unidireccional	4	1	0	0	0	0	0
TRAMO 48	3	1	1	1	Unidireccional	9	7	4	0	0	0	0
TRAMO 49	3	1	1	1	Unidireccional	4	5	5	2	0	0	0
TRAMO 50	3	1	1	1	Unidireccional	5	7	4	1	0	0	0
TRAMO 51	3	1	1	1	Unidireccional	5	3	4	1	1	0	1

* 0: sin presencia de estacionamiento, 1: presencia de un carril de estacionamiento, 2: presencia de dos carriles de estacionamiento
 ** 1: presencia de un espacio de acera, 2: presencia de dos espacios de acera
 *** 0: sin presencia de parterre, 1: con presencia de parterre

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	NUMERO DE CASAS LADO IZQUIERDO							LADO DERECHO					
	Casas de 1 piso IZQ	Casas de 2 piso IZQ	Casas de 3 piso IZQ	Casas de 4 piso IZQ	Casas de 5 piso IZQ	Casas de 6 piso IZQ	Casas de 7 piso IZQ	Nro. Árboles grandes DER	Altura media de árboles grandes (m) DER	Nro. Árboles medianos DER	Altura media de árboles medianos (m) DER	Nro. Postes con cables DER	Altura media de arbustos DER
TRAMO 1	1	8	2	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 2	1	5	2	1	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 3	4	5	1	0	1	0	0	0	0,0	0	0,0	4	0,0
TRAMO 4	1	5	3	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 5	3	2	3	1	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 6	0	9	0	0	0	0	0	4	12,2	0	0,0	0	0,9
TRAMO 7	3	2	4	2	0	0	0	2	12,5	0	0,0	3	0,0
TRAMO 8	0	6	4	2	0	0	0	2	10,5	4	3,6	3	0,0
TRAMO 9	1	6	1	1	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 10	2	3	5	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 11	0	2	1	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 12	0	1	1	1	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 13	1	0	1	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 14	1	3	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	4	0,0
TRAMO 18	0	10	1	1	0	1	0	7	7,5	2	3,0	0	0,0
TRAMO 19	0	4	1	0	0	0	0	2	10,4	0	0,0	2	0,0
TRAMO 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 21	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 23	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 24	2	2	4	1	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 25	4	2	1	1	1	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 26	0	4	2	0	0	0	1	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 27	0	5	1	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 28	1	1	2	3	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 29	1	3	3	1	1	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 30	0	4	4	1	0	0	0	9	14,6	0	0,0	3	0,0
TRAMO 31	0	3	3	1	0	0	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	NUMERO DE CASAS LADO IZQUIERDO							LADO DERECHO					
	Casas de 1 piso IZQ	Casas de 2 piso IZQ	Casas de 3 piso IZQ	Casas de 4 piso IZQ	Casas de 5 piso IZQ	Casas de 6 piso IZQ	Casas de 7 piso IZQ	Nro. Árboles grandes DER	Altura media de árboles grandes (m) DER	Nro. Árboles medianos DER	Altura media de árboles medianos (m) DER	Nro. Postes con cables DER	Altura media de arbustos DER
TRAMO 32	0	2	1	1	2	1	0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
TRAMO 33	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 34	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 35	0	0	0	0	0	0	0	8	0,0	0	0,0	6	0,0
TRAMO 36	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	16	4,0	4	0,0
TRAMO 37	0	2	2	0	1	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 38	0	2	0	1	0	1	0	0	0,0	0	0,0	1	0,0
TRAMO 39	1	2	0	2	0	0	0	0	0,0	0	0,0	4	0,0
TRAMO 40	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 41	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 42	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 43	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	4	0,0
TRAMO 45	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 46	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	5	0,0
TRAMO 47	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	3	0,0
TRAMO 48	0	0	0	0	0	0	0	1	6,0	0	0,0	6	0,0
TRAMO 49	0	0	0	0	0	0	0	4	8,0	0	0,0	5	0,0
TRAMO 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	3	3,5	5	0,0
TRAMO 51	0	0	0	0	0	0	0	7	13,0	0	0,0	6	0,0

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	LADO IZQUIERDO						Ancho de río (m)	Ancho de calzada (m)	Ancho de acera DER (m)	Ancho de acera IZQ (m)	Ancho de parterre (m)	Altura media casas (Derecha m)	Altura media casas (Izquierda m)	Altura media casas (Izquierda y Derecha m)
	Nro. Árboles grandes IZQ	Altura media de árboles grandes (m) IZQ	Nro. Árboles medianos IZQ	Altura media de árboles medianos (m) IZQ	Nro. Postes con cables IZQ	Altura media de arbustos (m) IZQ								
TRAMO 1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	5,7	1,4	1,9	0,0	7,9	6,3	7,1
TRAMO 2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	5,7	1,5	1,4	0,0	7,8	7,0	7,4
TRAMO 3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	6,0	1,2	1,2	0,0	6,3	6,0	6,2
TRAMO 4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	6,0	1,2	1,2	0,0	7,8	6,7	7,2
TRAMO 5	0	0,0	0	0,0	2	0,0	0,0	3,1	2,0	2,8	0,0	6,0	6,7	6,4
TRAMO 6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	6,8	2,6	3,8	0,0	0,0	6,0	3,0
TRAMO 7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	6,5	2,6	1,3	0,0	7,0	7,4	7,2
TRAMO 8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	6,2	3,2	2,3	0,0	8,0	8,0	8,0
TRAMO 9	0	0,0	0	0,0	3	0,0	0,0	6,2	1,9	2,8	0,0	6,0	6,7	6,4
TRAMO 10	0	0,0	0	0,0	3	0,0	0,0	6,5	1,3	1,5	0,0	6,6	6,9	6,8
TRAMO 11	0	0,0	0	0,0	2	0,0	0,0	7,1	1,5	1,8	0,0	5,0	7,0	6,0
TRAMO 12	0	0,0	0	0,0	1	0,0	0,0	7,1	2,8	1,9	0,0	4,0	9,0	6,5
TRAMO 13	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	7,1	3,2	2,2	0,0	3,0	6,0	4,5
TRAMO 14	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	7,2	3,0	1,8	0,0	6,0	5,3	5,7
TRAMO 15	16	13,4	0	0,0	0	0,9	0,0	11,9	1,5	1,0	0,0	3,0	0,0	1,5
TRAMO 16	9	10,9	0	0,0	0	0,9	0,0	8,9	1,5	1,0	0,0	7,5	0,0	3,8
TRAMO 17	14	10,2	0	0,0	0	0,9	0,0	12,7	2,7	1,5	0,0	8,0	0,0	4,0
TRAMO 18	2	9,0	0	0,0	8	0,0	0,0	13,0	2,5	2,7	0,0	6,8	7,6	7,2
TRAMO 19	0	0,0	0	0,0	2	0,0	0,0	9,2	2,2	1,8	0,0	6,0	6,6	6,3
TRAMO 20	5	9,0	0	0,0	2	0,0	0,0	6,4	1,5	0,0	2,0	4,5	0,0	2,3
TRAMO 21	6	7,5	0	0,0	1	0,0	0,0	6,4	1,5	0,0	2,0	4,5	0,0	2,3
TRAMO 22	8	8,0	0	0,0	2	0,0	0,0	6,4	1,5	0,0	2,0	9,6	0,0	4,8
TRAMO 23	6	10,2	0	0,0	0	0,9	0,0	9,0	2,4	1,0	0,0	7,5	0,0	3,8
TRAMO 24	0	0,0	0	0,0	2	0,0	0,0	12,7	1,7	1,5	0,0	7,0	7,3	7,2
TRAMO 25	0	0,0	0	0,0	3	0,0	0,0	12,7	1,7	1,5	0,0	7,8	6,7	7,3
TRAMO 26	0	0,0	0	0,0	3	0,0	0,0	12,7	1,7	1,5	0,0	10,5	9,0	9,8
TRAMO 27	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	10,0	2,0	1,8	0,0	6,5	6,5	6,5
TRAMO 28	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	10,0	2,0	1,9	0,0	7,0	9,0	8,0
TRAMO 29	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	10,0	2,3	2,0	0,0	7,3	8,3	7,8

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	LADO IZQUIERDO						Ancho de río (m)	Ancho de calzada (m)	Ancho de acera DER (m)	Ancho de acera IZQ (m)	Ancho de parterre (m)	Altura media casas (Derecha m)	Altura media casas (Izquierda m)	Altura media casas (Izquierda y Derecha m)
	Nro. Árboles grandes IZQ	Altura media de árboles grandes (m) IZQ	Nro. Árboles medianos IZQ	Altura media de árboles medianos (m) IZQ	Nro. Postes con cables IZQ	Altura media de arbustos (m) IZQ								
TRAMO 30	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	11,2	2,8	1,1	0,0	0,0	8,0	4,0
TRAMO 31	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	6,5	2,2	2,5	0,0	6,9	9,8	8,4
TRAMO 32	0	0,0	0	0,0	3	0,0	0,0	5,5	2,7	1,8	0,0	7,5	11,6	9,6
TRAMO 33	7	6,6	0	0,0	0	0,9	0,0	9,4	7,3	4,1	0,0	7,8	0,0	3,9
TRAMO 34	10	15,5	0	0,0	0	0,9	0,0	9,1	7,5	4,0	0,0	7,8	0,0	3,9
TRAMO 35	8	14,5	2	3,8	0	0,9	0,0	9,4	7,2	4,0	0,0	11,0	0,0	5,5
TRAMO 36	11	12,5	0	0,0	0	0,9	0,0	9,2	7,4	4,0	0,0	7,2	0,0	3,6
TRAMO 37	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	8,7	1,3	2,0	0,0	9,0	9,0	9,0
TRAMO 38	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	8,7	1,3	2,0	0,0	8,3	10,5	9,4
TRAMO 39	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	9,1	1,5	1,5	0,0	7,9	7,8	7,8
TRAMO 40	5	4,2	0	0,0	0	0,9	0,0	7,2	2,5	0,0	4,7	7,0	0,0	3,5
TRAMO 41	7	5,0	0	0,0	0	0,9	0,0	7,2	2,5	0,0	4,7	10,8	0,0	5,4
TRAMO 42	6	7,5	0	0,0	0	0,9	0,0	7,0	2,5	0,0	5,0	6,0	0,0	3,0
TRAMO 43	5	8,5	9	2,2	0	0,9	0,0	7,0	2,5	0,0	5,0	7,7	0,0	3,8
TRAMO 44	9	12,0	7	2,5	0	0,9	0,0	7,0	2,5	0,0	5,0	7,7	0,0	3,9
TRAMO 45	5	8,0	0	0,0	0	0,9	0,0	7,0	2,5	0,0	5,0	9,0	0,0	4,5
TRAMO 46	16	9,0	0	0,0	0	0,9	0,0	9,4	3,5	0,0	6,6	6,0	0,0	3,0
TRAMO 47	14	9,0	0	0,0	0	0,9	0,0	9,4	3,5	0,0	6,6	3,6	0,0	1,8
TRAMO 48	15	10,0	6	2,1	0	0,9	0,0	9,4	3,5	0,0	6,6	5,3	0,0	2,6
TRAMO 49	12	10,0	5	2,8	0	0,9	0,0	9,0	3,5	0,0	7,0	6,9	0,0	3,5
TRAMO 50	15	16,0	6	3,0	1	0,9	0,0	9,0	3,5	0,0	7,0	6,2	0,0	3,1
TRAMO 51	15	16,0	6	3,0	1	0,9	0,0	9,0	3,4	0,0	7,0	7,8	0,0	3,9

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	Altura media de influencia de árboles grandes lado derecho (m)	Altura media de influencia de árboles grandes lado izquierdo (m)	Altura media de influencia de árboles medianos lado derecho (m)	Altura media de influencia de árboles medianos lado izquierdo (m)	Altura media de influencia de casas lado derecho (m)	Área de influencia de casas lado derecho (m2)	Altura media de influencia de casas lado izquierdo (m)	Área de influencia de casas lado izquierdo (m2)	Velocidad Media (Km/h)	H/a	Azimut (grados)
TRAMO 1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	680,9	4,3	548,0	19,4	0,788	2,4
TRAMO 2	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	532,1	5,2	520,1	20,0	0,866	4,2
TRAMO 3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	491,8	4,2	542,1	21,6	0,739	3,4
TRAMO 4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	637,3	4,7	545,5	22,7	0,870	2,5
TRAMO 5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	428,4	4,5	482,6	3,9	0,799	87,3
TRAMO 6	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	312,8	19,1	0,690	84,7
TRAMO 7	9,6	0,0	0,0	0,0	4,1	458,2	5,5	621,6	24,6	0,691	5,7
TRAMO 8	7,7	0,0	0,8	0,0	5,2	581,3	5,7	645,9	22,8	0,689	0,3
TRAMO 9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	368,7	4,3	458,7	17,5	0,583	86,3
TRAMO 10	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	461,3	4,8	531,4	20,4	0,728	86,1
TRAMO 11	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	122,1	4,8	240,3	17,9	0,576	84,4
TRAMO 12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	45,6	6,9	344,9	6,7	0,547	85,0
TRAMO 13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,7	225,1	15,1	0,363	85,4
TRAMO 14	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	200,7	3,3	229,7	19,3	0,470	76,8
TRAMO 15	0,0	10,6	0,0	0,0	0,1	10,7	0,0	0,0	38,2	0,572	335,0
TRAMO 16	0,0	8,7	0,0	0,0	4,7	534,8	0,0	0,0	39,9	0,808	325,5
TRAMO 17	0,0	7,2	0,0	0,0	4,7	938,4	0,0	0,0	38,9	0,538	337,5
TRAMO 18	4,6	5,3	0,1	0,0	3,9	994,3	3,9	992,4	8,3	0,396	5,5
TRAMO 19	8,2	0,0	0,0	0,0	3,8	347,5	3,4	314,4	23,8	0,479	325,3
TRAMO 20	0,0	7,2	0,0	0,0	1,9	132,9	0,0	0,0	25,0	0,765	264,8
TRAMO 21	0,0	5,7	0,0	0,0	1,9	123,0	0,0	0,0	30,7	0,680	264,2
TRAMO 22	0,0	6,0	0,0	0,0	7,1	581,6	0,0	0,0	26,3	0,997	268,4
TRAMO 23	0,0	8,0	0,0	0,0	4,4	360,9	0,0	0,0	5,8	0,715	23,3
TRAMO 24	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	360,6	3,9	328,6	12,4	0,451	265,0
TRAMO 25	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	606,7	3,3	395,2	37,1	0,457	264,8
TRAMO 26	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	712,3	5,6	513,3	20,5	0,615	261,3
TRAMO 27	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	322,7	3,7	325,9	30,0	0,472	182,1
TRAMO 28	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	338,2	6,2	501,8	38,8	0,576	185,0
TRAMO 29	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	451,3	5,8	633,3	14,7	0,545	184,3

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 19. Características físicas de los tramos de la ruta de estudio (continuación)

TRAMOS	Altura media de influencia de árboles grandes lado derecho (m)	Altura media de influencia de árboles grandes lado izquierdo (m)	Altura media de influencia de árboles medianos lado derecho (m)	Altura media de influencia de árboles medianos lado izquierdo (m)	Altura media de influencia de casas lado derecho (m)	Área de influencia de casas lado derecho (m2)	Altura media de influencia de casas lado izquierdo (m)	Área de influencia de casas lado izquierdo (m2)	Velocidad Media (Km/h)	H/a	Azimut (grados)
TRAMO 30	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	573,4	29,9	0,747	185,0
TRAMO 31	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	518,8	7,1	793,2	16,9	0,745	182,9
TRAMO 32	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	468,6	9,7	957,7	12,5	0,957	263,6
TRAMO 33	0,0	3,8	0,0	0,0	3,8	335,3	0,0	0,0	27,5	0,346	184,7
TRAMO 34	0,0	12,8	0,0	0,0	3,8	401,8	0,0	0,0	32,8	0,567	186,1
TRAMO 35	0,0	11,8	0,0	1,1	7,1	816,1	0,0	0,0	38,9	0,620	185,6
TRAMO 36	0,0	9,8	0,0	0,0	3,2	330,2	0,0	0,0	35,1	0,479	183,9
TRAMO 37	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	594,3	6,3	578,5	22,7	0,753	267,9
TRAMO 38	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	323,8	7,8	440,6	15,3	0,785	261,0
TRAMO 39	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	525,4	5,5	572,2	24,2	0,646	177,9
TRAMO 40	0,0	1,8	0,0	0,0	4,2	243,0	0,0	0,0	30,0	0,468	267,3
TRAMO 41	0,0	2,6	0,0	0,0	8,0	611,2	0,0	0,0	19,7	0,661	265,4
TRAMO 42	0,0	5,1	0,0	0,0	3,2	325,5	0,0	0,0	34,3	0,567	176,1
TRAMO 43	0,0	6,3	0,0	0,0	4,7	588,2	0,0	0,0	40,9	0,679	170,9
TRAMO 44	0,0	9,8	0,0	0,3	4,7	679,1	0,0	0,0	44,4	0,827	139,1
TRAMO 45	0,0	5,8	0,0	0,0	6,0	386,5	0,0	0,0	32,9	0,713	135,1
TRAMO 46	0,0	5,8	0,0	0,0	3,0	616,2	0,0	0,0	13,7	0,462	160,0
TRAMO 47	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,2	0,388	163,9
TRAMO 48	2,4	7,5	0,0	0,0	1,6	362,5	0,0	0,0	48,9	0,470	173,0
TRAMO 49	4,4	7,5	0,0	0,3	3,4	638,0	0,0	0,0	27,5	0,530	175,8
TRAMO 50	0,0	13,2	0,2	0,2	2,9	557,6	0,0	0,0	34,8	0,694	167,7
TRAMO 51	10,0	13,0	0,0	0,0	4,8	853,7	0,0	0,0	27,7	0,748	5,9

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

ANEXO D:Procesamiento de datos tomados en la ruta de validación, variables independientes

Tabla 20. Características físicas de los tramos de la ruta de validación

TRAMOS	Números de carriles	Presencia de estacionamiento*	Presencia de acera**	Presencia de parterre***	Sentido	NÚMERO DE CASAS LADO DERECHO						
						Casas de 1 piso DER	Casas de 2 piso DER	Casas de 3 piso DER	Casas de 4 piso DER	Casas de 5 piso DER	Casas de 6 piso DER	Casas de 7 piso DER
TRAMO 1	3	1	1	1	Unidireccional	10	6	2	1	1	0	0
TRAMO 2	2	0	2	0	Bidireccional	3	0	0	0	0	0	0
TRAMO 3	2	0	2	0	Bidireccional	0	0	0	1	0	0	0
TRAMO 4	3	0	2	0	Unidireccional	1	0	2	0	0	1	0
TRAMO 5	3	0	2	0	Unidireccional	7	2	0	0	1	0	0
TRAMO 6	3	1	2	0	Unidireccional	1	2	1	0	0	0	0
TRAMO 7	3	1	2	0	Unidireccional	1	2	3	1	0	0	0

* 0: sin presencia de estacionamiento, 1: presencia de un carril de estacionamiento, 2: presencia de dos carriles de estacionamiento
 ** 1: presencia de un espacio de acera, 2: presencia de dos espacios de acera
 *** 0: sin presencia de parterre, 1: con presencia de parterre

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 20. Características físicas de los tramos de la ruta de validación (continuación)

TRAMOS	NÚMERO DE CASAS LADO IZQUIERDO							LADO DERECHO					
	Casas de 1 piso IZQ	Casas de 2 piso IZQ	Casas de 3 piso IZQ	Casas de 4 piso IZQ	Casas de 5 piso IZQ	Casas de 6 piso IZQ	Casas de 7 piso IZQ	Nro. Árboles grandes DER	Altura media de árboles grandes (m) DER	Nro. Árboles medianos DER	Altura media de árboles medianos (m) DER	Nro. Postes con cables DER	Altura media de arbustos DER
TRAMO 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	5	0,0
TRAMO 2	0	1	1	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 3	0	2	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	1	0,0
TRAMO 4	0	0	0	0	0	0	0	12	8,0	0	0,0	5	0,0
TRAMO 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	4	0,0
TRAMO 6	4	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0
TRAMO 7	1	3	3	1	0	0	0	0	0,0	0	0,0	2	0,0

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 20. Características físicas de los tramos de la ruta de validación (continuación)

TRAMOS	LADO IZQUIERDO						Ancho de río (m)	Ancho de calzada (m)	Ancho de acera DER (m)	Ancho de acera IZQ (m)	Ancho de parterre (m)	Altura media casas (Derecha m)	Altura media casas (Izquierda m)	Altura media casas (Izquierda y Derecha m)
	Nro. Árboles grandes IZQ	Altura media de árboles grandes (m) IZQ	Nro. Árboles medianos IZQ	Altura media de árboles medianos (m) IZQ	Nro. Postes con cables IZQ	Altura media de arbustos (m) IZQ								
TRAMO 1	12	10,0	5	2,8	0	0,0	0,0	9,0	3,6	0,0	7,0	5,6	0,0	2,8
TRAMO 2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	8,1	2,0	2,0	0,0	3,0	7,5	5,3
TRAMO 3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	8,1	2,0	2,0	0,0	12,0	6,0	9,0
TRAMO 4	14	15,0	0	0,0	0	0,9	18,5	11,0	2,6	1,1	0,0	9,8	0,0	4,9
TRAMO 5	11	15,0	0	0,0	0	0,9	18,5	11,0	2,2	1,1	0,0	4,8	0,0	2,4
TRAMO 6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	11,3	4,2	3,5	0,0	6,0	3,0	4,5
TRAMO 7	0	0,0	0	0,0	1	0,0	0,0	11,3	4,2	3,5	0,0	7,7	7,5	7,6

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 20. Características físicas de los tramos de la ruta de validación (continuación)

TRAMOS	Altura media de influencia de árboles grandes lado derecho (m)	Altura media de influencia de árboles grandes lado izquierdo (m)	Altura media de influencia de árboles medianos lado derecho (m)	Altura media de influencia de árboles medianos lado izquierdo (m)	Altura media de influencia de casas lado derecho (m)	Área de influencia de casas lado derecho (m ²)	Altura media de influencia de casas lado izquierdo (m)	Área de influencia de casas lado izquierdo (m ²)	Velocidad Media (Km/h)	H/a	Azimut (grados)
TRAMO 1	0,0	6,7	0,0	0,0	2,7	542,1	0,0	0,0	24,28	0,484	6,0
TRAMO 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	49,4	4,5	250,8	25,01	0,438	56,7
TRAMO 3	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	512,7	3,0	153,3	11,17	0,751	61,3
TRAMO 4	4,6	12,6	0,0	0,0	6,4	1408,0	0,0	0,0	35,47	0,841	7,2
TRAMO 5	0,0	12,0	0,0	0,0	2,1	339,8	0,0	0,0	31,81	0,691	4,7
TRAMO 6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	142,4	0,0	0,0	22,88	0,237	85,1
TRAMO 7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	334,6	4,5	387,6	28,24	0,400	74,3

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

ANEXO E: Procesamiento de datos tomados en ruta de validación, variables dependientes

Tabla 21. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Speed – sólo chip

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	1,79	6,08	4,05	1,46	4,30
TRAMO 2	1,20	5,55	3,51	1,69	3,86
TRAMO 3	4,96	8,91	6,46	1,24	6,57
TRAMO 4	3,42	10,49	5,19	1,80	5,48
TRAMO 5	1,16	4,52	3,42	1,05	3,57
TRAMO 6	3,43	4,75	4,11	0,48	4,14
TRAMO 7	3,30	4,57	3,69	0,36	3,71

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 22. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Logger – sólo chip

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	0,26	5,24	3,23	1,52	3,55
TRAMO 2	4,87	6,45	5,47	0,85	5,52
TRAMO 3	1,69	7,92	5,73	2,78	6,27
TRAMO 4	1,05	3,39	1,79	0,70	1,91
TRAMO 5	2,59	3,78	3,09	0,44	3,12
TRAMO 6	3,71	4,01	3,87	0,12	3,87
TRAMO 7	3,01	5,24	4,51	0,83	4,57

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 23. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Speed – chip y datos

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	1,49	15,51	6,82	4,39	8,09
TRAMO 2	5,87	10,30	8,23	1,44	8,34
TRAMO 3	4,84	12,09	8,36	2,75	8,77
TRAMO 4	8,91	17,24	12,38	2,34	12,59
TRAMO 5	3,09	17,64	6,05	3,06	6,76
TRAMO 6	6,40	8,76	7,78	0,85	7,82
TRAMO 7	4,83	8,76	7,32	1,29	7,43

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 24. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy S6 - GPS Logger – chip y datos

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	3,24	21,08	6,59	4,81	8,08
TRAMO 2	3,80	4,50	4,08	0,32	4,09
TRAMO 3	0,57	4,65	2,65	1,35	2,95
TRAMO 4	0,00	6,36	1,97	1,70	2,55
TRAMO 5	3,56	6,79	5,41	1,29	5,54
TRAMO 6	2,43	4,44	3,49	0,61	3,54
TRAMO 7	3,60	5,32	4,48	0,80	4,53

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 25. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Speed – sólo chip

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	4,14	10,52	7,01	1,58	7,18
TRAMO 2	0,33	2,38	1,42	0,82	1,11
TRAMO 3	0,72	7,37	4,93	2,31	5,41
TRAMO 4	1,30	6,09	4,21	1,53	4,47
TRAMO 5	1,24	2,63	2,00	0,39	2,04
TRAMO 6	2,79	4,59	3,43	0,68	3,49
TRAMO 7	2,97	4,72	3,98	0,69	4,04

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 26. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Logger – sólo chip

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	0,89	7,65	2,86	1,90	3,39
TRAMO 2	2,92	3,80	3,22	0,50	3,25
TRAMO 3	0,84	5,05	2,94	1,77	3,36
TRAMO 4	1,14	7,17	3,91	2,03	4,37
TRAMO 5	1,18	9,33	4,55	2,66	5,17
TRAMO 6	1,84	3,44	2,52	0,67	2,59
TRAMO 7	2,71	8,65	6,11	2,27	6,44

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 27. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Speed – chip y datos

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	1,06	4,91	2,87	1,20	3,10
TRAMO 2	0,73	2,02	1,41	0,45	1,47
TRAMO 3	0,54	4,58	2,61	1,21	2,86
TRAMO 4	0,33	5,71	2,51	1,71	3,01
TRAMO 5	0,76	6,03	2,64	1,67	3,10
TRAMO 6	0,34	1,30	0,84	0,36	0,91
TRAMO 7	1,54	5,69	4,15	1,34	4,34

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 28. Resultados de distancia, mínima, máxima, media, desviación estándar y RMSE, para Samsung Galaxy A5 - GPS Logger – chip y datos

TRAMOS	Distancia Min (m)	Distancia Max (m)	Distancia Media (m)	Desviación estándar de distancia (m)	RMSE de Distancia (m)
TRAMO 1	1,07	16,24	5,97	3,07	6,67
TRAMO 2	0,58	9,33	3,95	2,46	4,58
TRAMO 3	1,78	7,53	3,95	2,02	4,37
TRAMO 4	1,38	5,18	2,66	1,64	3,03
TRAMO 5	1,07	4,15	2,43	1,57	2,74
TRAMO 6	1,40	5,65	3,46	1,57	3,74
TRAMO 7	1,36	6,35	3,43	1,78	3,80

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor