

**ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE VELOCIDADES EN TRAMOS DE VIAS URBANAS
CONECTADAS A GLORIETAS**

**KAROL VANESSA MENESES OTERO
ÓSCAR EDUARDO SUÁREZ ORJUELA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2019**

**ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE VELOCIDADES EN TRAMOS DE VIAS URBANAS
CONECTADAS A GLORIETAS**

**KAROL VANESSA MENESES OTERO
ÓSCAR EDUARDO SUÁREZ ORJUELA**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO(A) CIVIL**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ricardo Pico Vargas', is centered on the page. The signature is written in a cursive style with a large initial 'R'.

**DIRECTOR:
ING. RICARDO PICO VARGAS
Docente Especialista en Vías Terrestres**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Copyright © 2019 por Karol Vanessa Meneses Otero-Oscar Eduardo Suarez Orjuela. Todos los derechos reservados.

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por ser quien me ha guiado y acompañado en todos los momentos de mi vida, por ser quien me ha brindado su gran sabiduría y entendimiento para sobrepasar cada obstáculo y lograr cada uno de los sueños y metas propuestos, por brindarme tranquilidad, salud y fuerzas en los momentos más difíciles. Gracias a Él pude culminar este proceso educativo y así obtener un logro más para mi vida.

De manera especial a mis padres Efrén Suárez López y Adriana Orjuela Bustos por ser ellos quienes me dieron la vida, quienes fueron los encargados de enseñarme todos los valores y acompañarme en cada paso que doy, por apoyarme, escucharme y aconsejarme para así tomar las mejores decisiones en cada proceso de mi vida, por ser el ejemplo más sólido y correcto a seguir, por enseñarme a nunca rendirme y que por difícil que sea el camino hay que seguir adelante. Su compromiso como padres ha sido fundamental para este y todos los logros obtenidos, por esa unión familiar que nos resalta y que fue inculcada siempre, todo ha sido el motor para nunca desfallecer, para tener perseverancia y entregar todo de mí, agradezco a la vida porque todo se lo debo a ellos por su infinito amor que fue lo que más me ayudo a ser quien soy hasta ahora y que gracias a su paciencia y comprensión nunca dudaron y siempre estuvieron y estarán guiándome en este proceso llamado vida.

A mi hermano Joan Sebastián Suárez Orjuela por ser una gran compañía, por ayudarme y aconsejarme en todo lo que me propongo, por ser un ejemplo a seguir por sus valores, por su paciencia y perseverancia en cada meta y sueño obtenido, por ser una persona digna de admiración, siendo esa motivación para salir adelante, progresar y cumplir todo lo que me proponga en la vida.

Por ultimo a mis familiares, amigos y profesores más cercanos, que estuvieron ahí apoyándome en cada momento, en este proceso en el cual fue necesario todo tipo de palabra, frase de aliento para nunca rendirme y que sacaban de su tiempo para sacarme una sonrisa cuando más lo necesitaba.

Autor: Óscar Eduardo Suárez Orjuela

DEDICATORIA

Quiero dedicar el esfuerzo y todo lo aprendido en el transcurso de estos seis años a mi Dios, él ha sido quien me ha guiado en cada etapa de mi vida, quien ha logrado mantenerme con los pies sobre la tierra, quien me ha bendecido con una familia, que no es perfecta pero que siempre me ha apoyado en cada decisión tomada, y con muy buena salud para cumplir todos mis anhelos. Señor este logro es tuyo, porque sin ti no sería quien soy hoy.

Este logro también les pertenece a mis padres José Fermin Meneses Sarmiento y Alicia Otero Arias quienes me apoyaron desde el principio en esta decisión y me ayudaron siempre que pudieron, los amo con todo mi corazón. A mis hermanas Natalia Andrea Meneses Otero y Maria Alejandra Meneses Otero, sin duda alguna ustedes son mis mejores amigas, en cada problema que tuve me escucharon, me aconsejaron y sobre todo me animaron, las adoro hermanas.

Y por último les dedico este paso tan importante a cada una de las personas que llegaron a mi vida para brindarme mucha felicidad, amor, apoyo y muy buenos consejos y que con mucho orgullo llamo amigos. A Jess, Lau lizzy, Cindy, Lau Cris, Lau Hernandez, Nathalie, Sofia, Estrella, Yuranny Ivan, Rodrigo, Jhon, Eduardo y Willy. Y a quien estos últimos meses ha sido más que un amigo y me ha apoyado en toda la realización de la tesis, a ti Jhon Alejandro. Los quiero mucho a cada uno de ustedes.

Autor: Karol Vanessa Meneses Otero.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos la oportunidad de culminar esta etapa de nuestras vidas. A los docentes de la titulación de Ingeniería Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga por sus enseñanzas y consejos. A nuestro director de proyecto Ricardo Pico Vargas por la ayuda brindada en el desarrollo del trabajo de fin de titulación y a todas las personas que nos colaboraron para el desarrollo de la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACION	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
2. MARCO TEORICO	4
2.1 ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO.....	4
2.1.1 Velocidad de diseño (VTR)	4
2.1.2 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y en perfil (Ve)	5
2.1.3 Distancia de visibilidad de parada.....	5
2.2 VELOCIDAD DE PUNTO	6
2.3 VELOCIDAD DE OPERACIÓN (V85)	6
2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN	6
2.4.1 Factores Externos	6
2.4.1.1 Condicionantes meteorológicos	7
2.4.1.2 El entorno.....	7
2.4.1.3 Factor Humano	7
2.4.1.4 El vehículo	8
2.4.1.5 Velocidad deseada	8
2.4.2 Factores Internos	8
2.4.2.1 Densidad de señalización.....	9
2.4.2.2 Densidad de accesos	9
2.4.2.3 Sección transversal	9
2.4.2.4 Características geométricas de las curvas	9
2.5. METODOLOGÍAS DE TOMA DE DATOS	10
2.5.1. Toma de datos de la geometría de la vía.....	10

2.5.1.1. Imágenes de satélite de alta resolución.....	10
2.5.1.2. Utilización de datos procedentes de GPS	11
2.5.2. Toma de datos relacionados con factor humano y vehículo	12
2.5.3. Toma de datos de velocidades.....	13
2.5.3.1. Toma de datos continuos	13
2.5.3.1.1 Equipos de medición.....	14
2.6 MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN	14
2.6.1 Modelos de velocidad desarrollados en zonas urbanas	15
2.6.2 Modelos para la estimación de velocidades de operación en curvas horizontales.....	18
2.6.3 Modelos para la estimación de velocidad de operación en rectas.....	19
2.6.4 Modelos para la estimación de las variaciones de velocidad en las transiciones recta-curva	21
3. METODOLOGÍA	23
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	23
3.2 IDENTIFICACIÓN DEL RECORRIDO	24
3.3 TRAMOS Y GLORIETAS DE ESTUDIO	25
3.3.1. Identificación geográfica de glorietas.....	25
3.3.2 Identificación tramos de estudio	26
3.4 CONTEO Y MEDICION DEL TERRENO	27
3.5 TOMA DE DATOS INICIAL	28
3.5.1 Conductor.....	28
3.5.2 Vehículo.....	29
3.6 TRABAJO DE CAMPO.....	30
3.6.1 Instalación del dispositivo	31
3.6.2 Encuestas enfocadas al factor humano	32
3.7 DESARROLLO DE DATOS RECOLECTADOS	32
3.7.1 Perfiles de velocidad.....	32
3.7.2 Calculo de velocidad de operación V85 con Wolfram Matemática 11	33
4. RESULTADOS.....	34
4.1 VARIABLES DEPENDIENTES.....	34
4.1.1. Velocidad	34

4.1.2. Aceleración y Desaceleración	42
4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	44
4.2.1 Características Geométricas en tramos antes de llegar a Glorietas	44
4.2.2 Características Geométricas de Glorietas	45
4.2.3 Test de Conducción	45
4.2.4 Test de Personalidad.....	49
5. ANALISIS DE RESULTADOS	53
5.1 ANALISIS DE LAS VARIABLES ANTES DE LLEGAR A LA GLORIETA.....	53
5.1.1 Velocidad Máxima	53
5.1.2 Velocidad de Operación	56
5.1.3 Velocidad Media	59
5.1.4 Percentil 85 de la Aceleración	61
5.1.5 Aceleración Media	63
5.1.6 Percentil 85 de Desaceleración	64
5.1.7 Desaceleración Media.....	67
5.2 ANALISIS DE LAS VARIABLES DENTRO DE LA GLORIETA	69
5.2.1 Velocidad de Operación	70
5.2.2 Velocidad Media	70
5.2.3 Percentil 85 de Aceleración	71
5.2.4 Aceleración Media	72
5.2.5 Percentil 85 de Desaceleración	73
5.2.6 Desaceleración Media.....	74
5.3 MODELOS EN TRAMOS ANTES DE LLEGAR A GLORIETAS	75
5.3.1 Ecuaciones de Predicción de Velocidad	75
5.3.2 Ecuaciones de Predicción de Aceleración	75
5.3.3 Ecuaciones de Predicción de Desaceleración	76
5.4 MODELOS DENTRO DE GLORIETAS	77
5.4.1 Ecuaciones de Predicción de Aceleración dentro de Glorietas	77
5.4.2 Ecuaciones de Predicción de Desaceleración dentro de Glorietas.....	77
5.5 VALIDACIÓN ECUACIONES DE PREDICCIÓN	78
5.5.1 Validación Modelos de Velocidad antes de llegar a Glorietas	79

5.5.2 Validación Modelos de Aceleración antes de llegar a Glorietas.....	79
5.5.3 Validación Modelos de Desaceleración antes de llegar a Glorietas.....	80
5.5.4 Validación Modelos de Aceleración dentro las Glorietas	81
5.5.5 Validación Modelos de Desaceleración dentro las Glorietas	81
6. CONCLUSIONES	82
7. RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	87

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. <i>Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno</i>	4
Tabla 2. <i>Modelos de velocidad en calles urbanas de Bassani y Sachi (2012)</i>	15
Tabla 3. <i>Modelos de velocidad en curvas horizontales de zonas urbanas de Poe y Mason (2000)</i>	16
Tabla 4. <i>Modelos de velocidad en redondeles urbanos de Al-omari et al. (2014)</i>	17
Tabla 5. <i>Modelos para el cálculo de operación en función del trazado en planta</i>	18
Tabla 6. <i>Modelos para el cálculo de operación en función del trazado en planta</i>	26
Tabla 7. <i>Ubicación de tramos de estudio</i>	26
Tabla 8. <i>Características geométricas de los tramos antes de llegar a las glorietas</i>	27
Tabla 9. <i>Características geométricas de las glorietas</i>	27
Tabla 10. <i>Numero de objetos en tramos</i>	28
Tabla 11. <i>Información conductores</i>	29
Tabla 12. <i>Información vehículos</i>	30
Tabla 13. <i>Tramos en Flujo Libre por conductor.</i>	34
Tabla 14. <i>Total recorridos en Flujo Libre</i>	35
Tabla 15. <i>Valores Velocidad de Operación y Velocidad Media de los tramos antes de llegar a Glorietas.</i>	42
Tabla 16. <i>Valores del Percentil 85 y Media Aritmética de la Aceleración en los tramos antes de llegar a glorietas</i>	43
Tabla 17. <i>Valores del Percentil 85 y Media Aritmética de la Desaceleración en los tramos antes de llegar a glorietas</i>	43
Tabla 18. <i>Características geométricas de los tramos antes de llegar a las glorietas.</i>	44
Tabla 19. <i>Densidad de objetos por tramo antes de llegar a glorieta.</i>	45
Tabla 20. <i>Características geométricas de las glorietas</i>	45
Tabla 21. <i>Resultados Estilos de Conducción</i>	46
Tabla 22. <i>Estilos de conducción resultado</i>	49
Tabla 23. <i>Resultado Rasgos de personalidad</i>	49

Tabla 24. <i>Rasgos de personalidad resultado</i>	52
Tabla 25. <i>Valor P correspondiente a la relación de Vel. Operación</i>	59
Tabla 26. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Vel. Media</i>	61
Tabla 27. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Aceleración</i>	62
Tabla 28. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Aceleración Media</i>	64
Tabla 29. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Desaceleración</i>	66
Tabla 30. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Desaceleración Media</i>	67
Tabla 31. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Velocidad de Operación en glorieta</i>	69
Tabla 32. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Velocidad de Media en glorieta</i>	70
Tabla 33. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Aceleración en glorieta</i>	71
Tabla 34. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Aceleración Media en glorieta</i>	72
Tabla 35. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Desaceleración en glorieta</i>	73
Tabla 36. <i>Valor de P correspondiente a la relación de Desaceleración Media en glorieta</i>	74
Tabla 37. <i>Modelos de Velocidad</i>	75
Tabla 38. <i>Modelos de Aceleración</i>	75
Tabla 39. <i>Modelos de Desaceleración</i>	76
Tabla 40. <i>Modelos de Aceleración en Glorieta</i>	77
Tabla 41. <i>Modelos de Desaceleración en Glorieta</i>	77
Tabla 42. <i>Variabes significativas para la validación</i>	79
Tabla 43. <i>Validación de los Modelos de Velocidad</i>	79
Tabla 44. <i>Validación de los Modelos de Aceleración</i>	80
Tabla 45. <i>Validación de los Modelos de Desaceleración</i>	80
Tabla 46. <i>Validación de los Modelos de Aceleración dentro de las glorietas</i>	81
Tabla 47. <i>Validación de los Modelos de Desaceleración dentro de las glorietas</i>	81

LISTA DE FIGURAS

	pág.
<i>Figura 1.</i> Territorio Colombiano.....	23
<i>Figura 2.</i> Ubicación geográfica del proyecto	23
<i>Figura 3.</i> Recorrido general del Proyecto.....	24
<i>Figura 4.</i> Glorieta Estadio	25
<i>Figura 5.</i> Glorieta UIS.....	25
<i>Figura 6.</i> Glorieta San Francisco.....	25
<i>Figura 7.</i> Glorieta Girardot.....	25
<i>Figura 8.</i> Glorieta Quebrada Seca.....	26
<i>Figura 9.</i> Equipo Video Vbox Racelogic	31
<i>Figura 10.</i> Perfil de velocidad programa Vbox Tools.....	33
<i>Figura 11 .</i> Perfiles de velocidad del tramo 1 de todos los conductores	36
<i>Figura 12.</i> Perfiles de velocidad del tramo 1 considerando el flujo libre	36
<i>Figura 13.</i> Perfiles de velocidad del tramo 2 de todos los conductores	37
<i>Figura 14.</i> Perfiles de velocidad del tramo 2 considerando el flujo libre	37
<i>Figura 15.</i> Perfiles de velocidad del tramo 3 de todos los conductores	38
<i>Figura 16.</i> Perfiles de velocidad del tramo 3 considerando el flujo libre.....	38
<i>Figura 17.</i> Perfiles de velocidad del tramo 4 de todos los conductores	39
<i>Figura 18.</i> Perfiles de velocidad del tramo 4 considerando el flujo libre	39
<i>Figura 19.</i> Perfiles de velocidad del tramo 5 de todos los conductores	40
<i>Figura 20.</i> Perfiles de velocidad del tramo 5 considerando el flujo libre	40
<i>Figura 21.</i> Perfiles de velocidad del tramo 6 de todos los conductores	41
<i>Figura 21.</i> Perfiles de velocidad del tramo 6 considerando el flujo libre	41
<i>Figura 23.</i> Estilo Conducción Riesgosa.	47
<i>Figura 24.</i> Estilo Conducción Disociativa.....	47
<i>Figura 25.</i> Estilo Conducción Agresiva	47
<i>Figura 26.</i> Estilo Conducción Prudente	48
<i>Figura 27.</i> Estilo Conducción Ansiosa.....	48

Figura 28. Estilo Conducción Reducción Estrés	48
Figura 29. Actividad	50
Figura 30. Agresión-Hostilidad	52
Figura 31. Impulsividad-Búsqueda Sensaciones.	52
Figura 32. Neurotismo-Ansiedad.....	52
Figura 33. Relación Vel. Máx. y Actividad	53
Figura 34. Relación Vel. Máx. y Agresión-Hostilidad	54
Figura 35. Relación Vel. Máx. e Impulsividad-Búsqueda Sensaciones	54
Figura 36. Relación Vel. Máx. y Estilo Prudente	55
Figura 37. Relación Vel. Máx. y Estilo Riesgoso.....	55
Figura 38. Relación Vel. Máx. y Estilo Reducción de estrés	55
Figura 39. Relación Vel. Operación y Longitud.....	56
Figura 40. Relación Vel. Operación y Ancho Calzada	56
Figura 41. Relación Vel. Operación y N. Carriles.....	57
Figura 42. Relación Vel. Operación y Ancho Carril	57
Figura 43. Relación Vel. Operación y Densidad Arboles	58
Figura 44. Relación Vel. Operación y Densidad Postes	58
Figura 45. Relación Vel. Operación y Densidad Señales	58
Figura 46. Relación Vel. Operación y Densidad Accesos	59
Figura 47. Relación Vel. Media y Longitud.....	60
Figura 48. Relación Vel. Media y Densidad Señales.....	61
Figura 49. Relación Percentil 85 Aceleración y Densidad Accesos	62
Figura 50. Relación Percentil 85 Aceleración y Ancho Calzada.....	62
Figura 51. Relación Aceleración Media y Densidad Arboles	64
Figura 52. Relación Aceleración Media y Densidad Postes	64
Figura 53. Relación Percentil 85 Desaceleración y Longitud	65
Figura 54. Relación Percentil 85 Desaceleración y Densidad Accesos	66
Figura 55. Relación Percentil 85 Desaceleración y Ancho Calzada.....	66
Figura 56. Relación Desaceleración Media y Longitud.....	67
Figura 57. Relación Desaceleración Media y Densidad Arboles	68
Figura 58. Dimensiones geométricas de las glorietas	69

Figura 59. Relación Percentil 85 Aceleración y Longitud Recorrida	71
Figura 60. Relación Aceleración Media y Longitud Recorrida.....	72
Figura 61. Relación Percentil 85 Desaceleración y Longitud Recorrida	73
Figura 62. Relación Desaceleración Media y Longitud Recorrida.....	74
Figura 63. Glorieta Meson de los Bucaros	78
Figura 64. Glorieta Concha Acustica	78

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE VELOCIDADES EN TRAMOS DE VÍAS URBANAS CONECTADAS A GLORIETAS

AUTOR(ES): Karol Vanessa Meneses Otero
Óscar Eduardo Suárez Orjuela

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Ricardo Pico Vargas

RESUMEN

La infraestructura vial se convierte en una de las principales áreas de la ingeniería civil al aportar movilidad y seguridad vial a cada uno de los usuarios. En este proyecto se pretende analizar los principales factores influyentes sobre la velocidad de operación en vías urbanas las cuales se encuentran conectadas a cinco de las principales glorietas de la ciudad de Bucaramanga, con el fin de desarrollar ecuaciones de predicción de velocidad. Se realizó una amplia investigación acerca del tema a trabajar, recopilando información que sirvió como soporte en el momento de analizar los resultados de velocidades de operación y factores influyentes en el estudio del tramo vial escogido. Se ejecutó la toma de los datos a 28 conductores, junto con la toma de velocidades de sus respectivos vehículos mediante el equipo VBOX, se tomaron las características del vehículo y las principales características del conductor, al finalizar cada prueba se entregó un test de personalidad y otro de estilos de conducción, los cuales son necesarios para analizar la influencia del factor humano en el proyecto. Se hizo un conteo de las características de las calles como longitud del tramo, ancho de calzada, número de carriles, ancho de carril y luego así mismo de las características del entorno como número de árboles, postes, accesos y señales de tránsito. La extracción de resultados se llevó a cabo a través de programas y directrices para una evaluación eficiente de los datos, que arrojó resultados en los que predominan rasgos de personalidad y estilos de conducción en términos del factor humano, y en función de las relaciones entre la velocidad de operación $V(85)$ y las características de las carreteras y su entorno encontramos pocas relaciones significativas en términos de su grado de influencia.

PALABRAS CLAVE:

Velocidad de operación, Velocidad Específica, Factor Influyente, Glorietas, Modelación.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALYSIS AND MODELING OF SPEEDS IN SECTIONS OF URBAN ROADS CONNECTED TO ROUNDABOUTS

AUTHOR(S): Karol Vanessa Meneses Otero
Óscar Eduardo| Suárez Orjuela

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Ricardo Pico Vargas

ABSTRACT

The road infrastructure becomes one of the main areas of civil engineering, providing mobility and road safety to each of the users. This project aims to analyze the main factors influencing the speed of operation in urban roads that are connected to five of the main roundabouts in the city of Bucaramanga, in order to develop speed prediction equations. A broad investigation was carried out on the subject to work, gathering information that served as support when analyzing the results of operating speeds and influential factors in the study of the road section chosen. The data was taken from 28 drivers, together with the speeding of their respective vehicles through the VBOX equipment, the characteristics of the vehicle and the main characteristics of the driver were taken, at the end of each test a personality test was delivered and another of driving styles, which are necessary to analyze the influence of the human factor in the project. A count was made of the characteristics of the streets such as the length of the section, width of the road, number of lanes, lane width and then the characteristics of the environment such as number of trees, poles, accesses and traffic signals. The extraction of results was carried out through programs and guidelines for an efficient evaluation of the data, yielding results in which personality traits and driving styles dominate in terms of the human factor, and based on the relationships between operating speed $V_{(85)}$ and characteristics of the roads and their environment we found few significant relationships in terms of their degree of influence.

KEYWORDS:

Speed of operation, Specific Speed, Influent Factor, Roundabouts, Modeling

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

La movilidad es un derecho de las personas, ya que contribuye a mejorar su calidad de vida buscando proporcionar efectividad en el uso de todos sus componentes para garantizar la seguridad a los diferentes usuarios que hacen parte de cada uno de nuestras vías. Las calles urbanas están diseñadas para proporcionar movilidad, acceso y garantizar la seguridad a los diferentes usuarios como peatones, ciclistas, motociclistas y vehículos. A través del diseño geométrico de una carretera se establece la configuración geométrica tridimensional con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. [1]

La movilidad es un derecho de las personas, ya que contribuye a mejorar su calidad de vida buscando proporcionar efectividad en el uso de todos sus componentes para garantizar la seguridad a los diferentes usuarios que hacen parte de cada uno de nuestras vías. Las calles urbanas están diseñadas para proporcionar movilidad, acceso y garantizar la seguridad a los diferentes usuarios como peatones, ciclistas, motociclistas y vehículos. A través del diseño geométrico de una carretera se establece la configuración geométrica tridimensional con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. [2]

Se plantea la presente propuesta de investigación para establecer los factores influyentes sobre la velocidad de operación y desarrollar ecuaciones de predicción de velocidad, aceleración y desaceleración en calles urbanas antes de llegar a cinco de las más importantes y transitadas glorietas de la ciudad de Bucaramanga, mediante un método de recolección y evaluación de datos de velocidad, vehículos, calles y entornos, además del factor humano analizando a cada uno de los conductores por medio de test de personalidad y conducción los cuales permitan observar los principales factores que influyen sobre la velocidad y así mismo poder determinar las variables y ecuaciones de predicción.

Teniendo en cuenta las características de las vías y los datos que se van analizar, es posible identificar y proponer posibles alternativas de solución para así evitar los accidentes, y poder desarrollar modelos de velocidad eficientes en zonas urbanas antes de llegar a las glorietas. [3]

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Mientras Santander es uno de los departamentos que mayor disminución ha reportado en el año 2018 en el número de muertes por accidentes de tránsito. Bucaramanga se ubica dentro de las primeras capitales del país con más aumento en este tipo de fatalidades. Así lo dio a conocer la Agencia Nacional de Seguridad Vial (Ansv), en un reciente comparativo realizado con cifras de 2017 y 2018, sobre víctimas mortales registradas entre los meses de enero y julio, y que fueron consolidadas a inicios de agosto. En la escala de las capitales que han reportado este año mayor aumento en el número de ciudadanos fallecidos en vías, Bucaramanga ocupa la quinta posición con 7 muertes más que en 2017. Según el citado organismo de seguridad vial, entre enero y julio del año pasado en la capital santandereana se contabilizó 26 fatalidades por accidentes de tránsito, mientras que en el mismo lapso de 2018 se notificaron 33 víctimas, lo cual demuestra un crecimiento del 26,92% en la vigencia actual. [4]

Según estadísticas de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga, de enero a septiembre en la ciudad se presentaron 2854 accidentes de tránsito en el área metropolitana con 45 víctimas fatales. Es importante resaltar los esfuerzos de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga en la realización de las diferentes acciones desde el grupo de Control Vial, Señalización, Semaforización y la implementación de los tres programas integrales de Cultura vial, en pro de disminuir el número de accidentes de tránsito y por ende el número de víctimas fatales en la vías de la ciudad [5], siendo esto no suficiente para una estabilización y disminución de las cifras, ya que podemos encontrar otros factores influyentes en la velocidad de operación de estas vías urbanas, los cuales son causantes en gran porcentaje de los accidentes anteriormente mencionados.

Para un adecuado análisis en vías urbanas se desea realizar un estudio pertinente a un tramo vial ubicado en Bucaramanga, el cual estará conectado a las principales glorietas de la ciudad, para realizar el estudio se tomaran velocidades de operación antes y dentro de las glorietas seleccionadas con el equipo Vbox , el cual será suministrado por la Institución educativa, todo con el fin de tomar perfiles de velocidades en cada uno de los tramos, se tendrán presentes todos los factores que influyan en esta velocidad, como características de las calles y su entorno, además del factor humano que es de gran importancia para la ejecución del proyecto.

1.2 JUSTIFICACION

En el último reporte global de competitividad del foro económico mundial manifestó las falencias de la infraestructura vial de Colombia, en el que el 25% de estas se encuentran en condiciones muy malas [6].

Con el fin de contribuir al desarrollo del país se plantea esta investigación que propone aportar y plantear soluciones para evitar errores en la construcción de las vías, cumpliendo con la normatividad establecida y satisfaciendo las expectativas de los conductores.

La propuesta de investigación tiene por objetivo desarrollar modelos de velocidad en calles urbanas antes de llegar a glorietas en la ciudad de Bucaramanga, tomando en cuenta las características del vehículo, conductor, características de las calles y el entorno por el que circula. Estos resultados servirán de gran aporte para la facultad de ingeniería Civil de la universidad, que actualmente adelanta una investigación en las vías de Santander, y para el departamento, ya que, en el año 2017, sólo Bucaramanga presentó 3807 accidentes de tránsito [7].

A su vez, este estudio invita a los ingenieros civiles a continuar con la investigación en nuestra región y a hacer honor a nuestra profesión mediante la buena aplicación de esta en la sociedad, logrando así un eficiente diseño vial para una mejor calidad, seguridad y comodidad que ofrecer a los usuarios que a diario transitan por las carreteras de nuestra ciudad.

1.3 OBJETIVOS

- **Objetivo general**

- Analizar los factores influyentes sobre la velocidad en un determinado recorrido, específicamente en tramos donde se conectan vías urbanas y glorietas, con el fin de desarrollar ecuaciones de predicción de velocidad.

- **Objetivos específicos**

- Realizar la toma de datos de las velocidades dadas por vehículos livianos en el recorrido elegido, por medio del equipo VBOX lite de 10 Hz, para calcular la velocidad de operación de cada tramo en el circuito elegido.
- Analizar los patrones de comportamiento de la velocidad de los vehículos con respecto a las variables independientes.
- Obtener las características geométricas y del entorno de las vías a estudiar como factor influyente en la velocidad de operación.
- Estudiar la influencia del factor humano en la toma de datos de velocidades de operación de los tramos.
- Calcular velocidades de operación, empleando los datos recolectados en campo a cada conductor
- Calibrar y validar los modelos de velocidad en función de las variables geométricas más significativas.

2. MARCO TEORICO

Una amplia investigación de los temas relacionados con el proyecto son expuestos en el siguiente capítulo, en el cual se detallan cada uno de ellos para un eficiente análisis, con el fin de observar los controles necesarios para un diseño geométrico, así mismo determinar los factores que influyen sobre la velocidad, la metodología pertinente en la recolección y estudio de datos, estudios sobre velocidad de operación y calibración de modelos de velocidad.

2.1 ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO

2.1.1 Velocidad de diseño (VTR)

La velocidad de diseño de un tramo homogéneo (VTR) está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. A un tramo homogéneo se le puede asignar una Velocidad de diseño (VTR) en el rango que se indica en la Tabla 1. En ella se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país. [8]

Tabla 1. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, Colombia. [8]

2.1.2 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y en perfil (Ve)

En el medio colombiano la velocidad tope a la que viajan los conductores en un momento dado es función, principalmente, de las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo y en menor medida por las señales de límite de velocidad colocadas en la vía o por una eventual intervención de los agentes de tránsito. [8]

Para tener en cuenta en el diseño esta actitud de relativa indisciplina de los conductores es necesario dimensionar los elementos geométricos, curvas y entretangencias en planta y perfil, en forma tal que pueda ser recorrido con plena seguridad a la velocidad máxima más probable con que sería abordado cada uno de dichos elementos geométricos. [8]

La velocidad máxima más probable con que sería abordado cada elemento geométrico es justamente su Velocidad Especifica y es con la que se debe diseñar ese elemento. [8]

El valor de la Velocidad Especifica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo (VTR) en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Especifica el valor de la velocidad de diseño del tramo (VTR). [8]
- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido. [8]

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Especifica de curva y entretangencias, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, se obliga a que las Velocidades Especificas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean como mínimo iguales a la Velocidad de Diseño del Tramo tramo (VTR) y no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora (VTR + 20km/h). [8]

2.1.3 Distancia de visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada fue definida por Olson et al., (1984) como criterio básico de seguridad vial, y según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, INVIAS 2008, se considera como *“la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria al circular a la velocidad específica del elemento en el cual se quiera verificar”* (INVIAS, 2008, p. 58). Esta distancia corresponde a la suma de dos longitudes, la primera es la distancia definida por el tiempo de percepción y reacción del conductor al observar un obstáculo en la vía y la segunda es la distancia recorrida durante el

frenado, la cual es medida desde la aplicación de los frenos hasta cuando el vehículo se detiene totalmente. Existen dos modelos matemáticos que definen la distancia de visibilidad, el primero se basa en la fricción pavimento-neumático y el segundo, Ecuación (2.1), se fundamenta en la tasa de desaceleración del vehículo; este último fue adoptado por la normatividad Colombiana. [14]

2.2 VELOCIDAD DE PUNTO

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se le denomina velocidad instantánea. [9]

Los estudios de la velocidad de punto se conducen para estimar la distribución de velocidades de vehículos en una corriente del tráfico, en una localización particular en una carretera. La velocidad de un vehículo se define en el índice del movimiento del vehículo, se expresa generalmente en millas por hora o kilómetros por hora. Un estudio de la velocidad de punto es realizado registrando las velocidades, de una muestra de vehículos en una localización especificada. Las características de la velocidad identificadas por tal estudio serán válidas solamente para el tráfico y las condiciones ambientales que existen a la hora del estudio. [10]

2.3 VELOCIDAD DE OPERACIÓN (V85)

La AASHTO define la velocidad de operación como "la máxima media a la que un conductor puede circular en una sección dada de vía bajo condiciones favorables de meteorología, condiciones predominantes de tráfico sin exceder la velocidad segura en ningún momento, determinada esta mediante la velocidad de diseño basada en un análisis por tramos de la vía. [9]

Para su aplicación, la velocidad de operación se define como el percentil 85 de la distribución de velocidades desarrolladas por los conductores en condiciones de flujo libre en un tramo de carretera. La representación de la velocidad de operación a lo largo de una carretera permite identificar problemas locales, así como facilitar los estudios en el tramo. [11]

2.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN

En este capítulo se presentan los factores que causan mayor influencia en la velocidad de operación, los cuales han sido clasificados en base a una gran cantidad de estudios realizados con el fin de ajustar el comportamiento de los modelos de velocidad de operación a la realidad.

2.4.1 Factores Externos

Los factores externos representan la mayor parte de las condiciones que tienen influencia sobre la velocidad de operación, sobre las cuales no es posible ejercer ningún control actuando únicamente en la infraestructura. [12]

2.4.1.1 Condicionantes meteorológicos

Se han llevado numerosos estudios encaminados a determinar la influencia de esta variable sobre la velocidad de operación. La lluvia puede afectar a la velocidad al generar dificultad a la visibilidad del conductor, que especialmente se agudiza cuando el efecto meteorológico es de gran cantidad. La conclusión más extendida es que condiciones meteorológicas no producen alteraciones significativas sobre la velocidad de operación. Existen unos mínimos estudios que indican que unas condiciones muy adversas solo causan disminución ligera de la velocidad de operación.[12]

Posiblemente, el estudio más completo acerca de la influencia de la meteorología sobre la velocidad de operación fue desarrollado por Ibrahim y Hall (1994). Dicho estudio evaluó la influencia de la lluvia con diferentes intensidades, llegando a las siguientes conclusiones:

- La lluvia ligera: descenso de unos 2km/h en la velocidad de operación.
- Lluvia fuerte: descenso de entre 5 y 10 km/h.

2.4.1.2 El entorno

El sentido de este condicionante es más extenso, comprende todo aquello de lo que el conductor puede percibir en un punto concreto y a medida que va recorriendo la vía. [12]

Existen diversas teorías acerca del proceso perceptivo-cognitivo que el ser humano realiza sobre la información que es capaz de captar por medio de sus sentidos, desde el instante en que esta es captada hasta la información de la que realmente acaba siendo consciente. [12]

De este modo, se puede afirmar que al conductor le llega una gran cantidad de información de la vía, la cual, tras un proceso mental inconsciente, termina traducándose en una cantidad de información mucho menor, que es la que el conductor finalmente interpreta y a la cual reacción consciente. [12]

2.4.1.3 Factor Humano

Es bien conocida la gran incidencia del factor humano en el desencadenamiento de los accidentes, ya que en la inmensa mayoría de los accidentes se registra en algún momento un fallo humano. Para poder conducir adecuadamente se precisan unas mínimas condiciones físicas y unos conocimientos sobre la conducción. [13]

Estas variables que se desprenden del factor humano son de gran influencia en los modelos de velocidad de operación, las cuales se asocian principalmente a la psicología y características específicas de cada conductor, según varios estudios las principales a estudiar para un eficiente análisis son, edad, sexo, experiencia en la conducción, el conocimiento de la vía, propósito del viaje, entre otros.

2.4.1.4 El vehículo

Es el tercero de los factores que más influyen en la siniestralidad y también en la elección de la velocidad. El tipo de vehículo es la variable asociada que más suele influir en la velocidad, distinguiendo generalmente entre ligeros, medios y pesados. Sin embargo, esta variable no es la única a considerar, sino que también son importantes la relación peso/potencia. El modelo o la antigüedad del vehículo. Por ejemplo, los conductores con vehículos ligeros, deportivos y nuevos suelen conducir a una mayor velocidad y asumir más riesgos. [12]

2.4.1.5 Velocidad deseada

Se entiende como velocidad deseada la velocidad a la que los conductores desean circular por cierta vía, cuando no existen coacciones de ningún tipo (geométricas, de tráfico, meteorológicas u otras). Tal y como está definida la variable de carácter totalmente operacional no puede ser directamente medida, sino que debe ser basándose en otras variables. [12]

La medición más aceptada de la velocidad deseada es la velocidad de operación a la que circulan los vehículos en condiciones de flujo libre y en un tramo recto de la vía de gran longitud, de forma que las alineaciones inicial y final no ejerzan un efecto de control sobre la velocidad. Las condiciones de luminosidad, pavimento, etc. Deben ser las adecuadas. [12]

Hansen et al. (2007) analizaron la influencia de diferentes elementos geométricos y del entorno de la vía sobre la velocidad deseada. [12]

Se analizaron dos tipos de variables: geométricas y del entorno. Las variables analizadas de primer tipo fueron el ancho del carril, ancho del arcén, ancho de calzada y tipo de arcén. En cuanto a las de segundo tipo, se analizó la presencia de aceras, distancia hasta la edificación, densidad de accesos y tipos de uso del terreno. [12]

Las variables con mayor influencia fueron el ancho de arcén, la velocidad límite, la distancia hasta las edificaciones y el uso de terreno.

Por otra parte Crisman et al. (2005) analizaron la velocidad deseada (denominada en este caso como "environment speed") considerando que esta se da en rectas muy largas o curvas de gran desarrollo y muy grandes radios. [12]

2.4.2 Factores Internos

En este capítulo podemos encontrar expuestos varios factores y variables que presentan una influencia sobre la velocidad de operación, estos se encuentran principalmente relacionados con la carretera y sus características geométricas. [12]

2.4.2.1 Densidad de señalización

No es una variable típicamente estudiada para los modelos de velocidad de operación, pero diversos estudios realizados muestran como a mayores densidades de señalización la velocidad de operación es menor. Esto puede ser explicado porque la existencia de más señales requiere más atención a estas por parte de los conductores. [12]

2.4.2.2 Densidad de accesos

Esta variable controla el número de accesos de la vía (incorporaciones e intersecciones) en estudio por unidad de longitud. Diversos estudios han empleado esta variable en los modelos de estimación de velocidades de operación en rectas. [12]

En los casos en los que el tramo de estudio sea de corta longitud, por muy pocos accesos que haya, la densidad de accesos resultará muy alta. Es por ello que para este tipo de tramos se prefiere emplear el número de accesos. [12]

Según el estudio de Fitzpatrick (2000), una mayor densidad de accesos conduce a una velocidad de operación menor. [15]

2.4.2.3 Sección transversal

Se ha estudiado ampliamente la influencia sobre la velocidad de operación de los anchos de carriles y arcenes. Las tres variables han resultado significativas sobre la misma, llegando a incluirse en algunos modelos para su estimación. [12]

La anchura de carriles es la variable más empleada en los modelos. Una mayor anchura provoca que los conductores se sientan más seguros en su conducción ya que se les permite un mayor margen de maniobra, con lo que las velocidades de operación aumentan. [12]

Los arcenes no causan mayor influencia a comparación de los carriles, aunque su comportamiento es similar. Un aumento en la anchura de los arcenes induce una mayor velocidad de operación (hasta cierto límite), mientras que un estrechamiento produce una reducción en la velocidad. [12]

2.4.2.4 Características geométricas de las curvas

Las curvas horizontales son los elementos geométricos del trazado que mayor control suponen sobre la velocidad de operación, influyendo no sólo en las propias secciones curvas sino también, en muchos casos, en las secciones rectas adyacentes. [12]

Las características geométricas de las curvas en planta que mayor influencia tienen sobre la velocidad de operación son: [12]

- **Radio (R):** Es la variable más influyente sobre la velocidad de operación. Cuando el radio aumenta, la velocidad de operación en la curva tiene a aumentar y lo mismo ocurre en la sección recta siguiente.
- **Grado de curvatura(DC):** Esta variable guarda relación directa con el radio, definiéndose bien como el ángulo abarcado por un arco de 100 pies o como el ángulo abarcado por un arco de 100 m de longitud.
- **Ángulo de deflexión (Δ):** El ángulo de deflexión mide el grado de abertura de una transición curva.
- **Longitud de la curva (Lc):** Generalmente los estudios utilizan únicamente la longitud de la curva, sin embargo cabría también diferencia entre longitud total de la curva, longitud de la curva circular y longitud de las curvas de transición.

2.5. METODOLOGÍAS DE TOMA DE DATOS

Para lograr una recolección de datos eficiente, fue necesario realizar una recopilación completa de los distintos métodos que estudian las variables que más influyen en la velocidad de operación y su respectiva modelación, todo esto con el fin de obtener datos de alta calidad. Se realizó una descripción pertinente de estos métodos que están principalmente relacionados con datos de velocidad, geometría de la vía, entorno, características del conductor y del vehículo.

2.5.1. Toma de datos de la geometría de la vía

Para el estudio del comportamiento de los conductores no es suficiente con obtener datos de la velocidad desarrollada por los mismos sino que es necesario relacionarla con el trazado de la vía por la que estos circulan. De esta forma, trabajando en la correlación de la velocidad desarrollada con las características geométricas es posible estudiar la influencia del trazado de la vía en el comportamiento de los usuarios. Para ello, se precisó disponer de la geometría de la vía que, en la mayoría de los casos no se encuentra disponible, por lo que se ha de desarrollar una metodología para su obtención. [12]

Hasta el momento se han llevado a cabo distintas investigaciones cuyo fin ha sido la restitución de la geometría de la vía. En ellas se han utilizado principalmente dos metodologías:

1. Imágenes de satélite de alta resolución
2. GPS de alta precisión.

2.5.1.1. Imágenes de satélite de alta resolución

Entre las investigaciones realizadas con el objetivo de obtener la geometría de la vía destacan las llevadas a cabo por Easa et al. (2007) [16] y Dong et al. (2007) [17]. En ellas, buscaron generar mapas de carreteras digitales de forma rápida y barata a partir de las imágenes de satélite de alta resolución. Easa et al. (2007) presentaron una metodología para obtener la alineación horizontal de una carretera utilizando imágenes IKONOS. A partir de estas imágenes se obtiene la restitución de las curvas horizontales simples y curvas en S sin recta intermedia y mediante la unión de estas

con líneas rectas se obtiene la geometría de la vía. Los resultados mostraron que el método propuesto convergía en todos los casos y podía ser utilizado para la restitución de curvas horizontales. Sin embargo, en su estudio no tuvieron en cuenta las curvas de transición. [12]

Dentro del proceso se distinguen distintas fases:

1. Pre procesamiento de la imagen para convertir la imagen en color en una imagen binaria con únicamente los ejes.

Restitución de la carretera: para la restitución de las curvas horizontales de la carretera y las rectas asociadas, mediante el método propuesto, a partir de la imagen de ejes se precisa el uso de la transformación Hough. Esta transformación es un conocido algoritmo para la detección de características de imágenes raster. Con ella, se identifican los píxeles de cada uno de los elementos y se detectan las rectas y las curvas simples y en S existentes, obteniendo los parámetros que las caracterizan. [12]

Tomando como base el estudio anterior, la detección y restitución de las curvas de transición simétricas ha sido abordado en el estudio desarrollado por Dong et al. (2007) [17]. El proceso es similar al necesario para la restitución de las curvas horizontales, identificando las curvas de transición como espirales cúbicas. [12]

En ambos estudios se han aproximado de forma semiautomática las características de cada uno de los elementos a partir de imágenes de satélite de alta definición, aproximando la nube de puntos filtrada de la imagen a curvas minimizando el error cuadrático medio (ECM). Para llevar a cabo este proceso es el usuario el que debe intuir la posición de los distintos elementos del trazado de las imágenes para finalmente restituir el eje exterior y el interior de la carretera pero no el eje propiamente dicho de la misma. [12]

2.5.1.2. Utilización de datos procedentes de GPS

El aumento de la variedad, de la disponibilidad y de la precisión de los dispositivos basados en los sistemas de posicionamiento global (GPS) permite que su tecnología sea utilizada en nuevas e innovadoras aplicaciones. Utilizando esta tecnología, el Departamento de Transportes de Kansas ha tomado datos espaciales de su red de carreteras a partir de campañas de datos anuales desde 1977 con el consiguiente problema en el manejo de la gran cantidad de datos geográficos obtenidos. Estos datos fueron tomados cada año por un vehículo circulando en ambos sentidos de circulación de la carretera a 100 km/h equipado con un GPS que registraba datos con una cadencia de 1 segundo. Por ello, Ben-Arieh et al. (2004) [18] propusieron una metodología para la organización y depuración de esta gran cantidad de datos, su condensación y la generación de curvas B-spline como aproximación a la geometría de la carretera. Notaron que los datos presentan cierta inconsistencia debido a que para cada carretera, el vehículo circulaba por los dos sentidos de circulación y la distancia entre los carriles podía llegar a ser de 60 m, debido también a las diferencias en las estaciones en las que los datos fueron tomados (para una carretera hay datos de varios años), a los errores inherentes al sistema y a los satélites y a los comportamientos arbitrarios

del vehículo como pueden ser adelantamientos, cambios de carril, salida de la vía para parar en una estación de servicio, etc. Por todo ello, establecieron el siguiente procedimiento para la aproximación de la geometría de la carretera: [12]

1. Convertir los datos proporcionados por el GPS en latitud y longitud a un sistema de coordenadas cartesianas.
2. Clasificar los datos obtenidos basados en la dirección principal de la carretera.
3. Depurar los datos eliminando repeticiones.
4. Generar una representación geométrica de la carretera mediante aproximación mediante B-splines.

La metodología para la aproximación a la geometría de la carretera se validó a partir de la comparación de la aproximación B-spline con los datos de diseño real de la carretera. En el trabajo presentado únicamente se basaron en la dimensión de la planta de carretera. Sin embargo, subrayaron el hecho de que la misma metodología puede ser utilizada para la restitución de la dimensión vertical de la misma. De hecho, los mismos datos, esta vez incluyendo la componente vertical, han sido utilizados por Nehate et al. (2006) [19] para presentar una metodología para el cálculo de La distancia de visibilidad disponible teniendo en cuenta tanto la alineación horizontal y el perfil longitudinal de la carretera como la combinación de ambos a partir de datos capturados por un GPS. Con los datos almacenados en este dispositivo han parametrizado la geometría de la carretera utilizando esplines que modelaban la trayectoria pero sin pretender restituir la geometría de la vía. [12]

Los datos son obtenidos por los GPS cada segundo y registrados en forma de latitud, longitud y altitud. Posteriormente, transformaron las coordenadas terrestres en coordenadas cartesianas utilizando la transformación de coordenadas basada en la proyección conforme de Lambert. Después hicieron un análisis de valores atípicos y estos fueron eliminados. La carretera obtenida a partir de datos de GPS se ha representado como una curva paramétrica a trozos en forma de B-splines cúbicos, incluyendo rectas, curvas horizontales y curvas verticales. De esta forma, la curva que representa la carretera está dividida en diferentes tramos y en las fronteras se satisfacen la condición de continuidad de segundo orden, es decir, la segunda derivada en el punto de intersección es la misma para ambas secciones de la curva. [12]

2.5.2. Toma de datos relacionados con factor humano y vehículo

Como se ha citado anteriormente, no sólo las características del trazado de la vía y de la infraestructura influyen sobre la elección de la velocidad por parte de los conductores, sino que una alta variabilidad de la velocidad viene explicada por otras variables como son las características físicas, sociológicas y psicológicas del conductor y las características del viaje y del vehículo. La obtención de datos válidos relacionados con estas variables es una tarea complicada ya que el propio método de toma de datos puede influir en el conductor, dando como resultado datos que no se ajustan completamente a la realidad. Para el registro de datos físicos y sociológicos del conductor y características del vehículo y del viaje se han utilizado distintas metodologías, que varían desde entrevistas al conductor hasta visualización de videos. [12]

2.5.3. Toma de datos de velocidades

En estudios relacionados principalmente con velocidades en tramos de carreteras, los cuales son efectuados por un grupo seleccionado de conductores para poder analizar y obtener resultados eficientes, se han utilizado varios dispositivos pertinentes para esta respectiva toma de datos los cuales ayudan en la recolección de velocidades, aceleraciones y desaceleraciones con el objetivo de estimar modelos de velocidad de operación.

2.5.3.1. Toma de datos continuos

En general, la operación de los vehículos se puede caracterizar por un modelo de perfil de velocidades y aceleraciones/deceleraciones, obtenido de los ensayos de campo. Para ello, es preferible tener datos continuos de velocidad y no, únicamente, datos puntuales. Con estos perfiles es posible predecir el comportamiento de los vehículos a lo largo de un trazado, en función, fundamentalmente, de sus características geométricas.

Para obtener estos perfiles continuos puede realizarse una recogida de datos de una muestra de vehículos basada en un seguimiento pasivo por medio de dispositivos GPS. [12]

De hecho, Jiang y Li (2001) [20] han analizado las características del tráfico en tramos de obras mediante GPS obteniendo perfiles de velocidades, aceleraciones y deceleraciones. Así como también las demoras del tráfico y la longitud de las retenciones en estas zonas. [12]

Del mismo modo, Wang et al. (2006) [21] estudiaron la influencia del entorno de zonas urbanas de baja velocidad en las velocidades de los conductores con vehículos equipados con GPS. Los autores desarrollaron modelos de velocidad en tramos de zonas urbanas basados en el trazado de la vía, las características de la sección transversal, las características de las aceras y los usos del suelo adyacente. [12]

Otro método que se ha utilizado en diferentes estudios y con el que se obtienen datos continuos de velocidad es el vehículo instrumentado. Yang y Hassan (2008) y Hu y Donnell (2008) [22] estudiaron el comportamiento de los conductores a partir de datos obtenidos mediante un vehículo instrumentado. Sin embargo, los resultados y el posible desarrollo de los modelos de velocidad pueden estar condicionados por el equipamiento del vehículo y el número de las observaciones. Además, la muestra no es suficientemente representativa del comportamiento real de los conductores ya que los conductores que participaron en la toma de datos eran voluntarios conocedores de los objetivos de la investigación. [12]

Al igual que los anteriores, existe otro método para evitar las deficiencias de la toma de datos puntuales obteniendo perfiles continuos de velocidad, es el caso de la grabación y el procesamiento de videos. Sin embargo, este método sólo es útil para estudios locales y segmentos de carretera reducidos. [12]

2.5.3.1.1 Equipos de medición

Las mediciones de terreno son efectuadas en un vehículo al que se le instala el equipo VBOX mini el cual es un GPS de 10 Hz, que permite estimar la velocidad instantánea cada 1s, con una precisión de 0.2 km/h, la posición con una precisión de 50cm/km y el azimut con una precisión de 0.2 grados. Este equipo puede triangular hasta con ocho satélites, lo que permite obtener una señal estable durante la recolección de datos permitiendo almacenar esta información en una tarjeta externa SD (Racelogic 2008). El equipo cuenta con un software denominado VBOX Tools (Racelogic 2008) del cual se utilizan herramientas de procesamiento: i) "Report Generator" que permite construir una tabla con el registro de todas las variables requeridas en la tesis y exportarlas a Excel ii) "Mapping Software: que permitió exportar los recorridos a Google Earth para restituir la topografía de la ruta y iii) "Kalman Filter" el cual permitió suavizar los registros eliminando perturbaciones ambientales. [23]

Echaveguren *et al* (2011) realizan una validación del equipo a través de un estudio de repetitividad y reproducibilidad concluyendo que el equipo es apto para medir perfiles de velocidad. Además, Echaveguren *et al* (2012) realizan diversos trabajos de campo para verificar las condiciones ambientales que restrinjan el uso del equipo observando que entrega buenos registros en terrenos abiertos pero presentando errores de medición en terrenos escarpados o con presencia de obstáculos laterales. [23]

2.6 MODELOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN

Con el fin de facilitar la evaluación del diseño geométrico de un proyecto de carreteras se han desarrollado distintos modelos que pretenden estimar la velocidad de operación en función de las características geométricas de la carretera. De esta forma puede evaluarse la consistencia del diseño geométrico durante la fase de proyecto o de planeamiento.

Fundamentalmente, existen modelos para estimar la velocidad en secciones curvas y en rectas. Para posteriormente configurar un perfil de velocidad de operación (representación gráfica de la velocidad de operación a lo largo del trazado de una carretera) existen tasas de aceleración y deceleración. Sin embargo, el formato del modelo, las variables independientes y los coeficientes de regresión son sustancialmente diferentes de un modelo a otro. Este hecho puede ser el resultado de las diferencias en el comportamiento de los conductores de una región a otra y subraya el hecho de que un único modelo no puede ser universalmente aceptado. [24]

Existen diferentes modelos de estimación de las velocidades de operación. La principal clasificación puede ser en discretos o continuos.

Los modelos discretos son aplicables a una alineación en particular (una curva circular horizontal, un acuerdo o una recta), y proporcionan un valor de velocidad de operación para dicha alineación. Generalmente el resultado es un valor discreto, aunque algunos modelos discretos pueden proporcionar valores no uniformes.

Los modelos continuos, al contrario que los anteriores, no se aplican en una alineación en particular, sino en un tramo de vía compuesto por diferentes alineaciones concatenadas. Para ello suele hacer uso de modelos discretos, para unirlos según diferentes normas, configurando un perfil de velocidad continuo a lo largo de todo el trazado. De este modo, recibe el nombre de perfil de velocidad de operación la representación gráfica de la estimación de las velocidades de operación a lo largo de cierto trazado. [24]

2.6.1 Modelos de velocidad desarrollados en zonas urbanas

Bassani y Sacchi (2012) en su investigación realizada en Italia obtuvieron modelos de velocidad para zonas urbanas con datos de velocidad puntual que se observan en la Tabla

Tabla 2. Modelos de velocidad en calles urbanas de Bassani y Sachi (2012)

No	Nombre del modelo y ecuación de predicción	R ²
1	Modelo en el que se incluye el ancho de mediana (MW)	0,97
	$V_{85}=0,6277*PSL+8,4574*LP+3,6976*LW+7,7409*MW$	
2	Modelo para obtener la velocidad prevista para calzadas divididas	0,96
	$V_{85}=0,647*PSL+8,547*LP+5,838*LW$	
3	Modelos de velocidad para ancho de calzada (CW)	0,93
	$V_{85}=2,185*CW+0,508*PSL$	

Fuente. Bassani y Sachi (2012)

Donde :

- V₈₅ = Percentil 85 de la velocidad km/h
- PSL = Límite de velocidad, compuesto por valores entre 30 a 70 km/h
- LP = Posición en el carril, que varía entre 1 (carril derecho) y 3 (carril izquierdo)
- LW = Ancho de carril, rango entre 2,80 a 5,9 m
- MW = Ancho de mediana, rango entre 1,65 a 9,05 m
- CW = Ancho de calzada
- R² = Coeficiente de determinación

Wang (2006) desarrolló un modelo de velocidad para calles urbanas en Atlanta, EEUU y se observa a continuación.

$$V_{85} = 50,503 + (10,386 * \text{lane.num}) - (0,079 * \text{roadside.d}) - (0,129 * \text{driveaway}) - (0,211 * \text{intersection}) + (4,816 * \text{curb.indicator}) - (6,824 * \text{sidewalk.indicator}) - (5,104 * \text{parking.indicator}) + (5,299 * \text{land.use1}) + (5,237 * \text{land.use2})$$

Donde:

- V_{85} = Velocidad de operación, representada por el percentil 85 de las velocidades (km/h)
- Lane.num: número de carriles
- Roadside.d: densidad de objetos en carretera (postes de electricidad y árboles) dividido por la media del desplazamiento de objetos desde el borde de la carretera (número de objetos por km/desplazamiento (m))
- Driveaway: densidad de caminos de entrada (número de accesos por km)
- Intersection: densidad de intersecciones tipo T (número de intersección en T por km)
- Curb.indicator: indicador de bordillo, si no hay bordillo curb.indicator = 0, de otra manera curb.indicator = 1
- Sidewalk.indicator: indicado de acera, sino hay acera sidewalk.indicator = 0, de otra manera sidewalk.indicator = 1
- Parking.indicator: indicador de estacionamiento, si no hay estacionamiento en la calle parking.indicator = 0, de otra manera parking.indicator = 1
- Land.use: uso del suelo, si el uso del suelo es comercial land.use1 = 0 land.use2 = 0, si el uso del suelo es residencial land.use1 = 1 land.use2 = 0 o land.use1 = 1 land.use1 = 0

Poe and Mason (2000) desarrollaron modelos de velocidad en 4 puntos de la curva en zonas urbanas de Pensilvania, EEUU y se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Modelos de velocidad en curvas horizontales de zonas urbanas de Poe y Mason (2000)

No	Nombre del modelo y ecuación de predicción	R ²
1	Velocidad de operación 150 pies antes del punto de inicio de la curva	0,99
	PC150=49,59+0,5(DEGCVR)-0,35(GRADE)+0,74(LNWIDN)-0,74(HZRT5N)	
2	Velocidad de operación en el punto de inicio de la curva	0,98
	PC=51,13-0,10(DEGCVR)-0,24(GRADE)-0,01(LNWIDN)-0,57(HZRT5N)	
3	Velocidad de operación en el punto medio de la curva	0,90
	MID=48,82-0,14(DEGCVR)-0,75(GRADE)-0,12(LNWIDN)-0,12(HZRT5N)	
4	Velocidad de operación en el punto final de la curva o punto de inicio de tangente	0,90
	PT=43,41-0,11(DEGCVR)-0,12(GRADE)+1,07(LNWIDN)+0,30(HZRT5N)	

Fuente. Poe y Mason (2000)

Donde:

- PC150 = velocidad de operación 150 pies antes del punto de inicio de la curva
- PC = velocidad de operación en el punto de inicio de la curva
- MID = velocidad de operación en el punto medio de la curva
- PT = velocidad de operación en el punto final de la curva o punto de inicio de tangente
- DEGCVR: grado de curvatura (m)
- GRADE: pendiente (%)
- LNWIDN: ancho de carril (m)
- HZRT5N: tasa de peligro (0-4)

Al omari et al. (2014) desarrollaron modelos de velocidad para redondeles en zonas urbanas en la Tabla 4 se observan los modelos obtenidos.

Tabla 4. Modelos de velocidad en redondeles urbanos de Al-omari et al. (2014)

No	Nombre del modelo y ecuación de predicción	R ²	SSE
1	Modelo del percentil 85 de la velocidad de operación	0,89	1,39
	$V_{c,85}=14,321+0,196*V_a+0,655*W_e+0,11*D_i+0,048*DC-11,96*A_e$		
2	Modelo de velocidad media de circulación	0,93	0,95
	$V_{c,avg}=11,098+0,183*V_a+0,645*W_e+0,11*D_i+0,027*DC-9,27*A_e$		

Fuente. Al-omari et al. (2014)

Donde:

- $V_{c, 85}$ = Percentil 85 de la velocidad de circulación (km/h)
- $V_{c, avg}$ = Velocidad media de circulación (km/h)
- V_a = Factor de seguridad del enfoque ascendente (km/h), velocidad de flujo libre la conexión vial de entrada antes de la rotonda
- W_e = Ancho de entrada (m)
- D_i = Diametro del círculo interno (m)
- DC = Curva del circulación (m)
- A_e = Ángulo de entrada (rad)
- SSE = Error estandar de estimación
- R² = Coeficiente de determinación

2.6.2 Modelos para la estimación de velocidades de operación en curvas horizontales

La mayor parte de los estudios realizados encaminados a establecer una relación entre las velocidades de operación y elementos discretos del trazado se centran sobre las curvas. Son, además, los modelos que mayor índice de correlación alcanzan.

Para su desarrollo se consideran generalmente como hipótesis de partida que la velocidad de operación es constante a lo largo de toda la curva circular. Además, la velocidad de operación utilizada en la calibración del modelo y la estimada por él suele ser la del punto medio de la curva, considerando que en él se presenta la velocidad mínima de la curva. [24]

Ambas hipótesis no son ciertas y se han asumido recurridamente debido a que la toma de datos para obtener estas relaciones suele llevarse a cabo en sitios puntuales, siendo el punto central de la curva el más indicado en este caso, suponiéndose la velocidad constante en el resto.

En cuanto a las variables de las que depende la velocidad de operación en las curvas horizontales, el radio y sus derivados (grado de curvatura) son las que mayor significancia estadística presentan. De hecho, en el estudio de las curvas horizontales la mayoría de los modelos suelen contar con la variable radio (o grado de curvatura), ya que con expresiones muy sencillas se consigue un alto grado de correlación.

En la tabla 2 se presenta una relación de los modelos más relevantes para la estimación de la velocidad de operación en curvas horizontales en los que se ha considerado únicamente el radio o el grado de curvatura. [24]

Tabla 5. Modelos para el cálculo de operación en función del trazado en planta

AÑO	AUTOR	ECUACION	R2	OBSERVACIONES
1990	Lamm et al.	$V_{85}=94.398-3188.656R$	0.79	Para las velocidades inferiores a 94 km/h, datos en 322 curvas
1990	Kanellaidis et al.	$V_{85}=129.88-623.1\sqrt{R}$	0.78	Para velocidades cercanas hasta 130 km/h, datos en 58 curvas
1994	Islam y Seneviratne	$V_{85}=103.03-4208.76R-36597.92R^2$	0.98	
1994	Morall et al.	$V_{85}=e^{4.561-0.0058*Gc}$	0.63	Ecuación donde involucra el grado de curvatura
1994	Islam et al.	$V_{85\ PC}=95.41-0.45Gc-0.001Gc^2$ $V_{85\ PM}=96.11-0.32Gc$ $V_{85\ PT}=103.03-0.76Gc-0.003Gc^2$	0.99 0.98 0.98	

1999	Lamm et al.	$V_{85}=95.594-1.597Gc$	0.79	
2005	Missaghi y Hassan	$V_{85}=94.30+8.67*10^{-6}R^2$	0.52	
2006	Castro et al.	$V_{85}=120.16-5596.72R$	0.75	
2012	GIIC	$V_{85}=106.863-60.1185e0.004225$ $96R$	0.72	

Fuente. Tomado y adaptado de [33]

Dónde:

V_{85} = Velocidad de operación (km/h)

R = Radio de la curva horizontal (m)

Gc = Grado de curvatura ($^{\circ}/100m$)

R^2 = Coeficiente de determinación

Todos los modelos anteriormente presentados dan como resultado de la estimación un único valor para la velocidad en la curva. Sin embargo, hay otros modelos que no aceptan la hipótesis de que la velocidad se mantiene constante a lo largo de la curva. Este es el caso del estudio realizado por Islam [34]. En este caso, debido a la imposibilidad de registrar un perfil empírico continuo, se calibraron tres modelos: uno al inicio, otro en el punto medio y otro al final de la curva horizontal, con coeficientes de determinación muy elevados: 99%, 98% y 90%.

2.6.3 Modelos para la estimación de velocidad de operación en rectas

La estimación de la velocidad de operación en rectas es más compleja y menos precisa que en curvas debido, fundamentalmente, a que no hay una aceleración lateral que compensar, y por tanto, el riesgo de salirse de la vía no entra dentro de la elección de la velocidad por parte de los conductores. Esto hace que esta elección de la velocidad se base en otros criterios, como puede ser la sección transversal, el entorno de la vía, el tráfico existente, o la geometría general del tramo (longitud de la recta, o curvatura del tramo, por citar algunos ejemplos). Además, al no estar estos criterios tan relacionados con la posibilidad de sufrir un accidente, son interpretados por los conductores de formas muy diversas, lo que conlleva a que la dispersión de las velocidades en rectas es mucho mayor que en curvas, además de que su valor promedio también es superior.

Por todo ello, los modelos de velocidad para rectas presentan mucha menor correlación que los modelos de curvas, debido a la falta de variables geométricas concretas en las que centrarse. Esta falta de variables no sólo provoca modelos mucho más heterogéneos que para las curvas, sino que el número de los mismos es mucho menor, y la variabilidad finalmente explicada es mucho más reducida que en el otro caso. [24]

En el estudio de las velocidades de operación en rectas se pueden distinguir dos tipos de rectas:

Rectas independientes: Son rectas con una longitud suficiente para que los conductores puedan alcanzar su velocidad deseada, es decir, en estas rectas los factores que afectan a la elección de la velocidad no son específicamente geométricos, sino que pueden ser variables como la sección transversal, el entorno de la vía y el tráfico. La dispersión en estos casos es máxima y los modelos obtenidos por diversas investigaciones son mucho menos concluyentes y con unos coeficientes de determinación menos precisos.

Para la estimación de la velocidad de operación en rectas, especialmente en las independientes, existen ciertos modelos de velocidad de operación cuyo único resultado es un valor estático para cualquier recta. Por ello, la velocidad finalmente alcanzada es totalmente independiente de las condiciones de la recta, incluso de las condiciones del tramo que la comprende o de las condiciones de contorno de la misma, pero sirve como base para el desarrollo de modelos de perfiles de velocidad de operación. [24]

Los modelos estáticos más conocidos son:

- Modelo de Ottesen y Krammes (2000).
- Modelo de Fitzpatrick y Collins (2000).
- Modelo de Easa (2003)

Rectas no independientes: Son de menor longitud, de tal forma que los conductores no llegan a desarrollar su velocidad deseada por estar coartados por el carácter geométrico general de la vía o, al menos, por las alineaciones anterior y/o siguiente. En estos casos la dispersión de las velocidades es menor, existiendo algunos modelos de estimación de la velocidad que consideran algunas variables geométricas, como la longitud o los radios de las curvas adyacentes. [24]

Ese mismo año, Polus [35] tomaron datos de velocidades en rectas y en el punto medio de las curvas adyacentes y calcularon el percentil 50 y 85 de la velocidad de operación y la desviación típica. Debido al gran número de variables, se optó por realizar dos modelos:

- Uno considerando únicamente las variables que más correlación presentan
- Otro considerando también las variables de menor correlación (variables secundarias).

Tanto las variables primarias como las secundarias son estadísticamente significativas.

Luego apareció otro modelo que utilizó velocidades como variables independientes. En él se parte de la hipótesis de que las variables que más influencia tienen sobre la velocidad de operación de una recta son la longitud de la misma y la velocidad de operación de la curva precedente, dando como resultado la siguiente ecuación. [24]

$$V_{85} = -2.351 + 18.104 \cdot \log_{10} L + 0.585 \cdot V_{85C}$$

Donde:

V85 = velocidad de operación de la recta (km/h)

L = Longitud de la recta (m)

V85C = Velocidad de la curva precedente (km/h)

Este modelo sobreestima ligeramente las velocidades de operación de las rectas con longitud inferior a 200 metros, pero en general se adapta bien a cualquier recta. Este modelo depende de la velocidad deseada, aunque no directamente. Esta velocidad se encuentra implementada en el modelo que calcula la velocidad de operación en la curva precedente. En el caso de que la velocidad resultante sea superior a la velocidad deseada (en posibles casos de rectas muy largas precedidas por curvas de radio amplio), se debe sustituir el valor por esta última. [24]

2.6.4 Modelos para la estimación de las variaciones de velocidad en las transiciones recta-curva

Como parámetro para la estimación de la seguridad, es importante conocer, la reducción de velocidad que se da entre una alineación y la siguiente (en los casos en que la velocidad de la segunda alineación sea menor). De hecho, es más influyente sobre la siniestralidad la reducción de velocidad que se da a la salida de una recta y en la entrada de la siguiente curva que las velocidades independientes a las que se circule por cada una de ambas alineaciones.

La variación de la velocidad de operación entre dos alineaciones puede definirse, al igual que la velocidad de operación, mediante un percentil.

Podría parecer, en un primer instante, que el percentil 85 de la reducción entre una alineación y la siguiente, de menor velocidad, es la resta de sus velocidades de operación, expresadas como percentiles 85. Si ello fuera cierto, sería posible emplear los perfiles de velocidad como estimadores de dicha reducción, y, como objetivo último, poder contar con otro parámetro que puede servir para la estimación de la seguridad. [24]

Sin embargo, lo comentado anteriormente no es cierto. La reducción de velocidad de percentil 85 no es la resta directa de las velocidades de percentil 85 de dos alineaciones, ya que al hacer esta operación no se está considerando a un mismo conductor en cada una de las mismas. Además, las distribuciones de velocidad de ambas alineaciones no son las mismas.

A partir de este estudio, llegaron a la conclusión de que el percentil 85 de la máxima reducción de la velocidad es sustancialmente mayor que la resta de las velocidades de percentil 85.

Existen diversos estudios encaminados a verificar realmente de qué depende la mayor o menor reducción de la velocidad a la salida de una recta y entrada a una curva. Se han definido nuevas variables e incluso se han calibrado modelos para estimar dicha reducción. [24]

Las variables utilizadas para el estudio del diferencial de velocidad entre elementos consecutivos son:

- $\Delta 85V$ Indica diferencial de velocidad que no es superado por el 85% de los vehículos en condiciones de flujo libre. Esta variable se calcula como el percentil 85 de la distribución de Δv_i , donde Δv_i es el decremento desde la velocidad de la recta precedente a la curva para el vehículo i .
- $\Delta 85$ Este parámetro representa el incremento de las velocidades de operación de percentil 85. Su obtención es por sustracción directa, partiendo de modelos discretos de estimación de la velocidad de operación o de un modelo continuo.

$$\Delta V_{85} = V_{85, i+1} - V_{85, i}$$

- 85MSR. Se define la variable 85MSR como el percentil 85 de las máximas reducciones de velocidad individuales a lo largo de una sección formada por los últimos 200 metros de la recta de aproximación y el punto medio de la curva. Cada reducción máxima de velocidad es tomada como la diferencia entre la máxima velocidad en la recta de aproximación y la mínima velocidad en la curva para un conductor individual. [24]

$$85MSR = (\max \Delta v_i)_{85}$$

3. METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El tramo seleccionado para el estudio y el análisis realizado se encuentra en la ciudad de Bucaramanga la cual está localizada al nororiente del país sobre la Cordillera Oriental, rama de la cordillera de los Andes, a orillas del río de Oro. Bucaramanga cuenta con 528.575 habitantes y, junto con Floridablanca, Girón y Piedecuesta, conforma el área metropolitana de Bucaramanga con un total de 1.141.694 habitantes, siendo la quinta aglomeración urbana más poblada del país.[25]

La ciudad de Bucaramanga cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el cual clasifica las vías de la ciudad en dos tipos: las vías llamadas Arterias y las vías de la Red local del municipio, dentro de las cuales fueron seleccionadas para el análisis algunas de las principales vías arterias y de red local, las cuales se encuentran conectadas a 5 de las glorietas mas importantes de la ciudad.

Figura 1. Territorio Colombiano



Figura 2. Ubicación geográfica del proyecto

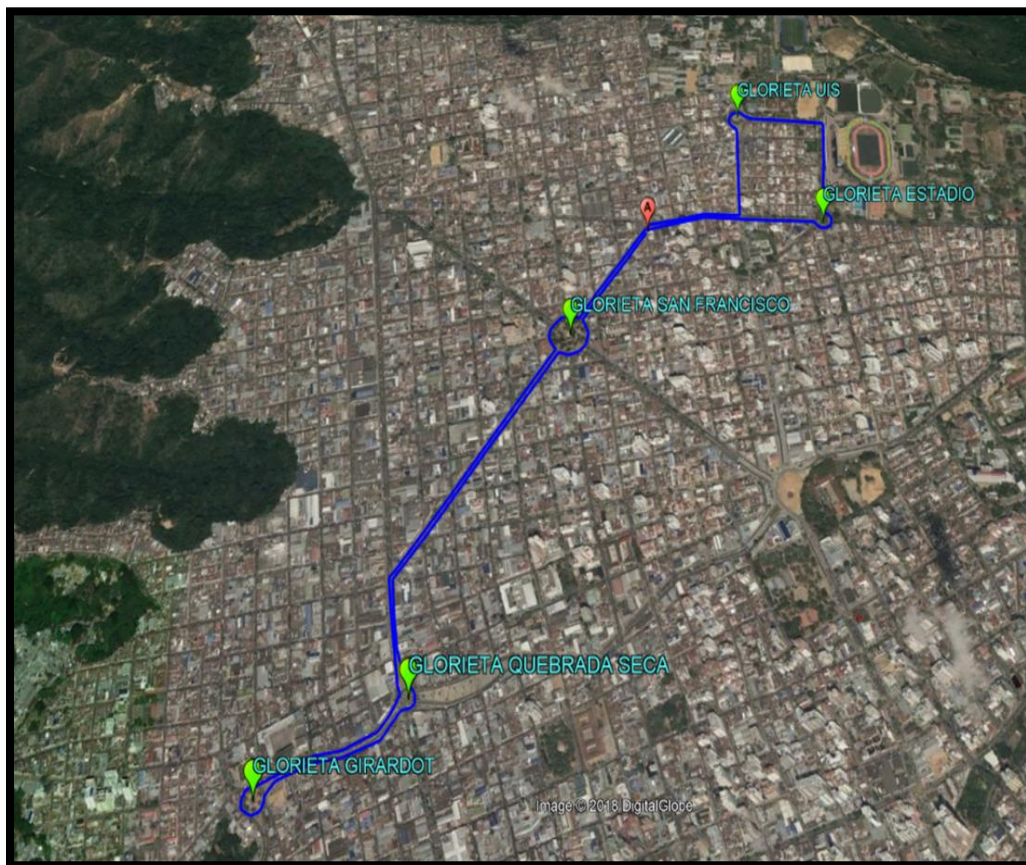


Fuente. Tomado y adaptado de Colombia-sa.com

3.2 IDENTIFICACIÓN DEL RECORRIDO

Luego de un completo y eficiente análisis de las principales vías de Bucaramanga, se tuvo en cuenta como parametro inicial cuales calles urbanas podrian estar conectadas a las glorietas más importantes de la ciudad, las cuales presentan gran movilidad y uso por parte de los usuarios, también fue necesario observar que se pudiese obtener circulación a flujo libre, calles comodas y en buenas condiciones para que el conductor se sintiera tranquilo en el momento de realizar la prueba, todo esto con el fin de escoger un optimo recorrido para el estudio a realizar. El tramo escogido tuvo una longitud de 6 km, el cual se puede ejecutar en un rango aproximado de 15 a 25 minutos. El recorrido cuenta con un punto inicial A, el cual sirvio como punto de encuentro para nuestros participantes y donde esta ubicada nuestra abscisa 0+000 en la cual se da comienzo al circuito de prueba, así mismo donde se realizó el proceso de inducción a cada uno de los conductores entregandoles los test iniciales y explicandoles la mecanica de la prueba.

Figura 3. Recorrido general del Proyecto



Fuente. Google Maps

- Circuito de prueba
- Glorietas
- Punto inicial A del recorrido

3.3 TRAMOS Y GLORIETAS DE ESTUDIO

Los tramos y glorietas están ubicados dentro del área urbana de la ciudad. Los 6 tramos fueron seleccionados de tal forma que se encuentra cada uno conectado al final del recorrido a una respectiva glorieta, conformados así por calles de doble sentido de 2 a 3 carriles y con diferentes características geométricas y del entorno. Las 5 glorietas seleccionadas varían en cuanto a sus dimensiones, accesos y entorno, estas fueron escogidas por su importancia dentro de la ciudad en cuanto a la movilidad que pueden llegar a brindar a los ciudadanos. En cada uno de los tramos se realizó la recolección de velocidades de operación a los 28 conductores con su respectivo vehículo.

3.3.1. Identificación geográfica de glorietas

Figura 4. Glorieta Estadio



Fuente Google Maps

Figura 5. Glorieta UIS



Fuente Google Maps

Figura 6. Glorieta San Francisco



Fuente Google Maps

Figura 7. Glorieta Girardot



Fuente Google Maps

Figura 8. Glorieta Quebrada Seca



Fuente Google Maps

Tabla 6. *Tramos y Glorietas de estudio*

Tramo	Nombre Glorietas	Coordenadas	
		Oeste	Norte
1	Glorieta Estadio	73.1179	7.13455
2	Glorieta UIS	73.1203	7.13771
3	Glorieta San Francisco	73.1250	7.13123
4	Glorieta Girardot	73.1315	7.12072
5	Glorieta Quebrada Seca	73.1282	7.12276
6	Glorieta San Francisco	73.1250	7.13123

Fuente Autor

3.3.2 Identificación tramos de estudio

Tabla 7. *Ubicación de tramos de estudio*

Tramo	Punto Inicial	Punto Final
1	Bulevar Santander # 23-74	Glorieta Estadio
2	Calle 14 # 30	Glorieta UIS
3	Calle 14 # 27	Glorieta San Francisco
4	Bulevar Santander # 15	Glorieta Girardot
5	Av Quebradaseca # 11	Glorieta Quebrada Seca
6	Carrera 15 # 23	Glorieta San Francisco

Fuente Autor

3.4 CONTEO Y MEDICION DEL TERRENO

Luego de la selección de los tramos, se realizó la medición de todas las características del recorrido tales como, ancho de calzada, número de carriles y longitud de cada tramo, así mismo el ancho de entrada, ancho de salida, diámetro exterior y diámetro interior de cada glorieta, todo con el fin de obtener y evaluar todas estas características como factores influyentes en la velocidad de operación.

Tabla 8. Características geométricas de los tramos antes de llegar a las glorietas.

N°	TRAMO	AC (m)	NC (m)	LT (m)	ACa (m)
1	Bulevar Santander # 23-74 – Glorieta Estadio	7	2	517,63	3,5
2	Calle 14 # 30 – Glorieta UIS	6,4	2	529,06	3,2
3	Calle 14 # 27 – Glorieta San Francisco	8,4	2	640,83	4,2
4	Bulevar Santander # 15 – Glorieta Girardot	8,5	2	682,46	2,83
5	Av Quebradaseca # 11 – Glorieta Quebrada Seca	8,5	2	364,94	4,25
6	Carrera 15 # 23 – Glorieta San Francisco	8,4	2	739,45	4,2

Fuente Autor

AC: Ancho de calzada
NC: Número de carriles
LT: Longitud Tramo
ACa: Ancho Carril

Tabla 9. Características geométricas de las glorietas

GLORIETA	LR (m)	DI (m)	DE (m)	AE (m)	AS (m)	CC (m)	NC (m)
Estadio	134	46	59,7	7	6,4	13,7	3
UIS	123	45	52,3	7,5	6,7	7,3	2
San Francisco	179	107	119	8,5	8,5	12	3
Girardot	172	50	60,5	8,5	9	10,5	3
Quebrada Seca	78	40	51,6	7,6	7,1	11,6	3

Fuente Autor

LR: Longitud Glorieta
DI: Diámetro Interno
DE: Diámetro Externo
AE: Ancho Entrada
AS: Ancho Salida
CC: Calzada circulación
NC: Número de carriles

También se hizo un conteo detallado del número de arboles, postes, señales y accesos presentes durante el recorrido, haciendo una separación parcial de todos los objetos en cada tramo conectado a cada una de las respectivas glorietas.

Tabla 10. *Numero de objetos en tramos.*

N° TRAMO	N° ARBOLES	N° POSTES	N° SEÑALES	N° ACCESOS
1	101	35	14	3
2	53	22	14	1
3	78	62	9	4
4	25	29	16	6
5	19	11	14	3
6	73	24	5	7

Fuente Autor

3.5 TOMA DE DATOS INICIAL

La recolección de datos inicial juega un papel importante en todo proyecto y/o estudio, ya que ofrece una consigna detallada de la muestra a analizar, además de ser un fuerte apoyo estadístico a la hora de desarrollar el proyecto, dandonos una idea de como influyen todos los parámetros en la ejecución de alguna prueba. Después de establecido el recorrido se dio inicio a la búsqueda de los participantes, los cuales debían tener a su disposición un vehículo, ya fuera automovil o camioneta, junto con su licencia de conducir y conocimiento previo del tramo. Se logró conseguir un total de 28 conductores, hombres y mujeres con edad de entre 19 y 58 años, quienes tuvieron la disposición necesaria para ser parte del proyecto.

3.5.1 Conductor

Con cada conductor se hizo principalmente una inducción previa al inicio del recorrido explicando el motivo, la mecanica y el proceso que sería necesario para la ejecucion de la prueba, luego de esto se dio continuación a la instalación del dispositivo VBOX en cada vehículo con respecto a la hora y día asignado a cada participante en base a su disponibilidad. A cada conductor se le pidió información necesaria para el análisis eficiente de los datos como, nombre(opcional), sexo, edad y años de experiencia manejando, con el fin de obtener información solida y contundente que fuera de gran aporte en la ejecución del proyecto.

Tabla 11. Información conductores

No.	NOMBRE	SEXO	EDAD	AÑOS EXPERIENCIA
1	Jose Alvarado	M	31	3
2	Oscar Calderon	M	45	30
3	David Cotes	M	24	8
4	Andres Lopez	M	24	6
5	Wilson Garcia	M	49	32
6	Jair Acevedo	M	27	7
7	Merly Roperero	F	23	3
8	Miguel Prince	M	22	3
9	Camila Gonzalez	F	24	1
10	Javier Monsalve	M	26	11
11	Julian Jurado	M	22	6
12	Jose Luis Báez	M	58	43
13	Silvia Gelvez	F	25	9
14	Edgar Peña	M	24	5
15	Sebastián Suárez	M	27	3
16	Mauricio Pérez	M	19	5
17	Cristian Moreno	M	23	4
18	Sandra Caceres	F	25	4
19	Sebastián Barajas	M	21	6
20	Andres Romero	M	20	5
21	Manuel Contreras	M	20	4
22	Paola Rojas	F	19	3
23	Juan Manuela Soto	M	45	25
24	William Fuentes	M	22	6
25	Miguel Angel Bueno	M	19	4
26	Juan Garnica	M	44	29
27	Nicolas Castellanos	M	21	5
28	Karen Hernández	F	19	3

Fuente Autor

3.5.2 Vehículo

Los vehículos al ser un requisito principal dentro del estudio de velocidades de operación, tuvieron que cumplir con parametros principales para ser aptos dentro de la prueba, uno de ellos fue tener una fuente de energía en la cual se pudiera hacer la conexión del VBOX que generalmente es la entrada en la cual se encuentra el encendedor de cigarrillos que tienen los vehículos, también se preguntó cuándo había sido la última revisión, ya fuera tecnomecánica o general que se le hubiese realizado al automovil, con el fin de tener una idea en la que se pudiera encontrar a la hora de hacer el recorrido, así mismo se recolectó información de las características del vehículo, marca, cilindraje y año de fabricación.

Tabla 12. Información vehículos

MARCA VEHÍCULO	CILINDRAJE (cm³)	AUTO/CAMIONETA	AÑO FABRICACIÓN	ULTIMA REVISIÓN (días)
Chevrolet	1600	Auto	2013	37
Chevrolet	1200	Auto	2017	60
Chevrolet	1400	Auto	2013	90
Chevrolet	1200	Auto	2014	90
Kia	1086	Auto	2010	240
Chevrolet	1000	Auto	2009	80
Chevrolet	1200	Auto	2016	120
Chevrolet	1400	Auto	2007	50
Chevrolet	1200	Auto	2018	80
Renault	1600	Auto	2008	110
Chevrolet	1100	Auto	2013	22
Fiat	1000	Auto	1996	15
Toyota	2000	Camioneta	2018	100
Chevrolet	1200	Auto	2015	90
Chevrolet	1400	Auto	2016	120
Chevrolet	1400	Auto	2007	180
Chevrolet	1200	Auto	2017	60
Dodge	2400	Camioneta	2015	30
Ford	2000	Camioneta	2008	15
Kia	1200	Auto	2015	120
Kia	2000	Camioneta	2018	60
Chevrolet	1000	Auto	2016	40
Jeep	6400	Camioneta	2012	120
Chevrolet	1400	Auto	2007	180
Mazda	1500	Auto	2016	30
Chevrolet	2400	Camioneta	2008	60
Kia	1250	Auto	2018	100
Kia	1250	Auto	2017	60

Fuente Autor

3.6 TRABAJO DE CAMPO

Para dar desarrollo al estudio se realizó el trabajo de campo, en el cual se contó con la participación de 28 conductores para hacer efectivo el recorrido y la respectiva recolección de velocidades de operación. Como equipo de trabajo nos encontramos mi compañera y yo haciendo efectiva la inducción, instalación del equipo y recolección de datos. Los conductores estuvieron dentro de un rango de 19 a 58 años de edad, género masculino y femenino, los cuales contaban con experiencia en conducción entre 1 y 43 años. Los vehículos utilizados por nuestros participantes tenían cilindrajes dentro de un rango de 1000 a 6400 cm³ y años de fabricación entre 1996-2018. Dentro

del proceso de inducción que presentamos a cada conductor se le recomendó como parte fundamental del proyecto manejar de tal manera que lo hacen a diario, sin tener en cuenta que se encontraban en alguna prueba, ya que podríamos obtener datos adaptados a la realidad de la persona y de la vía.

3.6.1 Instalación del dispositivo

El dispositivo Vbox cuenta con una antena GPS, dos cámaras de alta y baja calidad, cable de corriente y modem. El funcionamiento del equipo se basa un proceso de grabación, que comienza instantaneamente al arrancar el vehículo el cual le da corriente al VBOX, dando inicio a la toma de velocidades y de video del tramo recorrido. Se debe tener en cuenta que al mantener una velocidad mayor a 2 km/h en cada vehículo el proceso de grabación seguira constante pero si esta es menor a dicha velocidad, el VBOX detendra la grabación y comenzará otra nueva, así mismo todas las veces que se presente la disminución de velocidad anteriormente mencionada.

Figura 9. Equipo Video Vbox Racelogic



Fuente vboxmotorsport.co.uk

La instalación fue sencilla y rápida, solo fue necesario que algún miembro del equipo de trabajo estuviera presente en el asiento del pasajero de adelante, hiciera efectiva la instalación del equipo a la fuente de energía, acomodación de la cámara de grabación en dirección que se observara la vía, ubicación del GPS el cual venía con un imán por el cual se adhería fácilmente a las latas del vehículo y por ultimo conexión de todos los cables a el modem en donde solo fue necesario insertar la tarjeta SD y observar que todas las luces se encontraran encendidas, en nuestro caso con un color verde, lo cual nos indicaba que se podía dar inicio al recorrido.

3.6.2 Encuestas enfocadas al factor humano

A cada conductor al haber finalizado la prueba técnica con su vehículo, se le entregó dos encuestas enfocadas a medir la importancia y la incidencia que tiene el factor humano en las velocidades de operación de vías urbana en Bucaramanga, como objetivo principal del proyecto fue necesario estudiar a fondo y buscar información que fuera de gran ayuda para la ejecución de los test seleccionados.

Las encuestas que fueron utilizadas por García (2014), están enfocadas en medir los estilos de conducción (MDSI-S) (Poó, Taubman-Ben-Arib, Ledesma y Díaz-Lázaro, 2013) y los rasgos de personalidad (ZQPK-50-CC) (Aluja et al., 2006); con el fin de conocer las características de los conductores evaluados. Se eligieron estas encuestas tomando en cuenta que han sido traducidas al idioma castellano y aplicado en un contexto latinoamericano en Argentina. [30]

El test MDSI-S evalúa una serie de situaciones y comportamientos que se producen durante la conducción e interacción con el tránsito. Cada conductor evaluado valora en una escala de 1 (=Nada) a 6 (=Mucho) cada situación o comportamiento. Los estilos de conducción estimados con esta encuesta son: de riesgo y alta velocidad, disociativo, agresivo, paciente y prudente, ansioso y de reducción de estrés. [30]

El test ZQPK-50-CC sirve para medir los rasgos de personalidad del individuo, contiene 53 ítems y valora los cinco factores del individuo: Agresión/Hostilidad (Agg-Host), Impulsividad / Búsqueda de Sensaciones (ImpSS), Neurotismo / Ansiedad (N-Anx), Sociabilidad (Sy) y Actividad (Act). Este consiste en una mezcla de enunciados positivos y negativos, en donde el encuestado responde V o F. Los test estilos de conducción (MDSI-S) y rasgos de personalidad (ZQPK-50-CC) aplicados a los conductores se muestran en el Anexo A. [30]

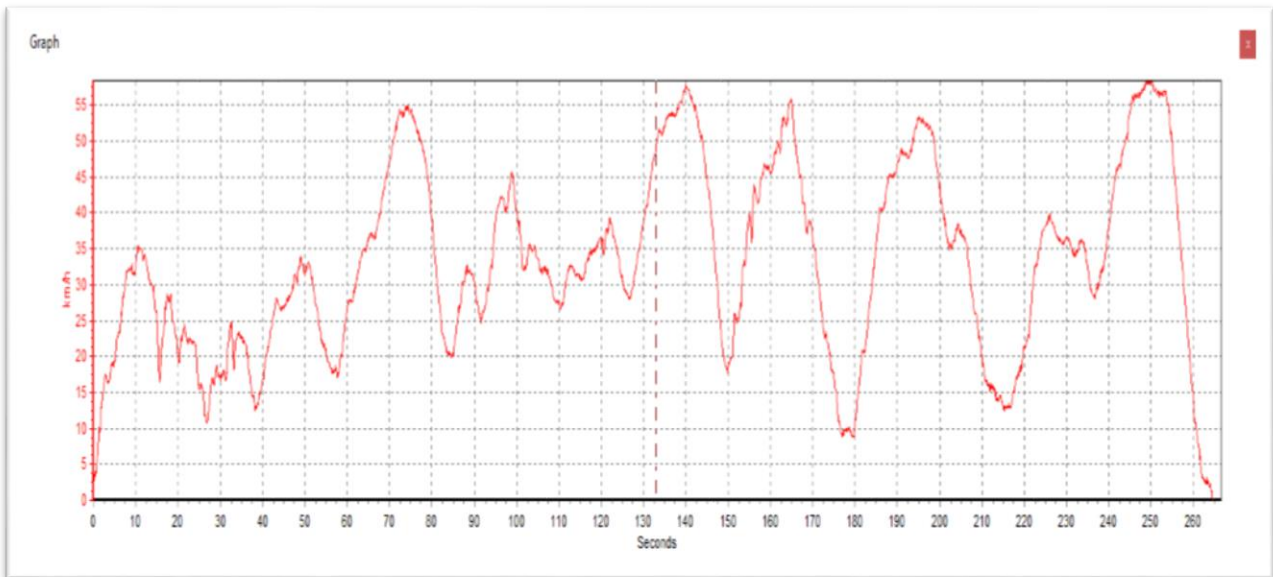
3.7 DESARROLLO DE DATOS RECOLECTADOS

Se procede a hacer uso pertinente de todos los datos e información recolectada anteriormente mencionada, principalmente se da inicio con la información obtenida por medio del GPS Vbox abordo de los vehículos que hicieron parte del recorrido de los tramos de estudio. Se realiza una exportación de perfiles de velocidad, aceleración y desaceleración a archivos Excel con el fin de obtener las abscisas de los tramos, entradas y salidas de las gloriets para su respectivo análisis, procediendo a una organización exhaustiva de toda la información.

3.7.1 Perfiles de velocidad

Estos perfiles nos dan a conocer la velocidades y distancias recorridas por cada vehículo en los tramos y gloriets que fueron seleccionados para el estudio de velocidades de operación, a partir del dispositivo GPS Vbox podemos obtener esta información junto a las abscisas lo cual es de gran importancia para la identificación de velocidades de operación en los puntos principales para el análisis del proyecto. En la Figura 10 podremos observar un ejemplo de perfil de velocidad obtenido por medio del equipo Vbox.

Figura 10. Perfil de velocidad programa Vbox Tools



Fuente Elaboración propia

3.7.2 Calculo de velocidad de operación V85 con Wolfram Mathematica 11 y Excel 2016

A continuación, una breve explicación de cómo se calculó el percentil 85 de la velocidad en todos los tramos estudiados.

1. Escribir en Mathematica la función **InverseCDF[NormalDistribution[],0.85]**.
2. Esta función te dará el valor de **1,03643**.
3. Ahora en Excel, con la función **DESVEST()**, se obtiene el valor de la desviación estándar (σ) de las velocidades de cada tramo.
4. Con la función **PROMEDIO()**, se obtiene el valor de la media aritmética (μ) de las velocidades de cada tramo.
5. Por último con la función **(σ *1,03643)+ μ** , se obtiene el percentil 85 de la velocidad de operación.

4. RESULTADOS

4.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Las variables dependientes son la velocidad , aceleración y desaceleración que se obtuvieron a partir del analisis y procesamiento de los datos recolectados por el equipo VBOX y su programa Racelogic VBOX Tools.

4.1.1. Velocidad

Para empezar, fue necesaria la revisión de los videos porporcionados por el VBOX para lograr conocer los recorridos en los cuales los vehiculos se encontraban en flujo libre, es decir, que la velocidad del vehiculo no fuera influenciada por otros vehiculos ni peatones. A continuación, en la Tabla 13 se observa en cada conductor en que tramo el vehículo se encontraba en flujo libre, antes y dentro de la glorieta.

Tabla 13. *Tramos en Flujo Libre por conductor.*

N.	TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3		TRAMO 4		TRAMO 5		TRAMO 6	
	ANTES GLORIETA	DENTRO GLORIETA	ANTES GLORIETA	DENTRO GLORIETA	ANTES GLORIETA	DENTRO GLORIETA	ANTES GLORIETA	DENTRO GLORIETA	ANTES GLORIETA	DENTRO GLORIETA A	ANTES GLORIETA	DENTRO GLORIETA
1	X	X	X	X	X			X		X		X
2		X	X	X	X	X	X	X				X
3	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
4		X	X	X	X	X		X		X		X
5	X	X	X		X	X	X	x	X			X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
7		X	X	X	X	X						X
8	X	X	X	X	X	X		X			X	X
9		X	X	X	X	X		X		X	X	X
10	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X
11		X	X	X	X	X	X	X				X
12		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	X	X			X	X			X			
14	X	X	X	X	X	X	X	X				X
15		X	X	X	X	X		X		X	X	X
16	X	X	X	X	X	X	X			x		X
17			X	X	X	X		X			X	X
18	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
19	X	X	X	X		X						
20		X	X	X	X	X		X		X		X
21		X	X	X	X	X		X		X		X
22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
23		X	X	X				X		X		X
24		X	X	X	X	X		X		X		X
25	X	X	X	X	X	X						
26	X	X	X	X	X	X		X		X		X
27	X	X	X	X	X	X				X		X
28		X	X	X	X	X		X				X

Fuente. Autor

A continuación en la Tabla 14. se observa el resumen de los recorridos a flujo libre antes y dentro de cada Glorieta de cada tramo.

Tabla 14. *Total recorridos en Flujo Libre.*

TRAMO	TOTAL RECORRIDOS	RECORRIDOS EN FLUJO LIBRE	
		ANTES GLORIETA	DENTRO GLORIETA
1	28	15	27
2	28	27	26
3	28	26	25
4	28	10	22
5	28	5	16
6	28	9	25
TOTAL	168	92	141

Fuente. Autor

La implementación del equipo Video VBOX Lite en la toma de datos dio como resultado datos continuos de posición y velocidad de todos los vehículos que circularon en los tramos de estudio. Por lo que a la hora de elaborar los 28 perfiles de velocidad en cada tramo fue necesario realizarse un abscisado para cada tramo debido a que el software exportó demasiados datos y su variación era muy pequeña.

Para los tramos entre 450 y 650 m se abscisó cada 30 metros, entre 700 y 800 m se abscisó cada 40 metros y para los tramos mayores de 850 m se abscisó cada 50 metros.

La selección de los recorridos en flujo libre es necesaria para el cálculo del Percentil 85 de la velocidad, es decir la velocidad de operación y la Velocidad Media.

A continuación se pueden observar desde la Figura 11 hasta la Figura 22 los tramos que conforman el circuito, la primera figura de cada tramo conformada por los 28 perfiles de velocidad y la segunda figura en la que solo se consideran los tramos a flujo libre.

Figura 11. Perfiles de velocidad del tramo de todos los conductores.

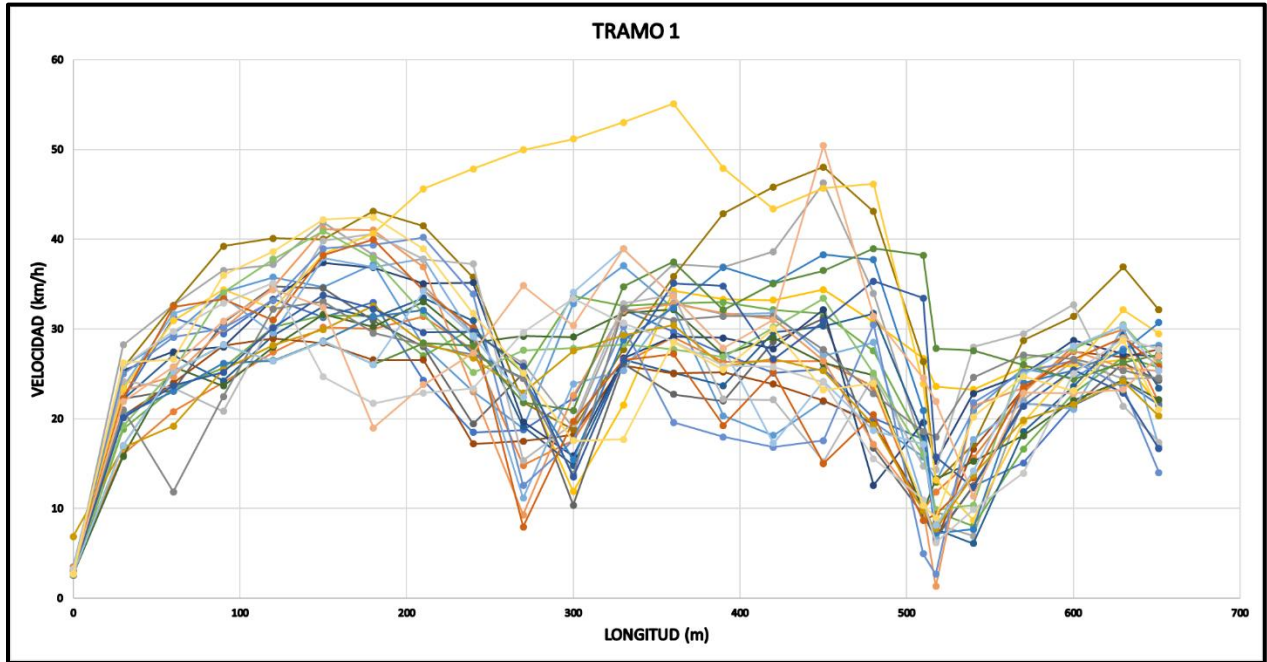


Figura 12. Perfiles de velocidad del tramo 1 considerando el flujo libre.

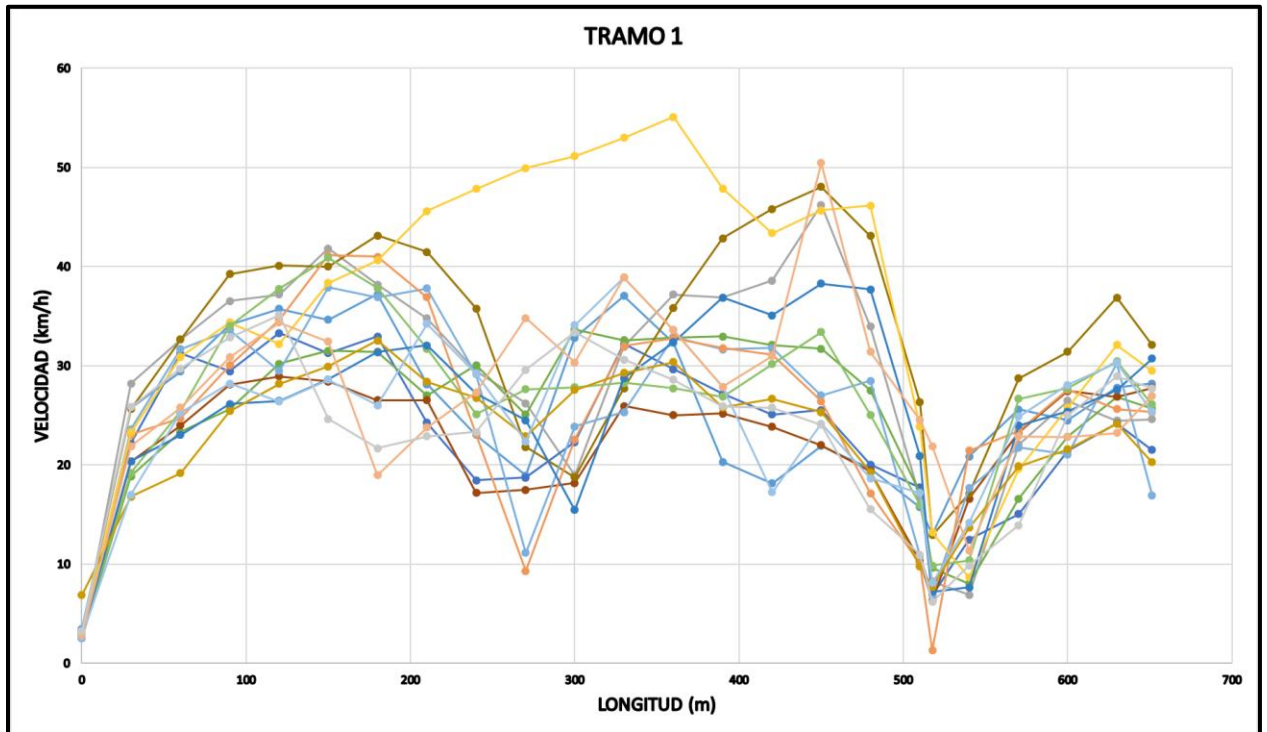


Figura 13. Perfiles de velocidad del tramo 2 de todos los conductores.

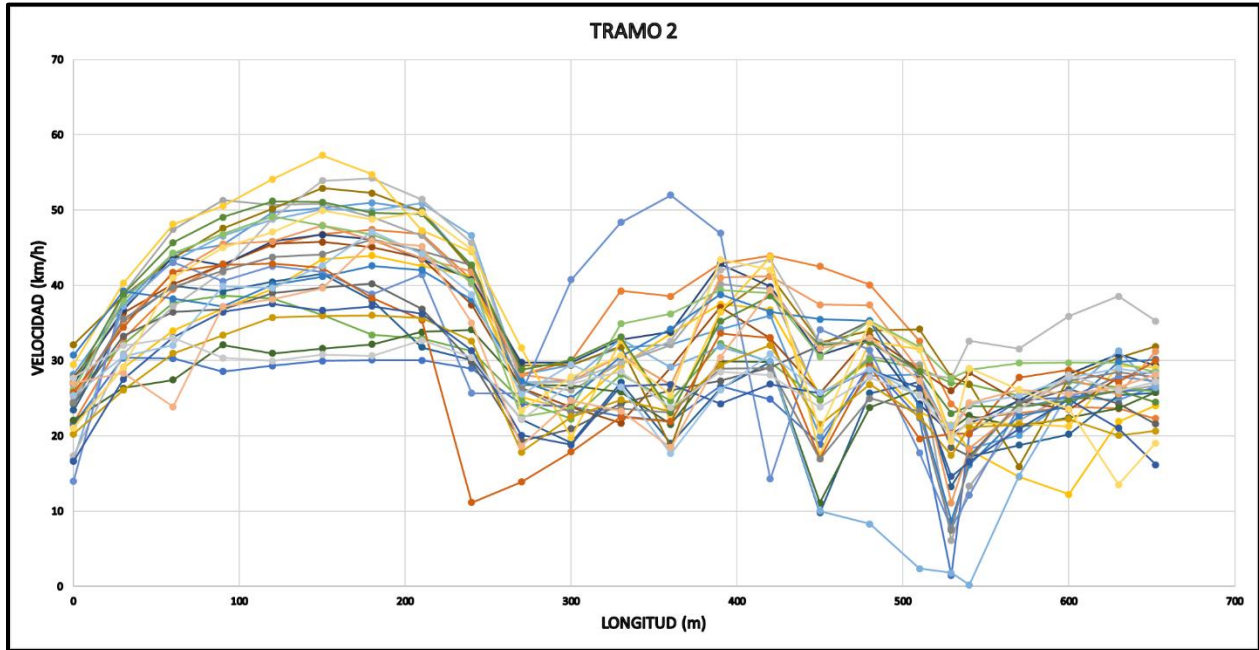


Figura 14. Perfiles de velocidad del tramo 2 considerando el flujo libre.

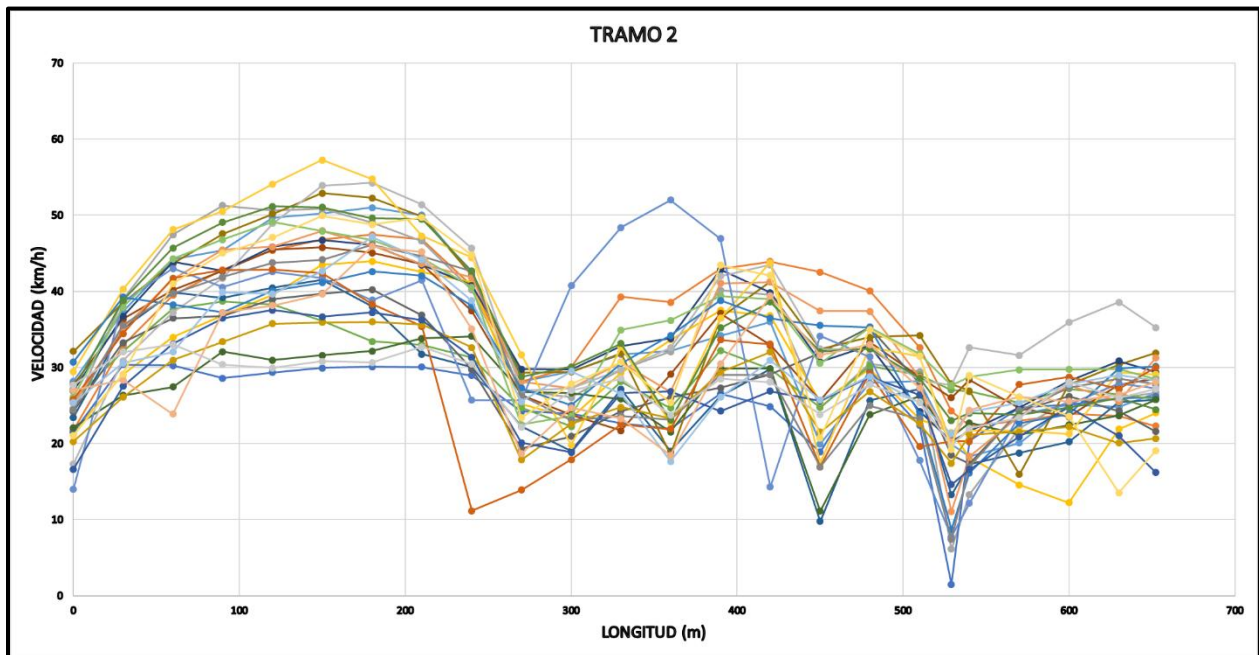


Figura 15. Perfiles de velocidad del tramo 3 de todos los conductores.

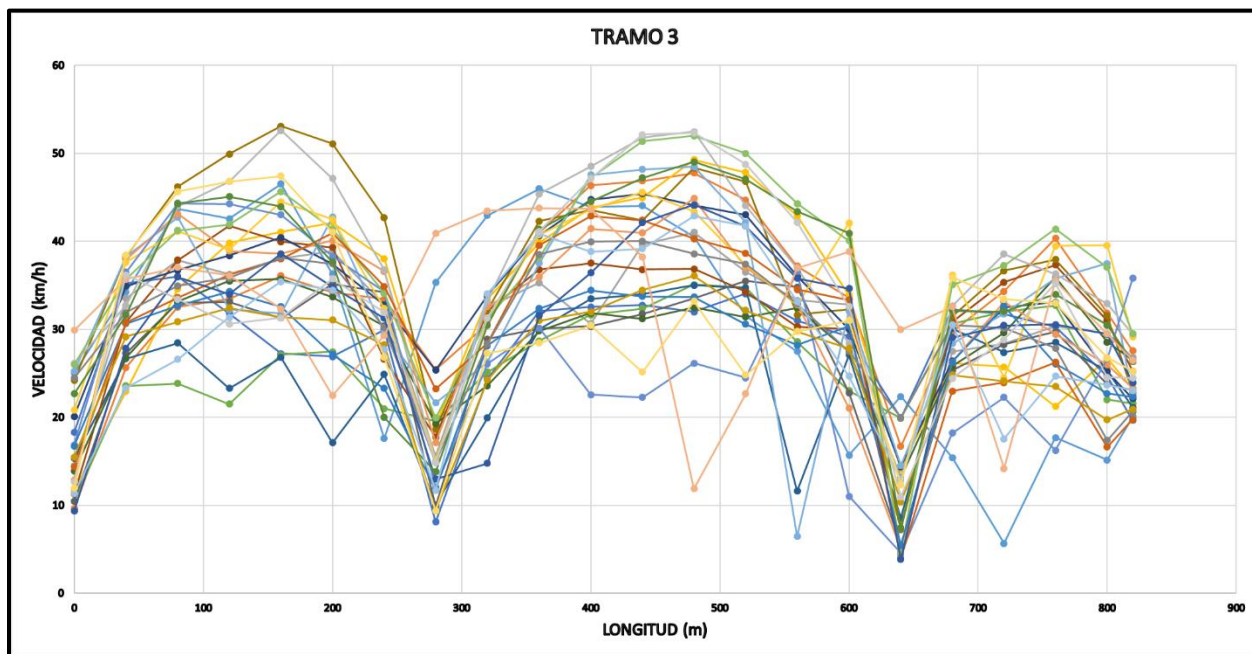


Figura 16. Perfiles de velocidad del tramo 3 considerando el flujo libre.

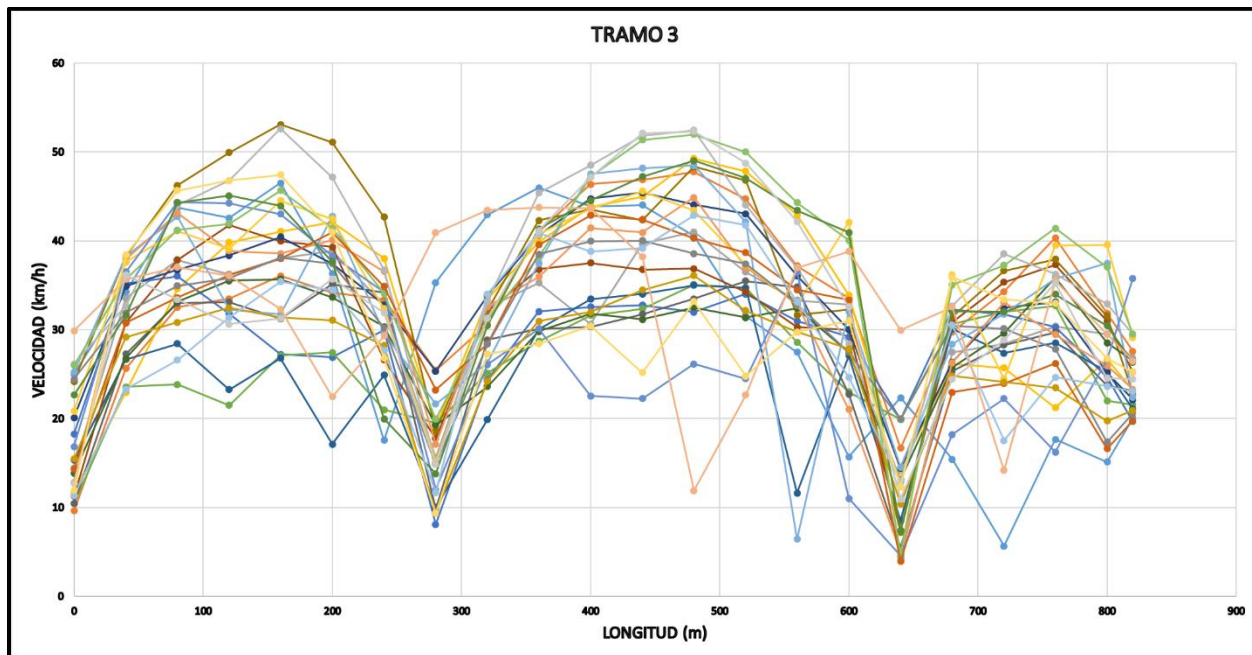


Figura 17. Perfiles de velocidad del tramo 4 de todos los conductores.

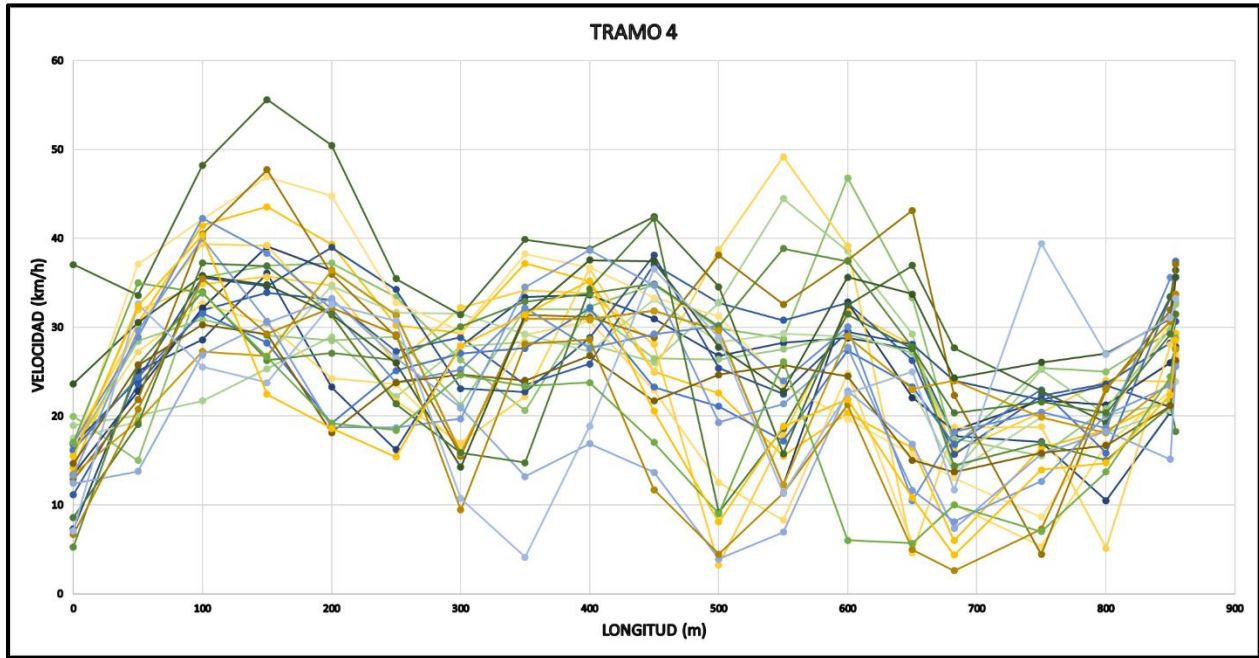


Figura 18. Perfiles de velocidad del tramo 4 considerando el flujo libre.

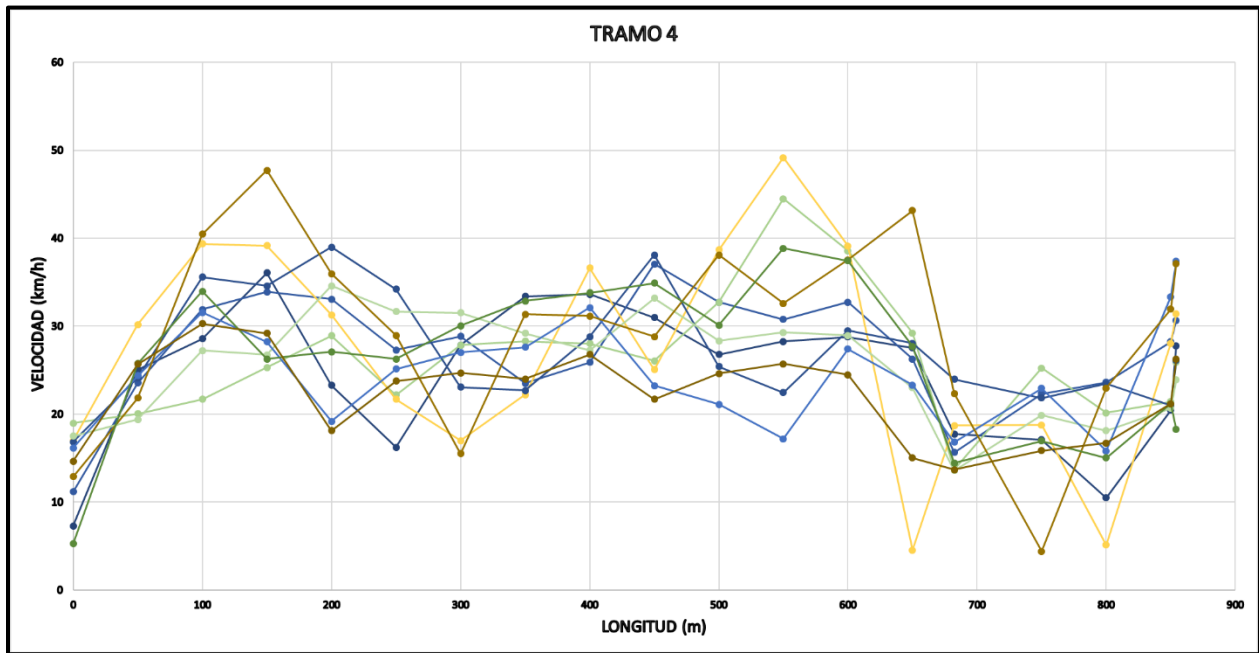


Figura 19. Perfiles de velocidad del tramo 5 de todos los conductores.

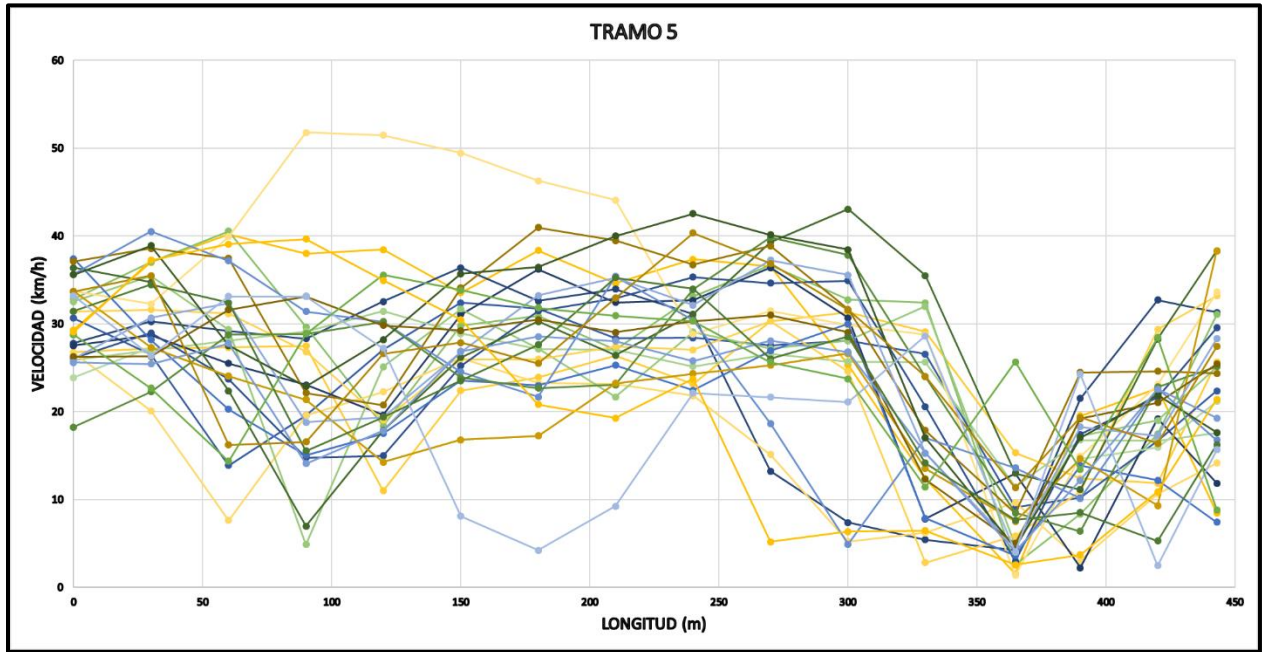


Figura 20. Perfiles de velocidad del tramo 5 considerando el flujo libre.

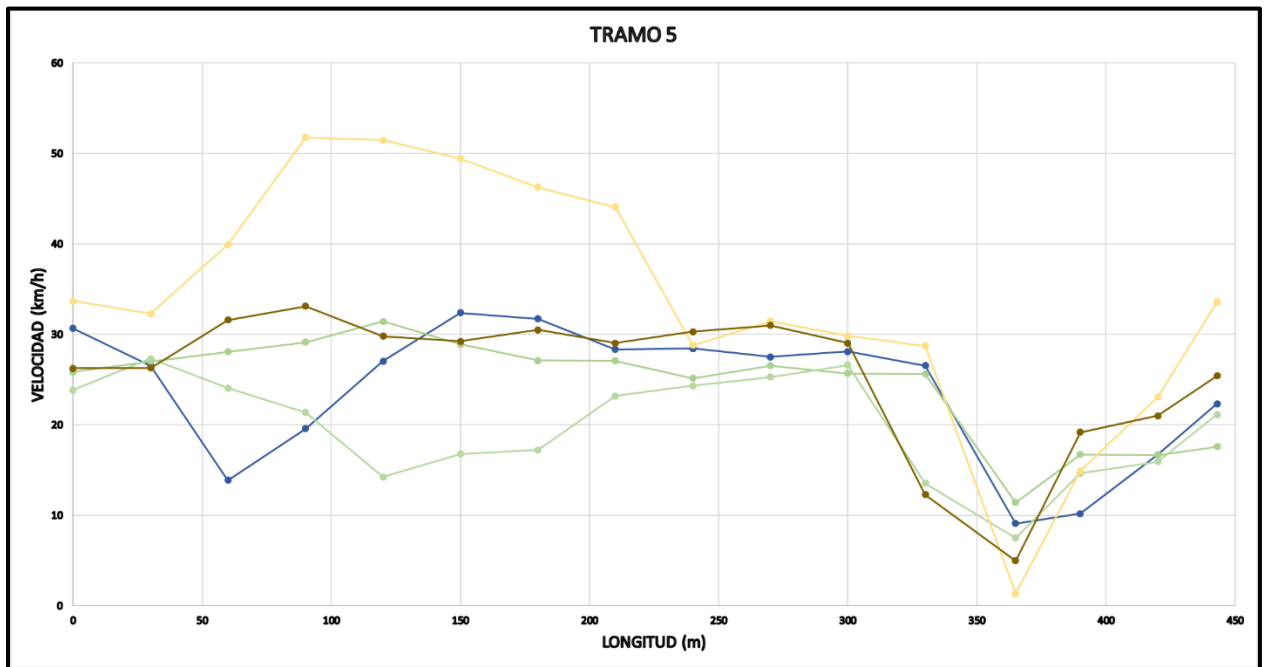


Figura 21. Perfiles de velocidad del tramo 6 de todos los conductores.

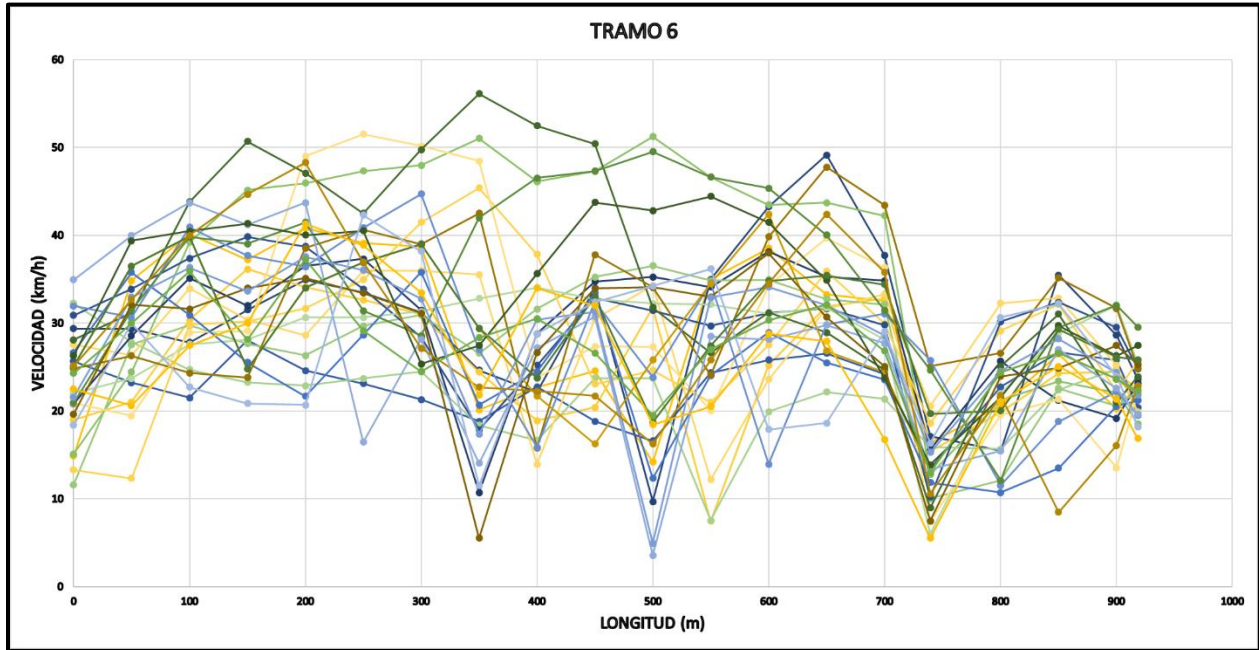
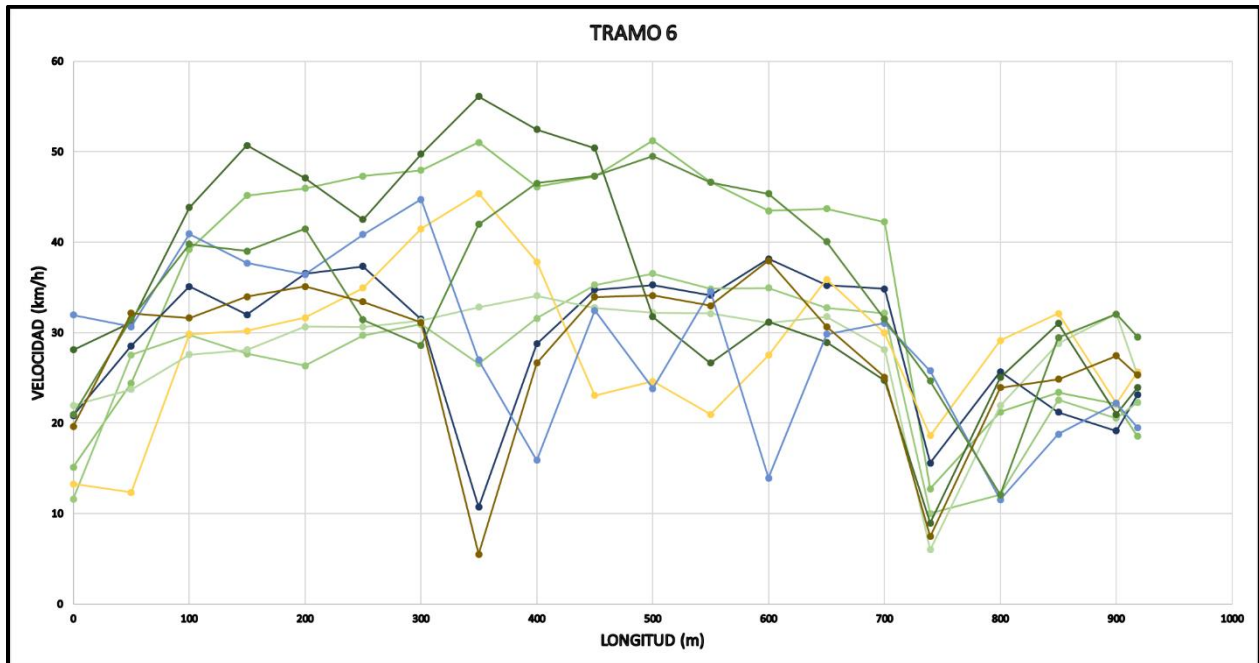


Figura 22. Perfiles de velocidad del tramo 6 considerando el flujo libre.



Calculamos el percentil 85 de la velocidad y la velocidad media de cada uno de los seis tramos antes de llegar a las glorietas con ayuda de la desviación estándar. En la Tabla 15 se observan la velocidad de operación y velocidad media de cada uno de los tramos antes de llegar a las glorietas.

Tabla 15. *Valores Velocidad de Operación y Velocidad Media de los tramos antes de llegar a Glorietas.*

TRAMO ANTES DE GLORIETA	VELOCIDAD MEDIA (km/h)	VELOCIDAD OPERACIÓN (km/h)
1	25,634	35,683
2	28,439	39,005
3	28,172	39,194
4	25,523	33,822
5	22,439	33,236
6	30,822	41,185

Fuente. Autor

4.1.2. Aceleración y Desaceleración

Para calcular la aceleración y desaceleración de todos los perfiles de velocidad que estaban en flujo libre se usaron los datos de velocidad y posición. A partir de estos datos se calculó la aceleración y desaceleración con la ecuación:

$$a = \frac{Vf^2 - Vi^2}{25.92 * (Xf - Xi)}$$

Donde

a= Aceleración en m/s^2 .

Vf=Velocidad Final en km/h .

Vi=Velocidad Inicial en km/h

Xf=Posición Final en m

Xi=Posición Inicial en m

Si los resultados son positivos significa que es aceleración y si son negativos son desaceleraciones.

Después de obtener los valores de aceleraciones y desaceleraciones se continuó con el cálculo del percentil 85 y la media aritmética de la aceleración y desaceleración de cada tramo antes de llegar a las glorietas. A continuación, se observa en la Tabla 16 y Tabla 17 Los resultados del percentil 85 de la aceleración y desaceleración y media de aceleración y desaceleración.

Tabla 16. *Valores del Percentil 85 y Media Aritmética de la Aceleración en los tramos antes de llegar a glorietas.*

TRAMO ANTES GLORIETA	ACELERACIÓN MEDIA ($\frac{m}{s^2}$)	PERCENTIL 85 ACELERACION ($\frac{m}{s^2}$)
1	1,051	2,122
2	0,932	2,293
3	1,016	1,905
4	0,798	1,540
5	0,726	1,370
6	0,795	1,434

Fuente. Autor

Tabla 17. *Valores del Percentil 85 y Media Aritmética de la Desaceleración en los tramos antes de llegar a glorietas.*

TRAMO ANTES GLORIETA	DESACELERACIÓN MEDIA ($\frac{m}{s^2}$)	PERCENTIL 85 DESACELERACION ($\frac{m}{s^2}$)
1	1,127	2,356
2	1,001	2,284
3	0,977	1,839
4	0,803	1,497
5	0,791	1,438
6	0,828	1,508

Fuente. Autor

4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes corresponden a las características de las calles y las glorietas. Las características de las calles antes de llegar a las glorietas incluyen la longitud del tramo, ancho de calzada, número de carriles, ancho de carril y densidad de los objetos en zonas laterales. Y las

características de las glorietas corresponde a la longitud recorrida en la glorietta, ancho calzada de entrada, ancho calzada de salida, ancho de calzada de circulación y los diámetros interior y exterior de las glorietas.

4.2.1 Características Geométricas en tramos antes de llegar a Glorietas

En la Tabla 18 se encuentra las características geométricas de los tramos antes de llegar a las glorietas.

Tabla 18. *Características geométricas de los tramos antes de llegar a las glorietas.*

N° TRAMO ANTES GLORIETA	LONGITUD (m)	ANCHO CALZADA (m)	N° CARRILES	ANCHO CARRIL (m)
1	517,6	7,0	2	3,5
2	529,1	6,4	2	3,2
3	640,8	8,4	2	4,2
4	682,5	8,5	3	2,8
5	364,9	8,5	2	4,3
6	739,5	8,4	2	4,2

Fuente. Autor

Después de hecho el conteo de objetos en las zonas laterales de cada tramo se procedió a calcular la densidad de objetos cada 100 metros por tramo. Con la siguiente ecuación se obtuvo los valores de densidad:

$$Densidad\ de\ Objetos = \frac{Numero\ Objetos}{Longitud\ Tramo} * 100$$

En la Tabla 19 se observa el número y densidad de árboles, postes, señales de tránsito y accesos existentes en las zonas laterales de cada uno de los seis tramos.

Tabla 19. *Densidad de objetos por tramo antes de llegar a glorietta.*

N° TRAMO	N° ARBOLES	N° POSTES	N° SEÑALES	N° ACCESOS	DENSIDAD ARBOLES	DENSIDAD POSTES	DENSIDAD SEÑALES	DENSIDAD ACCESOS
1	101	35	14	3	19,512	6,762	2,705	0,580
2	53	22	14	1	10,018	4,158	2,646	0,189
3	78	62	9	4	12,172	9,675	1,404	0,624
4	25	29	16	6	3,663	4,249	2,344	0,879
5	19	11	14	3	5,206	3,014	3,836	0,822
6	73	24	5	7	9,872	3,246	0,676	0,947

Fuente. Autor

4.2.2 Características Geométricas de Glorietas

Se tomaron los datos de las dimensiones geométricas de las glorietas para analizarlas con el percentil 85 de velocidad y la velocidad media dentro de las glorietas. Las características geométricas de las glorietas fueron: ancho de entrada, ancho de calzada de circulación, ancho de salida, diámetro interior y exterior; y la longitud del recorrido dentro de la glorieta. En la Tabla 20 se observan las características geométricas recolectadas de las glorietas.

Tabla 20. *Características geométricas de las glorietas*

GLORIETA	LONGITUD RECORRIDA (m)	DIAMETRO INTERIOR (m)	DIAMETRO EXTERIOR (m)	CALZADA ENTRADA (m)	CALZADA SALIDA (m)	CALZADA CIRCULACION (m)	N° CARRILES
ESTADIO	134	46	59,7	7	6,4	13,7	3
UIS	123	45	52,3	7,5	6,7	7,3	2
SAN FRANCISCO	179	107	119	8,5	8,5	12	3
GIRARDOT	172	50	60,5	8,5	9	10,5	3
QUEBRADA SECA	78	40	51,6	7,6	7,1	11,6	3

Fuente. Autor

4.2.3 Test de Conducción

El MDSI-S es la versión argentina del Inventario Multidimensional de estilos de conducción, el cual es un instrumento que evalúa el estilo de conducción desde una perspectiva multidimensional, cubriendo a la vez diferentes facetas del estilo personal del conductor. El instrumento cubre aspectos relacionados con la toma de riesgo, la ansiedad, la inatención, el estrés y la agresión al conducir. [31]

El cuestionario MDSI-S, está compuesto por 40 ítems en el cual sus resultados se interpretan con 6 escalas. Estas escalas son: Estilo de conducción Riesgosa, Estilo de conducción Disociativa, Estilo de conducción Agresiva, Estilo de conducción Prudente, Estilo de conducción Ansiosa y Estilo de conducción Reducción de estrés. La Tabla 21 nos da a conocer los resultados de los 28 conductores que participaron en la toma de velocidades del proyecto:

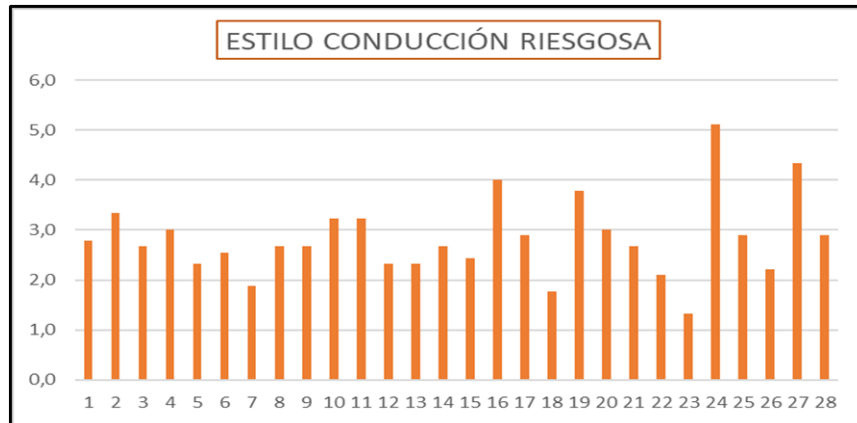
Tabla 21. Resultados Estilos de Conducción

Nº Conductor	Estilo Conducción Riesgosa	Estilo Conducción Disociativa	Estilo Conducción Agresiva	Estilo Conducción Prudente	Estilo Conducción Ansiosa	Estilo Reducción de Estrés
1	2,8	2,9	3,2	4,0	2,8	3,6
2	3,3	2,4	3,8	3,7	2,5	3,6
3	2,7	2,6	3,3	4,7	2,5	5,4
4	3,0	2,6	3,5	3,5	3,8	4,0
5	2,3	1,3	1,5	5,5	1,0	3,4
6	2,6	1,7	2,5	4,5	2,8	2,6
7	1,9	1,9	3,3	4,2	2,0	3,4
8	2,7	1,5	1,5	5,3	1,8	5,6
9	2,7	3,3	4,0	4,2	2,8	2,4
10	3,2	1,8	2,2	4,7	2,5	3,8
11	3,2	2,1	1,7	4,8	2,0	4,2
12	2,3	2,0	2,5	5,0	2,0	3,2
13	2,3	1,5	2,5	4,5	2,0	3,8
14	2,7	1,3	1,8	5,2	2,0	3,8
15	2,4	1,4	2,2	4,2	1,5	3,0
16	4,0	1,6	3,0	3,5	2,5	3,2
17	2,9	2,4	2,2	3,5	3,3	3,8
18	1,8	1,6	2,5	5,3	3,8	4,4
19	3,8	3,3	2,5	5,8	1,8	4,2
20	3,0	1,9	2,8	4,0	2,5	4,6
21	2,7	1,7	4,2	5,0	2,8	3,0
22	2,1	1,6	1,5	5,2	1,5	4,2
23	1,3	1,7	1,7	3,5	1,8	4,2
24	5,1	2,5	3,7	5,0	2,3	5,0
25	2,9	2,1	2,5	2,2	2,0	2,6
26	2,2	1,2	1,8	5,5	1,3	3,4
27	4,3	2,3	4,3	4,7	2,3	4,6
28	2,9	3,0	2,5	4,3	3,8	4,0

Fuente. Autor

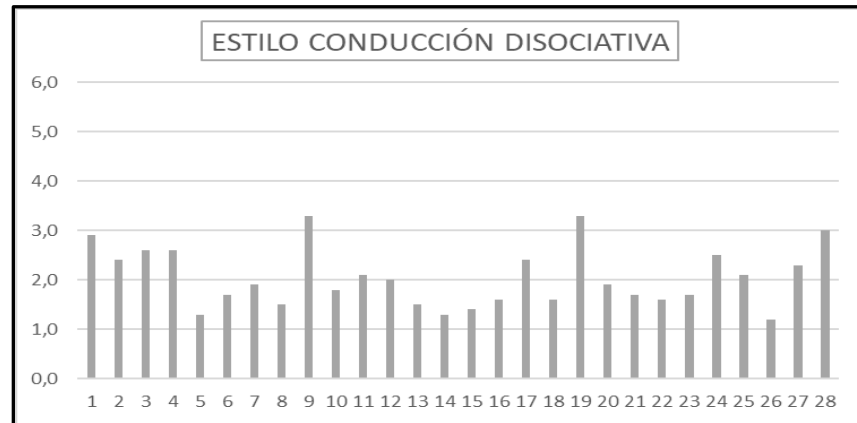
Después de obtener los resultados del cuestionario de cada conductor, se graficó por cada factor de estilo de conducción. Y con un rango de evaluación entre 0 y 6.

Figura 23. Estilo Conducción Riesgosa.



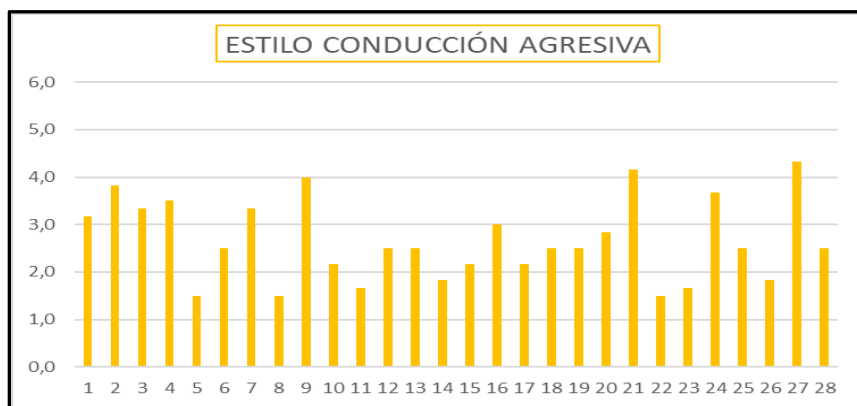
Fuente. Autor

Figura 24. Estilo Conducción Disociativa.



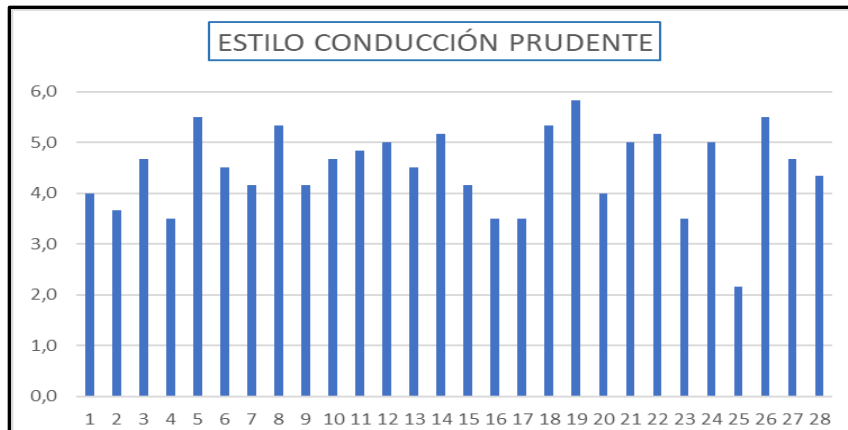
Fuente. Autor

Figura 25. Estilo Conducción Agresiva.



Fuente. Autor

Figura 26. Estilo Conducción Prudente.



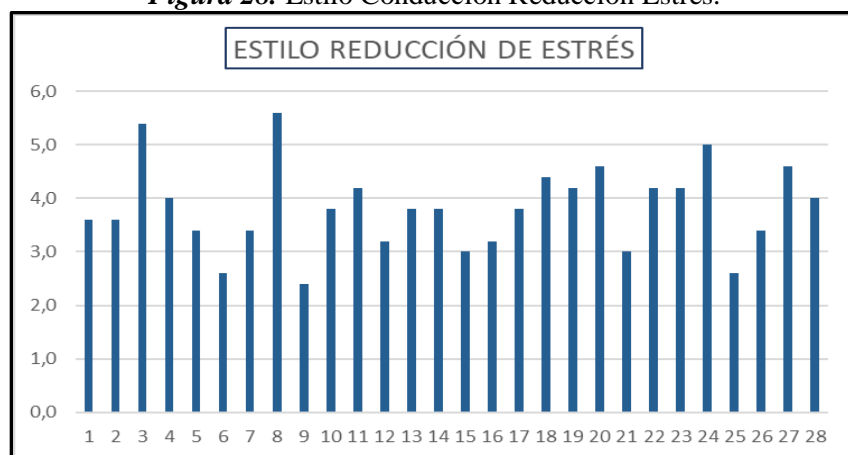
Fuente. Autor

Figura 27. Estilo Conducción Ansiosa.



Fuente. Autor

Figura 28. Estilo Conducción Reducción Estrés.



Fuente. Autor

Los resultados arrojaron porcentajes en los cuales predominan estilos de conducción prudente con el porcentaje más alto, seguido de estilos de conducción de reducción de estrés, riesgosa y por ultimo agresiva la cual obtuvo el porcentaje más bajo por los conductores encuestados, los datos se pueden observar en la Tabla 22.

Tabla 22. *Estilos de conducción resultado*

ESTILO CONDUCCION	%
Prudente	64,3
Reducción de estrés	21,4
Riesgosa	10,7
Agresiva	3,6
Ansiosa	0,0
Disociativa	0,0

Fuente. Autor

4.2.4 Test de Personalidad

El test personalidad (ZKPQ-50-CC) utilizado como método de recolección, se aplicó a los 28 conductores que participaron en la toma de datos de velocidad, para hacer la respectiva evaluación de la influencia que tiene el factor humano en la conducción y más específicamente en la velocidad de operación. La encuesta permitió la evaluación en un rango de 0-10 rasgos como, Actividad (Act), Agresión/Hostilidad (Agg-Host), Impulsividad/Búsqueda de Sensaciones (ImpSS), Neurotismo/Ansiedad (N-Anx), Sociabilidad (Sy). [32] La Tabla 23 nos da a conocer los resultados:

Tabla 23. *Resultado Rasgos de personalidad*

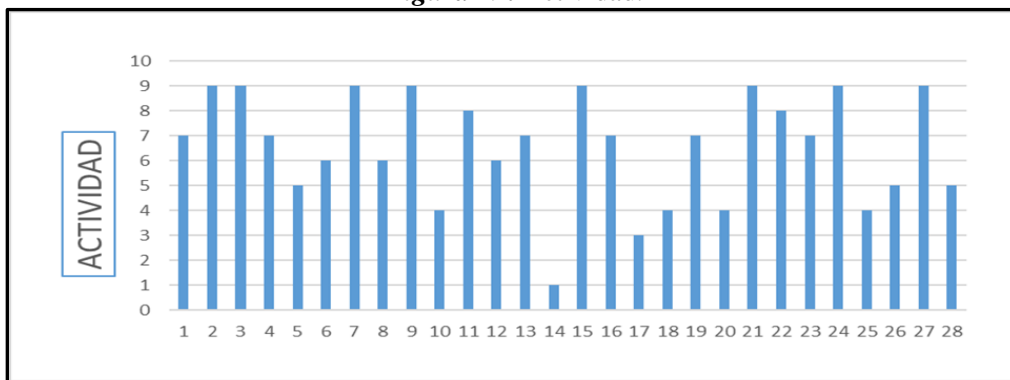
N° Conductor	Actividad	Agresion-Hostilidad	Impulsividad-Búsqueda Sensaciones	Neurotismo-Ansiedad	Sociabilidad
1	7	0	5	1	4
2	9	7	7	3	4
3	9	4	7	3	3
4	7	4	10	2	5
5	5	5	8	2	6
6	6	5	7	5	6
7	9	3	5	1	3
8	6	0	3	1	1

9	9	3	10	3	7
10	4	6	6	1	5
11	8	0	8	0	7
12	6	5	9	5	8
13	7	0	3	1	4
14	1	6	7	0	6
15	9	3	6	2	3
16	7	8	9	3	6
17	3	8	9	4	8
18	4	7	5	4	2
19	7	4	9	1	4
20	4	5	5	1	3
21	9	5	7	2	6
22	8	2	8	1	1
23	7	2	5	0	5
24	9	7	8	3	7
25	4	7	8	4	4
26	5	6	9	3	7
27	9	10	8	5	7
28	5	1	7	4	4

Fuente. Autor

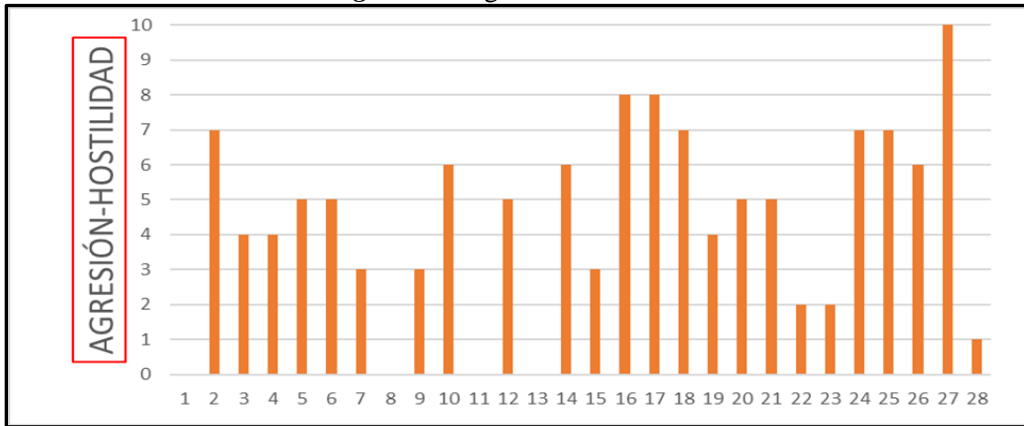
Después de obtener los resultados del cuestionario de cada conductor, se graficó por cada rasgo de personalidad. Y con un rango de evaluación entre 0 y 10.

Figura 29. Actividad.



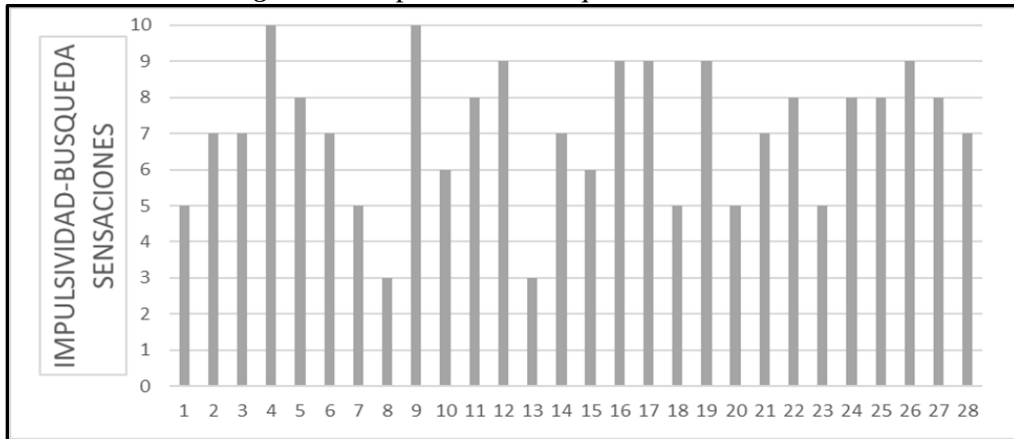
Fuente. Autor

Figura 30. Agresión-Hostilidad.



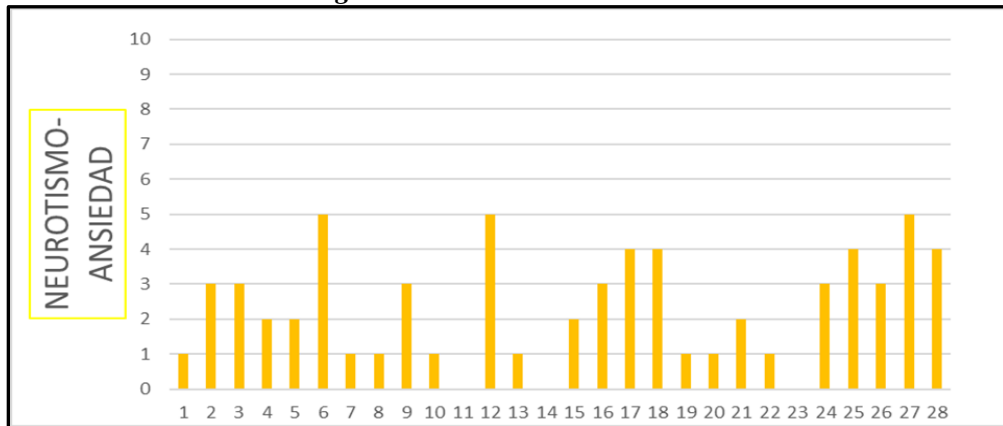
Fuente. Autor

Figura 31. Impulsividad-Búsqueda Sensaciones.



Fuente. Autor

Figura 32. Neurotismo-Ansiedad.



Fuente. Autor

De los resultados obtenidos, pudimos observar los rasgos de personalidad que predominan en el grupo de conductores evaluado. Impulsividad/Búsqueda de Sensaciones fue el rasgo con mayor porcentaje de los 5, seguido de los rasgos Actividad y Agresión/Hostilidad dentro de los cuales se pudo obtener un porcentaje como resultado, en la Tabla 24 se pueden observar cada uno de los porcentajes.

Tabla 24. *Rasgos de personalidad resultado*

RASGO DE PERSONALIDAD	%
IMPULSIVIDAD-BUSQUEDA SENSACIONES	42,9
ACTIVIDAD	39,3
AGRESION-HOSTILIDAD	17,9
NEUROTISMO-ANSIEDAD	0,0
SOCIABILIDAD	0,0

Fuente. Autor

5. ANALISIS DE RESULTADOS

El trabajo realizado en este capítulo fue analizar las variables dependientes con las independientes; características del conductor, características de las calles y glorietas y características del entorno. El análisis de los datos se hizo mediante regresión lineal mediante el programa Excel 2016, con la finalidad de determinar que variables influyen sobre la velocidad, aceleración y desaceleración. Este capítulo está dividido en cinco partes, el cual dos subcapítulos muestran el análisis de las variables en los tramos antes de llegar a las glorietas y en las glorietas, los siguientes dos subcapítulos presentan las ecuaciones de predicción de velocidad, aceleración y desaceleración y el último presentan la validación de todas las ecuaciones de predicción.

5.1 ANALISIS DE LAS VARIABLES ANTES DE LLEGAR A LA GLORIETA

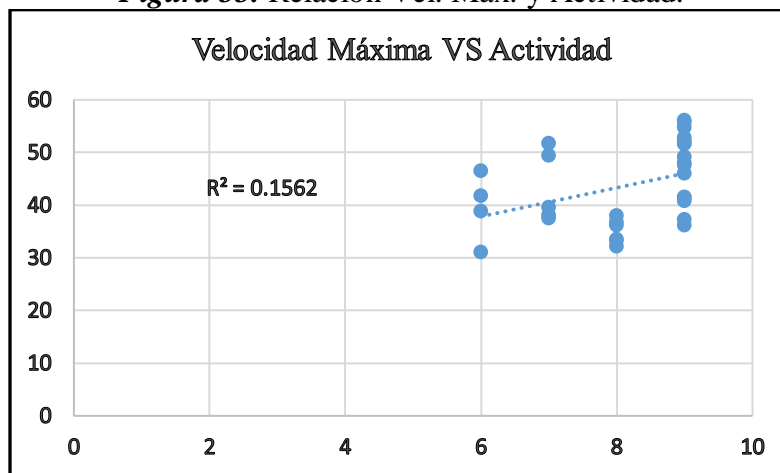
En los tramos antes de llegar a las glorietas se analizaron las variables dependientes que son la velocidad, aceleración y desaceleración con respecto a las independientes como los resultados de los test de Personalidad y Estilo de Conducción, características geométricas de las calles y cantidad de objetos en las zonas laterales.

5.1.1 Velocidad Máxima

Los resultados de las encuestas, MDSI-S relacionada con los estilos de conducción y la ZQPK-50-cc con los rasgos de personalidad, de todos los participantes de la investigación sirvieron para relacionarse con la velocidad máxima de los recorridos que se encontraban en flujo libre. A continuación, en las figuras 33,34 y 35 se observan las relaciones de la variable dependiente Velocidad Máxima respecto a las variables independientes Estilos de Conducción y Rasgos de Personalidad.

Velocidad Máxima Vs Rasgos de Personalidad

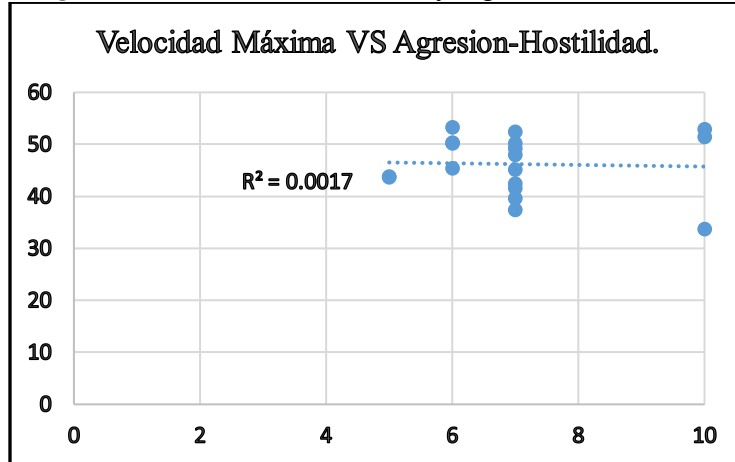
Figura 33. Relación Vel. Máx. y Actividad.



Fuente. Autor

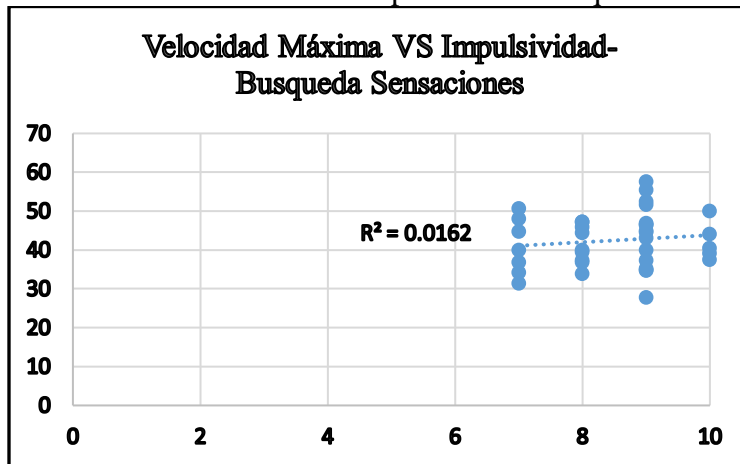
La relación entre la Velocidad Máxima y el rasgo de personalidad Actividad en la Figura 33 nos muestra gráficamente que no hay una regresión lineal, pero al hacer el análisis estadístico esta relación si es estadísticamente significativa, con un valor de P igual a 0,0277. El valor de P debe ser menor o igual a 0,05 para ser considerada la variable como significativa y con el cual se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Figura 34. Relación Vel. Máx. y Agresión-Hostilidad.



Fuente. Autor

Figura 35. Relación Vel. Máx. e Impulsividad-Búsqueda Sensaciones.

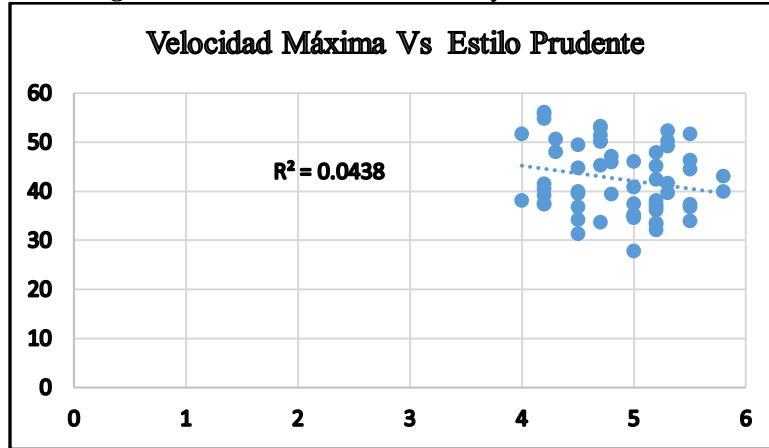


Fuente. Autor

Las relaciones entre la Velocidad Máxima y los rasgos de personalidad Agresión-Hostilidad e Impulsividad-Búsqueda Sensaciones no presentaron una regresión lineal ni ser estadísticamente significativas.

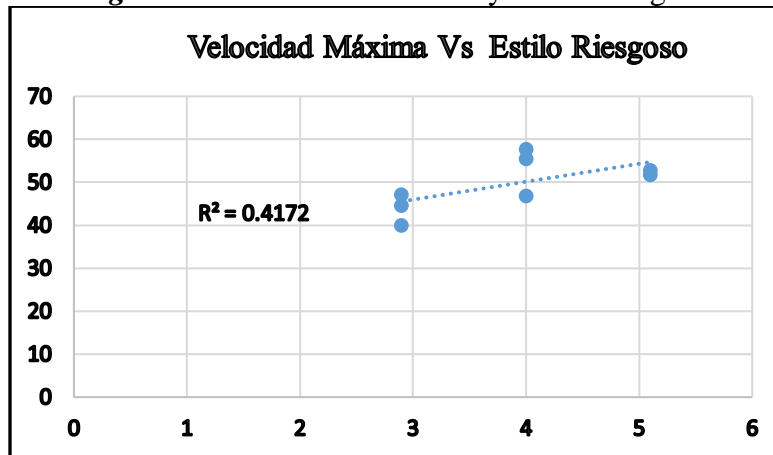
Velocidad Máxima Vs Estilos de Conducción

Figura 36. Relación Vel. Máx. y Estilo Prudente



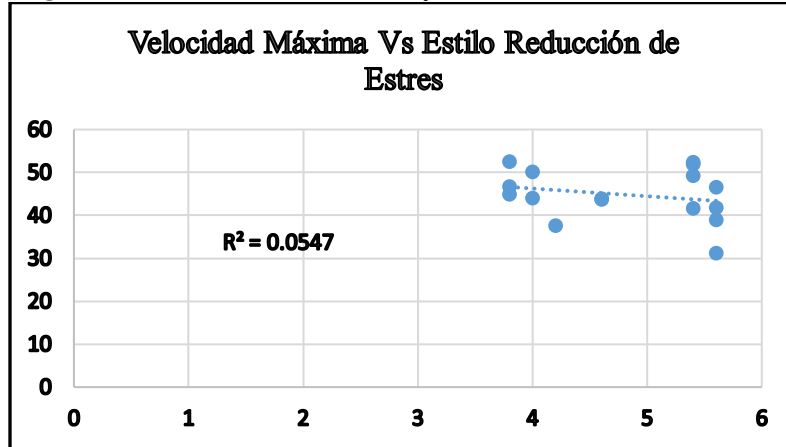
Fuente. Autor

Figura 37. Relación Vel. Máx. y Estilo Riesgoso.



Fuente. Autor

Figura 38. Relación Vel. Máx. y Estilo Reducción de estrés.



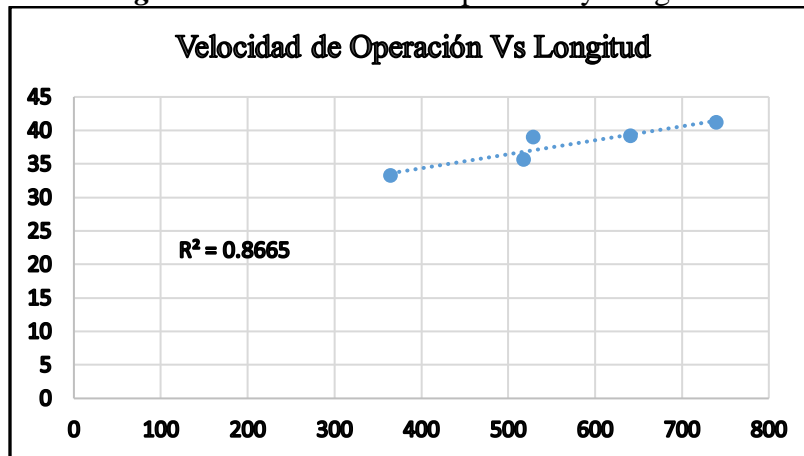
Fuente. Autor

Las relaciones entre la Velocidad Máxima y los estilos de conducción no presentaron ninguna regresión lineal ni relación estadísticamente significativa.

5.1.2 Velocidad de Operación

Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales con respecto al percentil 85 de la velocidad del tramo correspondiente. A continuación, en la Figura 39 hasta 42, se puede observar que variables fueron significativas en el estudio.

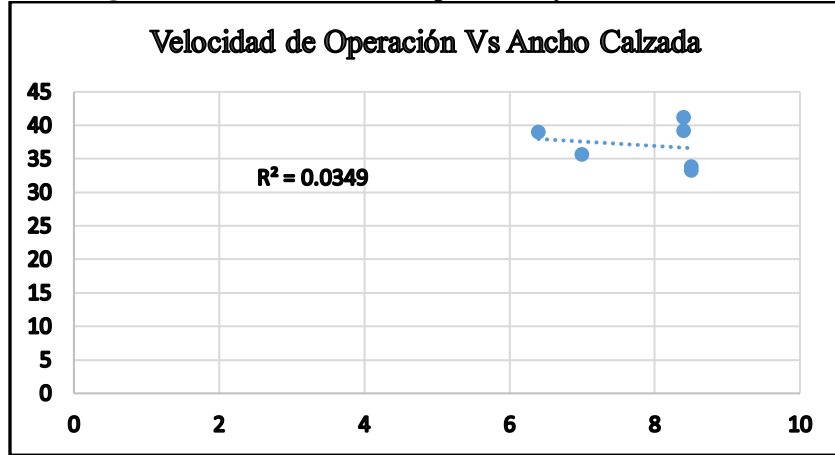
Figura 39. Relación Vel. Operación y Longitud



Fuente. Autor

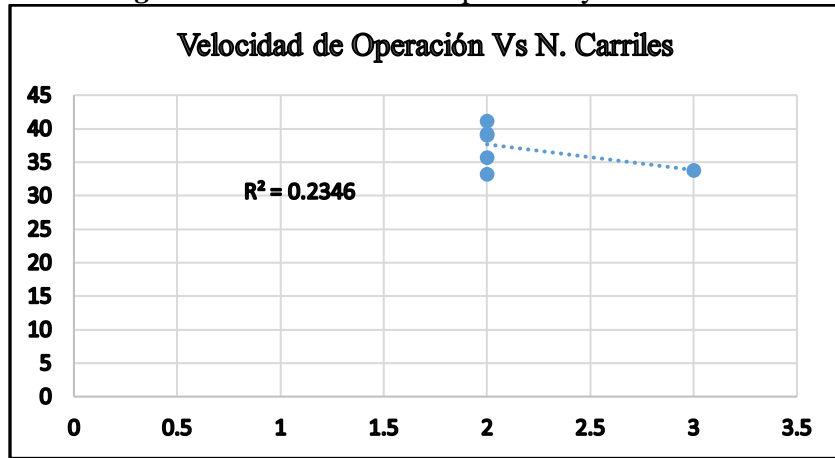
En la Figura39 se observa que la relación entre el percentil 85 de la velocidad y la longitud de los tramos fue significativa, aunque fue necesario eliminar el dato del tramo 4 para lograr el ajuste de la regresión lineal. Dando como resultado el análisis estadístico un valor de P igual a 0,0215.

Figura 40. Relación Vel. Operación y Ancho Calzada



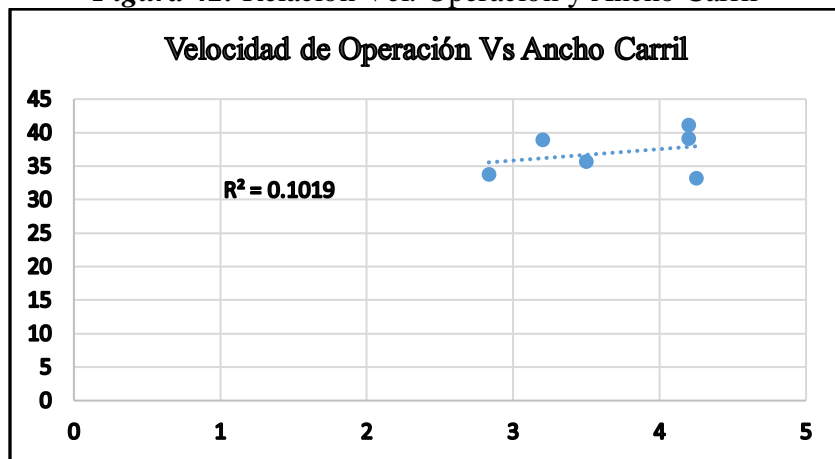
Fuente. Autor

Figura 41. Relación Vel. Operación y N. Carriles



Fuente. Autor

Figura 42. Relación Vel. Operación y Ancho Carril

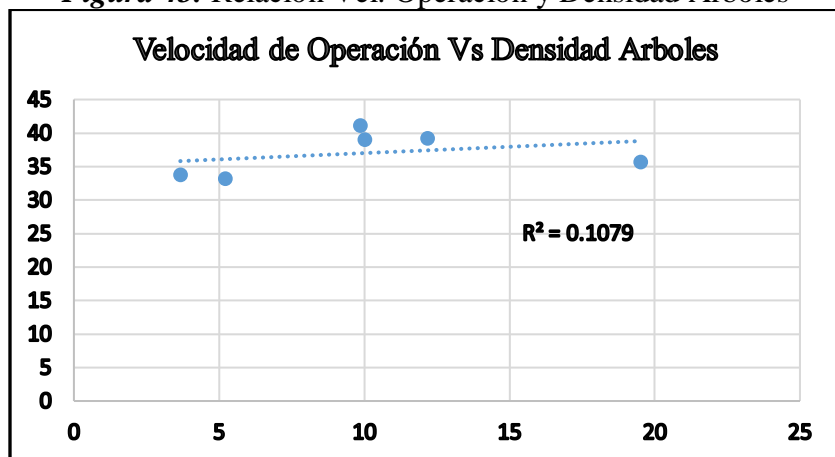


Fuente. Autor

Los resultados de los análisis de las características geométricas en las calles, la longitud fue la única variable que representó una relación lineal con la Velocidad de Operación. Y del cual el análisis estadístico realizado por el programa Excel concluyó ser significativo.

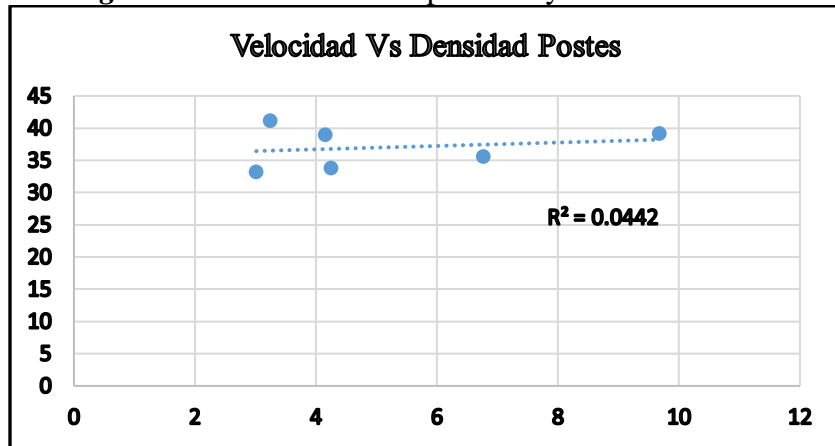
A continuación, se presentan en la Figura 43 hasta 46 las relaciones entre la velocidad de operación y la densidad de los objetos en las zonas laterales como árboles, postes, señales de tránsito y accesos.

Figura 43. Relación Vel. Operación y Densidad Arboles



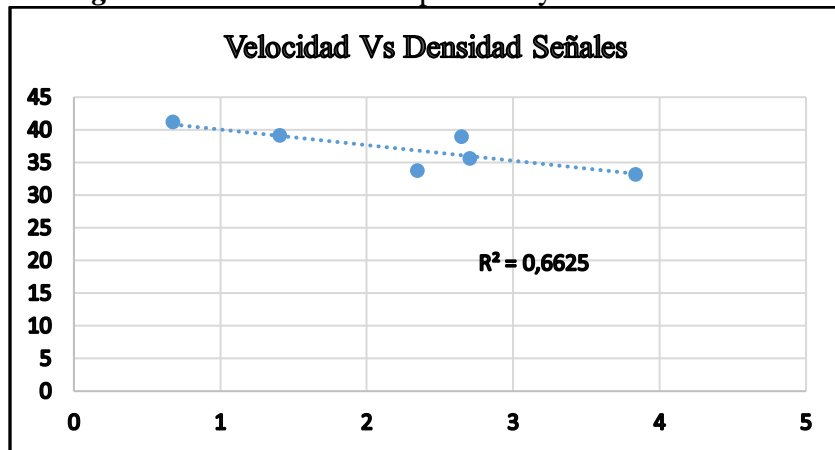
Fuente. Autor

Figura 44. Relación Vel. Operación y Densidad Postes



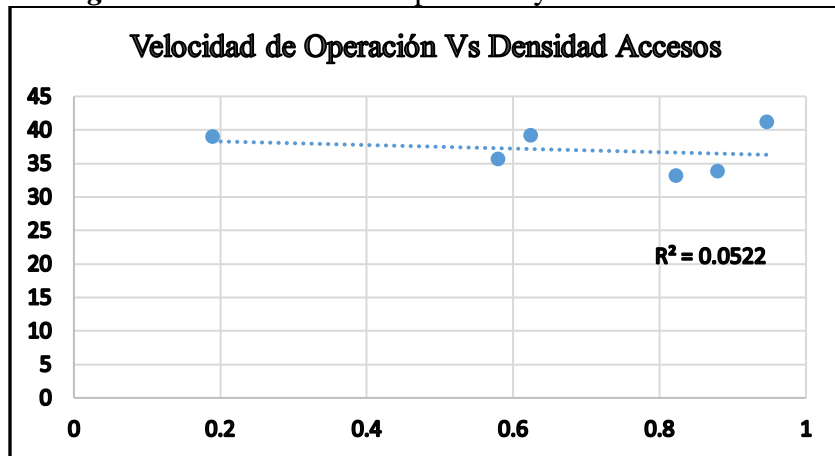
Fuente. Autor

Figura 45. Relación Vel. Operación y Densidad Señales



Fuente. Autor

Figura 46. Relación Vel. Operación y Densidad Accesos



Fuente. Autor

Obteniendo como única variable significativa entre la relación de velocidad de operación y las densidades de objetos, la densidad de señales de tránsito, como se puede observar en la Figura 45.

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 25, la longitud y densidad de señales de tránsito son las variables estadísticamente significativas con el percentil 85 de la velocidad dado que los valores de P son menores a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 25. Valor P correspondiente a la relación de Vel. Operación.

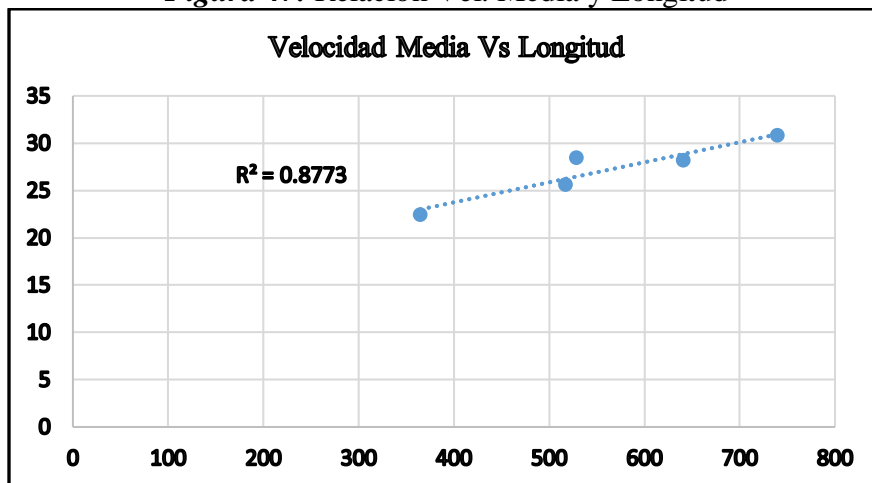
Variables Independientes	Valor P
Longitud	0,0216
Ancho de Calzada	0,7231
Número de Carriles	0,3303
Ancho de Carril	0,5375
Densidad Arboles	0,5249
Densidad Postes	0,6892
Densidad Señales Transito	0,0487
Densidad Accesos	0,5025

Fuente. Autor

5.1.3 Velocidad Media

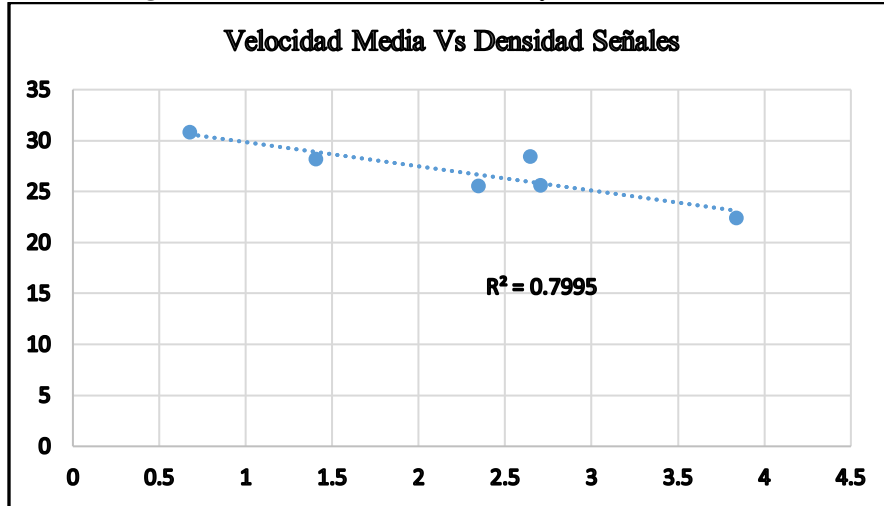
Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales con respecto a la velocidad media de cada tramo correspondiente. A continuación, en la Figura 47 y 48, se puede observar que las variables independientes de longitud y densidad señales de tránsito presentaron gráficamente que existe una regresión lineal.

Figura 47. Relación Vel. Media y Longitud



Fuente. Autor

Figura 48. Relación Vel. Media y Densidad Señales



Fuente. Autor

En la Figura 47 se observa que la relación entre la velocidad media y la longitud de los tramos fue significativa, aunque fue necesario eliminar el dato del tramo 4 para lograr el ajuste de la regresión lineal. También se observa en la Figura 48 que la variable densidad de señales de tránsito presenta una regresión lineal significativa.

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 26, la longitud y densidad de señales de tránsito son las variables estadísticamente significativas con la velocidad media dado que los valores de P son menores a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 26. Valor de P correspondiente a la relación de Vel. Media

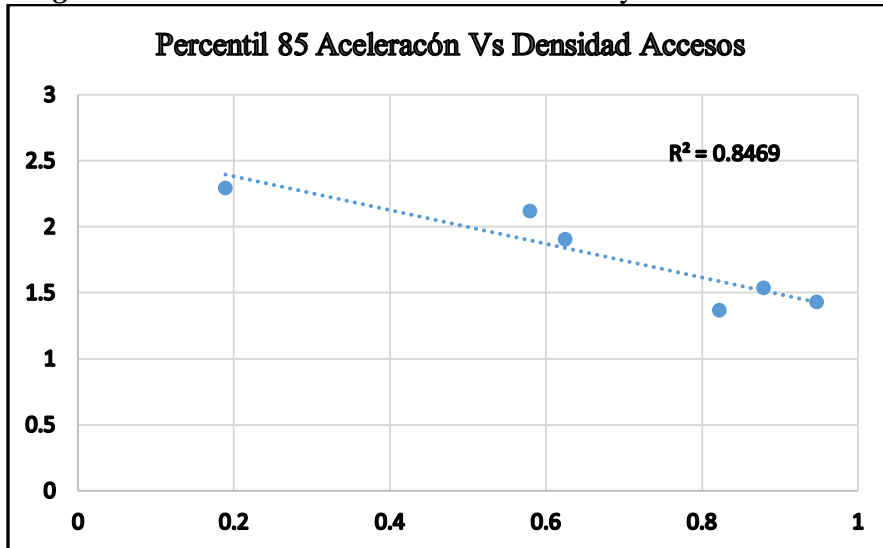
Variables Independientes	Valor P
Longitud	0,0190
Ancho de Calzada	0,7702
Numero de Carriles	0,6748
Ancho de Carril	0,8619
Densidad Arboles	0,6359
Densidad Postes	0,7821
Densidad Señales Transito	0,0162
Densidad Accesos	0,6951

Fuente. Autor

5.1.4 Percentil 85 de la Aceleración

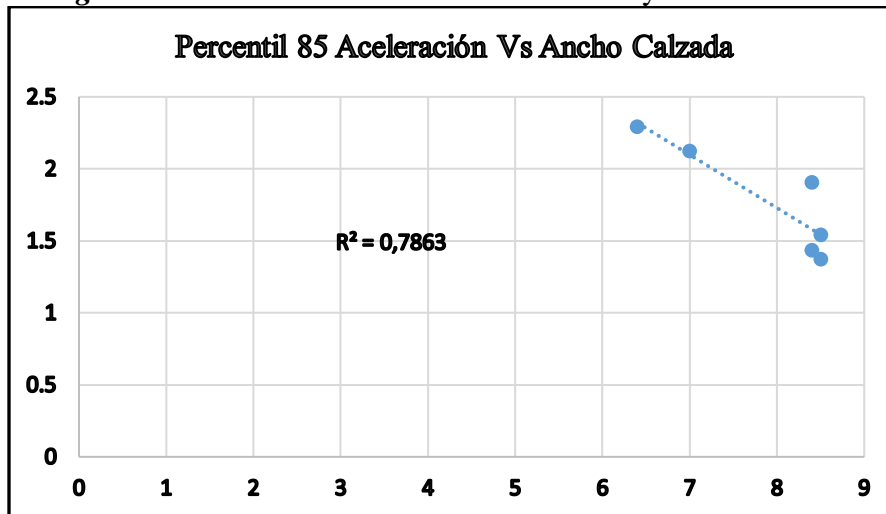
Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales con respecto al percentil 85 de la aceleración de cada tramo antes de llegar a la glorieta. A continuación, en la Figura 49 y 50, se puede observar que las variables independientes de densidad de accesos y ancho de calzada presentaron gráficamente que existe una regresión lineal.

Figura 49. Relación Percentil 85 Aceleración y Densidad Accesos



Fuente. Autor

Figura 50. Relación Percentil 85 Aceleración y Ancho Calzada



Fuente. Autor

En la Figura 49 se observa que la relación entre el percentil 85 de la aceleración y la densidad de accesos fue significativa la regresión lineal. También se observa en la Figura 50 que la variable ancho de calzada presenta una regresión lineal significativa.

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 27, el ancho de calzada y densidad de accesos son las variables estadísticamente significativas con el percentil 85 de la aceleración dado que los valores de P son menores a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 27. Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Aceleración.

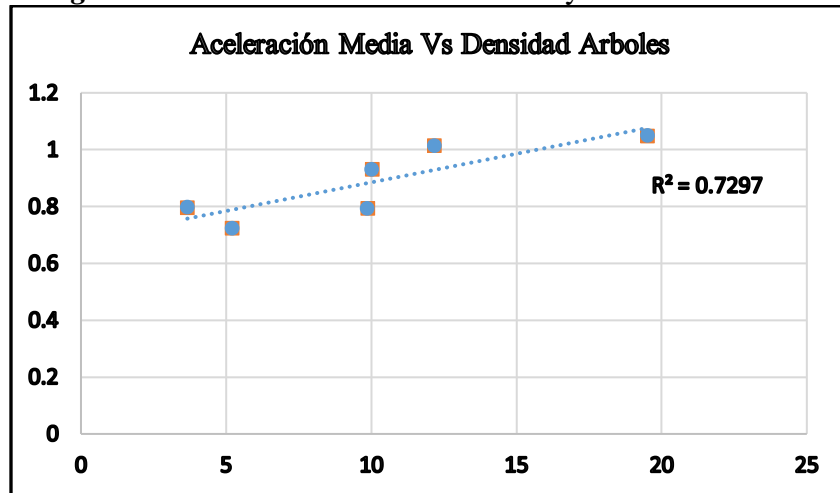
Variables Independientes	Valor P
Longitud	0,6302
Ancho de Calzada	0,0185
Número de Carriles	0,5604
Ancho de Carril	0,4483
Densidad Arboles	0,1600
Densidad Postes	0,3386
Densidad Señales Transito	0,8063
Densidad Accesos	0,0093

Fuente. Autor

5.1.5 Aceleración Media

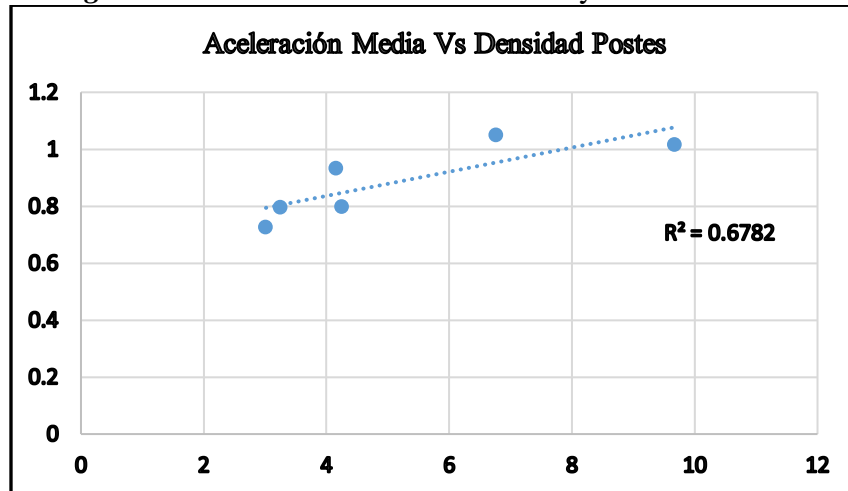
Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales con respecto a la aceleración media de cada tramo correspondiente. A continuación, en la Figura 51 y 52, se puede observar que las variables independientes de densidad de árboles y densidad de postes presentaron gráficamente que existe una regresión lineal.

Figura 51. Relación Aceleración Media y Densidad Árboles



Fuente. Autor

Figura 52. Relación Aceleración Media y Densidad Postes



Fuente. Autor

En la Figura 51 y 52 se observa que la relación entre la aceleración media y la densidad de árboles y densidad de postes fue significativa.

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 28, la densidad de árboles y densidad de postes son las variables estadísticamente significativas con la aceleración media dado que los valores de P son menores a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 28. Valor de P correspondiente a la relación de Aceleración Media

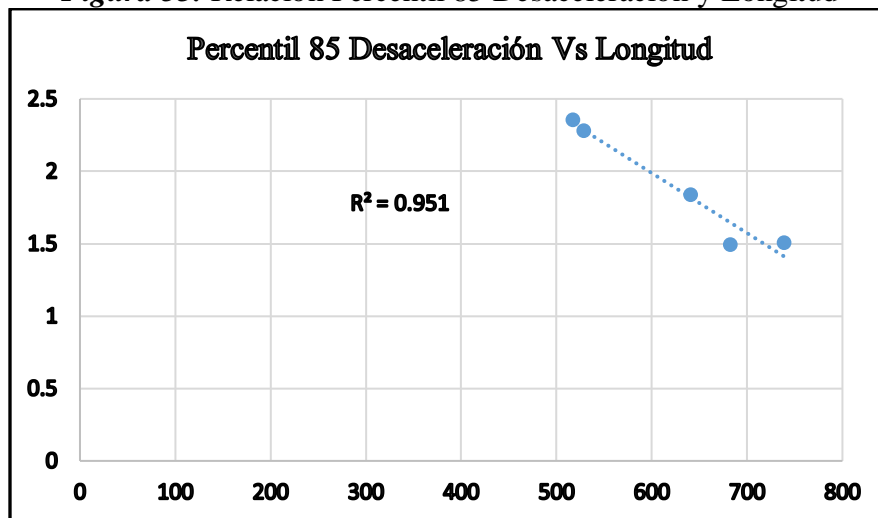
Variables Independientes	Valor P
Longitud	0,8386
Ancho de Calzada	0,2421
Numero de Carriles	0,5279
Ancho de Carril	0,8213
Densidad Arboles	0,0303
Densidad Postes	0,0440
Densidad Señales Transito	0,7219
Densidad Accesos	0,2047

Fuente. Autor

5.1.6 Percentil 85 de Desaceleración

Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales con respecto al percentil 85 de la desaceleración de cada tramo correspondiente. A continuación, en la Figura 53, 54 y 55, se puede observar que las variables independientes de longitud, densidad de accesos y ancho de calzada presentaron gráficamente que existe una regresión lineal.

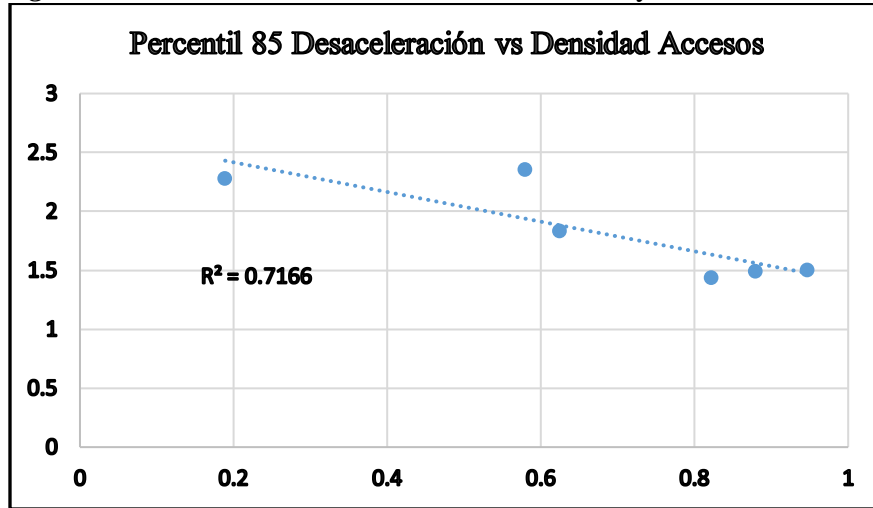
Figura 53. Relación Percentil 85 Desaceleración y Longitud



Fuente. Autor

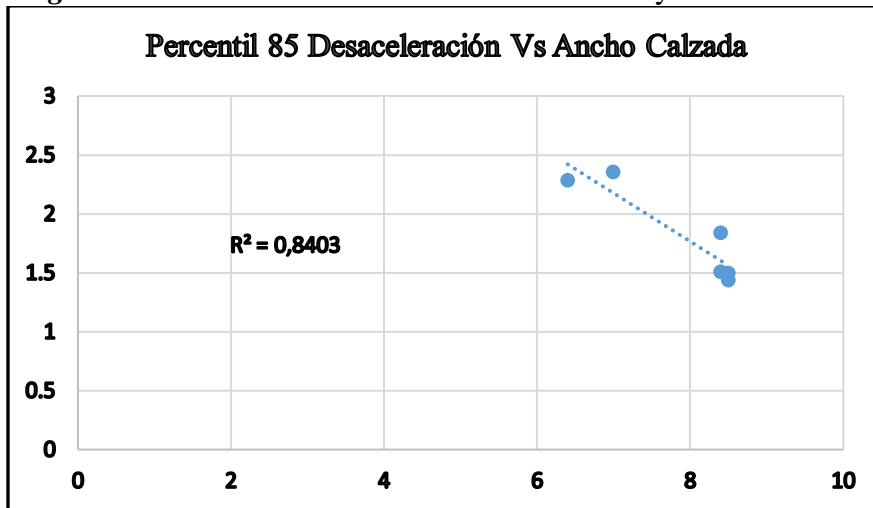
En la Figura 53 se observa que la relación entre el percentil 85 de la desaceleración y la longitud de los tramos fue significativa, pero para longitudes desde 500 metros de distancia por lo que fue necesario eliminar el dato del tramo 5 ya que su longitud era de 365 metros.

Figura 54. Relación Percentil 85 Desaceleración y Densidad Accesos



Fuente. Autor

Figura 55. Relación Percentil 85 Desaceleración y Ancho Calzada



Fuente. Autor

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 29, la longitud, ancho de calzada y densidad de accesos son las variables estadísticamente significativas con el percentil 85 de la desaceleración dado que los valores de P son menores a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 29. Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Desaceleración

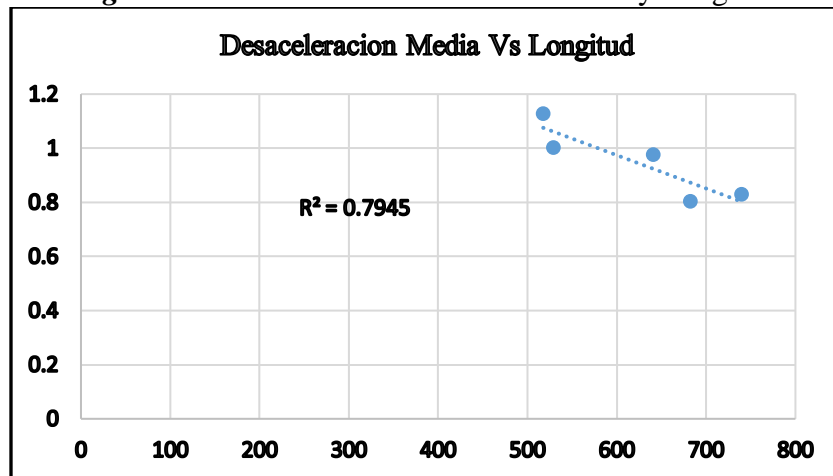
Variables Independientes	Valor P
Longitud	0,0047
Ancho de Calzada	0,0101
Numero de Carriles	0,4519
Ancho de Carril	0,5206
Densidad Arboles	0,0664
Densidad Postes	0,4153
Densidad Señales Transito	0,8255
Densidad Accesos	0,0335

Fuente. Autor

5.1.7 Desaceleración Media

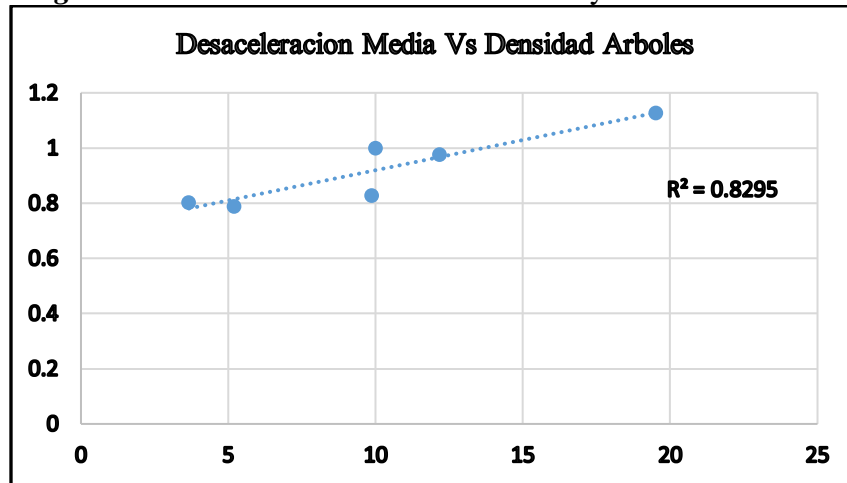
Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales con respecto a la desaceleración media de cada tramo correspondiente. A continuación, en la Figura 56 y 57, se puede observar que las variables independientes de longitud y densidad de árboles presentaron gráficamente que existe una regresión lineal.

Figura 56. Relación Desaceleración Media y Longitud



Fuente. Autor

Figura 57. Relación Desaceleración Media y Densidad Arboles



Fuente. Autor

En la Figura 56 se observa que la relación entre la desaceleración media y la longitud de los tramos fue significativa, pero para longitudes desde 500 metros de distancia por lo que fue necesario eliminar el dato del tramo 5 ya que su longitud era de 365 metros. En la Figura 57 se observa que la relación lineal entre la desaceleración media y la densidad de árboles fue significativa.

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 30, la longitud y densidad de árboles son las variables estadísticamente significativas con la desaceleración media dado que los valores de P son menores a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 30. Valor de P correspondiente a la relación de Desaceleración Media

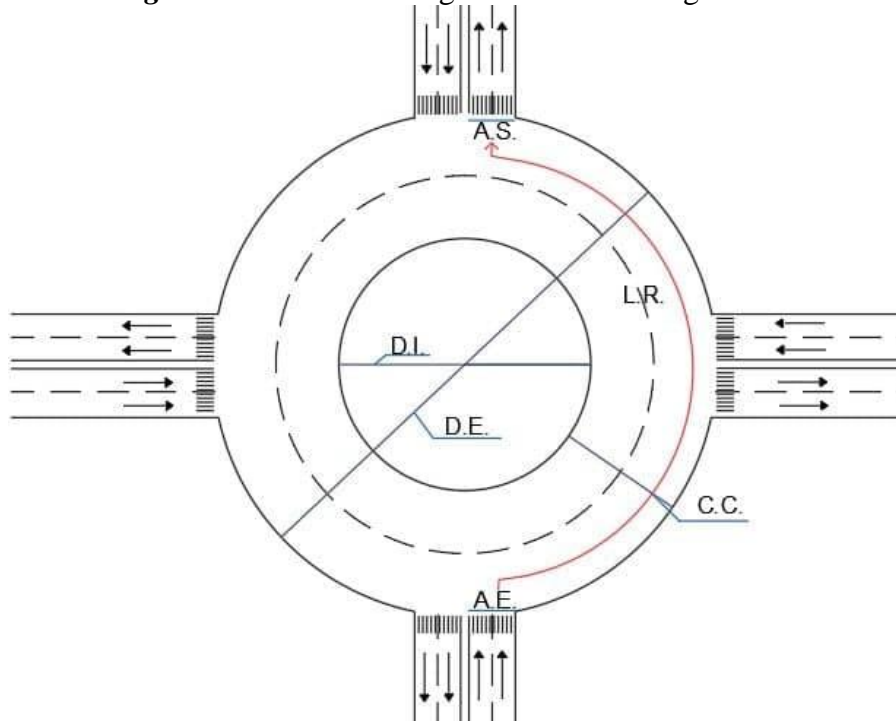
Variables Independientes	Valor P
Longitud	0,0423
Ancho de Calzada	0,0819
Numero de Carriles	0,3982
Ancho de Carril	0,7492
Densidad Arboles	0,0116
Densidad Postes	0,1950
Densidad Señales Transito	0,9877
Densidad Accesos	0,1278

Fuente. Autor

5.2 ANALISIS DE LAS VARIABLES DENTRO DE LA GLORIETA

Se utilizaron las características geométricas de las glorietas para analizarlas con el percentil 85 de velocidad, aceleración y desaceleración y media de la velocidad, aceleración y desaceleración dentro de las glorietas. Las dimensiones geométricas de las glorietas fueron: ancho de entrada, ancho de calzada de circulación, ancho de salida, diámetro interior y exterior; y la longitud del recorrido dentro de la glorieta. A partir de esta información se realizó el análisis de las glorietas. En la Figura 58 se observan las dimensiones geométricas de las glorietas:

Figura 58. Dimensiones geométricas de las glorietas



Donde,

D.I.=Diámetro interior

D.E.=Diámetro exterior

A.E.=Ancho de entrada

A.S.=Ancho de salida

C.C.=Calzada de circulación

L.R.=Longitud recorrida en la glorieta.

5.2.1 Velocidad de Operación

Se analizaron las dimensiones de las glorietas en función del percentil 85 de la velocidad y sus resultados no fueron estadísticamente significativos, por ello no se calibraron modelos de velocidad de operación dentro de los redondeles. A continuación, en la Tabla 31 se observan cada una de las variables y su valor P.

Tabla 31. *Valor de P correspondiente a la relación de Velocidad de Operación en glorieta*

Variables Independientes	Valor P
Longitud Recorrida	0,1063214
Calzada Entrada	0,6309582
Calzada Salida	0,7291216
Calzada Circulacion	0,9613804
Diametro Interior	0,1692523
Diametro Exterior	0,179629

Fuente. Autor

5.2.2 Velocidad Media

Se analizaron las dimensiones de las glorietas en función la velocidad media y sus resultados no fueron estadísticamente significativos, por ello no se calibraron modelos de velocidad media dentro de los redondeles. A continuación, en la Tabla 32 se observan cada una de las variables y su valor P.

Tabla 32. *Valor de P correspondiente a la relación de Velocidad de Media en glorieta*

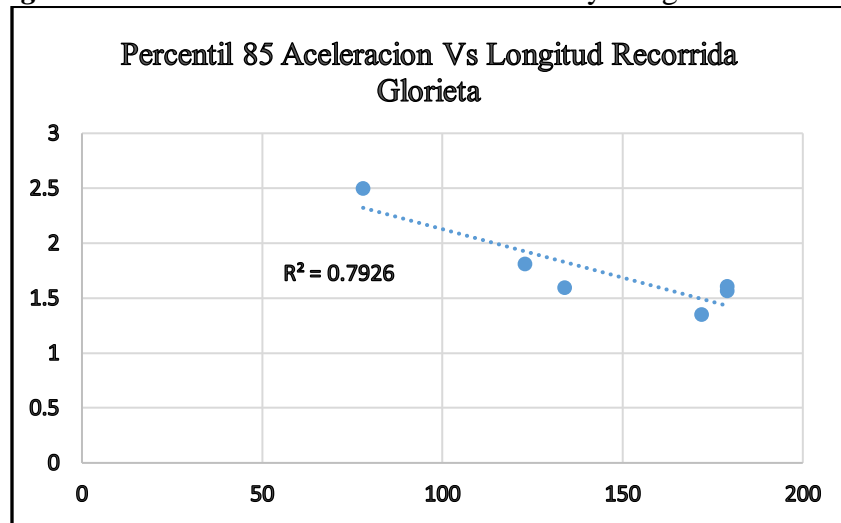
Variables Independientes	Valor P
Longitud Recorrida	0,1056282
Calzada Entrada	0,5958784
Calzada Salida	0,6790238
Calzada Circulacion	0,7498989
Diametro Interior	0,2644033
Diametro Exterior	0,2884781

Fuente. Autor

5.2.3 Percentil 85 de Aceleración

Se analizaron las características geométricas de las glorietas en cada tramo correspondiente con respecto al percentil 85 de la aceleración. A continuación, en la Figura 59 se puede observar que la única variable independiente que presentó gráficamente una regresión lineal es la longitud recorrida en la glorieta.

Figura 59. Relación Percentil 85 Aceleración y Longitud Recorrida.



Fuente. Autor

En la Figura 59 se observa que la relación lineal entre el percentil 85 de la aceleración y la longitud de recorrido en la glorieta fue significativa

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 33, la longitud recorrida en la glorieta es la variable estadísticamente significativa con el percentil 85 de la aceleración dado que su valor P es menor a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 33. Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Aceleración en glorieta

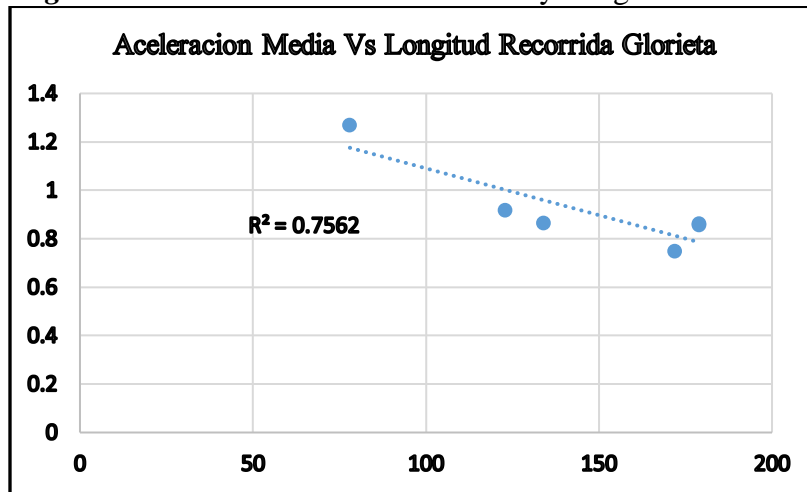
Variables Independientes	Valor P
Longitud Recorrida	0,0271
Calzada Entrada	0,4101
Calzada Salida	0,3147
Calzada Circulación	0,8932
Diametro Interior	0,4489
Diametro Exterior	0,4531

Fuente. Autor

5.2.4 Aceleración Media

Se analizaron las características geométricas de las glorietas en cada tramo correspondiente con respecto a la aceleración media. A continuación, en la Figura 60 se puede observar que la única variable independiente que presentó gráficamente una regresión lineal es la longitud recorrida en la glorieta.

Figura 60. Relación Aceleración Media y Longitud Recorrida



Fuente. Autor

En la Figura 60 se observa que la relación lineal entre la aceleración media y la longitud recorrida en la glorieta fue significativa

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 34, la longitud recorrida en la glorieta es la variable estadísticamente significativa con la aceleración media dado que su valor P es menor a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 34. Valor de P correspondiente a la relación de Aceleración Media en glorieta

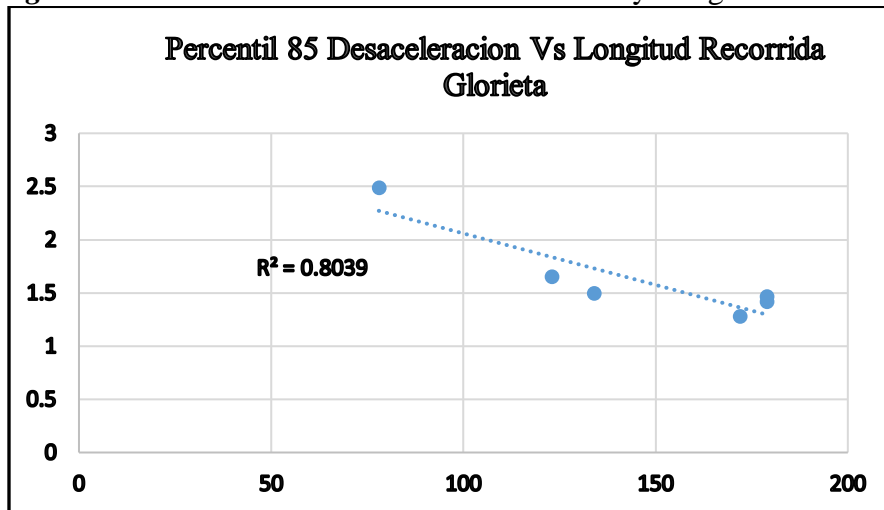
Variables Independientes	Valor P
Longitud Recorrida	0,0369
Calzada Entrada	0,4423
Calzada Salida	0,3562
Calzada Circulacion	0,9785
Diametro Interior	0,4899
Diametro Exterior	0,5009

Fuente. Autor

5.2.5 Percentil 85 de Desaceleración

Se analizaron las características geométricas de las glorietas en cada tramo correspondiente con respecto al percentil 85 de la desaceleración. A continuación, en la Figura 61 se puede observar que la única variable independiente que presentó gráficamente una regresión lineal es la longitud recorrida en la glorieta.

Figura 61. Relación Percentil 85 Desaceleración y Longitud Recorrida



Fuente. Autor

En la Figura 61 se observa que la relación lineal entre el percentil 85 de la desaceleración y la longitud recorrida en la glorieta fue significativa.

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 35, la longitud recorrida en la glorieta es la variable estadísticamente significativa con el percentil 85 de la desaceleración dado que su valor P es menor a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 35. Valor de P correspondiente a la relación de Percentil 85 Desaceleración.
en glorieta

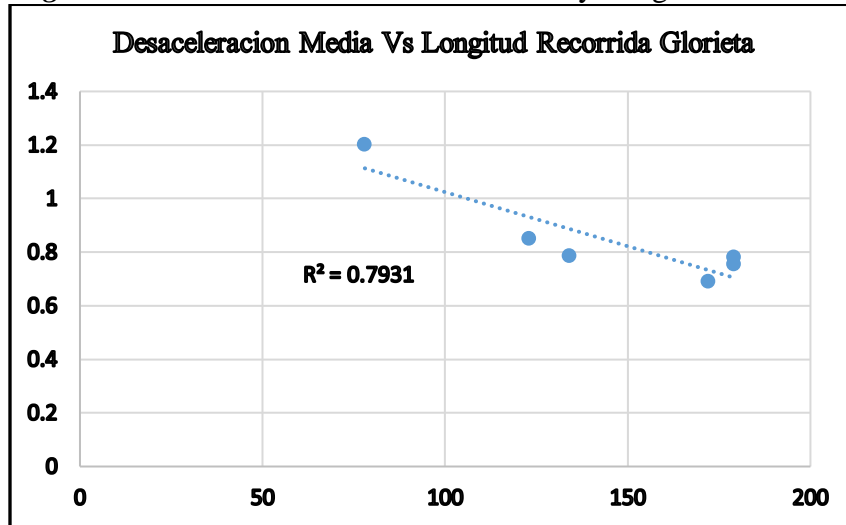
Variables Independientes	Valor P
Longitud Recorrida	0,0244
Calzada Entrada	0,4193
Calzada Salida	0,3488
Calzada Circulación	0,9601
Diametro Interior	0,3947
Diametro Exterior	0,4035

Fuente. Autor

5.2.6 Desaceleración Media

Se analizaron las características geométricas de las glorietas en cada tramo correspondiente con respecto a la desaceleración media. A continuación, en la Figura 62 se puede observar que la única variable independiente que presentó gráficamente una regresión lineal es la longitud recorrida en la glorieta.

Figura 62. Relación Desaceleración Media y Longitud Recorrida



Fuente. Autor

En la Figura 62 se observa que la relación lineal entre la desaceleración media y la longitud recorrida dentro de la glorieta fue significativa

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 36, la longitud recorrida en la glorieta es la variable estadísticamente significativa con la desaceleración media dado que su valor P es menor a 0,05 y se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Tabla 36. Valor de P correspondiente a la relación de Desaceleración Media en glorieta

Variables Independientes	Valor P
Longitud Recorrida	0,0270
Calzada Entrada	0,4266
Calzada Salida	0,3511
Calzada Circulación	0,9655
Diametro Interior	0,4165
Diametro Exterior	0,4253

Fuente. Autor

5.3 MODELOS EN TRAMOS ANTES DE LLEGAR A GLORIETAS

En este capítulo se presentan los modelos de predicción de velocidad, aceleración y desaceleración en tramos antes de llegar a las glorietas. La calibración de los modelos se realizó en función de las variables que influyeron sobre la velocidad, aceleración y desaceleración, mediante un análisis de regresión lineal.

5.3.1 Ecuaciones de Predicción de Velocidad

Tabla 37. Modelos de Velocidad

N° de Ecuación	Tipo de magnitud	Ecuacion de Predicción	R ²	Unidades
1	Velocidad de Operación	$V_{85} = 0,0209 * L + 25,994$	0,8665	km/h
2	Velocidad de Operación	$V_{85} = -2,3885 * S.T. + 42,44$	0,6625	km/h
3	Velocidad Media	$V_{med} = 0,0212 * L + 15,273$	0,8773	km/h
4	Velocidad Media	$V_{med} = -2,3712 * S.T. + 32,218$	0,7995	km/h

Fuente. Autor

Donde,

V_{85} = Percentil 85 de la velocidad.

V_{med} =Velocidad media.

L= Longitud del tramo.

S.T.=Densidad de Señales de Tránsito.

5.3.2 Ecuaciones de Predicción de Aceleración

Tabla 38. Modelos de Aceleración

N° de Ecuación	Tipo de magnitud	Ecuacion de Predicción	R ²	Unidades
5	Percentil 85 de Aceleracion	$A_{85} = -0,3693 * A.C. + 4,6827$	0,7863	m/s ²
6	Percentil 85 de Aceleracion	$A_{85} = -1,277 * A.c. + 2,6374$	0,8469	m/s ²
7	Aceleracion Media	$A_{med} = 0,0201 * A.r. + 0,6838$	0,7297	m/s ²
8	Aceleracion Media	$A_{med} = 0,0425 * P. + 0,6664$	0,6782	m/s ²

Fuente. Autor

Donde,

A85 = Percentil 85 de Aceleracion

Amed = Aceleración Media

A.C. =Ancho de Calzada

Ac. =Densidad de Accesos

Ar =Densidad de Arboles

P =Densidad de Postes

5.3.3 Ecuaciones de Predicción de Desaceleración

Estas ecuaciones en función de la variable longitud del tramo, fueron calibradas para longitudes mayores de 517 metros.

Tabla 39. Modelos de Desaceleración

N° de Ecuacion	Tipo de magnitud	Ecuacion de Predicción	R ²	Unidades
9	Percentil 85 de Desaceleracion	$D85 = -0,0041*L + 4,4759$	0,951	m/s ²
10	Percentil 85 de Desaceleracion	$D85 = -1,2583*Ac. + 2,6679$	0,7166	m/s ²
11	Percentil 85 de Desaceleracion	$D85 = -0,409*A.C. + 5,0377$	0,8403	m/s ²
12	Desaceleracion Media	$Dmed = -0,0012*L + 1,712$	0,7945	m/s ²
13	Desaceleracion Media	$Dmed = 0,0219*Ar. + 0,7005$	0,8295	m/s ²

Fuente. Autor

Donde,

D85 = Percentil 85 de Aceleración

Dmed = Aceleración Media

A.C. =Ancho de Calzada

Ac. =Densidad de Accesos

L=longitud del tramo

Ar =Densidad de Arboles

5.4 MODELOS DENTRO DE GLORIETAS

En este capítulo se presentan los modelos de predicción de aceleración y desaceleración dentro de las glorietas. La calibración de los modelos se realizó en función de las variables que influyeron sobre la aceleración y desaceleración, mediante un análisis de regresión lineal.

5.4.1 Ecuaciones de Predicción de Aceleración dentro de Glorietas

Tabla 40. *Modelos de Aceleración en Glorieta*

N° de Ecuación	Tipo de magnitud	Ecuacion de Predicción	R ²	Unidades
14	Percentil 85 de Aceleración	$A_{85} = -0,0088 * L + 3,0103$	0,7926	m/s ²
15	Aceleración Media	$A_{med} = -0,0039 * L + 1,4772$	0,7562	m/s ²

Fuente. Autor

Donde,

A85 = Percentil 85 de Aceleración

Amed = Aceleración Media

L= Longitud recorrida en la glorieta

5.4.2 Ecuaciones de Predicción de Desaceleración dentro de Glorietas

Tabla 41. *Modelos de Desaceleración en Glorieta*

N° de Ecuación	Tipo de magnitud	Ecuacion de Predicción	R ²	Unidades
16	Percentil 85 de Desaceleración	$D_{85} = -0,0097 * L + 3,0259$	0,8039	m/s ²
17	Desaceleración Media	$D_{med} = -0,004 * L + 1,428$	0,7931	m/s ²

Fuente. Autor

Donde,

A85 = Percentil 85 de Aceleración

Amed = Aceleración Media

L= Longitud recorrida dentro la glorieta

5.5 VALIDACIÓN ECUACIONES DE PREDICCIÓN

En este capítulo se realizó la calibración de los modelos en función de las variables que influyen sobre la velocidad, aceleración y desaceleración, mediante un análisis de regresión lineal. Para la validación de las ecuaciones de predicción se realizaron 6 recorridos para dos nuevos tramos y glorietas. En este recorrido se recolectaron datos de velocidad, luego se procesaron y se comprobaron que los modelos de predicción calibrados proporcionen valores aproximados a los observados en el circuito de validación.

Con el fin de realizar la validación propuesta en el proyecto, se procedió a analizar calles urbanas y glorietas con características similares a las ya estudiadas, las cuales cumplieran con los requisitos necesarios para ser tomadas como circuito de prueba.

Los tramos y glorietas están ubicados dentro del área urbana de la ciudad. Los 2 tramos fueron seleccionados de tal forma que se encuentra cada uno conectado al final del recorrido a una respectiva glorieta, conformados por calles de doble sentido de 2 carriles y con diferentes características geométricas. Las 2 glorietas seleccionadas varían en cuanto a sus dimensiones, accesos y entorno, las cuales fueron escogidas en base a su importancia en la movilidad y uso en la ciudad. El tramo 1 da inicio en la carrera 27 # 16 hasta la glorieta MESON DE LOS BUCAROS como punto final del tramo y el tramo 2 da inicio en la carrera 33 # 32 hasta la glorieta CONCHA ACUSTICA como punto final del tramo. En la figura 63 y 64 se observan las glorietas estudiadas.

Figura 63. Glorieta Meson de los Bucaros



Figura 64. Glorieta Concha Acustica



A continuación en la Tabla 42 los datos de las variables significativas para cada tramo.

Tabla 42. Variables significativas para la validación.

TRAMO	LONGITUD TRAMO	DENSIDAD ARBOLES	DENSIDAD POSTES	DENSIDAD SEÑALES DE TRANSITO	DENSIDAD ACCESOS
1	520	3,26	6,34	2,5	0,38
2	490	13,87	6,73	1,83	0,81

5.5.1 Validación Modelos de Velocidad antes de llegar a Glorietas

Los modelos de velocidad calibrados fueron la velocidad de operación y velocidad media. Estos modelos son estadísticamente significativos con las variables mostradas en las ecuaciones 1, 2, 3 y 4, tienen como variable la longitud del tramo y la densidad de señales de tránsito. A continuación, en la Tabla 43 se puede observar los valores observados en la calibración y los valores resultados de las ecuaciones de predicción.

Tabla 43. Validación de los Modelos de Velocidad

TRAMO	Velocidad Observada	Magnitud	Velocidad según modelo (km/h)	error relativo %
1	V 85-41,16	V85 (Long)	36,86	10,45
		V85 (S.T.)	36,47	11,40
	Vmed-31,91	V media (Long)	26,30	17,58
		V media (S.T.)	26,29	17,60
2	V85-29,17	V85 (Long)	36,24	24,24
		V85 (S.T.)	38,05	30,45
	Vmed-18,93	V media (Long)	25,66	35,57
		V media (S.T.)	27,85	47,16

5.5.2 Validación Modelos de Aceleración antes de llegar a Glorietas

Los modelos de aceleración calibrados fueron del percentil 85 de la aceleración y aceleración media. Estos modelos son estadísticamente significativos con las variables mostradas en las ecuaciones 5, 6, 7 y 8, tienen como variables el ancho de calzada, la densidad de los accesos,

árboles y postes. A continuación, en la Tabla 44 se puede observar los valores observados en la calibración y los valores resultados de las ecuaciones de predicción.

Tabla 44. Validación de los Modelos de Aceleración

TRAMO	Aceleración Observada	Magnitud	Aceleración según modelo (m/s ²)	error relativo %
1	A85-1,63	A85 (A.C.)	2,10	28,48
		A85 (acces)	2,15	31,46
	Amed-0,87	A media (arbo)	0,75	13,52
		A media (post)	0,94	8,01
2	A85-1,63	A85 (A.C.)	2,10	28,48
		A85 (acces)	1,59	2,31
	Amed-0,99	A media (arbo)	0,96	2,98
		A media (post)	0,70	29,35

5.5.3 Validación Modelos de Desaceleración antes de llegar a Glorietas

Los modelos de desaceleración calibrados fueron del percentil 85 de la desaceleración y desaceleración media. Estos modelos son estadísticamente significativos con las variables mostradas en las ecuaciones 9, 10, 11, 12 y 13, tienen como variables el ancho de calzada, la densidad de los accesos, árboles y longitud del tramo. A continuación, en la Tabla 45 se puede observar los valores observados en la calibración y los valores resultados de las ecuaciones de predicción.

Tabla 45. Validación de los Modelos de Desaceleración

TRAMO	Desaceleración Observada	Magnitud	Desaceleración según modelo (m/s ²)	error relativo %
1	D85-1,73	D85 (Long)	2,34	35,14
		D85 (acces)	2,18	25,92
		D85(A.C)	2,17	25,39
	Dmed-0,92	D media(Long)	1,09	17,77
		D media(arbo)	0,77	16,43
2	D85-1,90	D85 (Long)	2,47	29,76
		D85 (acces)	1,64	13,70
		D85(A.C)	2,17	14,39

	Dmed-1,04	D media(Long)	1,12	8,43
		D media(arbo)	1,00	3,10

5.5.4 Validación Modelos de Aceleración dentro las Glorietas

Los modelos de aceleración dentro las glorietas calibradas fueron del percentil 85 de la aceleración y aceleración media. Estos modelos son estadísticamente significativos con las variables mostradas en las ecuaciones 14 y 15, tienen como variable la longitud recorrida dentro de la glorieta. A continuación, en la Tabla 45 se puede observar los valores observados en la calibración y los valores resultados de las ecuaciones de predicción.

Tabla 46. *Validación de los Modelos de Aceleración dentro de las glorietas*

TRAMO	Aceleración Observada	Magnitud	Aceleración según modelo (m/s ²)	error relativo %
1	1,31	A85 (Lrecor)	0,81	38,25
	0,67	A media (Lrecor)	0,50	24,59
2	1,52	A85 (Lrecor)	2,57	68,62
	0,82	A media (Lrecor)	1,28	57,18

5.5.5 Validación Modelos de Desaceleración dentro las Glorietas

Los modelos de desaceleración dentro las glorietas calibradas fueron del percentil 85 de la desaceleración y desaceleración media. Estos modelos son estadísticamente significativos con las variables mostradas en las ecuaciones 15 y 16, tienen como variable la longitud recorrida dentro de la glorieta. A continuación, en la Tabla 46 se puede observar los valores observados en la calibración y los valores resultados de las ecuaciones de predicción.

Tabla 47. *Validación de los Modelos de Desaceleración dentro de las glorietas*

TRAMO	Desacealeración Observada	Magnitud	Desaceleración según modelo (m/s ²)	error relativo %
1	1,07	D85 (Lrecor)	0,60	43,96
	0,56	D media (Lrecor)	0,43	23,87
2	1,20	D85 (Lrecor)	2,54	111,48
	0,62	D media (Lrecor)	1,23	98,67

6. CONCLUSIONES

- De los factores que se plantearon, las características del vehículo y características del conductor no presentaron gráficamente una relación lineal con la velocidad, aunque el rasgo de personalidad de actividad si fue estadísticamente significativa con la velocidad máxima de los recorridos que iban a flujo libre en los tramos antes de llegar a glorietas.
- Los modelos de la velocidad de operación y velocidad media se calibraron respecto a la longitud del tramo y la densidad de señales de tránsito en tramos antes de llegar a glorietas.
- En los tramos antes de llegar a glorietas los modelos del percentil 85 de la aceleración fueron estadísticamente significativos con las variables densidad de accesos y ancho de calzada, mientras que los modelos de aceleración media se calibraron respecto a la densidad de árboles y postes.
- En los tramos antes de llegar a glorietas se calibraron cinco modelos para la desaceleración, del cual tres son ecuaciones de predicción del percentil 85 de la desaceleración respecto a la longitud, el ancho de calzada y la densidad de accesos, y las otras dos son ecuaciones de predicción de la desaceleración media respecto a la longitud y densidad de árboles. Las ecuaciones de predicción respecto a la longitud del tramo se deben usar para longitudes mayores de 517 metros.
- No se calibraron ecuaciones de predicción de velocidad dentro de las glorietas, ya que ninguna variable independiente fue significativa.
- Dentro de las glorietas, los modelos del percentil 85 de la aceleración y aceleración media se calibraron respecto a la longitud recorrida en la glorieta.
- Dentro de las glorietas, los modelos del percentil 85 de la desaceleración y la aceleración media fueron estadísticamente significativos con la longitud recorrida en la glorieta.
- Los modelos calibrados para la velocidad, aceleración y desaceleración fueron validados con el fin de comprobar que tanto porcentaje de error relativo existe entre los valores observados y los valores estimados con las ecuaciones de predicción.
- Con base en el análisis de los resultados se pudo observar una gran dispersión en los datos de la velocidad, debido a que existe la influencia de semáforos y desaceleradores en algunos tramos.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda calibrar modelos de velocidad en calles que se encuentren en los alrededores de la ciudad con el objetivo de analizar la velocidad de operación y los factores influyentes en las mismas, dado que en este tipo de calles existe menor flujo vehicular, sin la influencia de semáforos o desaceleradores. También si se piensa trabajar con algún dispositivo GPS, este no se verá afectado por las edificaciones y árboles frondosos que logran intervenir un poco en el dispositivo y su precisión.
- Para generar modelos de velocidad dentro de las glorietas, se recomienda escoger redondeles que tengan características geométricas parecidas.
- En esta investigación se encontraron objetos en zonas laterales tales como postes, árboles y señales de tránsito y el número de accesos que fueron estadísticamente significativos con la velocidad, aceleración y desaceleración. Para futuras investigaciones pueden ser analizadas a profundidad y evaluar su influencia.
- Se recomienda para el procedimiento de validación de los modelos, utilizar una muestra más grande, incluyendo más tramos y glorietas a estudiar.
- Buscar la forma de ejecutar las pruebas en horarios en los cuales se encuentre menor flujo vehicular.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*, Capítulo 8. Consistencia del diseño geométrico de la carretera.
- [2] Al-Omari, B., Ghuzlan, K., y Al-Helo, L. “Modeling through traffic speed at roundabouts along urban and suburban street arterials”, *Transportation Research Forum*, 53(12), 7-19,2014.
- [3] Dinh, D., y Kubota, H. (2013). “Profile-speed data-based models to estimate operating speeds for urban residential streets with a 30 km/h speed limit”. *IATSS Research*, 36(8), 115-122.
- [4] Vanguardia Liberal Bucaramanga, Noticia. “Muertes en vías bajan en Santander, Mientras crecen en Bucaramanga.
- [5] Torres Prieto G (2018), Dirección de Transito de Bucaramanga. Accidentes de Tránsito. Accidentes de Tránsito en Bucaramanga Año 2018 de enero a septiembre.
- [6] Instituto Nacional de Vías, INVIAS. [En línea] Disponible en: [<https://www.invias.gov.co/>]
- [7] Dirección de Transito de Bucaramanga, DTB. [En línea] Disponible en: [<http://www.transitobucaramanga.gov.co/>]
- [8] *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*, Capítulo 2. Controles para el diseño geométrico de una carretera
- [9] Douglas Méndez T (2009). “Ingeniería de Transito” [En línea] Disponible en: [<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/velocidad-ingenieria-de-transito.pdf>]
- [10] Velocidad de Punto, Cueva del Ingeniero Civil [En línea] Disponible en: [https://www.cuevadelcivil.com/2011/05/velocidad-de-punto_30.html]
- [11] Pérez, A.M.; Camacho, F.J.; García, A. (2011). “La velocidad de operación y su aplicación en el análisis de la consistencia de carreteras para la mejora de la seguridad vial”. Cuaderno Tecnológico de la PTC 6/2011. Plataforma Tecnológica Española de la Carretera, Madrid.
- [12] Pérez, A. M. (2012). “Caracterización y modelización de la velocidad de operación en carreteras convencionales a partir de la observación naturalística de la evolución de vehículos ligeros”. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- [13] Factores causantes de los accidentes, Capítulo 2. [En línea] Disponible en: [<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6321/06.pdf?sequence=7&isAllowed=y>]

- [14] Julián Chala, M. V. (2014). *Incidencia de la Distancia de Visibilidad sobre la accidentalidad en carreteras*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Dc.
- [15] Fitzpatrick, K., y Collins, J. M., Speed-profile model for two-lane rural highways, vol. 1737, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, 2000, pp. 42-49.
- [16] Easa, S.M., Dong, H. y Li, J., Use of Satellite imagery for Establish Road Horizontal Alignments Journal of Surveying Engineering, 2007.
- [17] Dong, H., Easa, S.M. y Li, J., Approximate Extraction of Spiralled Horizontal Curves from Stellite Imagery, Journal of Surveying Engineering, 2007.
- [18] Ben Arieh, D., Chang, S., Rys, M. Y Zhang, G., Geometric Modeling of Highways Using Global Positioning System Data and B-Spline Approximation, Journal of Transportation Engineering, 2004, pp. 632-636.
- [19] Nehate, G., y Rys, M., 3D Calculation of Stopping-Sight Distance from GPS Data, Journal of Transportation Engineering, 2006.
- [20] Jiang, Y. yLi, S., "Measuring and analyzing vehicle position and speed data at work zones using global positioning system. Institute of transportation engineers. ITE Journal, "2001.
- [21] Wang, J. et al., Operating Speed Model for Low Speed Urban Tangent Streets Based on In-Vehicle GPS Data. 85th TRB Annual Meeting CD-ROM, 2006.
- [22] Imran, M., Hassan, Y. y Patterson, D., GPS-GIS-Based Procedure for Tracking Vehicle Path on Horizontal Alignments, vol. 21, 2006, pp. 383-394.
- [23] Worner, A. (2013). Modelación de Perfiles de Velocidad de Operación en Alineamientos Horizontales Compuestos. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- [24] Pérez, A., García, A., Camacho, F., & D'Attoma, P., Use of gps data to model operating speed and deceleration on two-lane rural roads, Transportation Research Board, 2010, pp. 11-20.
- [25] Bucaramanga, Santander. (s.f.). En Wikipedia. Recuperado el 16 de noviembre de 2018 de [<https://es.wikipedia.org/wiki/Bucaramanga>]
- [26] Observatorio Nacional de Seguridad Vial de Colombia- Agencia Nacional de Seguridad Vial. [En línea] Disponible en: [<http://ansv.gov.co/observatorio/?op=Contenidos&sec=11>]
- [27] Treat, J.R, Tumbas, N.S., McDonald, S.T., Shinar, D., Hume, R.D., Mayer, R.E., Stansifer, R.L. y Castellan, N.J. (1979). "Tri-level study of the causes of traffic accidents: Final report –

Executive summary”. Bloomington. Institute for Research in Public Safety. [REPORT No. DOT-HS-034-3- 535-79-TAC(S)].

[28] García, Y. (2014). “*Aceleraciones y desaceleraciones de vehículos livianos en caminos de montaña*”. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de San Juan, San Juan.

[29] Ramachandra, R., y Mohan, A. (2014). “Free speed modeling for urban arterials - A case study on Delhi”. *Transportation Engineering*, 7599(9), 1-9

[30] C. B. Verdesoto Velepucha, “Modelos de velocidad en calles urbanas antes de llegar a redondeles”, tesis de pregrado, U. Técnica Particular de Loja, 2016.

[31] Poó, Taubman – Ben-Ari, Ledesma & Díaz-Lázaro, “Fiabilidad y validez del inventario multidimensional de estilos de conducción (MDSI) adaptado a la población argentina”, 2011.

[32] Aluja, A., Rossier, J., García, L. F., Angleitner, A., Kuhlman, M., & Zuckerman, M. (2006). A cross-cultural shortened form of the ZKPQ (ZKPQ-50-c) adapted to English, French, German, and Spanish languages. *Personality and Individual Differences*, 41, 619-628.

[33] Lamm, R., Psarianos, B., y Mailaender, T., Highway design and traffic safety engineering handbook (Primera ed), New York, 1999.

[34] Islam, M. N., y Seneviratne, P. N., Evaluation of design consistency of two-lane highways, vol. 64, 1994, pp. 28-31.

[35] Polus, A., Borovsky, S., & Livneh, M., Limited sight distance effect on speed, vol. 5, American Society of Civil Engineers, 1979, pp. 549-560.

ANEXOS

Anexo A. Encuestas aplicadas a los conductores

DATOS GENERALES							
Años de experiencia en la conducción: Edad: Sexo: ... Marca del vehículo:..... Tipo del vehículo: Camioneta () Auto () Cilindraje: cm ³ Año de fabricación: Última revisión:							
Test de estilos de conducción (MDSI-S)							
A continuación se presentan una serie de situaciones y comportamientos que se producen en el tránsito. En cada uno de ellos valore el grado en que se manifiestan en su caso en una escala del 1=Nada a 6=Mucho.							
N°	Enunciados	Grado					
		1	2	3	4	5	6
1	Dejo pasar en las esquinas						
2	Discuto o peleo con otros conductores						
3	Disfruto la potencia o ruido del motor						
4	Disfruto el paisaje mientras manejo						
5	Disfruto la sensación de realizar cambios rápidamente						
6	En la ciudad: tiendo a manejar un poco más rápido						
7	Enojo por conducción lenta en carril rápido						
8	Escucho música mientras manejo						
9	Olvidar donde dejé el coche estacionado						
10	Por seguir el tránsito, cruzo en rojo						
11	Equivocarme de destino						
12	Siento que el auto pide más velocidad						
13	Por ir distraído, tener que frenar bruscamente						
14	Pegarme a otros vehículos						
15	Tocar bocina o hacer luces en señal de enojo						
16	Pasar un semáforo que justo cambió a luz roja						
17	Disfruto la sensación de manejar al límite						
18	Mientras manejo, trato de relajarme						
19	Sentirme frustrado o incapaz al conducir						
20	Al conducir, pensar en otra cosa						
21	Insulto a otros conductores						
22	En verde, espero con paciencia a que arranque						
23	No advertir que un peatón estaba cruzando						

24	En intersección sin preferencia, espero						
25	Cuando tratan de pasarme, manejo más rápido						
26	Dar vueltas innecesarias para llegar a un lugar						
27	Me gusta tomar riesgos						
28	Mejor prevenir que curar						
29	Meditar mientras se conduce						
30	Arrancar en el semáforo en tercera						
31	Sentirme nervioso mientras conduzco						
32	Ponerme impaciente en las horas pico						
33	Sentirme estresado mientras conduzco						
34	Querer encender el limpiaparabrisas y, en su lugar, encender las luces						
35	Olvidar que llevo las luces altas						
36	Planeo mal la ruta						
37	Planeo un viaje largo con antelación						
38	Casi chocar por no estimar bien el espacio						
39	Conducir pendiente de las maniobras de otros conductores						
40	Intentar conducir con precaución						
41	Disfruto la conducción peligrosa						

Fuente. Poó et al (2013)

Elaboración Autor

Test de rasgos de personalidad (ZKPQ-50-cc)			
<p>A continuación se presentan una serie de frases pensadas para describir características de uno mismo. Léalas y decida si es adecuada o no en su caso. Si está de acuerdo con el contenido de la frase responda VERDADERO (V) y si no está de acuerdo (es decir, en su caso es lo contrario, o no le define bien la frase) responda FALSO (F), marcando con una cruz la casilla correspondiente en el margen derecho de la página.</p>			
N°	Enunciados	Respuestas	
		V	F
1	No me gusta perder el tiempo sentándome simplemente y relajándome.		
2	Cuando me irrito digo “malas palabras”.		
3	Es natural para mí decir malas palabras cuando estoy enfadado.		
4	No me importa salir solo/a; de hecho normalmente prefiero salir con un grupo amplio.		
5	Llevo una vida más ocupada que la mayoría de la gente.		
6	A menudo hago cosas de forma impulsiva.		
7	Casi nunca siento ganas de abofetear a alguien.		
8	Paso tanto tiempo como puedo con mis amigos.		

9	Mi cuerpo se siente a menudo rígido sin razón aparente.		
10	Frecuentemente me siento desconcertado.		
11	Si alguien me ofende, intento simplemente no pensar en ello.		
12	Me gusta estar haciendo cosas en todo tiempo.		
13	Me gustaría emprender un viaje no programado, sin rutas fijas ni horarios.		
14	Tiendo a ser hipersensible y me siento fácilmente herido por los comentarios y acciones de los demás (aunque éstos sean sin mala intención).		
15	No necesito tener un montón de conocidos.		
16	Puedo disfrutar simplemente recostándome y permaneciendo sin hacer nada.		
17	Disfruto introduciéndome en situaciones nuevas, en las que no se puede predecir qué cosas van a ocurrir.		
18	Me siento asustado con facilidad.		
19	Si alguien me molesta, no dudo en decírselo.		
20	Generalmente me siento incómodo en grandes fiestas.		
21	No siento la necesidad de estar haciendo cosas todo el tiempo.		
22	Algunas veces me siento lleno de pánico.		
23	En las fiestas disfruto interactuando con muchas personas, sean conocidas o no.		
24	Algunas veces me gusta hacer cosas que dan un poco de miedo.		
25	En mis días libres prefiero practicar deportes que simplemente descansar sin hacer		
26	Lo intentaré todo al menos una vez.		
27	A menudo me siento inseguro de mí mismo.		
28	No me importaría estar socialmente aislado en algún lugar durante algún periodo de tiempo.		
29	Me gusta agotarme en trabajo o ejercicios duros.		
30	Me gustaría llevar una vida activa en la que pudiese viajar un montón y en la que hubiese mucho cambio o excitación.		
31	A menudo me preocupo de cosas que otra gente considera que no son importantes.		
32	Cuando otra gente no está de acuerdo conmigo, no puedo evitar entrar en una discusión con ellos.		
33	Generalmente me gusta estar solo, de forma que pueda hacer las cosas que quiero sin distracciones sociales.		
34	Algunas veces hago cosas alocadas simplemente por bromear.		
35	Tengo un temperamento muy fuerte.		

36	Me gusta estar activo desde el momento en que me levanto por la mañana.		
37	No puedo evitar ser un poco rudo con la gente que no me gusta.		
38	Soy una persona muy sociable.		
39	Prefiero los amigos que son imprevisibles.		
40	Me apetece llorar a menudo y sin motivo.		
41	Me gusta mantenerme ocupado/a todo el tiempo.		
42	A menudo me siento tan ilusionado/a con cosas nuevas y excitantes que no pienso en las posibles complicaciones.		
43	No dejo que me irriten las cosas sin importancia.		
44	Tengo siempre paciencia con los otros, aunque sean irritantes.		
45	Normalmente prefiero hacer las cosas solo.		
46	A menudo me siento incómodo e inquieto sin que exista una razón real.		
47	Probablemente paso más tiempo charlando con mis amigos del que debería.		
48	Cuando hago cosas las hago con un montón de energía.		
49	Me gustan las fiestas divertidas y espontaneas.		
50	Cuando la gente me grita, respondo gritando.		
51	Normalmente, no me paso la luz roja.		
52	A menudo respeto al peatón.		
53	Mejor conduzco mirando la carretera que a las señales de tránsito.		

Fuente. Aluja et al (2006)

Elaboración Autor

Anexo B. Tramos de Estudio y perfiles de velocidad

Tramo 1 (Conductor 1-14)														
Inicia:	Bulevar Santander # 23-74						Termina:	Glorieta Estadio						
V/L	Velocidades (km/h)													
Longitud	No. Conductores													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	3,47 4	3,46 4	2,59 3	2,82 2	3,20 1	2,54 8	2,64 2	2,59 2	2,97	3,07 6	2,78 3	2,68	2,56 4	2,72 8
30	25,7 84	16,0 11	28,2 3	20,4 02	22,1 68	18,8 56	22,1 59	20,3 35	22,2 48	25,6 27	25,3 62	15,8 32	23,6	23,0 77
60	29,4 17	20,7 91	32,6 41	23,0 32	31,2 4	23,3 44	27,0 71	23,9 77	23,1 91	32,6 47	27,4 64	25,7 6	31,7	24,7 09
90	34,1 23	24,0 42	36,5 26	26,1 61	29,4 7	25,6 57	24,2 14	28,1 13	30,6 77	39,2 38	27,9 94	23,6 63	33,6 12	30,0 39
120	35,7 59	27,4 14	37,1 78	26,4 8	33,3 15	30,2 06	29,2 79	28,9 4	34,7 14	40,1 13	33,3 05	27,9 76	29,4 92	34,6 49
150	34,6 44	30,1 9	41,8 39	28,6 48	31,2 94	31,5 22	32,5 38	28,4 17	34,5 58	40,0 04	37,3 58	31,6 09	37,9 27	41,1 44
180	37,2 1	30,0 11	38,1 98	31,3 86	32,9 75	31,4 26	31,2 04	26,5 52	30,9 2	43,1 31	36,8 4	30,2 55	36,9 07	41,0 12
210	28,1 6	31,3 98	34,7 87	32,0 78	24,2 55	27,0 29	33,4 68	26,5 45	28,0 41	41,4 72	35,0 58	33,0 49	37,8 14	36,9 08
240	23,0 18	27,6 5	29,4 69	27,2 36	18,4 75	30,0 93	30,9 12	17,1 85	19,4 19	35,7 66	35,1 41	28,4 84	29,1 5	23,0 84
270	18,9 25	14,8 13	26,2 24	24,4 93	18,7 39	25,1 09	19,1 04	17,5 09	25,0 72	21,8 45	19,6 46	29,2 07	11,1 33	9,30 6
300	32,8 4	17,5 94	18,9 66	11,8 68	22,3 24	33,6 37	14,8 03	18,1 84	10,3 75	18,7 77	15,8 42	29,1 18	23,8 84	22,5 9
330	37,0 5	26,1 66	31,9 46	21,5 21	32,2 02	32,5 92	26,6 03	25,9 54	26,1 46	27,7 31	26,7 52	31,7 89	25,3 37	31,9 97
360	32,3 08	29,1 01	37,2 03	34,2 46	29,6 67	32,8 63	25,0 88	25,0 23	22,7 28	35,8 39	29,1 45	32,1 49	32,8 86	32,7 76
390	20,3 28	26,3 58	36,8 96	33,3 11	27,1 82	32,9 54	23,6 94	25,1 85	21,9 56	42,8 65	28,9 95	27,1 31	31,6 67	31,8 05
420	18,1 44	26,4 13	38,6 03	33,2 19	25,1 11	32,1 19	29,6 51	23,8 5	28,6 1	45,8 07	27,7 99	29,0 31	31,7 91	31,1 16
450	21,9 44	26,3 82	46,2 48	34,3 96	25,5 38	31,7 28	30,3 21	21,9 99	31,1 73	48,0 48	32,1 62	26,1 84	27,0 3	26,4 42
480	19,6 28	23,5 58	33,9 77	30,7 54	20,0 51	27,5 51	31,7 36	19,3 9	16,7 11	43,1 01	12,5 95	24,8 33	28,5 1	17,1 51
510	15,7 42	9,78 3	16,6 97	26,7 28	17,7 32	17,1 78	18,3 22	10,3 09	9,30 1	26,3 34	19,5 98	9,59 8	10,8 2	10,0 11
517,62	13,0 01	11,8 33	8,26 7	23,6 03	6,87 6	9,62 2	7,68 3	6,31 6	6,7	12,9 2	15,2 56	13,3 01	6,95 3	1,31 3
540	20,8 81	15,5 81	6,92 9	23,2 54	12,4 77	8,04 9	6,11 1	16,5 92	12,4 81	17,1 15	22,8 01	15,2 52	17,6 83	21,4 42
570	25,6 09	22,8 67	22,0 71	25,6 94	15,0 74	16,6 09	18,5 52	23,2 69	21,6 89	28,7 21	24,9 35	18,1 22	21,7 52	23,4 54
600	24,5 13	28,1 02	26,4 67	25,8 73	21,4 65	22,8 61	23,5 83	27,4 81	21,3 31	31,4 03	28,7 29	22,0 34	21,0 66	27,5 95

630	27,8 04	29,9 38	24,4 59	26,6 25	24,1 94	26,8 92	29,3 2	26,8 82	26,2 07	36,8 88	27,1 97	24,2 86	30,2 56	25,6 41
651,23	28,2 05	21,7 83	24,6 05	21,4 46	21,5 21	25,7 24	23,4 28	27,7 69	24,2 47	32,1 21	26,9 32	22,1 1	16,9 32	25,3 24
Tramo 1 (Conductor 14-28)														
Inicia:	Bulevar Santander # 23-74						Termina:	Glorieta Estadio						
V/L	Velocidades (km/h)													
Longitud	No. Conductores													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	2,78 7	2,96 7	2,82	2,80 9	2,82 2	2,99 5	2,58 1	6,88 9	2,87 3	2,83	2,71	2,89 3	3,27 9	2,71 5
30	24,1 7	23,3 1	24,9 99	19,2 23	20,4 02	22,2 73	20,9 96	16,7 97	20,0 78	17,0 24	17,0 24	21,9 12	25,8 57	26,2 41
60	23,4 5	30,9 1	29,0 77	25,4 16	23,0 32	32,4 54	11,8 45	19,1 77	23,6 77	25,2 61	25,2 61	25,7 83	29,7 44	26,6 16
90	20,8 21	34,3 79	30,1 01	34,0 31	26,1 61	33,3 48	22,4 81	25,4 48	25,1 66	28,2 21	28,2 21	30,8 77	32,8 57	35,9 89
120	30,9 68	32,2 18	33,1 78	37,7 64	26,4 8	30,9 94	32,2 22	28,1 88	30,1 49	26,4 06	26,4 06	34,3 65	35,1 18	38,6 26
150	39,8 19	38,3 48	38,9 67	40,8 98	28,6 48	38,2 05	33,0 84	29,9 44	33,7 74	28,5 98	28,5 98	32,4 37	24,6 58	42,1 83
180	40,6 04	40,6 33	39,3 45	37,8 48	31,3 86	39,9 75	29,5 5	32,5 68	32,2 42	26,0 34	26,0 34	18,9 85	21,7 02	42,4 67
210	37,7 31	45,6 02	40,2 08	31,7 24	32,0 78	34,2 74	28,2 27	28,3 98	29,5 95	28,4 25	34,2 25	23,7 72	22,8 87	38,9 31
240	37,2 33	47,8 45	33,8 78	25,1 37	27,2 36	30,1 08	27,1 47	26,7 81	29,6 93	28,1 26	29,2 35	27,3 29	23,3 52	31,7 18
270	15,3 63	49,9 47	12,5 63	27,6 3	24,4 93	7,96 1	24,4 58	22,8 96	25,8 12	21,8 2	22,3 92	34,8 07	29,6 03	25,0 84
300	19,4 53	51,1 47	17,6 04	27,8 49	15,4 63	19,7 26	13,7 7	27,5 68	13,4 86	20,9 15	34,0 93	30,3 64	33,3 76	17,5 22
330	32,8 19	52,9 99	30,2 42	28,2 85	28,7 81	26,5 32	32,2 6	29,2 88	26,5 17	34,7 15	38,9 08	38,9 08	30,6 41	17,6 87
360	33,8 26	55,1 1	19,5 96	27,7 34	32,3 71	27,2 2	30,9 63	30,4 78	35,0 58	37,4 19	33,6 19	33,6 19	28,6 06	28,5 38
390	22,1 72	47,8 83	17,9 87	26,8 92	36,8 73	19,2 36	31,4 18	25,8 24	34,7 78	32,1 12	27,8 65	27,8 65	25,9 23	25,4 77
420	22,0 96	43,3 72	16,8 14	30,1 74	35,1 12	25,2 14	31,4 36	26,6 89	26,6 18	35,0 38	17,2 68	31,0 07	25,7 86	30,0 47
450	15,2 01	45,6 9	17,5 63	33,3 99	38,2 76	14,9 99	27,6 99	25,3 25	30,8 5	36,5 03	24,1 59	50,4 45	24,0 6	23,1 9
480	24,6 92	46,1 53	30,4 65	25,0 68	37,7 07	20,4 17	22,7 93	19,2 9	35,3 29	38,9 69	18,6 76	31,4 05	15,5 56	23,9 61
510	14,7 39	23,8 56	4,95 6	15,9 83	20,9 01	8,7	18,5 36	9,74 9	33,4 32	38,2 02	17,1 8	24,5 42	10,9 8	10,3 85
517,62	14,2 93	13,2 05	2,66 7	9,85 1	7,23 1	9,33 7	17,9 74	7,72 2	15,7 43	27,8 38	8,13	21,8 95	6,19 4	8,97
540	27,9 79	8,67 6	21,7 69	10,3 77	7,68 1	13,4 09	24,6 07	13,6 91	12,3 12	27,5 92	14,1 71	11,3 92	9,88 2	20,1 97
570	29,4 6	19,6 06	25,2 01	26,6 68	23,9 96	23,5 48	27,1 02	19,8 66	21,3 88	25,9 95	24,9 04	22,8 94	13,9 24	24,6 87
600	32,6 94	25,7 71	26,4 81	27,7 41	25,3 9	26,5 63	26,6 31	21,5 94	25,4 48	24,3 86	28,0 97	22,8 18	25,0 42	23,1 09
630	21,4 03	32,1 2	23,5 13	30,4 39	27,5 6	29,0 77	25,3 73	24,1 77	22,8 65	26,2 85	30,3 32	23,2 51	28,9 54	28,7 16

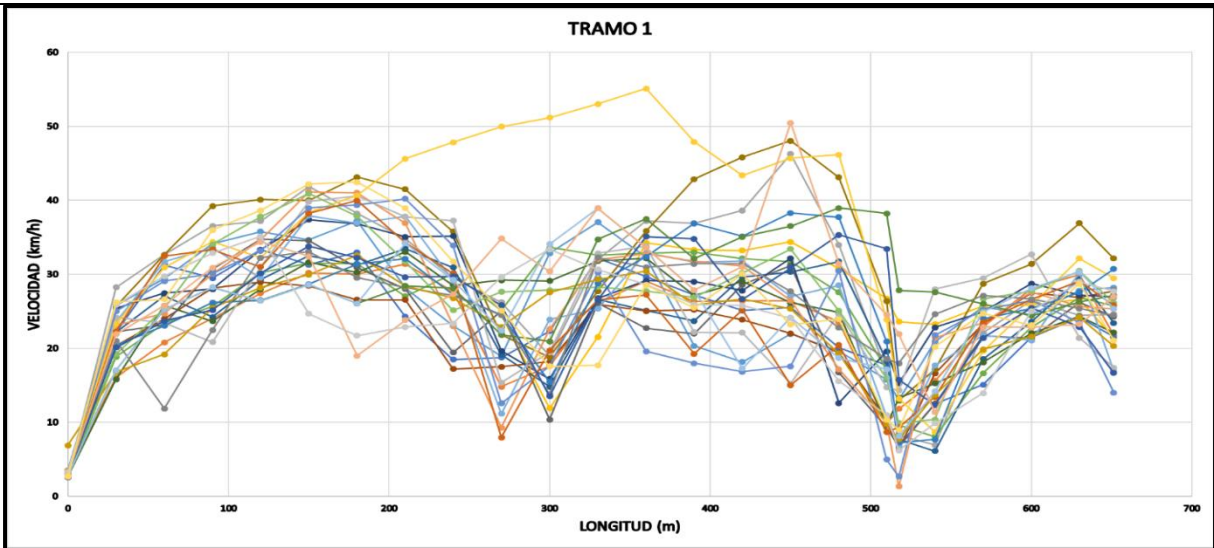
651,23	17,3	29,4	14,0	26,1	30,7	25,8	24,4	20,2	16,6	27,1	25,3	26,9	27,7	21,0
	6	78	14	42	18	19	46	84	46	39	69	93	33	8

Tramo 1

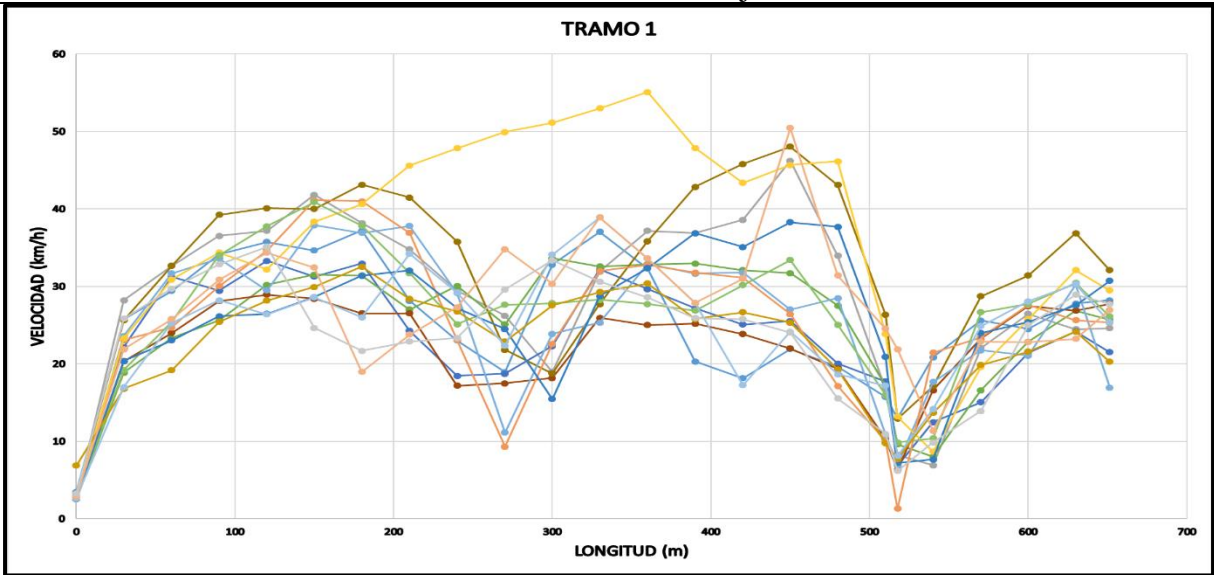
Inicia: Bulevar Santander # 23-74 **Termina:** Glorieta Estadio

Perfiles de velocidad

Perfiles de velocidad de 28 conductores



Perfiles de velocidad en flujo libre



Tramo 2 (Conductor 1-14)														
Inicia:	Calle 14 # 30						Termina:	Glorieta UIS						
V/L	Velocidades (km/h)													
Longitud	No. Conductores													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	28,2 05	21,7 83	24,6 05	21,4 46	21,5 21	25,7 24	23,4 28	27,7 69	24,2 47	32,1 21	26,9 32	22,1 1	16,9 32	25,3 24
30	37,3 53	32,8 86	38,8 78	29,0 48	30,3 55	32,1 31	35,0 88	36,3 59	33,2 74	38,5 47	36,7 27	26,3 51	37,2 17	35,0 82
60	44,2 43	39,4 71	47,4 26	33,9 65	30,2 74	37,7 16	39,8 95	40,1 78	36,4 81	43,6 6	43,8 68	27,4 32	43,2 2	41,6 39
90	45,3 86	42,8 46	51,2 93	36,8 49	28,5 74	38,6 89	39,1 74	42,7 06	36,7 98	47,5 69	42,6 82	32,0 79	46,5 72	45,4 77
120	49,7 02	45,3 89	50,6 55	39,5 63	29,3 3	38,2 82	40,4 82	45,5 11	38,9 75	50,1 79	45,8 68	30,9 72	48,7 6	45,8 56
150	50,2 73	46,8 28	50,8 63	43,4 64	29,9 53	36,1 14	41,5 4	45,7 76	39,7 13	52,9 15	46,7 4	31,6 09	50,1 34	47,9 76
180	50,9 97	47,4 32	49,0 63	43,9 58	30,1	33,4 15	37,9 99	45,0 68	40,2 23	52,2 67	46,1 07	32,1 65	49,9 57	45,9 99
210	50,0 08	46,8 65	46,6 02	42,5 74	30,0 69	32,9 78	31,7 6	43,6 19	36,8 72	49,8 18	43,4 82	33,8 12	50,8 96	43,5 91
240	42,3 19	40,7 23	40,1 95	41,1 78	28,9 58	31,2 99	30,0 39	37,4 12	29,7 94	42,0 74	40,7 91	34,1 11	46,5 92	41,8 33
270	28,1 62	28,1 39	26,9 68	25,1 79	24,2 26	24,7 27	22,2 47	26,4 12	19,3 39	29,3 23	29,7 84	26,8 08	27,1 22	28,1 64
300	29,4 51	30,0 23	26,0 65	23,3 91	23,9 05	22,2 6	19,0 6	23,7 85	20,9 55	29,4 25	29,7 49	26,6 63	27,3 21	27,2 38
330	31,7 17	39,2 76	29,7 05	29,3 16	22,6 47	28,1 58	27,1 15	21,7 15	24,2 78	31,8 8	32,8 34	25,8 6	32,9 09	30,6 84
360	32,1 9	38,5 53	32,0 8	33,6 17	21,9 51	24,6 74	19,0 22	29,1 09	26,0 62	18,5 54	33,8 03	21,5 57	29,1 15	26,8 16
390	34,1 83	42,9 34	40,1 43	37,5 02	26,5 85	32,2 37	26,2 7	37,0 96	27,3 27	36,5 28	42,8 55	29,8 9	31,8 45	41,0 53
420	35,9 9	43,9 22	39,5 05	36,8 07	24,8 84	29,7 63	29,8 21	32,9 6	29,0 71	41,2 79	39,8 3	29,8 66	29,9 45	41,2 14
450	19,9 48	42,5 37	24,7 49	25,4 79	18,9 05	24,7 57	9,79	25,6 74	31,9 66	32,4 1	30,7 26	11,1 18	10,0 58	37,4 21
480	27,9 59	40,0 92	30,5 46	29,8	29,5 46	30,2 12	25,6 77	33,3 35	35,2 69	33,9 83	32,9 11	23,8 04	8,31 1	37,4
510	28,1 81	32,6 24	29,4 71	23,1 94	22,3 92	29,0 17	27,1 86	28,7 8	27,9 19	34,1 99	24,2 25	26,2 38	2,39	28,7 21
529,06	19,9 25	24,2 56	6,12 1	21,4 49	1,49 9	27,0 4	13,2 7	26,0 15	18,4 86	27,8 49	20,2 8	20,8 68	1,81	11,1 05
540	18,3 11	22,3 82	13,3 13	18,1 4	20,3 83	26,8 32	17,2 75	28,3 94	17,3 29	26,9 33	21,6 51	22,7 17	0,23	18,3 53
570	20,0 91	22,9 99	22,0 66	14,5 85	24,7 4	25,3 53	18,7 88	24,6 55	24,2 92	15,9 55	24,7 04	21,2 05	14,6 7	23,5 89
600	25,1 06	23,9 24	25,5 98	12,2 33	25,1 24	27,1 89	20,2 18	23,5 08	26,1 97	27,7 72	28,2 39	22,4 41	25,8 1	27,6 77
630	24,8 01	23,6 29	25,8 8	21,9 05	25,9 13	26,4 99	25,4 33	27,7 77	24,2 95	30,3 61	30,8 45	23,6 66	31,3 1	25,5 19

652,32	26,6 48	22,2 96	26,7 42	24,0 31	26,1 92	25,8 76	25,7 69	28,5 6	21,5 91	31,9 07	29,3 77	25,7 83	26,4 4	31,2 7
--------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------	------------	-----------	-----------

Tramo 2 (Conductor 14-28)															
Inicia:	Calle 14 # 30							Termina:	Glorieta UIS						
V/L	Velocidades (km/h)														
Longitud	No. Conductores														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	17,3 6	29,4 78	14,0 14	26,1 42	30,7 18	25,8 19	24,4 46	20,2 84	16,6 46	27,1 39	25,3 69	26,9 93	27,7 33	21,0 8	
30	30,8 98	40,2 79	38,5 87	37,9 31	39,2 36	34,4 35	35,5 62	26,0 9	27,5 19	38,8 2	30,5 91	28,3 56	32,0 2	29,1 52	
60	37,2 11	48,1 28	43,0 26	44,2 8	38,2 42	41,7 45	39,7 37	30,9 72	33,1 01	45,6 83	32,0 52	23,8 93	33,0 28	41,0 45	
90	41,7 53	50,5 38	40,5 6	46,7 96	37,2 08	42,7 78	41,9 02	33,3 78	36,4 84	49,0 55	39,8 61	37,2 07	30,3 88	45,0 09	
120	48,9 15	54,1 13	42,5 81	49,1 42	40,0 6	42,8 97	43,7 59	35,7 53	37,5 57	51,1 71	39,6 85	38,1 31	29,9 53	47,0 75	
150	53,9 1	57,2 7	41,7 64	47,9 3	41,1 45	42,3 7	44,1 38	35,9 34	36,6 58	51,0 61	42,6 44	39,6 23	30,8 25	49,9 54	
180	54,2 47	54,7 53	38,8 4	46,7 38	42,6 18	38,3 19	46,1 23	36,0 13	37,2 29	49,6 32	47,1 5	45,8 93	30,6 55	48,7 95	
210	51,4 04	47,3 04	41,4 56	44,3 84	42,0 52	35,4 19	44,5 73	35,6 5	36,2 38	49,4 83	44,1 88	45,1 97	32,7 05	49,7 07	
240	45,6 51	44,4 43	25,6 97	40,5 37	38,1 23	11,1 48	42,6 7	32,6 3	31,3 52	42,6 64	38,7 79	35,0 35	30,4 42	44,7 83	
270	26,9 51	31,6 95	25,6 71	22,5 12	27,2 75	13,8 81	26,2 98	17,8 79	20,1 08	28,7 92	25,5 08	18,6 48	22,1 36	23,4 04	
300	27,2 71	19,7 85	40,7 67	23,6 49	25,0 14	17,9 15	23,1 07	22,5 68	18,8 37	30,0 93	29,5 03	24,7 27	26,9 81	27,8 52	
330	29,6 86	32,6 81	48,3 93	34,9 16	30,5 45	22,5 15	23,6 33	24,7 79	26,6 36	33,1 54	26,5 42	23,2 97	28,5 66	30,7 01	
360	32,6 04	22,6 81	51,9 98	36,2 14	34,2 33	21,8 96	23,1 21	23,2 8	26,8 35	23,1 01	17,6 76	18,4 51	23,7 67	25,3 88	
390	42,0 32	36,4 59	46,9 37	39,3 97	38,8 02	33,6 1	28,9 72	29,3 94	24,2 72	35,2 16	26,1 07	30,4 52	28,5 24	43,4 24	
420	43,4 97	43,7 9	14,2 85	38,9 99	36,4 61	33,0 58	29,0 25	32,0 55	26,8 81	38,6 05	30,9 1	39,3 99	28,0 88	42,0 77	
450	32,4 29	17,4 51	34,1 49	30,5 4	35,5 1	16,9 62	16,9 4	21,5 23	25,6 27	32,0 59	25,7 52	31,6 06	23,8 52	20,7 56	
480	32,3 93	32,6 57	31,4 2	35,2 72	35,2 91	29,2 6	25,0 06	26,8 58	28,7 78	32,4 87	28,8 41	33,0 12	27,7 56	35,0 27	
510	28,3 87	31,4 9	17,7 84	31,7 99	23,8 59	19,6 18	23,2 62	22,6 06	26,4 07	28,6 1	25,3 97	27,3 06	25,4 64	31,4 77	
529,06	27,6 53	19,9 97	7,75	27,6 54	8,71	20,2	7,45 57	17,4 6	14,6 19	22,9 96	21,2 52	20,2 22	19,7 8	19,2 46	
540	32,6 2	21,7 12	12,1 69	28,8 02	16,1 68	20,2 68	16,9 58	21,1 84	16,5 85	24,0 02	24,1 84	24,3 9	22,0 11	29,0 05	
570	31,5 9	21,6 9	23,7 96	29,7 01	22,6 85	27,7 49	24,3 5	21,5 25	20,9 25	23,8 06	25,3 76	26,1 24	23,4 17	26,1 56	
600	35,9 13	21,2 7	25,1 3	29,7 43	23,8 62	28,7 49	27,3 58	22,2 24	24,8 21	24,7 1	27,7 85	25,5 45	28,1 1	23,6 05	
630	38,5 58	29,3 41	27,8 91	29,7 74	29,8 54	27,1 75	28,5 02	20,0 8	21,0 31	26,0 27	28,9 75	26,4 33	25,9 91	13,5 4	

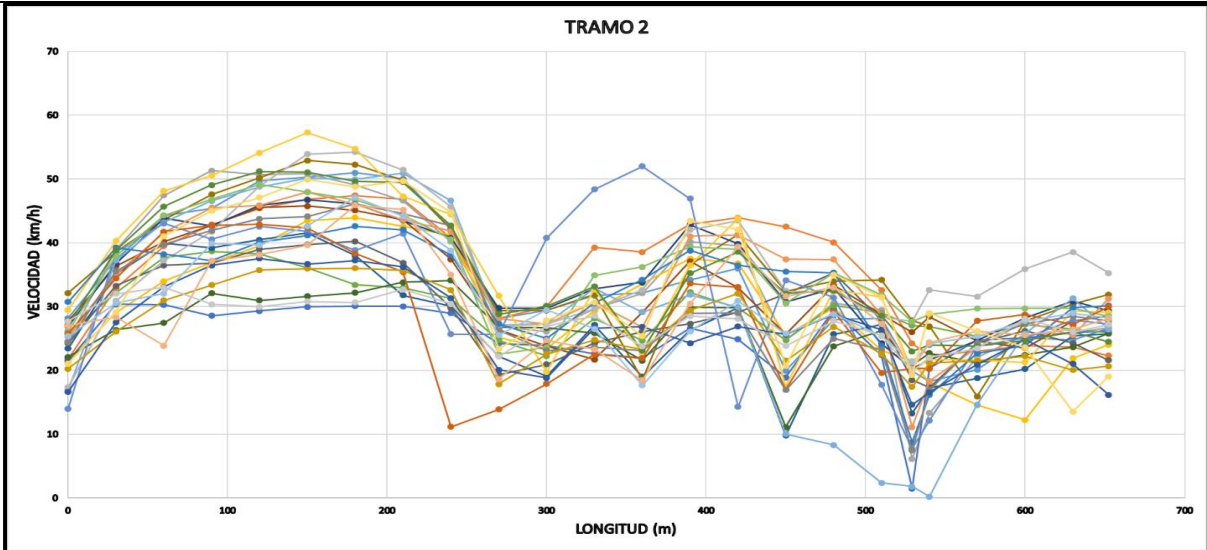
652,32	35,2 49	29,1 01	27,2 9	28,4 79	30,1 54	30,0 21	27,7 94	20,6 58	16,1 79	24,4 72	28,2 64	28,1 22	27,2 09	19,0 79
--------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Tramo 2

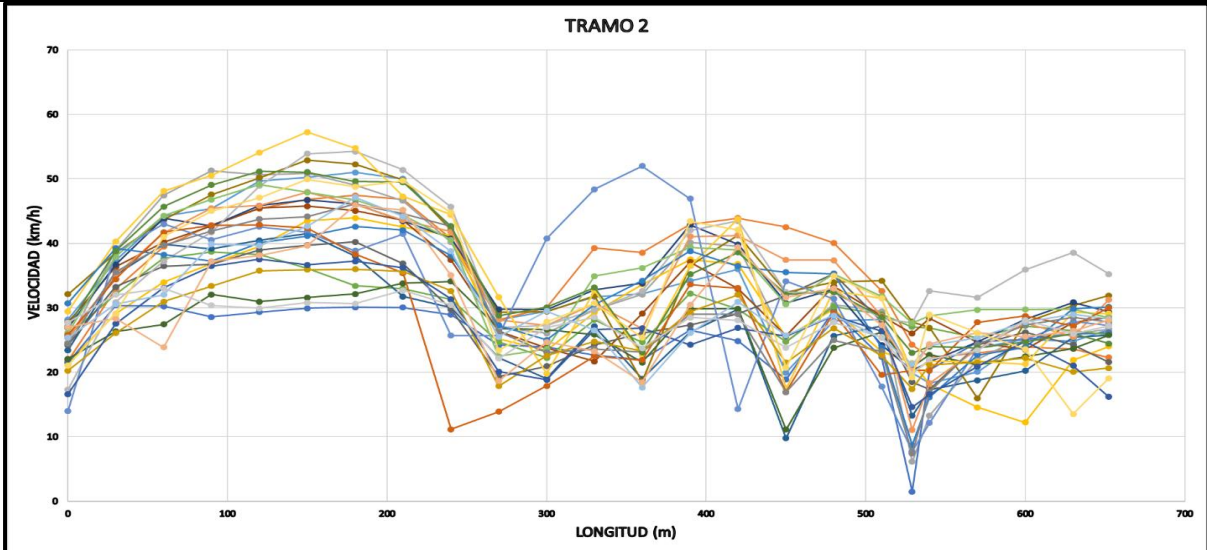
Inicia: Calle 14 # 30 **Termina:** Glorieta UIS

Perfiles de velocidad

Perfiles de velocidad de 28 conductores



Perfiles de velocidad en flujo libre



Tramo 3 (Conductor 1-14)															
Inicia:	Calle 14 # 27							Termina:	Glorieta San Francisco						
V/L	Velocidades (km/h)														
Longitud	No. Conductores														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	24,9 99	9,60 9	14,4 85	11,6 84	18,2 67	10,4 37	15,3 29	11,2 48	10,4 67	24,1 92	20,1 02	13,8 76	25,2 24	12,8 38	
40	34,2 63	25,6 42	33,5 36	22,9 47	35,2	23,5 62	26,6 66	30,8 03	27,2 75	38,2	34,9 2	26,7 5	38,2 76	37,9 32	
80	43,7 11	32,5 42	37,8 32	34,6 03	36,0 08	23,8 43	28,4 32	37,8 57	33	46,2 2	36,7 26	33,1 63	42,7 47	43,1 35	
120	42,5 84	33,4 73	36,2 36	39,8 1	31,8 16	21,5	23,2 8	41,7 88	33,1 18	49,9 19	38,3 79	35,5	32,2 41	38,8 85	
160	46,5 1	36,0 58	38,0 37	41,0 5	27,2 32	27,0 94	26,7 77	39,9 5	31,2 5	53,0 82	40,4 23	35,6 97	31,7 61	38,5 8	
200	36,2 92	34,1 74	38,8 8	42,1 23	26,8 84	27,4 32	17,1 06	39,3 02	35,1 42	51,0 93	37,4 36	33,6 55	42,7 57	40,0 87	
240	17,5 74	33,4 16	32,8 15	38,0 26	29,9 47	20,9 83	24,8 8	26,6 34	34,1 95	42,6 72	32,7 87	30,3 66	29,6 42	36,5 71	
280	35,3 2	25,4 29	15,5 97	19,0 43	8,11 1	19,5 27	10,0 38	17,7 59	9,83 4	18,6 09	25,3 5	19,2 49	21,6 27	17,1 11	
320	42,9 37	30,6 33	32,4 85	33,4 28	24,3 82	25,1 43	19,9 15	32,0 8	28,8 8	32,1 78	33,8 42	23,5 99	26,2 68	32,5 91	
360	45,9 72	41,0 18	35,2 77	39,8 44	32,0 58	28,6 93	30,0 29	36,7 95	30,0 86	42,3	40,6 32	29,8 29	37,4 99	35,9 63	
400	43,8 75	46,3 56	30,6 32	43,8 32	32,5 47	31,6 23	33,4 53	37,5 1	30,3 23	43,5 62	44,7 44	31,8 3	47,5 37	41,4 45	
440	44,0 29	46,8 77	39,6 46	44,9 77	32,7 51	32,3 69	34,0 16	36,7 83	31,7 56	42,3 45	45,4 08	31,1 87	48,1 87	40,9 4	
480	40,5 25	47,7 63	41,0 25	49,2 62	31,9 81	35,0 7	35,0 15	36,8 56	33,4 93	48,3 57	44,0 74	32,4 78	48,4 83	44,8 76	
520	31,5 5	44,6 95	36,5 13	47,8 43	34,0 35	34,7 32	34,7 1	34,2 49	35,4 88	46,8 1	43,0 31	31,3 86	42,1 39	36,9 95	
560	27,4 78	37,1 73	33,2 99	42,9 2	30,9 82	28,5 96	11,6 11	30,2 92	34,8 02	31,6 36	36,0 52	32,4 23	6,44 1	32,9 84	
600	15,6 87	33,5 62	32,8 3	33,8 81	29,1 87	22,9 99	27,0 65	29,9 77	22,7 66	32,2 49	30,0 3	27,4 51	32,0 42	21,0 13	
640	22,3 59	16,6 82	4,27 3	14,0 91	19,9 33	19,8 91	8,53 9	7,39 5	5,49 5	7,22 3	14,4 01	13,1 34	14,5 32	4,96	
680	15,4 29	29,7 45	27,4 65	26,1 7	32,2 71	30,6 44	30,0 81	30,8 61	25,3 2	31,4 67	26,3 64	25,7 9	28,3 9	26,2 92	
720	5,64 2	34,3 09	28,3 88	25,7 13	31,7 57	31,9 72	27,3 67	35,3 48	28,2 83	36,6 47	32,4 75	29,6 2	31,7 83	33,1 14	
760	17,6 77	40,3 19	30,3 81	21,2 34	30,2 98	32,7 05	28,5 22	37,3 06	29,7	37,9 32	33,0 9	35,8 94	35,7 65	29,4 38	
800	15,1 28	31,8 35	29,5 06	26,7 37	24,6 73	22,0 09	25,2 77	30,9 78	23,7 32	31,5 43	25,1 8	28,5 29	37,4 7	25,9 55	
818,37	20,0 61	27,5 63	26,7 8	23,1 91	19,6 56	21,5 66	21,1 08	25,2 37	23,0 93	22,8 35	22,1 34	26,4 76	22,4 04	23,3 14	

Tramo 3 (Conductor 14-28)															
Inicia:	Calle 14 # 27							Termina:	Glorieta San Francisco						
V/L	Velocidades (km/h)														
Longitud	No. Conductores														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	26,1 55	20,8 61	16,8 49	25,9 65	16,7 07	14,3 34	24,4 6	15,4 7	9,33 2	22,6 51	11,3 35	29,8 77	12,6 63	11,9 58	
40	32,7 11	37,6 06	36,4 96	35,6 8	30,6 42	30,7 54	31,9 24	29,1 6	27,8 7	31,6 07	23,3 04	35,6 78	36,1 63	38,4 22	
80	43,9 85	41,1 24	44,3 29	41,2 26	32,6 56	33,6 05	34,9 5	30,8 39	35,9 51	44,2 95	26,5 84	37,0 27	33,4 13	45,6 73	
120	46,7 83	39,1 05	44,2 43	41,9 16	34,2 83	36,1 63	35,8 35	32,4 45	33,9 73	45,0 93	31,3 68	36,0 9	30,6 14	46,7 88	
160	52,6 17	44,4 97	43,0 21	45,6 73	32,5 78	37,9 89	38,1 25	31,3 62	38,5 88	43,9 3	35,4 04	32,3 11	31,2 83	47,4 11	
200	47,1 52	42,4 87	38,2 98	41,4 02	27,1 45	40,9 69	37,4 35	31,0 53	34,7 91	37,6 37	34,4 53	22,4 46	35,7 13	41,0 22	
240	36,7 5	32,3 74	34,2 68	34,1 02	23,2 82	34,8 73	30,2 31	28,2 22	31,2 56	19,9 73	27,7 02	29,3 1	31,9 08	26,8 25	
280	14,9 62	15,1 53	12,0 38	19,9 31	11,8 15	23,2 33	14,8 64	9,37 7	12,9 63	13,7 88	11,6 98	40,9 09	14,8 56	9,36 3	
320	33,2 21	31,0 26	26,0 82	31,1 78	28,1 23	28,4 08	28,3 53	24,2 62	14,7 73	30,4 83	34,0 28	43,4 59	31,3 06	27,2 7	
360	45,4 02	40,7 49	30,1 3	38,1 8	32,3 77	39,5 46	38,5 08	30,9 77	31,5 32	41,3 48	40,8 84	43,7 69	41,1 35	28,4 38	
400	48,5 1	43,5 88	22,5 51	47,2 25	34,4 34	42,8 74	39,9 48	31,9 87	36,4 12	44,5 29	38,8 14	43,6 53	47,1 42	30,4 4	
440	51,7 98	45,5 82	22,2 47	51,3 6	33,7 26	42,4 13	40,0 22	34,4 72	42,1 37	47,2 15	39,1 79	38,2 37	52,1 09	25,1 51	
480	52,4 59	43,4 04	26,1 55	51,9 84	33,6 71	40,2 89	38,5 8	36,0 86	44,1 59	49,0 18	42,8 81	11,8 89	52,3 27	33,1 84	
520	44,0 38	37,3 07	24,4 87	49,9 93	30,5 59	38,6 67	37,4 18	32,1 7	41,7 23	47,0 61	41,7 43	22,6 64	48,7 51	24,7 98	
560	36,9 62	32,7 89	36,5 07	44,3	28,2 1	34,5 12	32,8 74	29,7 34	35,8 04	43,4 1	33,1 37	36,9 67	42,1 49	29,7 49	
600	28,3 65	42,0 97	11,0 17	40,0 6	30,3 74	33,3 28	27,4 68	27,8 35	34,6 13	40,9 3	24,6 48	38,8 07	32,5 79	30,9 86	
640	13,0 2	4,58 2	4,56 1	4,73 4	5,40 2	3,93	19,9 42	10,3 92	3,82 5	7,43 1	12,8 2	29,9 39	10,9 42	12,3 19	
680	32,6 52	36,1 8	18,2 16	35,0 56	26,2 78	22,9 76	30,4 56	24,7 87	29,0 5	32,0 73	30,5 29	32,5 68	24,4 37	35,9 11	
720	38,5 43	24,4 87	22,2 44	37,2 44	32,6 34	23,9 36	30,1 33	24,1 25	30,4 45	32,0 06	17,5 3	14,1 81	28,8 22	33,4 2	
760	36,2 64	39,4 8	16,2 52	41,4 04	26,0 69	26,2 33	27,8 57	23,4 79	30,5 43	33,9 91	24,6 62	35,5 38	35,2 29	32,9 66	
800	32,8 94	39,5 47	26,6 57	37,0 29	22,7 14	16,6 2	17,3 65	19,7 25	29,4 34	30,4 73	23,6 53	29,4 69	24,5 59	26,7 75	
818,37	29,4 86	29,1 33	35,7 92	29,5 08	22,3 24	19,7 56	20,6 29	20,9 09	23,9 36	26,3 14	23,0 59	26,4 77	24,4 44	25,2 46	

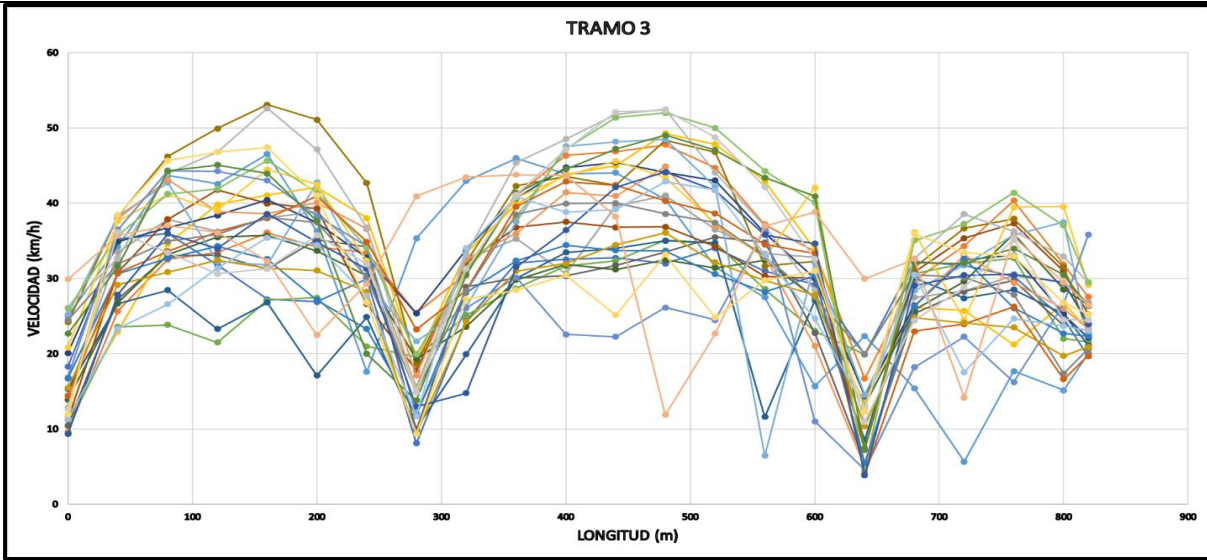
Tramo 3

Inicia: Calle 14 # 27

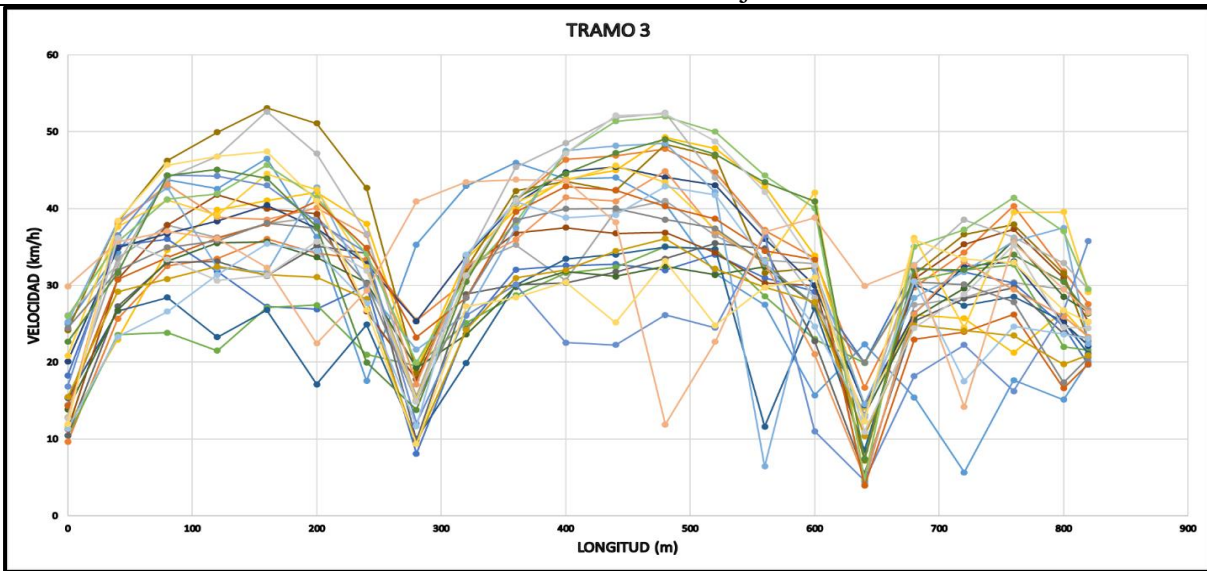
Termina: Glorieta San Francisco

Perfiles de velocidad

Perfiles de velocidad de 28 conductores



Perfiles de velocidad en flujo libre



Tramo 4 (Conductor 1-14)															
Inicia:	Bulevar Santander # 15							Termina:	Glorieta Girardot						
V/L	Velocidades (km/h)														
Longitud	No. Conductores														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	14,2 08	7,29 7	19,9 62	15,9 8	11,1 66	18,9 67	16,4 27	13,4 54	16,1 97	17,0 01	16,8 34	17,4 92	16,1 61	16,1 74	
50	30,4 93	25,0 82	14,9 9	15,5 28	23,5 4	20,0 52	27,2 07	22,7 75	28,4 51	30,1 95	24,1 29	19,4 1	37,0 82	24,3 81	
100	41,4 38	28,5 63	35,5 76	31,9 45	31,8 93	21,6 95	32,6 83	32,1 18	30,8 72	39,3 69	35,5 78	27,2 45	42,1 24	31,5 68	
150	43,5 63	36,0 71	36,9 08	34,8 47	33,8 96	25,3 15	30,4 16	39,0 8	29,0 61	39,1 71	34,5 94	26,7 56	46,8 91	28,2 43	
200	39,3 22	23,2 63	37,2 21	35,6 79	33,0 79	28,9 21	24,2 41	36,3 92	28,4 94	31,2 96	38,9 89	34,6 89	44,7 55	19,1 75	
250	30,2 17	16,2 17	33,3 94	34,7 15	27,2 99	22,1 83	23,5 56	31,3 4	28,9 56	21,7 03	34,2 22	31,6 49	32,7 6	25,1 35	
300	29,3 68	27,8 59	26,3 04	25,9 51	28,8 42	27,8 55	16,3 78	15,7 63	21,1 94	16,9 79	23,0 75	31,5 25	29,5 52	27,0 4	
350	37,1 93	33,3 88	20,6 26	32,1 86	23,5 03	28,2 96	29,1 35	30,9 94	32,0 44	22,2 03	22,7 01	29,2 04	38,2 46	27,6 22	
400	35,1 44	33,6 34	32,2 95	34,1 64	25,8 76	28,0 31	30,7 22	30,8 78	31,9 7	36,6 11	28,8 1	27,2 69	36,7 18	32,1 19	
450	25,0 02	30,9 6	34,7 34	33,8 37	37,0 6	26,0 65	22,9 21	31,8 18	26,4 71	25,0 69	38,0 89	33,1 66	33,3 22	23,2 52	
500	22,5 85	26,7 75	29,9 07	28,0 7	32,7 32	32,7 39	12,5 25	29,6 43	26,3 66	38,6 89	25,3 94	28,3 17	31,2 43	21,1 06	
550	15,4 96	28,2 54	15,0 38	3,23 6	30,7 62	44,4 72	8,29 6	12,2 18	27,5 16	49,1 75	22,4 68	29,2 76	23,5 81	17,2 06	
600	20,3 43	28,7 74	28,7 24	17,7 78	32,7 24	38,5 59	24,7 54	32,8 01	29,1 9	39,1 23	29,5 06	28,9 59	19,6 48	27,3 94	
650	22,0 38	27,5 34	46,8 15	31,8 85	26,2 63	29,2 21	5,61 4	35,8 46	27,1 26	4,54 9	28,0 55	23,0 19	15,6 66	23,2 95	
700,32	5,96 9	17,7 6	16,6 18	15,9 3	15,6 61	13,7 22	10,0 62	18,3 95	17,4 57	18,7 17	23,9 63	13,5 91	13,0 26	16,8 33	
750	16,4 02	17,0 89	33,2 98	27,9 83	13,7 87	25,2 21	5,32 5	21,7 24	15,5 22	18,7 78	21,8 32	19,8 75	12,5 32	22,9 44	
800	18,4 43	10,4 95	25,4 18	20,3 66	22,3 08	20,1 58	7,28 8	21,2 54	20,8 64	5,13 7	23,4 64	18,1 07	8,61 7	15,8 3	
850	21,9 7	18,4 51	24,9 8	24,0 31	23,6 16	21,4 26	16,8 37	22,9 94	19,8 22	22,0 48	20,9 77	14,6 59	19,3 5	24,3 45	
950,45	29,3 15	27,7 88	32,8 55	26,7 79	30,6 61	25,8 76	26,6 85	27,5 27	32,5 57	31,4 19	26,1 19	23,8 87	33,6 99	37,4 11	

Tramo 4 (Conductor 14-28)														
Inicia:	Bulevar Santander # 15						Termina:	Glorieta Girardot						
V/L	Velocidades (km/h)													
Longitud	No. Conductores													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	55,6 06	47,6 99	38,3 29	26,2 61	26,7 56	30,4 99	34,7 8	29,1 73	30,6 83	36,8 88	29,2 69	23,7 53	26,6 33	22,4 43
50	50,4 58	35,9 56	32,0 25	27,1	36,3 92	33,2 04	31,4 39	18,1 37	18,7 9	31,3 9	32,1 91	32,5 57	19,1 83	18,6 28
100	35,4 45	28,9 59	23,8 1	26,2 8	31,3 4	26,5 57	25,9 73	23,7 66	18,7	21,3 77	29,1 84	30,7	18,4 22	15,4 02
150	31,3 81	15,5 09	25,2 37	30,0 51	15,7 63	20,9 1	14,2 44	24,6 79	19,7 1	15,8 85	9,43 1	10,7 26	24,6 27	27,9 12
200	39,8 45	31,3 66	32,1 73	32,8 71	30,9 94	13,1 96	31,3 88	24,0 02	34,5 07	14,7 64	28,1	4,10 7	23,3 76	31,4 13
250	38,8 11	31,1 53	27,6 12	33,7 89	30,8 78	16,9	37,5 58	26,7 69	38,6 8	34,3 45	28,5 97	18,8 61	23,7 54	35,2 09
300	42,4 24	28,8 01	29,2 31	34,8 89	31,8 18	13,6 8	37,4 26	21,6 96	34,7 2	42,2 39	11,7 06	36,5 47	17,0 28	20,5 52
350	34,5 54	38,0 83	30,1 63	30,1 16	29,6 43	3,91	27,7 73	24,6 34	19,3 09	9,15 4	4,47 3	28,8 34	8,98 4	8,09 2
400	15,7 76	32,5 82	23,9 5	38,8 53	12,2 18	6,91 9	22,8 1	25,7 21	21,3 46	18,6 11	11,3 39	11,2 93	26,1 5	18,8 47
450	32,4 84	37,5 3	30,0 42	37,4 26	28,9 59	15,4 13	35,6 29	24,4 83	27,7 46	31,4 43	21,3 04	22,5 62	6,00 5	21,8 87
500	36,9 41	43,1 39	10,4 96	27,7 25	23,0 19	22,8 31	33,7 2	15,0 14	11,6 53	27,5 88	4,96 7	24,9 74	5,69 3	10,7 9
550	27,6 78	22,3 61	18,2 15	14,4 29	23,9 63	7,34 4	24,2 61	13,6 96	8,13 2	20,3 48	2,61 3	11,6 69	9,97 3	4,34 6
600	22,8 3	4,42 5	20,4 55	16,9 6	19,8 75	15,7 27	26,0 48	15,8 45	12,6 66	21,5 96	7,25 6	39,4 3	7,00 4	13,9 51
650	19,2 4	22,9 84	18,6 68	15,0 32	18,1 07	18,2 7	27,0 03	16,6 98	20,1 02	20,3 42	23,1 52	26,9 27	13,6 91	14,7 31
700,32	33,4 54	31,9 39	19,9 28	21,1 65	19,8 22	15,1 23	30,9 57	21,1 72	23,4 14	23,2 13	26,6 76	16,0 86	19,4 23	20,3 96
750	36,3 99	37,1 12	35,6 46	18,2 44	27,5 27	26,0 49	35,6 04	26,2 72	25,6 08	31,4 47	33,6 79	33,2 1	28,7 81	28,5 8
800	19,6 28	23,5 58	33,9 77	30,7 54	20,0 51	27,5 51	31,7 36	19,3 9	16,7 11	43,1 01	12,5 95	24,8 33	28,5 1	17,1 51
850	15,7 42	9,78 3	16,6 97	26,7 28	17,7 32	17,1 78	18,3 22	10,3 09	9,30 1	26,3 34	19,5 98	9,59 8	10,8 2	10,0 11
950,45	13,0 01	11,8 33	8,26 7	23,6 03	6,87 6	9,62 2	7,68 3	6,31 6	6,7	12,9 2	15,2 56	13,3 01	6,95 3	1,31 3

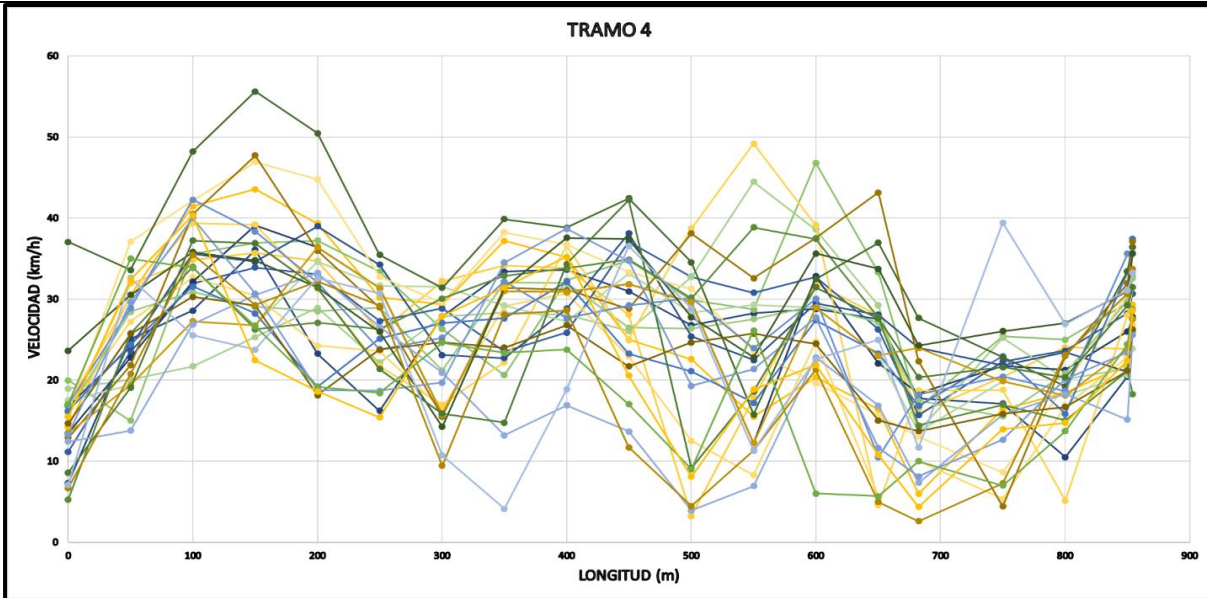
Tramo 4

Inicia: Bulevar Santander # 15

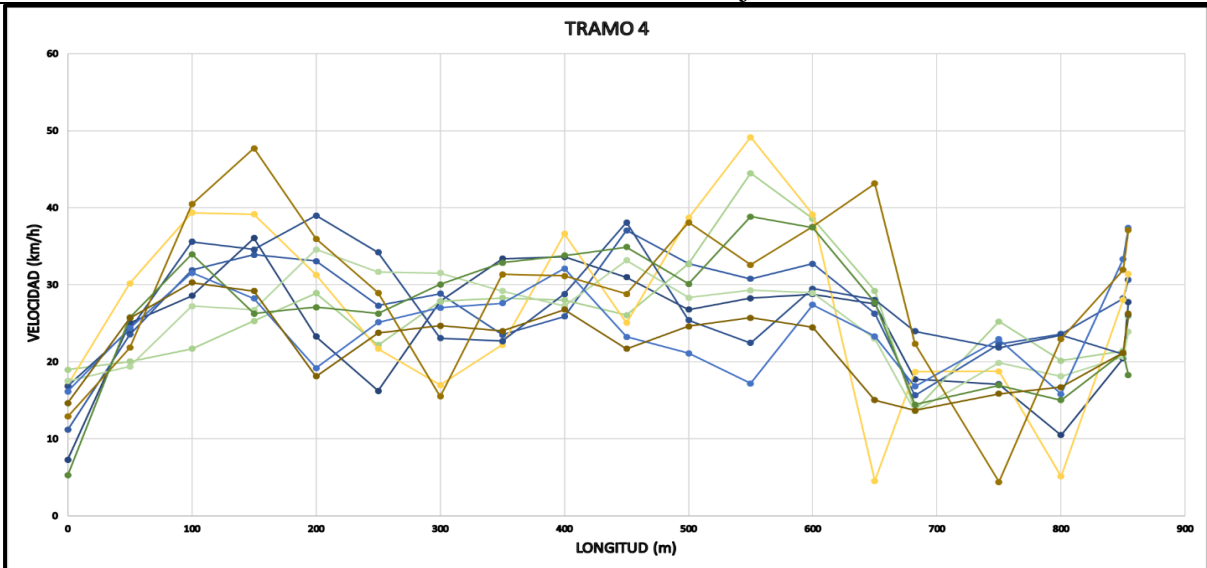
Termina: Glorieta Girardot

Perfiles de velocidad

Perfiles de velocidad de 28 conductores



Perfiles de velocidad en flujo libre



Tramo 5 (Conductor 1-14)														
Inicia:	Av Quebradaseca # 11						Termina:	Glorieta Quebrada Seca						
V/L	Velocidades (km/h)													
Longitud	No. Conductores													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	29,3 15	27,7 88	32,8 55	26,7 79	30,6 61	25,8 76	26,6 85	27,5 27	32,5 57	31,4 19	26,1	23,8 87	33,6 99	37,4 11
30	37,0 1	30,2 87	37,0 43	27,2 12	26,5 31	27,0 28	20,0 92	28,7 18	35,4 41	31,6 11	28,9 79	27,3 16	32,2 87	28,1 63
60	40,2 1	29,1 82	40,5 65	27,3 36	13,8 89	28,0 82	7,62 8	25,4 95	29,3 44	31,1 66	23,7 15	24,0 69	39,9 43	20,2 73
90	38,0 11	28,3 01	29,6 58	27,4 81	19,5 9	29,1 5	19,5 77	23,0 42	4,88 7	26,8 41	14,7 78	21,3 79	51,7 92	15,0 61
120	38,4 65	32,5 49	18,3 82	10,9 94	27,0 4	31,4 37	22,2 62	19,6 15	25,1 04	19,0 53	14,9 7	14,2 52	51,4 79	17,5 3
150	33,5 25	36,4 08	29,7 97	22,3 93	32,3 99	28,9 13	26,1 24	31,0 58	31,6 84	25,9 76	25,2 3	16,7 87	49,4 58	23,5 67
180	38,3 69	32,6 29	30,9 06	23,9 22	31,7 19	27,1 37	23,2 64	36,2 12	27,1 85	25,9 69	31,4 79	17,2 39	46,2 76	22,9 75
210	34,6 06	33,9 39	27,0 93	26,3 93	28,3 51	27,0 96	23,1 24	32,4 28	21,6 7	27,4 21	32,9 17	23,2 24	44,0 88	25,2 92
240	37,3 7	31,1 12	33,1 45	23,1 47	28,4 34	25,1 72	21,8 37	32,6 92	29,0 74	27,0 42	35,3 14	24,3 26	28,8 2	22,4 46
270	36,5 42	13,2 34	36,7 18	30,3 09	27,5 27	26,5 5	15,1 06	36,4 11	27,1 91	30,3 24	34,6 26	25,2 97	31,4 83	26,9 36
300	25,3 18	7,37 4	32,7 4	31,3 37	28,1 21	25,7 11	5,20 5	30,6 9	28,0 71	24,6	34,9 17	26,6 27	29,8 52	29,9 96
330	12,3 59	5,43 1	32,4 02	29,1 07	26,5 54	25,6 44	6,21 4	7,81	32,0 06	5,39	29,5 71	27,1 63	31,8 16	7,88 2
360	8,01 9	4,25 9	30,5 9	28,1 24	20,7 16	15,8 23	10,8 72	14,6 06	33,7 68	2,82 8	19,0 56	13,5 36	28,7 49	4,95 9
390,15	1,53 4	4,25 9	32,5 6	15,3 13	9,10 5	11,4 35	9,65 9	12,9 76	4,81 4	5,86 2	2,97 6	7,52 9	1,38 5	3,64 4
420	19,5 28	21,5 16	8,33 5	12,4 08	10,2 15	16,7 53	3,03 9	2,23 2	17,2 53	10,9 3	17,4 24	14,6 3	14,9 1	13,8 67
450	22,6 44	32,7 09	17,4 47	11,8 54	16,6 94	16,6 77	10,6 61	19,1 93	19,0 14	29,3 72	21,6 43	15,9 42	23,0 98	12,2 07
480,26	8,50 1	31,3 04	31,0 61	25,6 68	22,3 56	17,6 03	14,1 58	11,8 46	25,0 81	33,1 9	29,5 53	21,1 56	31,4 09	17,4 28

Tramo 5 (Conductor 14-28)															
Inicia:	Av Quebradaseca # 11							Termina:	Glorieta Quebrada Seca						
V/L	Velocidades (km/h)														
Longitud	No. Conductores														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	36,3 99	37,1 12	35,6 46	18,2 44	33,6 99	26,0 49	35,6 04	26,2 72	25,6 08	31,4 47	33,6 79	33,2 1	28,7 81	29,0 8	
30	34,7 58	38,5 86	40,5 04	22,2 56	27,3 16	30,7 06	38,9 16	26,2 84	25,4 14	34,4 55	35,4 97	26,3 59	22,6 66	37,2 54	
60	22,3 55	37,4 74	37,1 91	28,7 48	24,0 69	32,3 82	27,5 42	31,6 1	27,7 84	32,3 93	16,2 03	33,1 39	14,3 8	39,0 74	
90	6,96 3	22,1 24	31,4 17	28,8 79	21,3 79	18,7 97	22,8 84	33,1 32	14,0 83	15,5 28	16,5 62	33,1 31	28,8 82	39,6 47	
120	17,8 74	20,7 43	30,2 43	30,2 57	14,2 52	19,3 8	28,2 11	29,8 21	17,8 47	19,3 89	26,5 82	27,2 2	35,5 66	34,9 45	
150	26,1 99	34,1	24,5 48	23,8 7	16,7 87	26,8 12	35,7 06	29,2 4	26,8 64	23,5 46	27,8 57	8,11 8	33,8 53	30,4 96	
180	30,2 77	40,9 63	21,6 73	22,6 96	17,2 39	33,2 26	36,4 56	30,4 92	28,5 46	27,6 36	25,4 97	4,23 6	31,8 35	20,8 08	
210	26,4 41	39,4 8	35,4 01	23,0 63	23,2 24	35,2 62	40,0 12	29,0 41	28,0 27	35,2 48	32,9 25	9,22 5	30,9 37	19,2 66	
240	31,1 04	36,7 31	30,4 17	33,9 06	24,3 26	32,1 39	42,5 32	30,3 2	25,7 61	33,9 99	40,3 53	22,1 15	30,2 97	23,7 45	
270	39,3 19	38,8 85	18,6 62	39,8 15	25,2 97	37,2 44	40,1 56	30,9 89	28,0 7	26,0 22	36,8 8	21,6 6	25,6 46	5,17 7	
300	43,0 5	31,6 44	4,91 4	37,8 5	26,6 27	35,5 66	38,4 71	29,0 47	26,7 92	28,5 54	31,5 96	21,0 9	23,7 44	6,34	
330	44,9 01	17,8 65	17,0 22	23,9 93	27,1 63	15,3 04	34,7 41	25,0 71	15,2 9	28,6 71	24,0 38	28,6 26	11,3 98	6,46 5	
360	35,5 01	9,47	10,1 42	6,71 7	13,5 36	1,34 7	17,0 52	12,2 92	8,38 7	14,1 54	5,19 1	27,8 38	15,4 15	8,71 5	
390,15	13,0 04	8,46 3	13,5 9	8,49 8	7,52 9	4,51 8	4,48 9	5,00 5	4,07 6	7,66 5	11,3 44	4,00 1	25,6 69	2,55 8	
420	11,1 26	24,4 74	10,1 42	6,39 8	14,6 3	18,2 96	17,0 52	19,1 93	12,1 82	8,51 6	19,3 34	24,2 74	13,3 86	3,70 1	
450	28,2 83	24,6 07	22,6 59	22,8 23	9,31 6	17,2 66	21,9 06	21,0 33	22,5 9	5,28 3	16,3 74	2,48	28,4 63	10,8 9	
480,26	38,3 32	24,3 58	16,7 72	25,1 41	38,3 32	28,3 27	17,6 27	25,4 3	19,2 77	16,2 42	27,4 36	15,6 78	8,81 8	21,4 02	

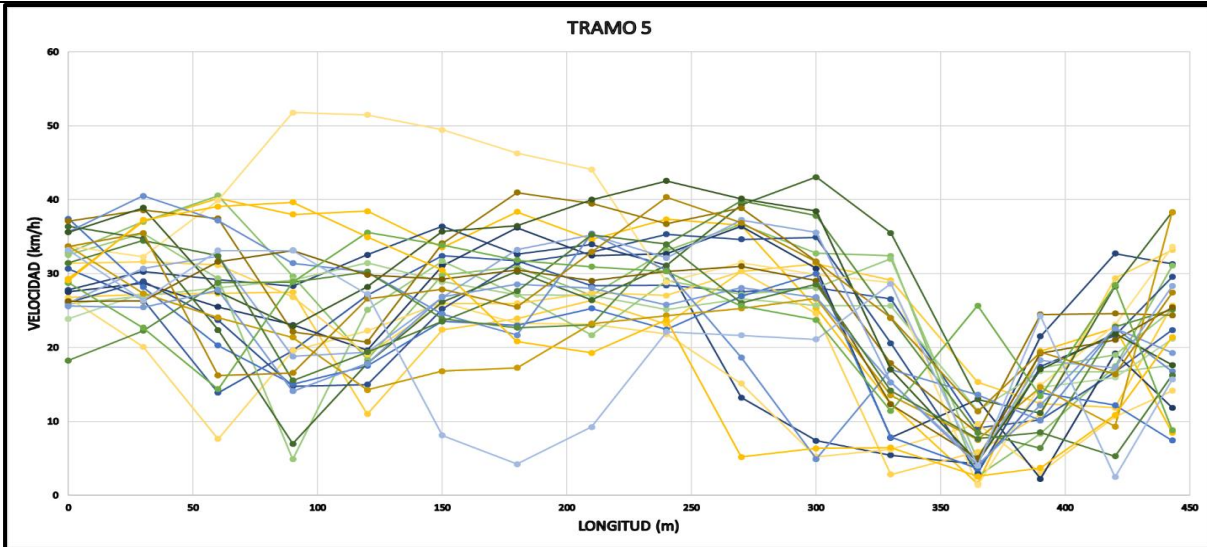
Tramo 5

Inicia: Av Quebradaseca # 11

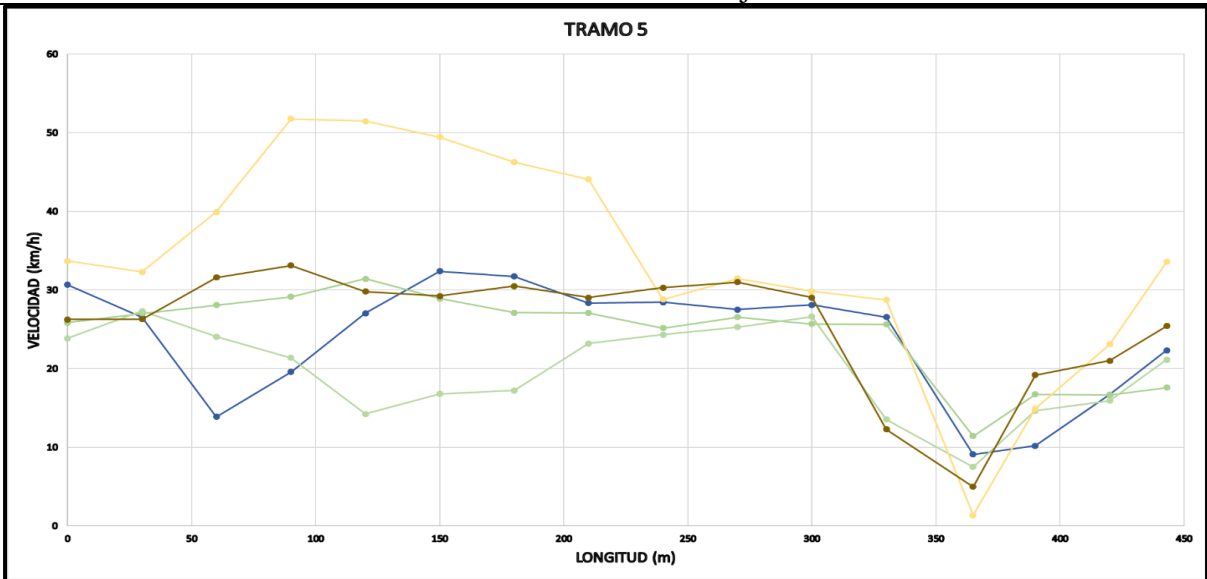
Termina: Glorieta Quebrada Seca

Perfiles de velocidad

Perfiles de velocidad de 28 conductores



Perfiles de velocidad en flujo libre



Tramo 6 (Conductor 1-14)															
Inicia:	Carrera 15 # 23							Termina:	Glorieta San Francisco						
V/L	Velocidades (km/h)														
Longitud	No. Conductores														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	14,8 69	29,3 6	15,1 22	18,9 89	25,6 8	32,2 73	27,5 45	20,8 33	11,6 18	13,2 75	30,8 78	21,9 78	20,8 8	26,6 55	
50	34,8 36	29,3 56	24,4 2	21,0 15	23,2 11	27,8 45	26,3 09	28,5 37	27,5 39	12,3 28	33,8 85	23,7 21	19,4 48	35,7 82	
100	40,1 69	27,7 79	39,1 92	30,3 84	21,5 09	24,7	33,9 48	35,1 19	29,7 58	29,8 2	37,3 78	27,5 85	28,9 13	30,9 3	
150	37,1 95	31,5 2	45,1 45	36,1 38	28,0 63	23,2 63	30,3 85	31,9 75	27,6 74	30,1 83	39,8 36	28,1 13	29,0 89	25,5 18	
200	40,8 19	34,9 59	45,9 41	34,1 33	24,5 82	22,8 74	28,6 36	36,5 23	26,3 33	31,6 65	38,7 28	30,6 48	48,9 87	21,6 93	
250	39,0 86	33,4 57	47,3 18	32,6 24	23,1 28	23,7 01	35,9 41	37,3 31	29,6 94	34,9 57	33,8 93	30,6 3	51,4 99	28,6 5	
300	38,6 88	31,1 81	47,9 55	30,9 79	21,2 83	24,4 75	35,9 82	31,4 81	30,9 26	41,4 75	28,4 11	31,3 2	50,1 71	35,7 92	
350	20,1 46	24,6 18	51,0 25	24,4 25	18,8 4	18,3 64	35,5 11	10,7 17	26,5 74	45,3 97	17,8 5	32,8 25	48,4 49	20,6 74	
400	22,6 71	22,1 34	46,1 25	18,9 05	22,7 33	16,6 43	13,9 4	28,7 8	31,5 99	37,8 29	25,1 91	34,0 64	23,7 71	24,4 6	
450	24,5 55	33,9 77	47,2 87	20,4 07	18,8 28	23,7 4	30,4 39	34,7 46	35,2 64	23,0 65	32,8 87	32,7 59	27,3 38	33,4 47	
500	14,1 75	9,68 5	51,2 39	31,7 92	16,5 92	23,7 49	34,2 99	35,2 6	36,5 18	24,6 34	31,4 33	32,2 24	27,3 06	12,3 36	
550	34,9 61	34,9 67	46,6 4	7,43 4	24,3 51	7,56 7	12,2 06	34,1 35	34,8 35	20,9 81	29,7 01	32,1 19	20,0 76	24,0 65	
600	38,5 26	43,2 48	43,4 58	25,2 05	25,7 87	19,9 38	23,5 86	38,1 54	34,9 47	27,5 13	31,1 35	31,0 85	34,2 39	28,9 45	
650	33,2 72	49,1 55	43,7 17	31,8 88	26,5 48	22,1 52	31,6 26	35,2 55	32,7 56	35,9 09	31,6 78	31,7 63	39,6 9	25,4 76	
700	32,5 02	37,7 38	42,2 28	32,7 65	24,1 87	21,3 68	33,3 03	34,8 36	32,1 41	29,9 74	29,7 73	28,1 53	36,3 18	23,5 67	
750,13	16,3 47	17,0 96	12,7 32	15,3 98	13,4 32	15,8 96	20,5 54	15,6 05	10,0 15	18,6 31	10,2 14	6,00 3	7,41 5	11,8 53	
800	20,6 37	15,4 95	21,2 4	19,8 62	22,7 29	15,6 66	32,2 79	25,6 79	12,0 98	16,7 77	9,36	21,9 36	19,5 61	10,7 24	
850	26,4 93	35,4 54	23,4 07	24,2 99	26,6 95	22,3 83	32,8 44	21,1 91	22,5 57	29,1 33	30,1 76	28,8 13	21,3 44	13,5 02	
900	20,2 16	33,6 06	22,1 05	24,4 54	25,7 89	24,7 46	33,1 93	19,1 54	20,5 44	32,1 32	32,3 51	32,0 53	13,5 41	20,5 33	
950	27,4 91	19,9 24	18,5 56	27,7 56	23,5	21,7 77	32,8 67	26,8 61	8,26 9	22,1 78	29,5 21	26,9 99	21,9 78	21,9 54	
1000,87	23,6 25	23,6 25	18,5 56	22,4 47	20,4 05	19,9 31	19,8 43	23,1 32	22,2 95	25,6 51	24,8 07	25,3 45	22,1 67	21,2 12	

Tramo 6 (Conductor 14-28)															
Inicia:	Carrera 15 # 23							Termina:	Glorieta San Francisco						
V/L	Velocidades (km/h)														
Longitud	No. Conductores														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
0	28,0 99	24,8 37	31,9 57	20,9 33	25,0 9	34,9 56	33,2 52	19,6 46	21,5 87	25,0 9	25,1 11	18,3 82	24,3	22,4 89	
50	31,1 21	26,2 83	30,6 5	31,5 15	36,4 82	39,9 53	39,3 78	32,1 37	32,9 39	36,4 82	32,6 92	29,9 63	29,9 9	20,6 18	
100	43,8 22	24,3 24	40,9 23	39,8 01	39,8 53	43,7 03	40,4 77	31,6 24	36,3 32	39,8 53	39,9 81	22,7 21	35,9 17	27,4 56	
150	50,6 97	23,8 22	37,6 9	39,0 38	24,7 57	41,2	41,3 39	33,9 85	33,6 38	24,7 57	44,6 58	20,8 61	28,1 48	29,9 99	
200	47,0 69	38,5 62	36,4 18	41,4 75	34,0 29	43,6 97	40,0 21	35,1 16	37,5 71	34,0 29	48,2 72	20,6 77	37,2 34	41,3 05	
250	42,5 19	40,6 08	40,8 4	31,4 18	36,9 14	16,4 43	40,4 95	33,4 3	36,0 59	36,9 14	36,9 37	42,2 99	29,1 31	38,8 45	
300	49,7 48	38,9 52	44,7 17	28,5 94	38,9 87	28,1 61	25,3 47	31,1 4	32,7 89	38,9 87	27,1 47	38,1 86	24,5 09	33,4 6	
350	56,1 09	42,4 97	26,9 72	41,9 81	29,4 09	14,0 51	27,4 47	5,50 7	17,3 53	29,4 09	22,7	11,5 05	28,3 41	21,8 17	
400	52,4 7	15,8 09	15,8 83	46,5 32	21,7 15	27,1 82	35,6 32	26,6 61	30,4 16	23,7 64	22,2 63	28,7 91	30,4 95	33,9 8	
450	50,4 2	37,8 06	32,4 63	47,3 15	16,2 61	30,7 35	43,7 27	33,9 47	31,3 16	33,0 3	21,7 15	32,3 91	26,6 01	31,9 86	
500	31,7 71	34,0 73	23,8 34	49,5 16	25,8 1	3,55 3	42,8 27	34,0 99	4,94 2	18,6 85	16,2 61	34,2 29	19,5 03	18,4 36	
550	26,6 35	24,0 76	34,5 79	46,6 17	34,4 82	28,4 79	44,4 28	32,9 72	32,9	27,4 08	25,8 1	36,1 67	26,9 93	20,5 11	
600	31,1 9	39,8 07	13,9 44	45,3 49	42,3 9	28,1 36	41,4 6	37,9 64	34,1 13	34,8 21	34,4 82	17,9 09	30,3 47	28,7 91	
650	28,9 27	47,7 67	29,8 29	40,0 42	26,8 2	29,7 73	34,8 61	30,6 67	32,0 5	35,4 17	42,3 9	18,6 26	32,1 05	27,9 32	
700	24,7 15	43,4 44	31,0 55	31,4 87	24,3 85	27,6 91	23,7 69	25,0 82	28,5 68	34,4 04	35,7 89	29,0 18	26,8 2	16,7 55	
750,13	18,9 6	25,0 79	25,7 82	24,6 6	12,9 64	13,3 27	13,8 68	17,4 8	15,2 88	19,6 96	10,5 86	16,3 59	12,9 64	5,53 9	
800	25,0 66	26,5 8	11,5 36	12,0 72	24,3 85	15,4 47	21,5 96	23,9 28	24,5 32	20,0 35	12,0 14	30,6 58	24,3 85	21,0 42	
850	29,8 93	35,1 54	18,7 81	29,4 82	26,5 8	25,2 89	29,7 2	24,8 69	28,2 01	29,3 01	21,7 38	32,1 78	26,5 8	25,3 6	
900	31,0 15	31,6 71	22,2 11	27,6 35	23,6 5	27,0 13	26,2 97	27,4 53	29,3 74	26,1 03	8,46 4	23,9 87	23,6 5	25,0 81	
950	27,6 35	30,5 56	19,2 96	32,0 38	22,3 75	19,4 55	31,4 56	25,3 02	24,3 52	28,2 59	16,0 62	18,8 38	22,3 75	21,3 6	
1000,87	23,9 27	24,8 83	19,4 99	29,5 4	21,8 32	19,6 18	27,4 38	25,3 02	21,8 32	25,8 19	22,8 38	18,2 03	22,2 88	16,8 55	

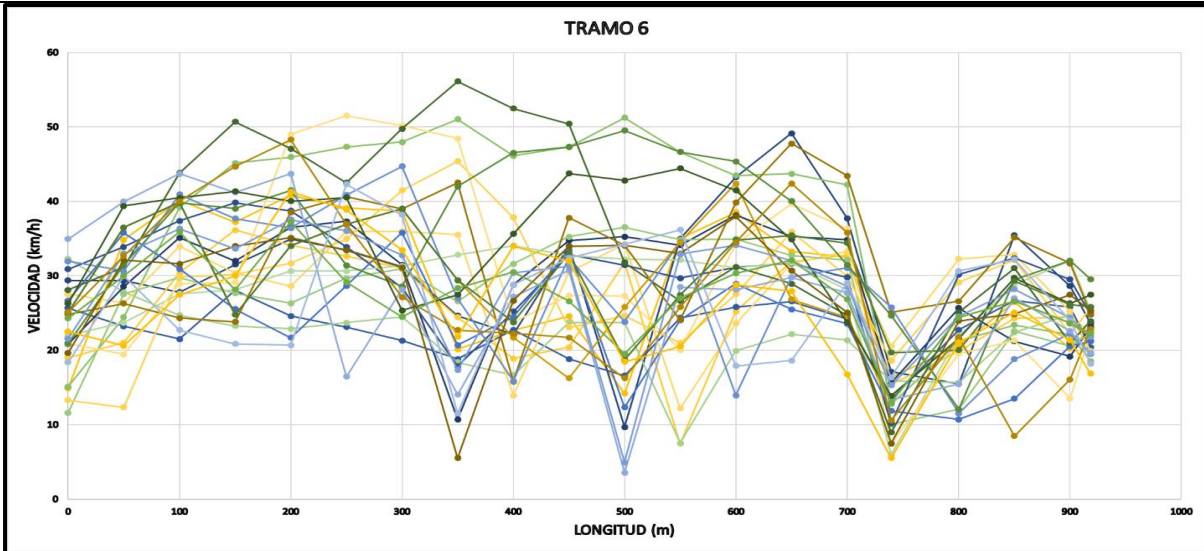
Tramo 6

Inicia: Carrera 15 # 23

Termina: Glorieta San Francisco

Perfiles de velocidad

Perfiles de velocidad de 28 conductores



Perfiles de velocidad en flujo libre

