

ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE VELOCIDADES EN TRAMOS DE VÍAS URBANAS PREVIO A  
INTERSECCIONES A NIVEL SEMAFORIZADAS

PRESENTADO POR

ANGIE MELISSA CELIS ANGARITA  
000281846

FRANCY DANIELA DUARTE MANCILLA  
000243327

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

ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE VELOCIDADES EN TRAMOS DE VÍAS URBANAS PREVIO A  
INTERSECCIONES A NIVEL SEMAFORIZADAS

PRESENTADO POR

ANGIE MELISSA CELIS ANGARITA  
000281846

FRANCY DANIELA DUARTE MANCILLA  
000243327



RICARDO PICO VARGAS

DIRECTOR  
RICARDO PICO VARGAS  
INGENIERO CIVIL  
Especialista en Vías Terrestres

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

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma Jurado Nº1

---

Firma Jurado Nº2

Bucaramanga, Octubre de 2019

## DEDICATORIA

Dedico este título primeramente a Dios, culminar mi formación como Ingeniera Civil fue posible gracias a la sabiduría que impuso sobre mí, es Él quien guía cada etapa de mi vida, brindándome tranquilidad, salud y fortaleza en los momentos más difíciles.

A mis padres Edinson Celis y Yaneth Angarita, quienes han estado presentes con amor y apoyo incondicional. Gracias a su ejemplo, sabiduría y disciplina sembraron en mí el deseo por superarme y saltar los obstáculos que enfrentamos a diario, alentándome siempre para no rendirme y como prueba de esto hoy puedo culminar mis estudios universitarios.

A mis hermanas Dayana y Ashly Celis Angarita, mis amigas, mis confidentes, mi apoyo y dulce compañía; quienes formaron parte de este gran equipo con sus sonrisas, sus consejos y sobretodo demostrándome su apoyo y compromiso en los momentos más difíciles, gracias por demostrarme su gran amor.

A mi hija quien desde que llegó a mi vida se convirtió en el motor que me impulsa a avanzar y no retroceder, me alienta con cada mirada, cada sonrisa quien llena mi vida de grandes deseos de ser cada día mejor y conquistar un mundo donde ella se sienta orgullosa de mí.

Por último dedico este paso tan importante a cada una de las personas que llegaron a mi vida en este proceso a quienes con mucho orgullo puedo llamar amigos y futuros colegas, especialmente a Julieth Bolaños y Juan Pablo Mogollón, gracias por hacer de esta etapa la mejor, por brindarme mucha felicidad, apoyo, buenos consejos y muchas historias y experiencias para recordar toda la vida.

**Autor:** Angie Melissa Celis Angarita.

## DEDICATORIA

Dios tu eres el dador y proveedor de vida, gracias por tu amor infinito, por permitirme obtener una meta más cumplida como Ingeniera Civil en tan prestigiosa Institución Universidad Pontificia Bolivariana.

Dedico esta tesis a mis padres Reinaldo Duarte Badillo y Yolanda Mancilla Rojas quienes son mi guía y motor, gracias por dedicar toda su vida en mi formación, crecimiento espiritual y personal, por promover mis sueños, por confiar y creer en mí, por cada palabra, consejo que me guían y brindan equilibrio constante en mi vida.

A mi hermano Sergio Andrés Duarte Mancilla, que durante los años que compartimos fue y será mi ejemplo a seguir, quien se enfrentó valientemente a su muerte prematura y que ahora desde el cielo intercede por mí para llenarme de bendiciones, ser mi fuerza y motivación aún en los tiempos difíciles.

A mi familia: abuelos, tíos, primos, padrinos, por nuestro irrompible vínculo de amor por sus momentos de entrega, compromiso, por apoyarme en cada decisión y proyecto.

A todos dedico esta tesis, y les reconozco de corazón, por su inmenso amor cumplo hoy con excelencia el desarrollo de esta tesis.

**Autor:** Francy Daniela Duarte Mancilla.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por darnos la oportunidad de culminar esta etapa de nuestras vidas, por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Nuestro profundo agradecimiento a todas las directivas y personal que hacen la Universidad Pontificia Bolivariana, por confiar en nosotras, abrirnos las puertas y permitirnos forjar un mejor futuro.

Agradecemos a nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, quienes con su sabiduría, conocimiento, consejos y apoyo, motivaron a desarrollarnos como personas y profesionales éticas e íntegras.

Por último pero no menos importante expresamos un sincero agradecimiento al ingeniero Ricardo Pico Vargas, director del presente trabajo de grado, por su acompañamiento durante el proceso de elaboración y ejecución del mismo, de igual manera agradecemos a todos los conductores que participaron en el proceso de toma de datos.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	15
1. GENERALIDADES.....	16
1.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	17
1.1.1. Objetivo general.....	17
1.1.2. Objetivos específicos.....	17
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	18
2. MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO .....	19
2.1.1. Velocidad de diseño ( $V_{tr}$ ) .....	19
2.1.2. Velocidad específica de un elemento ( $V_e$ ) .....	20
2.1.3. Distancia de visibilidad de parada.....	21
2.2. VELOCIDAD DE OPERACIÓN ( $V_{85}$ ) .....	22
2.3. VELOCIDAD DE PUNTO .....	22
2.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN .....	24
2.4.1. Factores externos.....	24
2.4.2. Factores internos .....	26
2.5. METODOLOGIA DE TOMA DE DATOS .....	28
2.5.1. Toma de datos de la geometría de la vía .....	28
2.5.2. Toma de datos del factor humano y el vehículo.....	29
2.5.3. Toma de datos de velocidades .....	30
2.6. MODELOS PARA ESTIMAR LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN.....	31
2.6.1. Modelos de velocidad desarrollados en zonas urbanas.....	32
2.6.2. Modelos para estimar la velocidad de operación en curvas horizontales .....	33
2.6.3. Modelos para estimar la velocidad de operación en rectas.....	34
3. METODOLOGÍA.....	36
3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	36
3.2. IDENTIFICACIÓN DEL RECORRIDO .....	37
3.3. TRAMOS DE ESTUDIO E INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	38
3.3.1. Identificación intersecciones semaforizadas.....	39
3.3.2. Identificación tramos de estudio .....	39

3.4.	CONTEO Y MEDICIÓN DEL TERRENO .....	40
3.5.	TAMAÑO DE LA MUESTRA .....	44
3.6.	TOMA DE DATOS INICIAL .....	46
3.6.1.	Conductor .....	46
3.6.2.	Vehículo.....	48
3.7.	TRABAJO DE CAMPO .....	49
3.7.1.	Instalación del dispositivo .....	49
3.7.2.	Encuestas al factor humano .....	51
3.8.	DESARROLLO DE DATOS RECOLECTADOS.....	52
3.8.1.	Perfiles de velocidad .....	52
3.8.2.	Cálculo de velocidad de operación V85 y percentil 85 de la desaceleración con Wolfram Mathematica .....	53
4.	RESULTADOS .....	54
4.1.	VARIABLES DEPENDIENTES .....	54
4.1.1.	Velocidad de operación en intersecciones semaforizadas.....	55
4.1.2.	Desaceleración en intersecciones semaforizadas.....	57
4.2.	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	60
4.2.1.	Características geométricas de los tramos.....	60
4.2.2.	Test de conducción .....	62
4.2.3.	Test de personalidad.....	66
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	71
5.1.	VELOCIDADES EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS .....	71
5.1.1.	Velocidad máxima.....	71
5.1.2.	Velocidad operación.....	80
5.1.3.	Velocidad media .....	85
5.2.	DESACELERACIONES PREVIO A INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS .....	89
5.2.1.	Percentil 85 de la desaceleración .....	89
5.2.2.	Desaceleración media .....	92
5.3.	MODELOS EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	95
5.3.1.	Ecuaciones de predicción de velocidad.....	95
5.3.2.	Ecuaciones de predicción de desaceleración .....	95
5.4.	CALIBRACIÓN MODELOS DE PREDICCIÓN .....	96

5.4.1.	Validación Modelos de Velocidad previo a Intersecciones Semaforizadas.....	97
5.4.2.	Validación Modelos de Desaceleración previo a Intersecciones Semaforizadas .....	98
6.	CONCLUSIONES .....	99
7.	RECOMENDACIONES .....	101
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	103
9.	ANEXOS.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (Vtr) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.....	20
<b>Tabla 2:</b> Velocidad Específica de una curva horizontal (Vch) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño Vtr .....	21
<b>Tabla 3:</b> Distribución de frecuencias de velocidad de punto. ....	23
<b>Tabla 4:</b> Modelos de velocidad en calles urbanas de Bassani y Sachi (2012) .....	32
<b>Tabla 5:</b> Modelos para estimar la velocidad de operación en curvas horizontales.....	33
<b>Tabla 6:</b> Localización de intersecciones semaforizadas. ....	39
<b>Tabla 7:</b> Características geométricas de los tramos previos a intersecciones semaforizadas .....	43
<b>Tabla 8:</b> Numero de objetos en cada tramo.....	43
<b>Tabla 9:</b> Desviaciones estándar de velocidades punto para la determinación del tamaño de la muestra .....	45
<b>Tabla 10:</b> Constante correspondiente al nivel de confiabilidad .....	45
<b>Tabla 11:</b> Información de conductores .....	46
<b>Tabla 12:</b> Información vehículos.....	48
<b>Tabla 13:</b> Proceso instalación VBox Lite.....	50
<b>Tabla 14:</b> Clasificación de recorridos según luz en intersección semaforizada.....	54
<b>Tabla 15:</b> Velocidad de operación en Tramo 1: Carrera 27.....	55
<b>Tabla 16:</b> Velocidad de operación en Tramo 2 (Carrera 22) .....	56
<b>Tabla 17:</b> Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 1: Carrera 27 .....	58
<b>Tabla 18:</b> Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 2: Carrera 22 .....	59
<b>Tabla 19:</b> Características geométricas de los tramos .....	60
<b>Tabla 20:</b> Densidad de objetos por tramo.....	61
<b>Tabla 21:</b> Unidad de objetos por metros .....	62
<b>Tabla 22:</b> Resultados estilos de conducción.....	63
<b>Tabla 23:</b> Porcentajes estilos de conducción .....	66
<b>Tabla 24:</b> Resultados rasgos de personalidad .....	67
<b>Tabla 25:</b> Porcentajes rasgos de personalidad .....	70
<b>Tabla 26:</b> Influencia Variables Independientes respecto a Velocidad Máxima.....	80
<b>Tabla 27:</b> Influencia Variables Independientes respecto a Velocidad de Operación .....	85
<b>Tabla 28:</b> Influencia Variables Independientes respecto a Velocidad Media .....	89
<b>Tabla 29:</b> Influencia Variables Independientes respecto a Percentil 85 de la Desaceleración .....	92
<b>Tabla 30:</b> Influencia Variables Independientes respecto a Percentil 85 de la Desaceleración .....	94
<b>Tabla 31:</b> Modelos de Velocidad .....	95
<b>Tabla 32:</b> Modelos de desaceleración.....	95
<b>Tabla 33:</b> Ubicación Intersecciones Semaforizadas.....	97
<b>Tabla 34:</b> Tramos de ruta de calibración.....	97
<b>Tabla 35:</b> Variables Significativas para la Calibración .....	97
<b>Tabla 36:</b> Validación de los Modelos de Velocidad .....	98
<b>Tabla 37:</b> Validación de Modelos de Desaceleración.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Criterios para establecer su Velocidad de Diseño .....	19
<b>Figura 2:</b> Curva de frecuencia acumulada de velocidades de punto. ....	24
<b>Figura 3:</b> Factores que afectan la velocidad .....	28
<b>Figura 4:</b> Ubicación geográfica del proyecto .....	36
<b>Figura 5:</b> Clasificación vial actual por jerarquía funcional.....	37
<b>Figura 6:</b> Circuito de medición.....	38
<b>Figura 7:</b> Ubicación de tramos de estudio.....	39
<b>Figura 8:</b> Levantamiento topográfico Carrera 27 .....	41
<b>Figura 9:</b> Levantamiento topográfico Carrera 22 .....	42
<b>Figura 10:</b> Características Conductores.....	47
<b>Figura 11:</b> Video Vbox Lite.....	50
<b>Figura 12:</b> Perfil de velocidad programa Racelogic Vbox Tools .....	52
<b>Figura 13:</b> Pasos para calcular la velocidad de operación en Wolfram Mathematica .....	53
<b>Figura 14:</b> Velocidad de operación en Tramo 1: Carrera 27.....	56
<b>Figura 15:</b> Velocidad de operación en Tramo 2: Carrera 22.....	57
<b>Figura 16:</b> Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 1 .....	58
<b>Figura 17:</b> Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 2 .....	59
<b>Figura 18:</b> Resultados estilo de conducción riesgoso .....	64
<b>Figura 19:</b> Resultados estilo de conducción disociativo.....	64
<b>Figura 20:</b> Resultados estilo de conducción agresivo .....	65
<b>Figura 21:</b> Resultados estilo de conducción prudente.....	65
<b>Figura 22:</b> Resultados estilo de conducción ansioso .....	65
<b>Figura 23:</b> Resultados estilo de conducción reducción de estrés.....	66
<b>Figura 24:</b> Resultados personalidad actividad.....	68
<b>Figura 25:</b> Resultados personalidad agresión - hostilidad .....	68
<b>Figura 26:</b> Resultados personalidad impulsiva –búsqueda de sensaciones.....	69
<b>Figura 27:</b> Resultados personalidad neurotismo - ansiedad .....	69
<b>Figura 28:</b> Resultados personalidad sociabilidad.....	69
<b>Figura 29:</b> Relación Veloc. Max y Estilo Riesgoso .....	72
<b>Figura 30:</b> Relación Veloc. Max y Estilo Agresivo .....	72
<b>Figura 31:</b> Relación Veloc. Max y Estilo Prudente .....	73
<b>Figura 32:</b> Relación Veloc. Max y Estilo Reducción de Estrés.....	73
<b>Figura 33:</b> Relación Veloc. Max y Actividad.....	74
<b>Figura 34:</b> Relación Veloc. Max y Agresión .....	74
<b>Figura 35:</b> Relación Veloc. Max e Impulsividad .....	75
<b>Figura 36:</b> Relación Veloc. Max y Neurotismo.....	75
<b>Figura 37:</b> Relación Veloc. Max y Sociabilidad.....	76
<b>Figura 38:</b> Relación Veloc. Max y Género.....	77
<b>Figura 39:</b> Relación Veloc. Max y Edad .....	77
<b>Figura 40:</b> Relación Veloc. Max y Años de Experiencia .....	78
<b>Figura 41:</b> Relación Veloc. Max y Cilindraje del Vehículo .....	78

<b>Figura 42:</b> Relación Veloc. Max y Modelo del Vehículo .....	79
<b>Figura 43:</b> Relación Veloc. Max y Tipo de Vehículo .....	79
<b>Figura 44:</b> Relación Veloc. Operación y Longitud .....	81
<b>Figura 45:</b> Relación Veloc. Operación y Ancho de Calzada .....	81
<b>Figura 46:</b> Relación Veloc. Operación y N° de Carriles.....	82
<b>Figura 47:</b> Relación Veloc. Operación y Ancho de Carril .....	82
<b>Figura 48:</b> Relación Veloc. Operación y Densidad de Árboles.....	83
<b>Figura 49:</b> Relación Veloc. Operación y Densidad de Postes .....	84
<b>Figura 50:</b> Relación Veloc. Operación y Densidad de Señales.....	84
<b>Figura 51:</b> Relación Veloc. Operación y Densidad de Accesos .....	85
<b>Figura 52:</b> Relación Veloc. Media y Ancho de Calzada.....	86
<b>Figura 53:</b> Relación Veloc. Media y Número de Carriles.....	86
<b>Figura 54:</b> Relación Veloc. Media y Ancho de Carril .....	87
<b>Figura 55:</b> Relación Veloc. Media y Densidad de Árboles .....	88
<b>Figura 56:</b> Relación Veloc. Media y Densidad de Señales .....	88
<b>Figura 57:</b> Relación d85 y Ancho de Calzada .....	90
<b>Figura 58:</b> Relación d85 y Número de Carril.....	90
<b>Figura 59:</b> Relación d85 y Ancho de Carril.....	91
<b>Figura 60:</b> Relación d85 y Densidad Árboles .....	91
<b>Figura 61:</b> Relación Desaceleración Media y Ancho de Calzada.....	92
<b>Figura 62:</b> Relación Desaceleración Media y Número de Carril .....	93
<b>Figura 63:</b> Relación Desaceleración Media y Ancho de Carril .....	93
<b>Figura 64:</b> Relación Desaceleración Media y Densidad de Árboles .....	94
<b>Figura 65:</b> Ruta Calibración .....	96

**RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE VELOCIDADES EN TRAMOS DE VÍAS URBANAS PREVIO A INTERSECCIONES A NIVEL SEMAFORIZADAS

**AUTOR(ES):** Angie Melissa Celis Angarita  
Francy Daniela Duarte Mancilla

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR(A):** Ricardo Pico Vargas

**RESUMEN**

Para la Ingeniería civil es fundamental el análisis de la infraestructura vial, ya que a través de esta se aporta a la movilidad y seguridad vial de cada uno de los ciudadanos. El presente trabajo de grado pretende desarrollar ecuaciones de predicción de velocidad en vías urbanas previo a intersecciones semaforizadas analizando los principales factores que influyen sobre la velocidad de operación. Es así como, en la ciudad de Bucaramanga, específicamente en las carreras 27 y 22, se recolectaron datos de velocidad de 40 vehículos utilizando el equipo de GPS Video VBox Lite, se tomó información necesaria sobre las características del vehículo y se aplicaron encuestas de estilo de conducción (MDSI-S) y rasgos de personalidad (ZKPQ-50-cc) a cada conductor para analizar la influencia del factor humano. A través de un levantamiento topográfico se analizaron variables como longitud total de cada tramo, número de carriles, ancho de calzada y ancho de carril, de igual forma se tuvo en cuenta las características del entorno en cuanto a cantidad de árboles, postes, accesos y señales de tránsito. La deducción de los cálculos obtenidos como resultado se llevó a cabo a través de programas y directrices para una valoración eficiente de los datos.

**PALABRAS CLAVE:**

Velocidad de operación, Intersecciones semaforizadas, Infraestructura vial, GPS, modelos de velocidad.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

**GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** ANALYSIS AND MODELING OF SPEEDS IN SECTIONS OF URBAN ROADS PRIOR TO INTERSECTIONS AT TRAFFIC LIGHTS

**AUTHOR(S):** Angie Melissa Cells Angarita  
Francy Daniela Duarte Mancilla

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** Ricardo Pico Vargas

**ABSTRACT**

For civil engineering, the analysis of road infrastructure is essential, since it contributes to the mobility and road safety of each citizen. The present degree work intends to develop equations of prediction of speed in urban roads before traffic lights intersecting analyzing the main factors that influence the speed of operation. Thus, in the city of Bucaramanga, specifically in races 27 and 22, speed data were collected from 40 vehicles using the GPS Video VBox Lite equipment, necessary information about the characteristics of the vehicle was taken and surveys of style of conduction (MDSI-S) and personality traits (ZKPG-50-cc) were applied of to each driver to analyze the influence of the human factor. Through a topographic survey, variables such as total length of each section, number of lanes, road width and lane width were analyzed, in the same way the characteristics of the environment were taken into account in terms of number of trees, posts, accesses and Road signs. The deduction of the calculations obtained as a result was carried out through programs and guidelines for an efficient assessment of the data.

**KEYWORDS:**

Operation speed, traffic light intersections, road infrastructure, GPS, speed models.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

## INTRODUCCIÓN

A pesar de que, durante los últimos años, Santander se ha ubicado entre las regiones con menor índice de accidentalidad en el país, las estadísticas no son tan favorables en el caso particular de Bucaramanga donde durante el primer trimestre del año 2019 se presentó un total de 924 accidentes, la estadística para el mismo período del 2018 fue de 920 accidentes, por consiguiente, el índice de accidentalidad no disminuyó ni se mantuvo, por el contrario, incrementó en un 0,4%. [1]

Con el fin de minimizar al máximo este índice de accidentalidad es imprescindible considerar los tres factores concurrentes de la siniestralidad: el conductor, el vehículo y la infraestructura. Este último es considerado por algunos estudios como el causante de aproximadamente el 30 % de los accidentes en carretera [2]; una de las principales razones relacionadas con la infraestructura es la baja consistencia del diseño geométrico. Esta situación produce que la geometría de la vía no se ajuste a las expectativas de los conductores y por tanto que estos puedan verse sorprendidos ante ciertas configuraciones de esta, produciendo una alta variabilidad en la velocidad entre elementos de la carretera y diferentes conductores.

El presente trabajo se centra en establecer los factores que influyen sobre la velocidad de operación y desarrollar ecuaciones de predicción de velocidad, aceleración y desaceleración en vías urbanas antes de llegar a intersecciones semaforizadas, para ello se evaluó la velocidad de operación, las características del conductor, vehículo, calles y el entorno por el que circulan. Se determinó un modelo de estimación a partir del percentil 85 de la distribución de velocidades obtenida de vehículos circulando en condiciones de flujo libre en el circuito establecido. Dichos modelos de estimación son de vital importancia en la fase de planeamiento de un proyecto ya que permiten predecir la velocidad de operación relacionando este parámetro con las características geométricas de los elementos de la carretera.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El análisis y desarrollo de modelos de predicción de velocidades es un factor preponderante y determinante en el sector urbano y que infiere una armonía con la seguridad vial, el per cápita vehicular, la existencia y conservación de la malla vial, la semaforización existente, el servicio de transporte público, la ubicación industrial y las políticas estatales en materia de tránsito y transporte existentes.

Así pues, para el fin que nos atañe realizaremos un modelo de velocidades en calles urbanas antes de llegar a intersecciones semaforizadas, recolectando velocidades de tramos sobre las carreras 27 y 22 de la ciudad de Bucaramanga. La investigación tendrá una duración de 4 meses, dentro de este lapso se obtendrán datos del circuito seleccionado mediante dispositivos GPS instalados en vehículos de conductores ajenos a la investigación.

Las variables objeto de estudio son, los perfiles de velocidad de operación y desaceleración; para este fin se tendrán en cuenta factores externos que influyen en la velocidad, como las características geométricas de la vía y su entorno, el tipo de vehículo utilizado y el factor humano siendo todos estos de gran importancia para el análisis de resultados. Al estudiar estas variables se podrá llegar a estimar la velocidad de operación en calles urbanas, lo que representará un beneficio en cuanto a movilidad y seguridad para los diferentes usuarios como peatones, ciclistas, motociclistas y conductores de vehículos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo general

Desarrollar modelos de predicción de velocidad en tramos de vías urbanas previas a intersecciones a nivel semaforizadas.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Recopilar y analizar información del estado del arte del proyecto.
- Definir la metodología a trabajar para la medición, procesamiento y análisis de la toma de datos.
- Realizar la toma de datos de las velocidades, del comportamiento del conductor, de las características geométricas y del entorno de las vías de estudio.
- Determinar las variables dependientes e independientes del estudio.
- Calcular las velocidades de operación y desaceleración de los vehículos empleando los datos recolectados.
- Calibrar y validar los modelos de velocidad en función de las variables geométricas más significativas.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido a los graves problemas que se presentan a nivel de accidentalidad en nuestras ciudades y especialmente en Bucaramanga donde el año anterior (2018) se presentaron cerca de 4000 accidentes de tránsito con 61 víctimas fatales incrementándose en un 22% con respecto al año 2017 se debe tomar conciencia por parte de los entes responsables de la seguridad vial en nuestras vías e igualmente la corresponsabilidad de los ingenieros civiles quienes deben aportar con sus investigaciones y conocimientos a la solución de este problema social que compete en nuestras ciudades.

Debido a lo anterior, el siguiente trabajo tiene como finalidad recopilar información basado en datos de campo para desarrollar modelos de perfiles de velocidad en vías de la ciudad que tengan en común intersecciones a nivel controlados con semaforización, con el fin de brindar un gran aporte al grupo GRINDIC (Grupo de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil) el cual está realizando una investigación macro en temas de seguridad vial y movilidad sostenible en nuestra ciudad.

Los perfiles de velocidad son insumos para determinar qué tan consistentes son las vías del proyecto y de paso verificar si cumple con los lineamientos presentados en los diseños geométricos y poder establecer posibles causas de accidentalidad y proporcionar conclusiones para que exista una movilidad de calidad, que brinde a la ciudadanía seguridad y comodidad.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMETRICO

#### 2.1.1. Velocidad de diseño (Vtr)

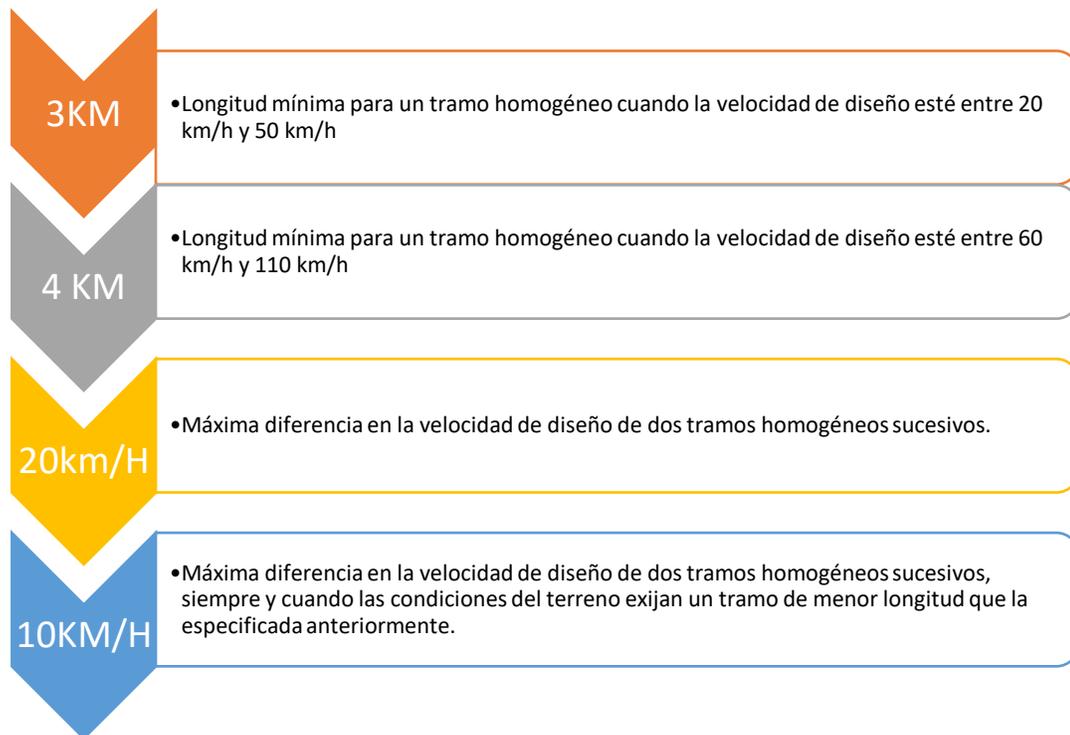
La velocidad es el parámetro más importante al momento de diseñar una carretera, la mayoría de los elementos geométricos están en función de ella. La Velocidad de diseño es la velocidad de referencia que establece las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, es la máxima velocidad segura y cómoda mantenida en un tramo determinado. [3]

Esto obedece primordialmente de la categoría de la carretera y el tipo de terreno, pero también depende de:

- Radios de curva
- Pendientes máximas
- Peraltes
- Anchos de carril
- Distancia de visibilidad
- Usos del suelo
- Volúmenes de tránsito

Los siguientes criterios se deben tener en consideración al momento de establecer la velocidad de diseño (VTR) e identificar los tramos homogéneos:

**Figura 1:** Criterios para establecer su Velocidad de Diseño



**Fuente:** Tomado y adaptado del Manual de diseño geométrico de carreteras, Colombia (cap2)

En la siguiente tabla 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, para brindar armonía y estabilidad a todos los conductores. [3]

**Tabla 1:** Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos ( $V_{tr}$ ) 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.

### 2.1.2. Velocidad específica de un elemento ( $V_e$ )

Es la velocidad máxima que puede mantenerse a lo largo de cada elemento geométrico del trazado para en condiciones de seguridad y comodidad óptimas. [3]

El valor de la velocidad específica de un elemento geométrico depende de los siguientes parámetros:

1. Del valor elegido como velocidad de diseño del tramo homogéneo ( $V_{TR}$ ).
2. De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido de la trayectoria en que el vehículo realiza el recorrido. [3]

Para establecer la velocidad específica a las curvas horizontales incluidas en un tramo homogéneo, se deben considerar los siguientes criterios:

- La velocidad específica de una curva horizontal no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo ni superar a ésta en 20 km/h. [3]
- La velocidad específica de una curva horizontal debe ser asignada teniendo en cuenta la velocidad específica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento recto anterior. [3]

El manual de diseño geométrico de carreteras ha establecido cinco casos en los que los conductores en función de la velocidad a la que recorren una curva horizontal y la longitud del segmento recto que encuentran al salir de dicha curva, adoptan un patrón de comportamiento. Por esto, se adecuan en la siguiente tabla para establecer la velocidad específica en cada curva horizontal, en función de la velocidad de diseño. [3]

**Tabla 2:** Velocidad Específica de una curva horizontal ( $V_{ch}$ ) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño  $V_{tr}$

Velocidad específica de la curva horizontal anterior $V_{ch}$ (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{tr}$ ) $\leq$ 50 km/h					Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{tr}$ ) $>$ 50 km/h				
	Longitud del segmento recto anterior (m)									
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
		$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$				$\Delta < 45^\circ$	$\Delta \geq 45^\circ$		
$V_{tr}$	$V_{tr}$	$V_{tr}$	$V_{tr}$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 20$	$V_{tr}$	$V_{tr}$	$V_{tr}$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 20$
$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr}$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 20$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr}$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 20$
$V_{tr} + 20$	$V_{tr} + 20$	$V_{tr} + 20$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 20$	$V_{tr} + 20$	$V_{tr} + 20$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 10$	$V_{tr} + 20$
<b>CASO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, Colombia

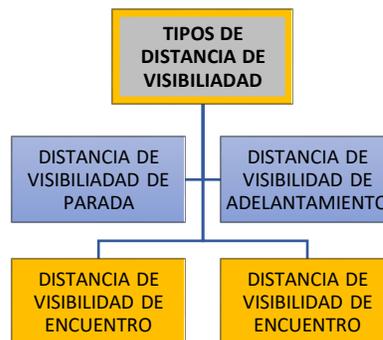
La velocidad específica de la entre tangencia horizontal debe ser igual a la mayor de las dos velocidades específicas de las curvas horizontales de los extremos. [3]

### 2.1.3. Distancia de visibilidad de parada

En cualquier punto de la carretera el conductor de un vehículo deberá tener una visibilidad que dependerá de la forma, las dimensiones y la disposición de los elementos del trazado, para que de esta forma las distintas maniobras puedan efectuarse en condiciones de comodidad y seguridad, se necesitará una visibilidad mínima que dependerá de la velocidad de los vehículos y del tipo de dichas maniobras.

En la presente norma 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”. [3]

Esta distancia de parada incluye la distancia recorrida durante los tiempos de percepción y reacción del conductor al observar un obstáculo en la vía y a la distancia recorrida durante el frenado, la cual es medida desde la aplicación de los frenos hasta cuando el vehículo se detiene totalmente. [4]



## 2.2. VELOCIDAD DE OPERACIÓN ( $V_{85}$ )

Es la máxima velocidad a la que un vehículo puede circular en determinado tramo de una carretera de forma cómoda y segura por un elemento geométrico determinado, bajo las condiciones prevaecientes del tránsito, estado del pavimento, lo meteorológico y el grado de relación de esta con otras vías y así no se limite a la elección de la velocidad del conductor, es decir, el conductor puede circular a flujo libre. [5]

el percentil 85 es el indicador aceptado para estimar este parámetro es de la distribución de velocidades puntuales observadas en un lugar determinado y considerando únicamente las velocidades de los vehículos livianos que circulan a flujo libre. [5]

## 2.3. 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. [5]

Los estudios de la velocidad de punto se desarrollan para estimar la distribución de velocidades de vehículos en una corriente del tráfico, bajo las condiciones predominantes de tránsito y del estado del tiempo en el momento en el que se realiza el estudio, permite obtener la distribución de velocidades por grupos de usuarios. [6]

El estudio de la velocidad de punto se puede emplear en los siguientes casos:

- Tendencia de velocidades
- Lugares con problemas de velocidad
- Planeación de la operación de tránsito, regulación y control
- Análisis de accidentes
- Proyecto geométrico

Para realizar el análisis de los datos de velocidad de punto, se utiliza la estadística descriptiva y la inferencia estadística, debido a que no todos los vehículos viajan a la misma velocidad, sino que siguen una distribución de velocidades dentro de un amplio intervalo de comparación. [6]

Los parámetros estadísticos que se deben tener en cuenta en el análisis de los datos de velocidad de punto para llegar a obtener la velocidad de los percentiles representativos, los diferentes pasos que se deben realizar para tabular los datos, la representación gráfica y uso de los valores estadísticos representativos, se presenta a continuación:

1. Realizar la distribución de velocidades de punto, consiste en determinar cuántos vehículos transitaron en cada valor de velocidad tomado.
2. Distribución de frecuencia o arreglo tabular de los datos, consiste en agrupar los datos en una tabla de frecuencia.

Se agrupan los valores de magnitudes similares en intervalos de clase, el número de intervalos de clase se toma entre 5 y 20, dependiendo de la cantidad de datos.

El tamaño o ancho del intervalo debe ser un número entero y se determina de la siguiente forma:

$$\text{Ancho del intervalo} = \frac{\text{Amplitud total}}{\text{Numero de intervalo}}$$

Donde la amplitud total se define como la diferencia algebraica entre la medición más grande (velocidad máxima tomada) y la más pequeña (velocidad mínima tomada). De esta manera se puede obtener la tabla de distribución de frecuencia mostrada en la Tabla 4

**Tabla 3:** Distribución de frecuencias de velocidad de punto.

Intervalo de clase Grupos de velocidad	Punto medio	Frecuencia observada		Frecuencia acumulada	
		Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
(km/h)	$v_i$	$f_i$	$\frac{f_i}{n} * 100$ (%)	$f_{i_a}$	$\frac{f_{i_a}}{n} * 100$ (%)

**Fuente:** Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones

Cada una de las columnas de la tabla de distribución de frecuencias de velocidad de punto se calcula así:

Punto medio: ( $v_i$ )

Es la velocidad media de cada grupo, se obtiene sumando el límite inferior y el límite superior de la clase y dividiendo entre 2.

Frecuencia observada: ( $f_i$ )

Es el número de vehículos pertenecientes a cada grupo.

Frecuencia observada relativa:  $\left(\frac{f_i}{n} \times 100\right)$

La frecuencia observada relativa de una clase o grupo es la frecuencia absoluta de esa clase o grupo dividida entre el total de frecuencias de todas las clases o grupos, expresada como porcentaje. La suma de las frecuencias relativas de todos los grupos, deben ser igual a 100.

Frecuencia acumulada absoluta y relativa: ( $f_{i_a}$ ) y  $\left(\frac{f_{i_a}}{n} \times 100\right)$

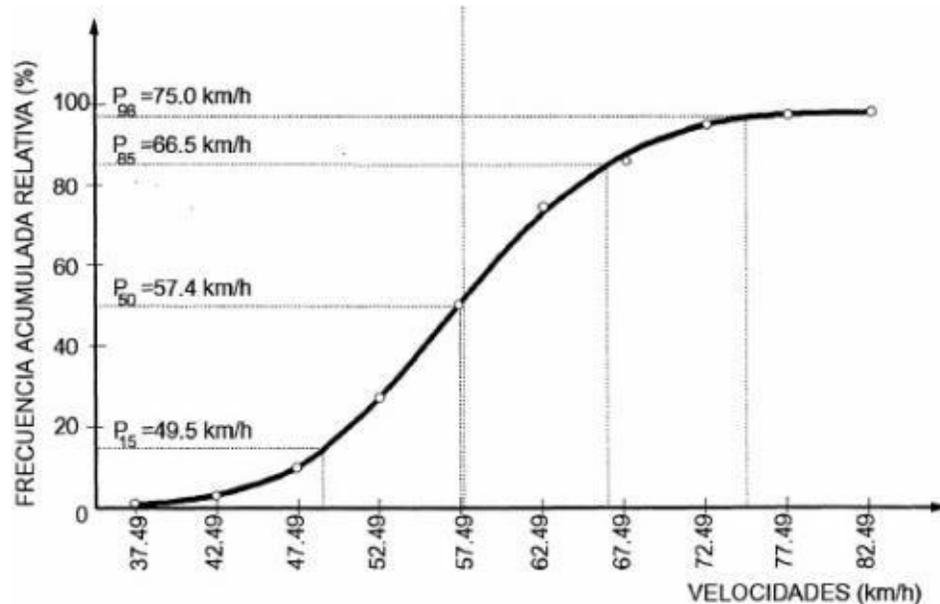
La frecuencia acumulada absoluta, es la frecuencia total de todos los valores menores que el límite real superior de clase de un intervalo de clase dado hasta ese intervalo de clase.

La frecuencia acumulada relativa es la frecuencia acumulada absoluta dividida entre la frecuencia total, expresada como porcentaje.

3. Representación gráfica de los datos de velocidad de punto, los intervalos de clase y la frecuencia acumulada relativa, se utilizan para dibujar la curva de distribuciones de frecuencia acumulada relativa, conocida como ojiva porcentual.

Debido a que el porcentaje acumulada se refiere al porcentaje de vehículos que viajan por debajo de una velocidad dada, los porcentajes acumulados se dibujan contra el límite superior de cada grupo de velocidad. [6]

**Figura 2:** Curva de frecuencia acumulada de velocidades de punto.



*Fuente:* Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones.

La curva de frecuencia acumulada permite determinar el valor de la velocidad para los cuatro percentiles de interés. La velocidad correspondiente al percentil 15 ( $P_{15}$ ) es el límite inferior de la velocidad; El percentil 50 ( $P_{50}$ ) es utilizado para medir la calidad del flujo vehicular y es aproximadamente igual a la velocidad media, el percentil 85 ( $P_{85}$ ) es la velocidad crítica a la cual debe establecerse el límite máximo de velocidad y el percentil 98 ( $P_{98}$ ) se utiliza para establecer la velocidad de proyecto. [6]

#### 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.

##### 2.4.1.1. Condiciones meteorológicas

Se han llevado numerosos estudios encaminados a determinar la influencia de esta variable sobre la velocidad de operación. La lluvia es un factor contraproducente que puede afectar a la velocidad al generar dificultad a la visibilidad del conductor, que se intensifica cuando el efecto meteorológico es de gran medida. Existen unos mínimos estudios que indican que unas condiciones muy adversas solo causan disminución ligera de la velocidad de operación. [7]

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**

Abarca todo aquello de lo que el conductor puede percibir en un punto concreto y a medida que va recorriendo la vía.

El estado de conservación de la superficie de rodadura influye en la velocidad y en la seguridad de circulación de los vehículos; por ejemplo, la existencia de baches puede ocasionar accidentes de tránsito.

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. [7]

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 traduciéndose en una cantidad de información mucho menor, que es la que el conductor finalmente interpreta y a la cual reacción consciente. [7]

#### **2.4.1.3. Factor Humano**

El factor humano es el factor desencadenante de la gran mayoría de los accidentes de tráfico tradicionalmente se estima que entorno al 90% de estos accidentes tiene que ver con las decisiones de los conductores, además de la capacidad de cada individuo. El factor humano engloba desde la formación del conductor hasta la preparación física, estado psicológico pasando por aquellos estados transitorios que afectan a la toma de decisiones como puede ser alcoholemia, estrés, depresión etc.

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**

Hoy en día los vehículos están diseñados para proporcionar la mayor seguridad y confort a los usuarios.

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. [7]

#### **2.4.1.5. La intensidad**

Mientras la intensidad del tráfico es baja, los conductores pueden mantener la velocidad que ellos crean más adecuada, mientras que cuando aumenta la intensidad la velocidad de cada conductor viene determinada en gran parte por los demás, produciéndose una disminución de la velocidad media. Cuando la intensidad es muy alta y la carretera llega a estar congestionada, la velocidad resulta poco influida por las características de la carretera e incluso es casi la misma para todos los vehículos.

#### **2.4.1.6. Velocidad deseada**

La definición 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.

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

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

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

### **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.

#### **2.4.2.1. Densidad de señalización**

La señalización vial es vital para evitar muchos problemas, hasta un 73% de los conductores culpa por completo a las señales de tránsito de las malas decisiones que toman en el camino.

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. [7]

#### **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. [7]

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.

Según el estudio de Fitzpatrick (2000), una mayor densidad de accesos conduce a una velocidad de operación menor. [8]

#### 2.4.2.3. Sección transversal

Se ha estudiado ampliamente la influencia sobre la velocidad de operación de los anchos de carriles y bermas. Las tres variables han resultado significativas sobre la misma, llegando a incluirse en algunos modelos para su estimación. [7]

**El ancho 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. [7]

**Las bermas** no causan mayor influencia a comparación de los carriles, aunque su comportamiento es similar. Un aumento en la anchura de las bermas induce una mayor velocidad de operación (hasta cierto límite), mientras que un estrechamiento produce una reducción en la velocidad. [7]

#### 2.4.2.4. Características geométricas de las curvas

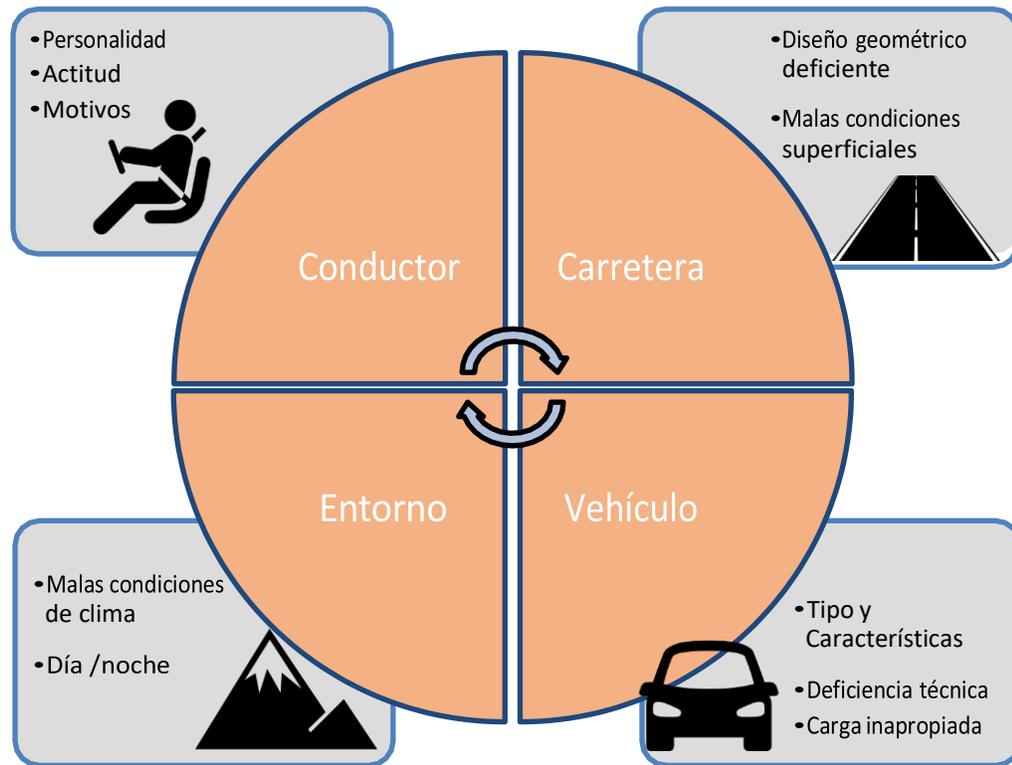
Las curvas horizontales son los elementos geométricos del trazado que mayor control suponen sobre la velocidad de operación, influyendo no sólo en las propias secciones curvas sino también, en muchos casos, en las secciones rectas adyacentes. [7]

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

- **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 ( $\Delta$ ):** 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.

La velocidad desarrollada por un vehículo es responsabilidad del conductor, que es quien toma la decisión de la velocidad que desea transitar, esta decisión está afectada por tres factores: las condiciones meteorológicas, las características de la vía y del vehículo. En el siguiente grafico se revelan los factores que más influyen en la velocidad.

**Figura 3: Factores que afectan la velocidad**



**Fuente:** Tomado y adaptado de Garcia-Ramirez

## 2.5. METODOLOGIA DE TOMA DE DATOS

Es importante y necesario realizar una adecuada recopilación de los distintos métodos que estudian las variables que más influyen en la velocidad de operación y su respectiva modelación para cumplir con los objetivos de la investigación.

A continuación, se describen los distintos 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

En el análisis de la comparación de las velocidades se debe tener en cuenta no solo la velocidad de operación si no también es necesario relacionar el alineamiento de la vía con la velocidad elegida por el conductor al transitar sobre ella. De esta manera, estudiando la relación de la velocidad elegida por el conductor con las características geométricas de la vía es posible examinar la influencia del trazado de la vía en el comportamiento de los usuarios.

Aunque en la mayoría de los casos no se encuentra disponible la geometría de la vía, para obtener estos datos se ha de desarrollar una metodología para su obtención. [7] Las metodologías más empleadas son:

- Imágenes de satélite
- GPS de alta precisión

#### 2.5.1.1. Imágenes de satélite de alta resolución

La imagen satelital es la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen la información reflejada por la superficie de la Tierra.

Se realizaron diversas investigaciones de imágenes satelitales para establecer la geometría de las carreteras, los ingenieros M. Easa, M. ASCE Haibin Dong y Jonathan Li realizaron un estudio centrado en establecer curvas horizontales para Sólo un lado de la carretera, buscaban generar mapas de carreteras digitales de forma rápida y económica a partir de imágenes satelitales 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. [6]

#### 2.5.1.2. Utilización de datos procedentes de GPS

El sistema de posicionamiento global (GPS) permite ubicar en toda la Tierra la posición de un objeto con poco centímetros de precisión, el sistema de GPS funciona mediante una red de 24 satélites y utiliza un método matemático para determinar la posición relativa de los objetos usando la geometría de triángulos de forma análoga a la triangulación. Esta tecnología se ha ido utilizando en nuevas e innovadoras aplicaciones.

Imram et al. [9], han propuesto metodologías para la restitución del alineamiento horizontal de una carretera basándose en las trayectorias de vehículos equipados con GPS de alta precisión. Castro, M. et al. [10] presentaron un procedimiento para obtener la definición geométrica de carreteras convencionales, este método está basado en la recolección de datos de la carretera mediante un receptor GPS instalado en un vehículo circulando a 80 km/h y el consiguiente procesamiento de esta información. Lipar et al [11] mostraron un procedimiento para la estimación de la curvatura del eje central de una carretera a partir de datos procedentes de GPS.

#### 2.5.2. Toma de datos del factor humano y el vehículo

La elección de la velocidad por parte de los conductores no solo depende de las características de la vía o el estado del clima, sino que influyen otras variables como las características físicas, sociológicas y psicológicas del conductor, así como también los motivos del viaje y las características del vehículo. Para realizar la toma de estos datos, se han utilizado distintas metodologías entre las cuales encontramos

- Entrevistas.
- Encuestas.
- Visualización de videos.

### 2.5.3. Toma de datos de velocidades

En los estudios realizados con el objeto de desarrollar modelos para estimar la velocidad de operación, se han utilizado distintos dispositivos de toma de datos, en la mayoría de los casos datos puntuales. [7]

#### 2.5.3.1. Toma de datos puntuales

El dispositivo más empleado para recoger datos de velocidad de vehículos en circulación es la pistola radar utilizada de forma manual, se debe considerar que este dispositivo presenta los siguientes tres problemas: [7]

1. Para registrar la velocidad de un vehículo el observador debe leer la pantalla LCD del dispositivo y otra persona es la encargada de escribir los datos leídos, esto puede producir un error humano en el proceso de recogida de datos.
2. La medida de la velocidad con este dispositivo en secciones curvas tiene cierto grado de inexactitud (error de coseno).
3. La presencia de personal puede afectar considerablemente al conductor, variando su comportamiento y elección de la velocidad.

Para la toma de datos de velocidades destinadas al estudio de la desaceleración y aceleración, se utilizaron pistolas Light Detection and Ranging (*LIDAR*). *LIDAR* es una herramienta multiobjetivo que se ha convertido en una alternativa a las pistolas radas convencionales, debido a que el uso de este dispositivo en la toma de datos de velocidad tiene dos ventajas:

1. *LIDAR* puede medir la distancia a un vehículo y al mismo tiempo la velocidad, las pistolas radar solo miden la velocidad.
2. La señal transmitida por las *LIDAR* viaja en línea recta, haciendo más fácil apuntar al vehículo al que se le quiere medir la velocidad, al contrario que la de la pistola radar que sigue patrones cónicos.

La información obtenida por los dispositivos *LIDAR* (distancia y velocidad) permiten localizar las mediciones de velocidad en puntos conocidos y, de esta forma, estudiar la desaceleración y aceleración. [7]

#### 2.5.3.2. Toma de datos continuos

Los datos continuos de velocidad permiten generar perfiles de velocidad, aceleración y desaceleración, necesarios para caracterizar la operación de los vehículos. Con estos perfiles se puede predecir el comportamiento de los vehículos a lo largo de un alineamiento, en función de las características geométricas de la vía. [6]

Para generar perfiles continuos se pueden realizar toma de datos de una muestra de vehículos basada en un seguimiento pasivo por medio de dispositivos GPS. [6] Jiang y Li [12] analizaron las características del tráfico en tramos de obras, mediante perfiles de velocidad obtenidos por GPS y Wang et al. [13] estudiaron la influencia del entorno de zonas urbanas de baja velocidad, mediante las velocidades de los conductores con vehículos equipados con GPS, con estos datos desarrollaron modelos de velocidad en tramos de zonas urbanas basados en el alineamiento de la vía, las características de la sección transversal y el uso del suelo adyacente.

Otro dispositivo utilizado para la obtención de perfiles continuos de velocidad fueron los simuladores de conducción. Bella [14] realizó un estudio para predecir el percentil 85 de la relación de desaceleración y aceleración basada en datos tomados en la transición recta-curva-recta en un simulacro de conducción. En este estudio se presentaron resultados de 3 tramos de carreteras de dos carriles de circulación con un intervalo de toma de datos de 5 m.

## 2.6. MODELOS PARA ESTIMAR LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN

La consistencia vial en el diseño geométrico se basa en lograr la máxima similitud entre las características geométricas de la carretera y las características operacionales resultantes, y las expectativas del conductor conforme la recorre. Como sabemos la velocidad de operación es desconocida al momento de diseñar la carretera, en este sentido cobra importancia la elaboración de modelos que pretenden estimar dicha velocidad de operación en función de las características geométricas de la vía.

Cabe resaltar que no existe un modelo de estimación de velocidad que sea universalmente aceptado esto debido a que el formato del modelo, las variables independientes y los coeficientes de regresión son sustancialmente diferentes de un modelo a otro, por último, pero no menos importante influyen también las diferencias en el comportamiento de los conductores de una región a otra.

Los distintos modelos de estimación de las velocidades de operación pueden clasificarse principalmente en dos grandes conjuntos:

- **Modelos discretos:** Son aplicables a una alineación en particular (una curva circular horizontal o una recta) y proporcionan un valor de velocidad de operación para dicha alineación.
- **Modelos continuos:** No se aplican en una alineación en particular sino en un tramo de vía compuesto por diferentes alineaciones configurando un perfil de velocidad de operación a lo largo de trazado de la carretera.

A partir de los valores proporcionados por los modelos discretos tanto en rectas como en curvas es posible crear un perfil continuo de velocidad de un tramo. Dicho perfil corresponde a una representación gráfica de la estimación de las velocidades de operación a lo largo de cierto trazado y se realiza uniendo estos puntos según un criterio basado en las tasas de desaceleración y aceleración. Aunque esta es la forma tradicional de realizarlos, existen otros procedimientos o modelos más avanzados para generar estos perfiles.

### 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 5.

**Tabla 4:** Modelos de velocidad en calles urbanas de Bassani y Sacchi (2012)

N°	Nombre del modelo y ecuación de predicción	R <sup>2</sup>
1	Modelo en el que se incluye el ancho de mediana (MW)	0,97
	$V_{85} = 0,6277 \times PSL + 8,4574 \times LP + 3,6976 \times LW + 7,7409 \times MW$	
2	Modelo para obtener la velocidad prevista para calzadas divididas	0,96
	$V_{85} = 0,647 \times PSL + 8,547 \times LP + 5,838 \times LW$	
3	Modelos de velocidad para ancho de calzada (CW)	0,93
	$V_{85} = 2,185 \times CW + 0,508 \times PSL$	

**Fuente.** Bassani y Sacchi (2012)

Dónde:

- $V_{85}$  = 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
- R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación

Wang (2006) desarrolló un modelo de velocidad para calles urbanas en Atlanta, EEUU y se observa a continuación:  $V_{85} = 50,503 + (10,386 \times lane.num) - (0,079 \times roadside.d) - (0,129 \times driveway) - (0,211 \times intersection) + (4,816 \times curb.indicator) - (6,824 \times sidewalk.indicator) - (5,104 \times parking.indicator) + (5,299 \times land.use1) + (5,237 \times land.use2)$

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))
- Driveway: 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
- sin bordillo curb.indicator = 0
- de otra manera curb.indicator = 1

- Sidewalk.indicator: Indicador de acera
  - Sin acera sidewalk.indicator = 0
  - De otra manera sidewalk.indicator = 1
- Parking.indicator: Indicador de estacionamiento
  - Sin estacionamiento en la calle parking.indicator = 0
  - De otra manera parking.indicator = 1
- Land.use: Uso del suelo
  - Uso del suelo comercial
    - land.use1 = 0 land.use2 = 0
  - Uso del suelo residencial
    - land.use1 = 1 land.use2 = 0 o land.use2 = 1 land.use1 = 0

### 2.6.2. Modelos para estimar la velocidad de operación en curvas horizontales

Para el desarrollo de dichos modelos se consideraba como hipótesis de partida que la velocidad de operación era constante a lo largo de toda la curva circular, y como la toma del dato era puntual, se tomaba en la mitad de la curva, considerando que este punto era el más adecuado para realizar dicha toma. Ambas hipótesis no son ciertas, sin embargo, los errores cometidos no son excesivamente grandes, por lo tanto, se permite realizar el procedimiento de esta manera. [15]

Inicialmente, estos modelos tenían como única variable el radio de la curva, años más adelante se encontraron estudios donde se demostró que el parámetro más importante para determinar la velocidad de operación en las curvas horizontales era el grado de curvatura ( $G_c$ ), ya que se encontró varias diferencias en las velocidades al momento de iniciar, en el medio y al terminar la curva. Debido a estos estudios se determinó que el radio y el grado de curvatura son las variables estadísticamente más significativas.

En la Tabla 6 se muestran algunos modelos relevantes para la estimación de la velocidad de operación, con expresiones muy sencillas y con altos grados de correlación

**Tabla 5:** Modelos para estimar la velocidad de operación en curvas horizontales

Año	Autor (es)	Modelo	R <sup>2</sup>
1988	Lamm et al.	$V_{85} = 94,398 - \frac{3188,656}{R}$	0,79
1990	Kanellaidis et al.	$V_{85} = 129,88 - \frac{623,1}{\sqrt{R}}$	0,77
1993	Ottesen	$V_{85} = 103,64 - \frac{3400,73}{\sqrt{R}}$	0,80
1994	Ottesen y Krammes	$V_{85} = 103,70 - \frac{3403}{\sqrt{R}}$	0,80
1994	Morall y Talarico	$V_{85} = e^{4,561 - 0,0058 \times G_c}$	0,63

1994	Islam et al.	$V_{85}^{PC} = 95,41 - 0,45Gc - 0,001 \times Gc^2$ $V_{85}^{PM} = 96,11 - 0,32 \times Gc$ $V_{85}^{PT} = 103,03 - 0,76Gc - 0,003 \times Gc^2$	0,99 0,98 0,98
1994	Islam y Seneviratne	$V_{85} = 103,03 - \frac{4208,76}{R} - \frac{36597,92}{R^2}$	0,98
1995	Krammes et al.	$V_{85} = 103,66 - 1,95 \times Gc$	0,80
1999	Lamm et al.	$V_{85} = 95,594 - 1,597 \times Gc$	0,78
1999	Pasetti y Fambro	$V_{85} = 103,90 - \frac{3020,50}{R}$	0,68
2000	Fitzpatrick et al.	$V_{85} = 106,30 - \frac{3595,29}{R}$	0,80
2005	Missaghi y Hassan	$V_{85} = 94,30 + 8,67 \times 10^{-6}R^2$	0,52
2006	Castro et al.	$V_{85} = 120,16 - \frac{5596,72}{R}$	0,75
2012	GIIC	$V_{85} = 106,863 - \frac{60,1185}{e^{0,00422596R}}$	0,72

*Fuente: Tomado y adaptado de [16]*

Dónde:

- $V_{85}$  = Velocidad de operación (km/h)
- R = Radio de la curva horizontal (m)
- Gc = Grado de curvatura (°/100 m)
- $R^2$  = Coeficiente de determinación.

Se han desarrollado estudios similares donde los modelos presentan influencia de otros parámetros como las pendientes del alineamiento vertical o los anchos de los carriles. A su vez existen modelos más completos que incluyen otras variables aparte de los mencionados anteriormente como son el ángulo de deflexión o la longitud de la curva e inclusive variables no geométricas como la velocidad en la recta anterior. [7]

Todos los modelos presentados dan como resultado un único valor para la velocidad de operación en la curva a excepción del modelo de Islam et al. [17] quienes no aceptaron la hipótesis de que la velocidad se mantenía constante en toda la curva y calibraron tres modelos, al inicio, en el medio y al final de la curva horizontal, con coeficientes de correlación muy altos.

### 2.6.3. Modelos para estimar la velocidad de operación en rectas

Para la estimación de la velocidad en recta se necesitan otras variables diferentes a las utilizadas para el cálculo de la velocidad de operación en curvas, tales como la sección transversal de la vía, la longitud de la recta, el tráfico existente y el entorno de la vía, esto debido a que en los alineamientos rectos la elección de la velocidad de operación no está enlazada con el riesgo de salirse de la vía por no existir una aceleración centrífuga que compensar.

Debido a que se piensa que estas variables no están relacionadas con la posibilidad de sufrir un accidente, dichas variables son interpretadas de muchas maneras por los conductores llevando a

una dispersión de velocidades lo cual presenta factores de correlación bastante menores que los presentados en las curvas horizontales. [15] Esto hace que la estimación de la velocidad de operación en rectas sea más compleja y menos precisa.

Para realizar el estudio de velocidades de operación se debe distinguir dos tipos de rectas:

#### **2.6.3.1. Rectas Independientes:**

Son lo suficientemente largas para que los conductores alcancen su velocidad deseada, es decir los factores que afectan la velocidad no son geométricos, sino factores variables como la sección transversal y el tráfico. La dispersión de la velocidad en estos modelos es grande con unos coeficientes poco confiables. Para la estimación de la velocidad de operación en estas rectas existen modelos cuyo resultado es un único valor estático para cualquier recta. [7] Los modelos estáticos más conocidos son:

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

#### **2.6.3.2. Rectas no Independientes:**

Son rectas de menor longitud en las cuales los conductores no llegan a desarrollar la velocidad deseada debido al carácter geométrico general de la vía, en especial las alineaciones anterior y posterior. La dispersión de la velocidad en estos modelos es menor, dichos modelos consideran algunas variables geométricas como la longitud o los radios de las curvas adyacentes. [7]

En dichos estudios se tomaron datos de velocidades en rectas y en el punto medio de las curvas adyacentes calculando el percentil 50 y 85 de la velocidad de operación. Debido al número de variables se realizaron dos modelos: El primero considerando únicamente las variables que más correlación presentaron (variables primarias) y el segundo considerando también las variables que menos correlación presentaron (variables secundarias). Donde la variable considerada como crítica es la longitud de la recta.

A los años siguientes apareció otro modelo que partía de la hipótesis que las variables independientes que más influían en la velocidad de operación en la recta son la longitud de esta y la velocidad de operación de la curva precedente, dicho modelo daba la siguiente ecuación:

$$V_{85} = -2,351 + 18,104 \times \log_{10} L + 0,585 \times V_{85c}$$

Dónde:

- $V_{85}$  = Velocidad de operación de la recta (km/h)
- $L$  = Longitud de la recta (m)
- $V_{85c}$  = Velocidad de operación de la curva precedente (km/h)

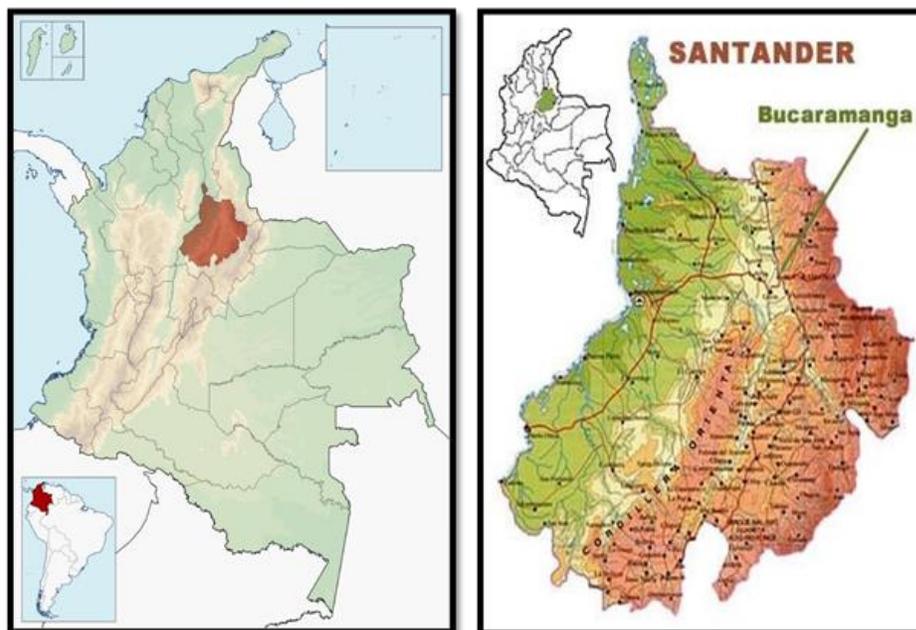
El modelo sobreestima ligeramente las velocidades de operación de las rectas con longitudes menores a 200 metros, este modelo depende de la velocidad deseada.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación se desarrolla en la ciudad de Bucaramanga, capital del departamento de Santander; la cual está ubicada al nororiente de Colombia 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.

*Figura 4: Ubicación geográfica del proyecto*



*Fuente: Tomado y adaptado de Colombia-sa.com*

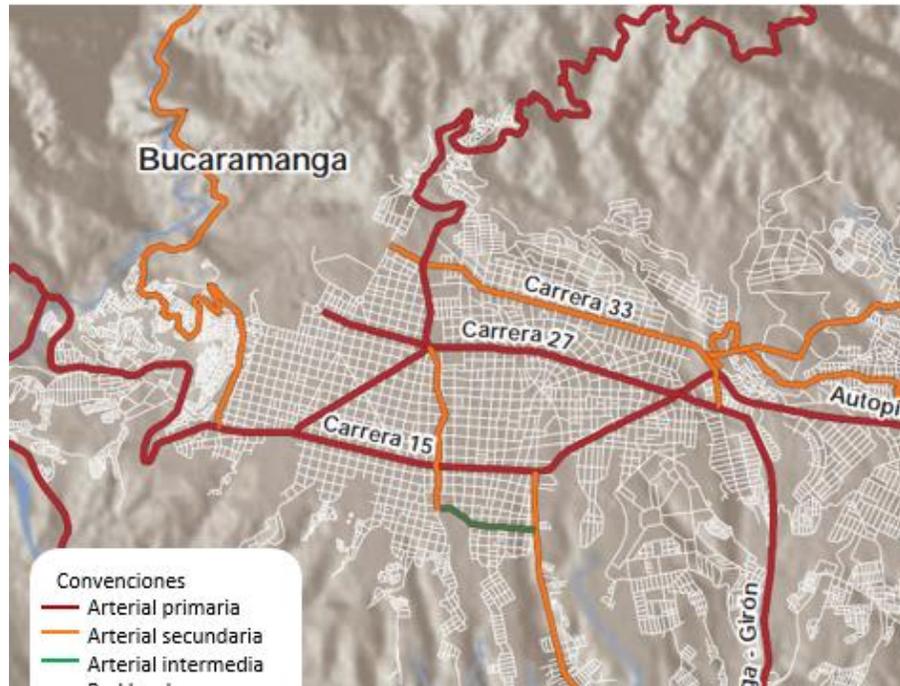
En el actual POT (Plan de Ordenamiento Territorial) de la ciudad de Bucaramanga se clasifican las vías del sistema vial general según su papel en la dinámica territorial, es decir, su funcionalidad y localización además de sus características técnicas [18]. Dicha clasificación corresponde a vías regionales, urbanas y rurales. Nuestro estudio se centra en las vías urbanas las cuales se encargan de dar soporte al flujo vehicular dentro del perímetro urbano, en esta clasificación encontramos dos conjuntos de corredores viales:

- Red vial arterial: permiten la movilidad de mediana y larga distancia en el área metropolitana de Bucaramanga, a través de ellas se presenta el mayor flujo vehicular y se tiene la mezcla de tráficos. Sus especificaciones hacen que sean vías rápidas (velocidad de diseño 60 km/h) y que lleven vehículos de manera eficiente, con la mínima intervención en el tránsito de los sectores urbanos.

- Red vial local: Es el conjunto de vías vehiculares cuya función principal es conectar la red vial arterial con los barrios, es decir las zonas residenciales o de actividades adyacentes. En este tipo de vías existe circulación de vehículos de transporte público y de abastecimiento de mercancías (velocidad de diseño 30 km/h).

En la Figura 5 podemos evidenciar la clasificación de las vías seleccionadas para el análisis las cuales fueron la Carrera 27 (vía arterial) y la Carrera 22 (red vial local).

**Figura 5:** Clasificación vial actual por jerarquía funcional



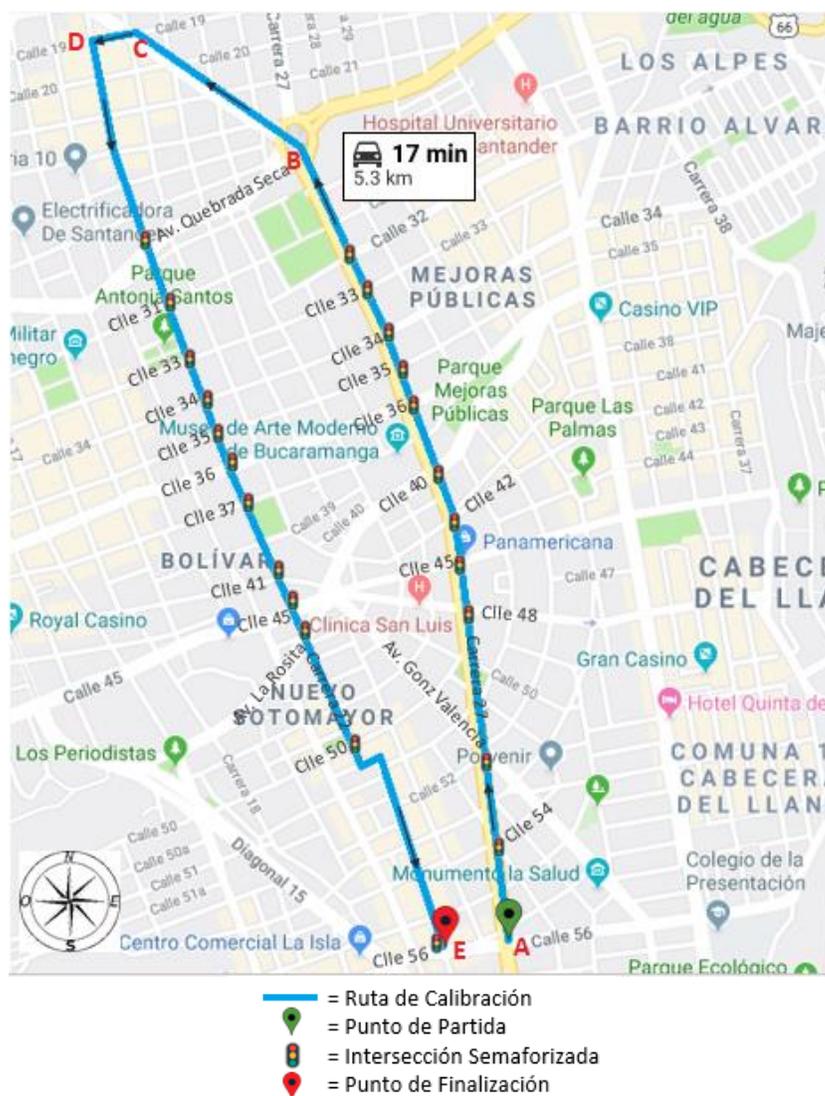
**Fuente:** Plan maestro de movilidad área metropolitana de Bucaramanga 2011-2030

### 3.2. IDENTIFICACIÓN DEL RECORRIDO

Luego de analizar las principales vías de Bucaramanga y teniendo en cuenta como parámetro inicial cuales calles urbanas presentan intersecciones semaforizadas seguidas y con gran uso por parte de los usuarios, se seleccionó un circuito de medición. Se verificó que las vías seleccionadas tuvieran características geométricas distintas en cuanto a número y ancho de carriles, circulación a flujo libre y calles cómodas.

La ruta escogida tiene una longitud de 5,3 km y se puede recorrer en un tiempo aproximado de 17 minutos. El recorrido parte del punto inicial A (Carrera 27 con Calle 56) hacia el norte hasta llegar al punto B (Parque Intercambiador Mesón de los Bucaros) ingresando por el paso deprimido con dirección al Bulevar Bolívar llegando al punto C (Bulevar Bolívar con Calle 19) donde se gira a la izquierda para dirigirse al oeste hasta el punto D (Calle 19 con Carrera 22) allí se gira nuevamente a la izquierda para ir al sur sobre toda la Carrera 22 hasta llegar al punto E (Carrera 22 con calle 56) donde finaliza la ruta. El recorrido descrito anteriormente se ilustra en la Figura 6.

Figura 6: Circuito de medición



### 3.3. TRAMOS DE ESTUDIO E INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Los 2 tramos rectos elegidos para el estudio están ubicados dentro del área urbana de la ciudad de Bucaramanga, iniciando en la carrera 27 la cual tiene 3 carriles en cada sentido y un total de 11 semáforos; por otra parte, la carrera 22 que consta de 2 carriles en sentido norte-sur únicamente y un total de 12 semáforos. Los 2 tramos seleccionados varían en cuanto a sus accesos, características geométricas y entorno, estas vías fueron escogidas por su importancia dentro de la ciudad en cuanto a la movilidad que brindan a los ciudadanos. En cada uno de los tramos se realizó la recolección de velocidades de operación a 40 conductores con su respectivo vehículo.

### 3.3.1. Identificación intersecciones semaforizadas

Para realizar el abscisado en el tramo 1 se toma como punto de inicio (K00+000) la Carrera 27 con Calle 56, mientras que para el tramo 2 se toma como punto de inicio (K00+000) la Carrera 22 con Calle 19.

**Tabla 6:** Localización de intersecciones semaforizadas.

Tramo	Carrera	Localización Intersección semaforizada	Abscisa
1	Carrera 27	1. Semáforo Calle 54	K00+250,93
		2. Semáforo Av. González Valencia	K00+465,22
		3. Semáforo Calle 48	K00+841,54
		4. Semáforo Calle 45	K00+965,75
		5. Semáforo Calle 42	K01+078,63
		6. Semáforo Calle 40	K01+197,76
		7. Semáforo Calle 36	K01+385,43
		8. Semáforo Calle 35	K01+486,25
		9. Semáforo Calle 34	K01+579,4
		10. Semáforo Calle 33	K01+702,43
		11. Semáforo Calle 32	K01+796,62
2	Carrera 22	1. Semáforo Av. Quebrada Seca	K00+535,93
		2. Semáforo Calle 31	K00+687,53
		3. Semáforo Calle 33	K00+838,57
		15. Semáforo Calle 34	K00+947,06
		16. Semáforo Calle 35	K01+042,08
		17. Semáforo Calle 36	K01+128,44
		18. Semáforo Calle 37	K01+227,94
		19. Semáforo Calle 41	K01+444,09
		20. Semáforo Calle 45	K01+529,37
		21. Semáforo Calle 46	K01+602,77
		22. Semáforo Calle 50	K01+906,98
		23. Semáforo Calle 56	K02+524,79

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.2. Identificación tramos de estudio

**Figura 7:** Ubicación de tramos de estudio

Tramo N°	Ubicación		
	Carrera	Origen	Fin
1.1	Carrera 27	Calle 56	Calle 54
1.2		Calle 54	Av. González Valencia
1.3		Av. González Valencia	Calle 48
1.4		Calle 48	Calle 45
1.5		Calle 45	Calle 42

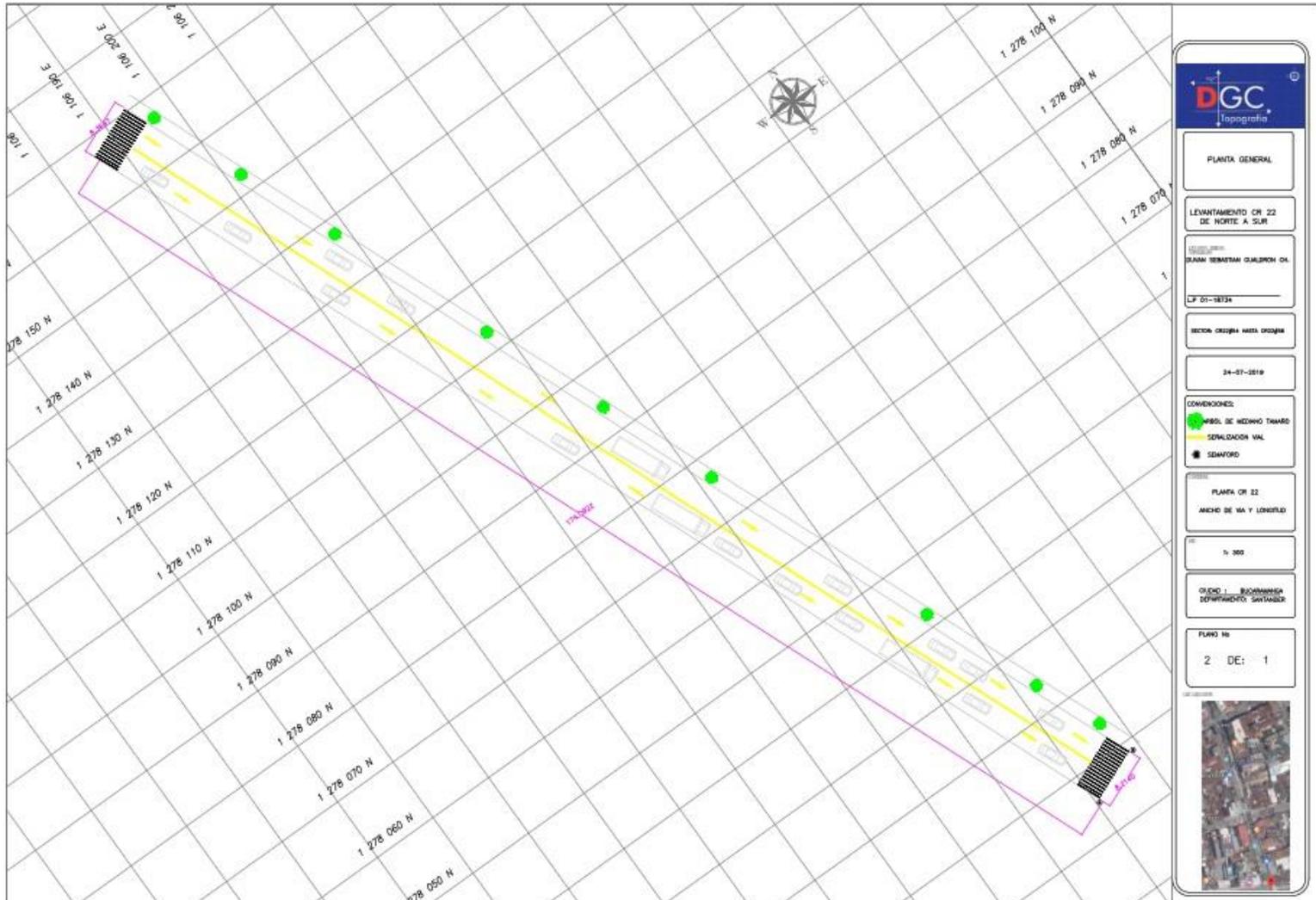
1.6		Calle 42	Calle 40
1.7		Calle 40	Calle 36
1.8		Calle 36	Calle 35
1.9		Calle 35	Calle 34
1.10		Calle 34	Calle 33
1.11		Calle 33	Calle 32
2.1	Carrera 22	Calle 19	Av. Quebrada Seca
2.2		Av. Quebrada Seca	Calle 31
2.3		Calle 31	Calle 33
2.4		Calle 33	Calle 34
2.5		Calle 34	Calle 35
2.6		Calle 35	Calle 36
2.7		Calle 36	Calle 37
2.8		Calle 37	Calle 41
2.9		Calle 41	Calle 45
2.10		Calle 45	Calle 46
2.11		Calle 46	Calle 50
2.12		Calle 50	Calle 56

*Fuente: Elaboración propia*

#### 3.4. CONTEO Y MEDICIÓN DEL TERRENO

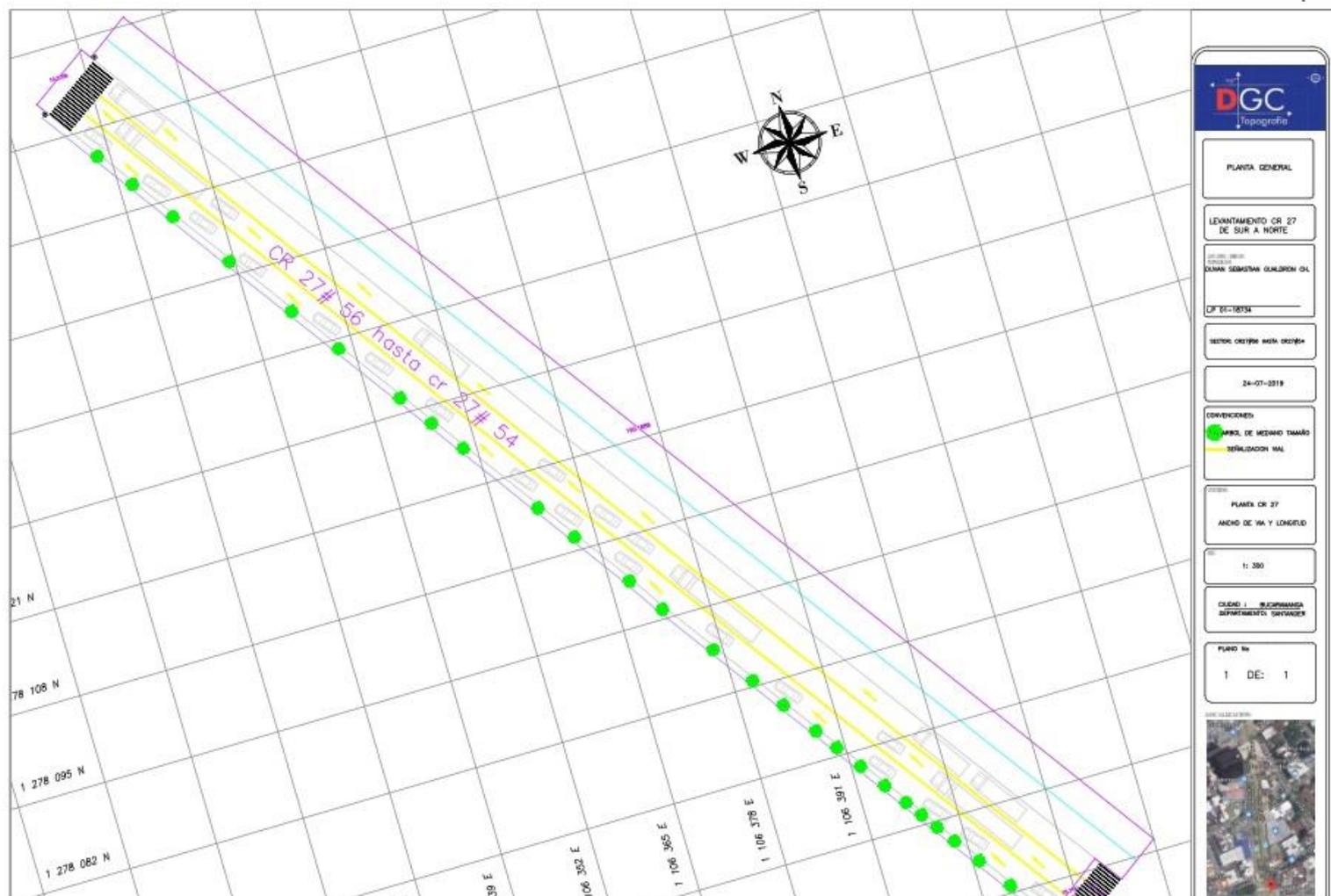
Luego de la selección de los tramos, se realizó la medición de todas las características del recorrido, por medio de un levantamiento topográfico tales como, ancho de calzada, número de carriles y longitud de cada tramo, esto con el fin de obtener y evaluar todas estas características como factores influyentes en la velocidad de operación.

Figura 8: Levantamiento topográfico Carrera 27



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Levantamiento topográfico Carrera 22



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7:** Características geométricas de los tramos previos a intersecciones semaforizadas

Tramo N°	Ubicación		Longitud (m)	Ancho calzada (m)	N° Carriles	Ancho Carril (m)	
	Carrera	Origen					Fin
1.1	Carrera 27	Calle 56	Calle 54	250,93	10,31	3,00	3,44
1.2		Calle 54	Av. González Valencia	214,29	10,31	3,00	3,44
1.3		Av. González Valencia	Calle 48	376,32	10,31	3,00	3,44
1.4		Calle 48	Calle 45	124,21	10,31	3,00	3,44
1.5		Calle 45	Calle 42	112,88	10,31	3,00	3,44
1.6		Calle 42	Calle 40	119,13	10,31	3,00	3,44
1.7		Calle 40	Calle 36	187,67	10,31	3,00	3,44
1.8		Calle 36	Calle 35	100,82	10,31	3,00	3,44
1.9		Calle 35	Calle 34	93,15	10,31	3,00	3,44
1.10		Calle 34	Calle 33	123,03	10,31	3,00	3,44
1.11		Calle 33	Calle 32	94,19	10,31	3,00	3,44
2.1	Carrera 22	Calle 19	Av. Quebrada Seca	535,93	8,36	2,00	4,18
2.2		Av. Quebrada Seca	Calle 31	151,6	8,36	2,00	4,18
2.3		Calle 31	Calle 33	151,04	8,36	2,00	4,18
2.4		Calle 33	Calle 34	108,49	8,36	2,00	4,18
2.5		Calle 34	Calle 35	95,02	8,36	2,00	4,18
2.6		Calle 35	Calle 36	86,36	8,36	2,00	4,18
2.7		Calle 36	Calle 37	99,5	8,36	2,00	4,18
2.8		Calle 37	Calle 41	216,15	8,36	2,00	4,18
2.9		Calle 41	Calle 45	85,28	8,36	2,00	4,18
2.10		Calle 45	Calle 46	73,4	8,36	2,00	4,18
2.11		Calle 46	Calle 50	304,21	8,36	2,00	4,18
2.12		Calle 50	Calle 56	617,81	8,36	2,00	4,18

Fuente: Elaboración propia

De igual forma se realizó un conteo detallado del número de árboles, postes, señales y accesos presentes durante el recorrido, haciendo una separación parcial de todos los objetos en cada tramo.

**Tabla 8:** Numero de objetos en cada tramo

Tramo N°	N° Árboles (und)	N° Postes (und)	N° Señales (und)	N° Accesos (und)
1.1	21	7	2	2
1.2	25	9	3	3
1.3	45	15	3	4
1.4	12	6	2	1
1.5	15	7	2	1

1.6	10	6	2	2
1.7	18	10	3	3
1.8	13	6	3	2
1.9	7	5	2	1
1.10	15	7	3	1
1.11	15	15	6	3
2.1	51	53	4	5
2.2	0	6	2	3
2.3	11	6	2	2
2.4	0	6	0	1
2.5	6	3	2	1
2.6	0	1	1	1
2.7	0	3	1	2
2.8	21	7	8	2
2.9	1	3	1	1
2.10	3	3	0	2
2.11	6	23	4	6
2.12	60	45	8	8

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Cuando se miden velocidades puntuales no interesa la velocidad de los vehículos que se observan específicamente, sino la velocidad representativa del total de vehículos que pasaron por un punto y que van a pasar mientras las condiciones no cambien significativamente, es decir de la población de vehículos. Como es imposible medir la velocidad de toda la población, se observa una parte de ella, denominada muestra y de las características de ésta se infieren las características de la población. Sin embargo, esta metodología produce errores de inferencia en los valores estimados, errores que disminuyen con el tamaño de la muestra, es decir, con el número de observaciones particulares realizadas.

Para tener una certeza de que los parámetros inferidos contengan únicamente errores tolerables, se establece un tamaño mínimo para la muestra, dado por:

$$N = \frac{\sigma^2 \times K^2 \times (2 + U^2)}{2 \times E^2}$$

Dónde:

- N: Tamaño mínimo de la muestra (cantidad de vehículos)
- $\sigma$ : Desviación estándar estimada de la muestra
- K: Constante correspondiente a un nivel de confianza deseado
- E: Error permitido en la estimación de la velocidad
- U: Constante correspondiente a la velocidad estadística deseada

**Desviación estándar ( $\sigma$ ):** Si no existen estudios referentes a la determinación de la desviación estándar de las velocidades de punto del lugar en estudio, se puede obtener un valor estimado de la siguiente tabla de acuerdo con el tipo de tránsito y número de carriles.

*Tabla 9: Desviaciones estándar de velocidades punto para la determinación del tamaño de la muestra*

Tipo de Tránsito	Número de carriles	Desviación Estándar Promedio	
		Km/h	mi/h
Rural	2	8,5	5,3
Rural	4	6,8	4,2
Intermedio	2	8,5	5,3
Intermedio	4	8,5	5,3
Urbano	2	7,7	4,8
Urbano	4	7,9	4,9
Valor redondeado		8,0	5,0

*Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Box y Oppenlander*

**Constante de confiabilidad (K):** Su valor determina la probabilidad de que la velocidad media sea una estimación válida y se puede obtener mediante la Tabla 10.

*Tabla 10: Constante correspondiente al nivel de confiabilidad*

Nivel de Confiabilidad (%)	Constante K
68,3	1,00
86,6	1,50
90,0	1,64
95,0	1,96
95,5	2,00
98,8	2,50
99,0	2,58
99,7	3,00

*Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito. Box y Oppenlander*

**Error permitido en la estimación de la velocidad (E):** Esta medida es una tolerancia absoluta, es decir, el error permitido puede oscilar entre  $\pm 8,0$  km/h a  $\pm 1,5$  km/h o menos aún.

**Constante correspondiente a la velocidad estadística deseada (U):** Los valores sugeridos según Box y Oppenlander [19] son los siguientes

- Para velocidad media, usar: 0,00
- Para el 15 o el 85 porcentual, usar: 1,04
- Para el 5 o el 95 porcentual, usar: 1,64

Siguiendo las anteriores recomendaciones de Box y Oppenlander [19] se tienen los siguientes valores:

- $\sigma$ : 7,7 km/h para vía urbana de 2 carriles
- K: 1,96 para un nivel de confiabilidad estadística del 95%

- E:  $\pm 3$  km/h
- U: 1,04 para calcular el percentil 85

Por lo tanto, el número de vehículos que se deben tener en cuenta para realizar el muestreo es de:

$$N = \frac{7,7^2 \times 1,96^2 \times (2 + 1,04^2)}{2 \times 3^2} \approx 40$$

### 3.6. TOMA DE DATOS INICIAL

La observación y/o técnica de investigación; es el principio y la validación de toda teoría científica, ya que a partir de estos datos obtenidos se ofrece una consigna detallada de la muestra a analizar, además de ser un fuerte apoyo estadístico a la hora de desarrollar el proyecto, dándonos una idea de cómo influyen todos los parámetros en la ejecución de alguna prueba. Una vez establecido el recorrido se inició la búsqueda de los participantes, quienes debían tener a su disposición un vehículo liviano, ya fuera automóvil o camioneta además de su licencia de conducir. Se consiguió un total de 40 conductores, hombres y mujeres con edad de entre 19 y 59 años, quienes con conocimiento previo del recorrido accedieron a ser parte del proyecto.

#### 3.6.1. Conductor

A cada conductor se le realizó una inducción previa a la ejecución del recorrido explicando el motivo, la mecánica y el proceso a seguir, luego de esto se procedió a instalar el dispositivo GPS Video Vbox Lite en cada vehículo con respecto a la hora y día asignado a cada participante teniendo en cuenta su disponibilidad de tiempo. Por último, 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 sólida y contundente que fuera de gran aporte en la ejecución del proyecto.

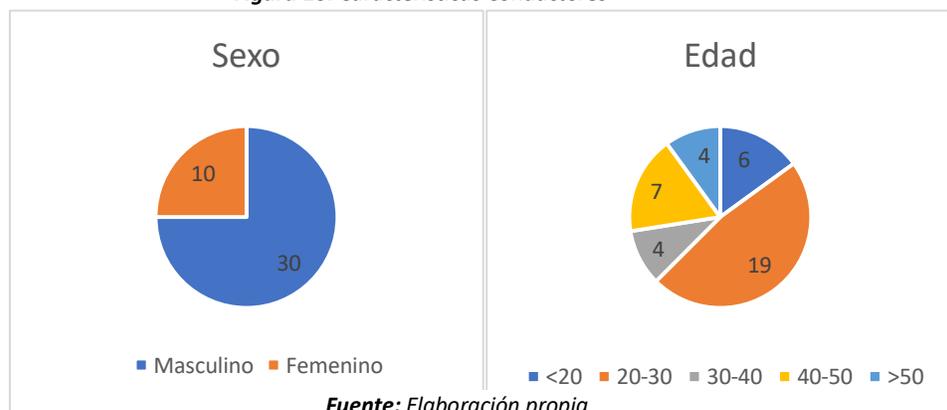
**Tabla 11:** Información de conductores

N°	Nombre	Género	Edad (años)	Años de experiencia
1	Oscar mancilla	M	48	12
2	Jhon Flórez	M	27	9
3	Omar Morales	M	22	6
4	Carlos Murcia	M	22	6
5	Katerine Murcia	F	27	6
6	Juan Pablo Vargas	M	20	5
7	Carlos Martínez	M	21	6
8	Samuel Guarguati	M	59	40
9	Luis Romero	M	50	31
10	Yinny Romero	M	49	35
11	Omar Hernández	M	26	9
12	Felipe Cáceres	M	23	12
13	Oscar castellanos	M	22	5

14	Fernando Estupiñán	M	46	30
15	Angie Natalia	F	19	3
16	Carlos Camargo	M	24	9
17	Camila Meléndez	F	36	23
18	Santiago Bohórquez	M	21	3
19	Juan Carlos Martínez	M	21	5
20	Sergio mancilla	M	36	10
21	Diego Rojas	M	27	12
22	Juan Carlos Celis	M	50	27
23	Edinson Celis	M	57	20
24	Liliana Medina	F	46	10
25	Lizbeth Riatiga	F	20	4
26	Andreina Báez	F	20	3
27	Omar Quintero	M	19	3
28	María Juliana Villamizar	F	20	2
29	María Gabriela Martínez	F	52	7
30	Daniel Sierra	M	21	3
31	Luis Sebastián Rivera	M	19	3
32	Valeria Rodríguez	F	39	27
33	Santiago Navas	M	19	3
34	Javier Vanegas	M	19	5
35	Jhon Suarez	M	19	5
36	Ricardo Aparicio	M	57	40
37	Nicolas Cala	M	20	5
38	Jerson David Gutiérrez	M	21	5
39	Sonia Colmenares	F	40	16
40	Oscar Sanabria	M	37	14

Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Características Conductores



Fuente: Elaboración propia

### 3.6.2. Vehículo

Los vehículos al ser un factor fundamental dentro del estudio de velocidades de operación debían cumplir con ciertos parámetros para poder ser aptos dentro de la prueba, principalmente debían ser vehículos livianos con acceso a una fuente de energía mediante la cual se pudiera hacer la conexión del GPS Vbox, en este caso la fuente de energía correspondía a la entrada del encendedor de cigarrillos la cual tenía que estar en correcto funcionamiento. También se registraron las características del vehículo en cuanto a marca, tipo (auto o camioneta), cilindraje, año de fabricación y última revisión realizada, ya fuera técnico mecánica o general, esto último con la finalidad de saber si el vehículo se encontraba en condiciones óptimas de operación. En la Tabla 12 se muestra la información referente a los vehículos empleados en los recorridos.

*Tabla 12: Información vehículos*

N°	Marca del Vehículo	Cilindraje (cm <sup>3</sup> )	Tipo de Vehículo (auto/camioneta)	Año de Fabricación	Última revisión (días)
1	Chevrolet	1200	Auto	2014	60
2	Kia	1400	Auto	2015	30
3	Volkswagen	1600	Auto	2011	120
4	Renault	1400	Auto	2013	120
5	Kia	1200	Auto	2012	30
6	Nissan	3000	Camioneta	2017	90
7	Kia	1600	Auto	2016	35
8	Mazda	1600	Auto	2010	180
9	Kia	1200	Auto	2013	60
10	Renault	1400	Camioneta	1995	180
11	Renault	1200	Auto	2016	30
12	Mitsubishi	2500	Camioneta	2012	90
13	Chevrolet	1600	Auto	2012	36
14	Mazda	2000	Camioneta	2018	48
15	Chevrolet	1600	Auto	2012	64
16	Ford	1000	Auto	2006	120
17	Kia	2000	Camioneta	2015	80
18	Kia	1396	Auto	2013	96
19	Kia	2000	Camioneta	2016	48
20	Kia	1250	Auto	2016	10
21	Chevrolet	1600	Auto	2012	180
22	Kia	2000	Camioneta	2012	180
23	Renault	1400	Auto	2006	240
24	Kia	2000	Camioneta	2012	180
25	Chevrolet	1400	Auto	2018	60
26	Chevrolet	1200	Auto	2017	120
27	Mazda	1200	Auto	1998	180

28	Mazda	1500	Auto	2011	30
29	Chevrolet	1800	Auto	2018	180
30	Chevrolet	1600	Auto	2013	60
31	Mazda	1500	Auto	2009	90
32	Hyundai	1600	Auto	2009	120
33	Kia	1200	Auto	2015	90
34	Chevrolet	1600	Auto	2014	180
35	Toyota	2700	Camioneta	2008	30
36	Honda	2400	Camioneta	2016	60
37	Mazda	2000	Camioneta	2017	30
38	Renault	1600	Auto	2019	30
39	Chevrolet	1400	Auto	1998	60
40	Kia	2000	Camioneta	2016	120

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.7. TRABAJO DE CAMPO

Para hacer efectivo el recorrido y la respectiva recolección de velocidades de operación se realizó el trabajo de campo por las dos autoras del proyecto haciendo efectiva la inducción, instalación del equipo y recolección de datos. Se contó con la participación de 40 conductores (hombres y mujeres) con un rango de edad entre 19 y 59 años, los cuales contaban con experiencia en conducción entre 2 y 40 años. Dentro del proceso de inducción se les recomendó a los participantes que condujeran como lo hacen diariamente, sin tener en cuenta que se encontraban en alguna prueba, con el fin de obtener datos adaptados a la realidad.

#### 3.7.1. Instalación del dispositivo

El Video VBOX LITE combina un potente registrador de datos GPS con un grabador de video compacto de alta calidad, el video resultante se graba en una tarjeta SD como un archivo de extensión MPEG4 de calidad DVD. Mediante este dispositivo podemos registrar parámetros como satélites, tiempo, latitud, longitud, velocidad, rumbo, altura y velocidad vertical.

El software Racelogic VBOX Tools provisto con el equipo permite ver y analizar todos los parámetros que se han registrado en las grabaciones.

Dentro de la caja este equipo contiene:

1. Registrador de datos GPS de 10 Hz
2. Pantalla LED predictiva de velocidad
3. Dos cámaras (alta y baja resolución)
4. Dos soportes para cámara con chupa triple ventosa
5. Cable de corriente cigarrillo
6. Antena GPS externa
7. Memoria SD de 4 GB
8. Cable USB
9. Micrófono dual
10. Software Racelogic Vbox Tools

**Figura 11: Video VBox Lite**



**Fuente:** Tomado y adaptado de VBox Automotive

La instalación del equipo Video VBox Lite es un proceso sencillo y rápido que se realiza desde el asiento del copiloto, inicialmente se pone la antena GPS, que trae un imán, en el techo del vehículo y se conecta el cable en la entrada “GPS” del registrador de datos, a continuación, se enchufa el cable de corriente en el adaptador del cigarrillo del vehículo y también se inserta en la entrada “PWR” del registrador de datos, posteriormente se fija la cámara al vidrio delantero del vehículo de forma segura con los soportes con chupa y se orienta hacia adelante, es decir que quede apuntando hacia la vía a recorrer y se inserta el cable de la cámara a la entrada “CAM 1” del registrador de datos; es opcional utilizar el micrófono el cual debe ir conectado a la entrada “MIC” del registrador de datos, por último se inserta la tarjeta SD en el registrador de datos y se presiona el botón “RECORD” para garantizar una grabación continua aun cuando el vehículo se detenga, ya que por defecto el modo de grabación predeterminado es “grabar solo cuando se mueve”. El resultado final debe ser que todos los botones delanteros del registrador de datos deben alumbrar en verde.

**Tabla 13: Proceso instalación VBox Lite**

1. Instalación Antena GPS	
	

<b>2. Instalación cable de corriente</b>	
	
<b>3. Instalación cámara</b>	
	
<b>4. Insertar tarjeta SD</b>	<b>5. Equipo listo</b>
	

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.7.2. Encuestas al factor humano

Una vez el recorrido era culminado, se le solicitaba a cada conductor responder dos cuestionarios que básicamente nos permitían identificar si el factor humano era una variable estadísticamente significativa sobre la velocidad de operación, aceleración y desaceleración de vías urbanas en Bucaramanga, para cumplir este objetivo del proyecto fue necesario estudiar a fondo y buscar información que aportara para la ejecución de los test seleccionados.

La primera encuesta está enfocada en medir los estilos de conducción (MDSI-S) y la segunda está relacionada con los rasgos de personalidad (ZQPK-50-cc) ambas se aplican con el fin de conocer las características de los conductores evaluados. Estas encuestas fueron elegidas teniendo en cuenta

que han sido traducidas al idioma castellano y además fueron aplicadas previamente en Argentina dando buenos resultados (García, 2014).

El test MDSI-S evalúa una serie de situaciones y comportamientos que se producen durante la conducción e interacción con el tránsito, con valoración (1 = Nada a 6 = Mucho) cada situación o comportamiento. Los estilos de conducción estimados con esta encuesta se clasifican en seis escalas que se han derivado empíricamente de análisis factorial: Estilo de riesgo y alta velocidad, Estilo disociativo, Estilo agresivo, Estilo paciente y prudente, Estilo ansioso y Estilo de reducción del estrés. [20]

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.

### 3.8. DESARROLLO DE DATOS RECOLECTADOS

Se inicia el procesamiento pertinente de todos los datos e información recolectada con anterioridad, principalmente se da inicio con la información obtenida por medio del GPS Vbox abordo de los vehículos que participaron en el estudio recorriendo la ruta establecida. Se realiza una exportación de perfiles de velocidad, aceleración y desaceleración a archivos Excel con el fin de obtener dichos parámetros en cada intersección semaforizada procediendo así a una organización exhaustiva de toda la información.

#### 3.8.1. Perfiles de velocidad

Adicionalmente el equipo Video Vbox Lite incorpora un programa que procesa los datos recolectados, llamado Racelogic Vbox Tools, este software permite realizar perfiles de velocidad, reproducir videos de forma intermodal, es decir, al mismo tiempo que se reproduce el video va indicando la trayectoria que se está recorriendo sobre el perfil de velocidad, permitiendo tener la velocidad de operación en cualquier punto deseado. Adicionalmente muestra el alineamiento sobre el que se realizó la toma de datos, genera tablas y graficas con la información recolectada. En la Figura 10 se observa un ejemplo de perfil de velocidad obtenido por medio del equipo Vbox en el cual el eje X corresponde a la distancia dada en metros, mientras que en el eje Y se muestran las velocidades en km/h.

**Figura 12:** Perfil de velocidad programa Racelogic Vbox Tools



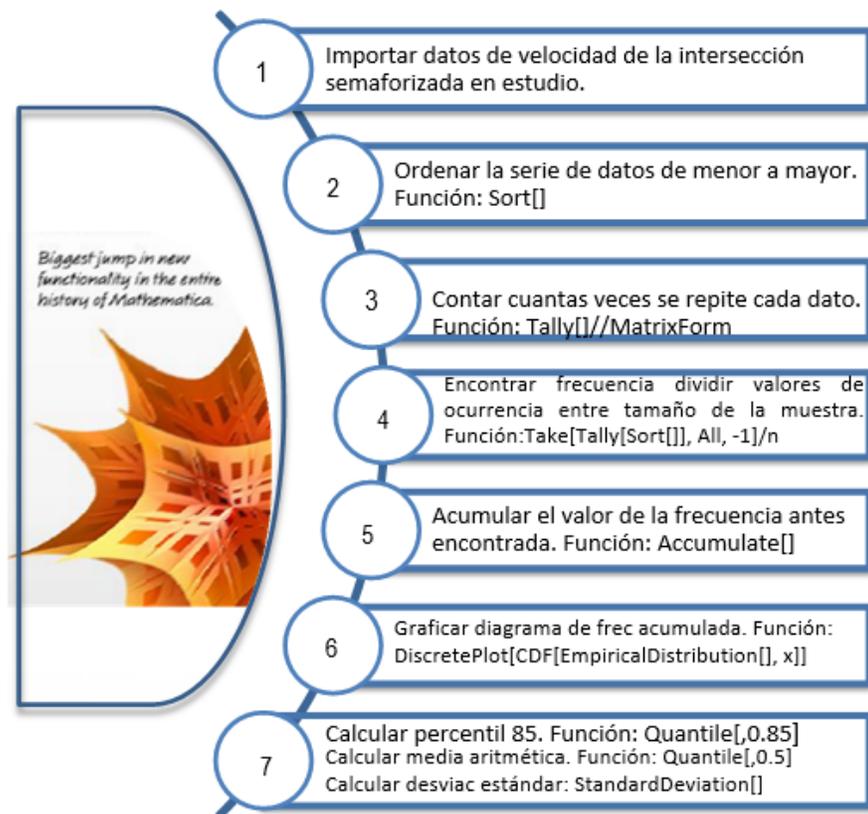
**Fuente:** Elaboración propia

### 3.8.2. Cálculo de velocidad de operación V85 y percentil 85 de la desaceleración con Wolfram Mathematica

Con los datos de velocidad individual exportados del equipo se prosiguió a calcular la velocidad de operación de cada tramo, estos cálculos se realizaron con la ayuda del programa Wolfram Mathematica, el cual permite calcular y graficar de una forma más rápida y precisa los datos.

A continuación se dará una breve explicación enfocada en explicar cómo se calculó mediante Wolfram Mathematica el percentil 85, la media aritmética y la desviación estándar de la velocidad, sin embargo para el cálculo del percentil 85 de la desaceleración se sigue el mismo procedimiento.

**Figura 13:** Pasos para calcular la velocidad de operación en Wolfram Mathematica



**Fuente:** Elaboración propia

## 4. RESULTADOS

En este capítulo se muestra el procesamiento y tabulación de variables dependientes e independientes. Dentro de las variables dependientes analizadas están la velocidad y la desaceleración; mientras que en las variables independientes se incluyen la longitud de la recta, ancho de calzada, ancho de acera, ancho de carril, número de carriles, densidad de objetos, presencia de acera y encuestas relacionadas al comportamiento del conductor.

### 4.1. VARIABLES DEPENDIENTES

Antes de procesar la información de la variable dependiente primeramente se procedió a descargar los datos recolectados del equipo GPS Vbox Lite a un ordenador por medio de una memoria SD. Este equipo GPS guarda los archivos automáticamente en dos formatos inicialmente en formato AVI el cual permite visualizar el video en cualquier reproductor de media, también se crea un archivo en formato VBO el cual se utiliza en el programa Racelogic Vbox Tools, desde este programa podemos visualizar el perfil del recorrido y extraer los datos necesarios para el análisis como la distancia recorrida acumulada por segundo y la velocidad en Km/h.

Luego de haber obtenido los perfiles de velocidad para cada tramo y con ayuda de los videos registrados se clasificó para cada intersección semaforizada cuantos conductores al momento de pasar por este punto encontraban el semáforo en luz verde o luz roja. En caso de ser luz verde se procede a hacer un análisis de velocidad de operación, mientras que si la luz es roja se analiza el percentil 85 de la desaceleración. El resumen de los datos obtenidos en cada recorrido se registra en la Tabla 14.

*Tabla 14: Clasificación de recorridos según luz en intersección semaforizada*

Semáforo N°	Ubicación	Abscisas	Total recorridos	Total recorridos en luz	
				Luz verde	Luz roja
1.1	Cra 27 & Calle 54	K00+250,93	40	20	20
1.2	Cra 27 & Av Gonzalez Valencia	K00+465,22	40	21	19
1.3	Cra 27 & Calle 48	K00+841,54	40	8	32
1.4	Cra 27 & Calle 45	K00+965,75	40	34	6
1.5	Cra 27 & Calle 42	K01+078,63	40	29	11
1.6	Cra 27 & Calle 40	K01+197,76	40	33	7
1.7	Cra 27 & Calle 36	K01+385,43	40	24	16
1.8	Cra 27 & Calle 35	K01+486,25	40	27	13
1.9	Cra 27 & Calle 34	K01+579,4	40	35	5
1.10	Cra 27 & Calle 33	K01+702,43	40	31	9
1.11	Cra 27 & Calle 32	K01+796,62	40	30	10
2.1	Cra 22 & Av Quebrada Seca	K00+535,93	40	12	28
2.2	Cra 22 & Calle 31	K00+687,53	40	29	11
2.3	Cra 22 & Calle 33	K00+838,57	40	15	25

2.4	Cra 22 & Calle 34	K00+947,06	40	22	18
2.5	Cra 22 & Calle 35	K01+042,08	40	30	10
2.6	Cra 22 & Calle 36	K01+128,44	40	20	20
2.7	Cra 22 & Calle 37	K01+227,94	40	26	14
2.8	Cra 22 & Calle 41	K01+444,09	40	23	17
2.9	Cra 22 & Calle 45	K01+529,37	40	23	17
2.10	Cra 22 & Calle 46	K01+602,77	40	27	13
2.11	Cra 22 & Calle 50	K01+906,98	40	18	22
2.12	Cra 22 & Calle 56	K02+524,79	40	23	17

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.1. Velocidad de operación en intersecciones semaforizadas

La velocidad de operación (percentil 85 de la velocidad) se analiza únicamente en aquellos recorridos donde la luz del semáforo fue verde, este ítem fue calculado para cada tramo mediante el uso del programa Wolfram Mathematica los resultados obtenidos se presentan a continuación, adicionalmente se muestran los resultados de la velocidad media y la desviación estándar para cada intersección semaforizada.

Mediante la desviación estándar se logra observar cómo están distribuidos los datos con respecto a la media aritmética, mientras más pequeña sea la desviación, mayor será la cantidad de datos que están alrededor de la media, por el contrario si la desviación es mayor, los datos se encontraran más dispersos.

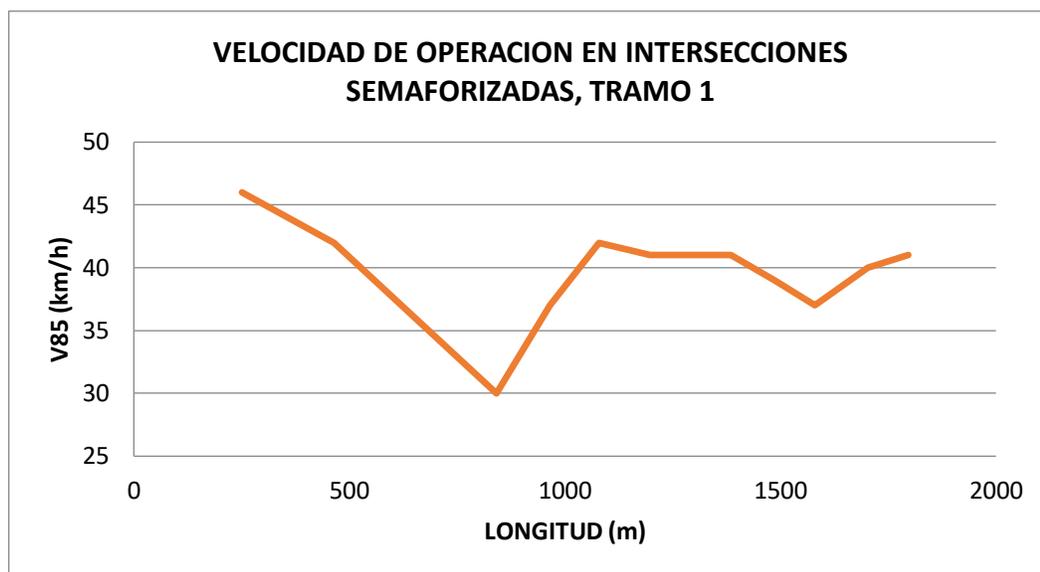
**Tabla 15:** Velocidad de operación en Tramo 1: Carrera 27

Tramo 1: Carrera 27				
Semáforo N°	Ubicación (m)	Velocidad de operación (km/h)	Velocidad media (km/h)	Desviación estándar de la velocidad (km/h)
1.1	250,93	46	25	15,6894
1.2	465,22	42	35	12,089
1.3	841,54	30	24	7,923
1.4	965,75	37	30	8,22
1.5	1078,63	42	36	10,435
1.6	1197,76	41	25	13,348
1.7	1385,43	41	28	12,021
1.8	1486,25	39	30	10,009
1.9	1579,4	37	28	8,971
1.10	1702,43	40	30	9,222
1.11	1796,62	41	31	10,708

*Fuente: Elaboración propia*

En la Figura 14 se ilustran las velocidades de operación en cada intersección semaforizada encontrada a lo largo del recorrido total del Tramo 1

**Figura 14:** Velocidad de operación en Tramo 1: Carrera 27



**Fuente:** Elaboración propia

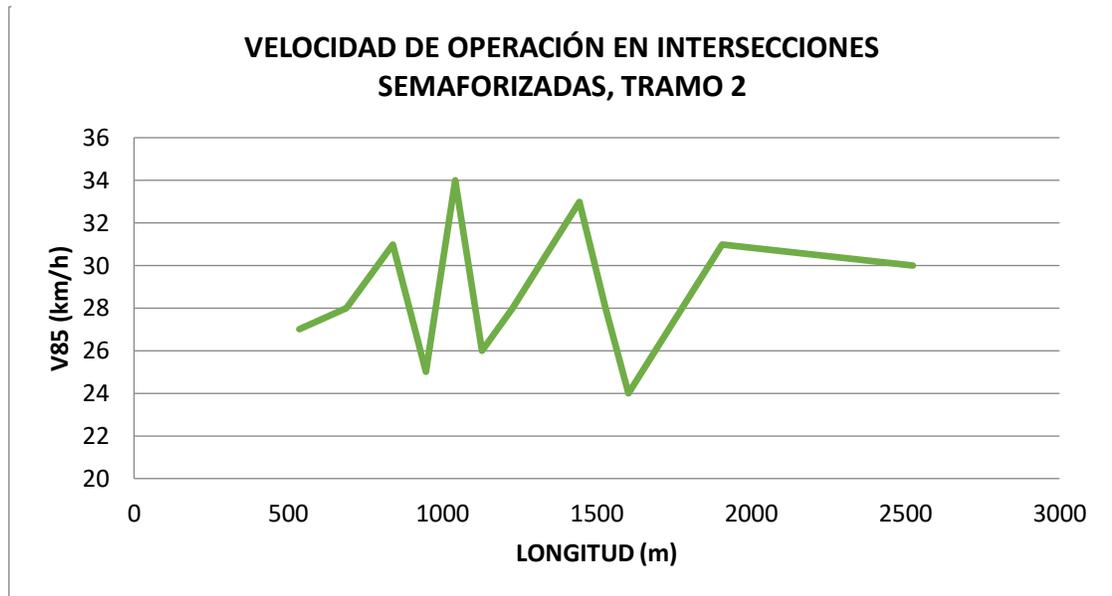
Se realiza el mismo proceso de extracción de datos mencionado anteriormente, para el Tramo 2 que corresponde a la Carrera 22, esto se evidencia en la Tabla 16 a continuación

**Tabla 16:** Velocidad de operación en Tramo 2 (Carrera 22)

Tramo 2: Carrera 22				
Semáforo N°	Ubicación (m)	Velocidad de operación (km/h)	Velocidad media (km/h)	Desviación estándar de la velocidad (km/h)
2.1	535,93	27	23	4,223
2.2	687,53	28	23	7,681
2.3	838,57	31	21	9,367
2.4	947,06	25	18	4,788
2.5	1042,08	34	20	10,493
2.6	1128,44	26	19	9,82
2.7	1227,94	28	21	8,061
2.8	1444,09	33	21	9,485
2.9	1529,37	28	21	6,98
2.10	1602,77	24	20	5,336
2.11	1906,98	31	19	10,133
2.12	2524,79	30	21	9,963

**Fuente:** Elaboración Propia

Figura 15: Velocidad de operación en Tramo 2: Carrera 22



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Desaceleración en intersecciones semaforizadas

Para analizar esta variable se tienen en cuenta únicamente aquellos recorridos donde la luz del semáforo se encontraba en color rojo, a partir de los datos extraídos del software Racelogic Vbox Lite, se registra el pico de velocidad, es decir la velocidad máxima a la cual venía el conductor antes de iniciar el frenado por encontrarse con un semáforo en luz roja y que distancia recorre hasta que se detiene por completo. A partir de estos datos se calculó la desaceleración mediante la ecuación:

$$a = \frac{V_f^2 - V_i^2}{25,92(X_f - X_i)}$$

Dónde:

- a: Aceleración ( $m/s^2$ )
- Vf: Velocidad final (Km/h)
- Vi: Velocidad inicial (Km/h)
- Xf: Posición final (m)
- Xi: Posición inicial (m)

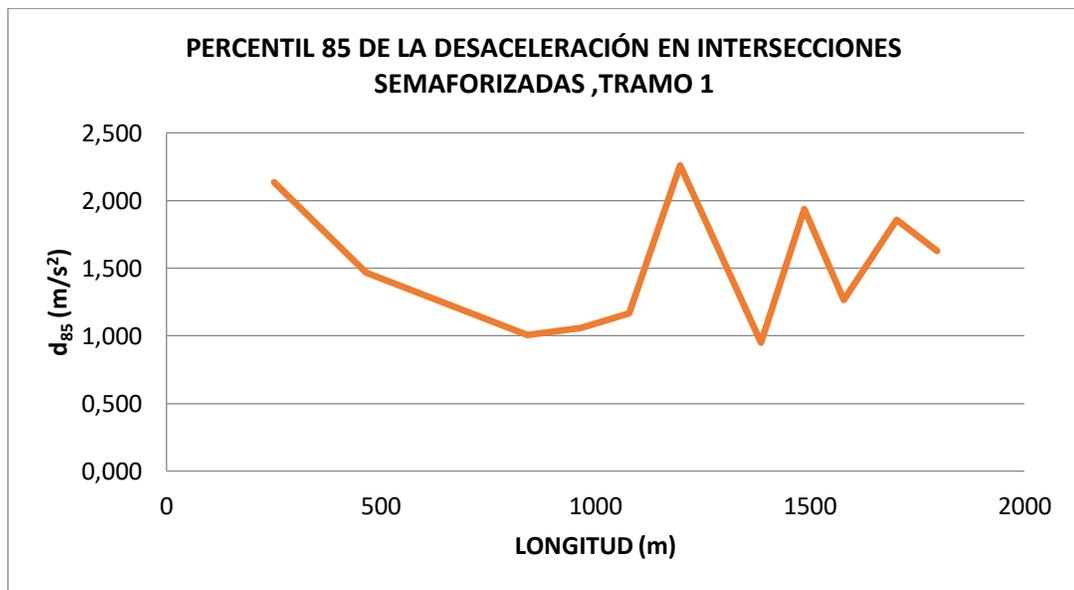
Después de obtener los valores de desaceleraciones se continuó con el cálculo del percentil 85 y la media aritmética de la desaceleración de cada tramo previo a intersecciones semaforizadas. A continuación, se observa en la Tabla 17 los resultados del percentil 85 de la desaceleración, media de desaceleración así como la desviación estándar de la desaceleración en el Tramo 1.

**Tabla 17:** Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 1: Carrera 27

Tramo 1: Carrera 27				
Semáforo N°	Ubicación (m)	Percentil 85 de la desaceleración (m/s <sup>2</sup> )	Desaceleración media (m/s <sup>2</sup> )	Desviación estándar de la desaceleración (m/s <sup>2</sup> )
1.1	250,93	2,134	1,229	0,670
1.2	465,22	1,469	0,797	0,867
1.3	841,54	1,004	0,606	0,315
1.4	965,75	1,057	0,291	0,310
1.5	1078,63	1,164	0,822	0,276
1.6	1197,76	2,260	1,224	0,966
1.7	1385,43	0,950	0,715	0,189
1.8	1486,25	1,936	0,998	0,632
1.9	1579,4	1,264	1,086	0,293
1.10	1702,43	1,859	1,253	0,829
1.11	1796,62	1,627	1,239	0,415

Fuente: Elaboración propia

**Figura 16:** Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 1



Fuente: Elaboración propia

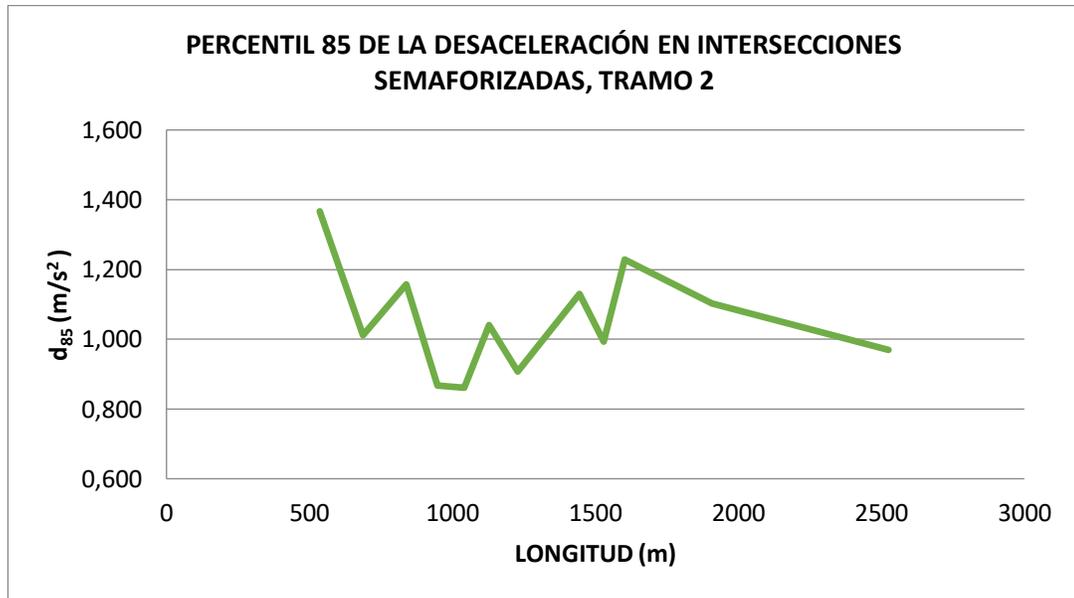
En la Tabla 19 se registran los resultados del percentil 85, desaceleración media y desviación estándar de la desaceleración del Tramo 2 y se representa visualmente en la Figura 17 a continuación.

**Tabla 18:** Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 2: Carrera 22

Tramo 2: Carrera 22				
Semáforo N°	Ubicación (m)	Percentil 85 de la desaceleración (m/s <sup>2</sup> )	Desaceleración media (m/s <sup>2</sup> )	Desviación estándar de la desaceleración (m/s <sup>2</sup> )
2.1	535,93	1,367	0,859	0,426
2.2	687,53	1,012	0,475	0,296
2.3	838,57	1,158	0,692	0,476
2.4	947,06	0,868	0,589	0,238
2.5	1042,08	0,861	0,439	0,308
2.6	1128,44	1,040	0,655	0,328
2.7	1227,94	0,908	0,569	0,480
2.8	1444,09	1,129	0,596	0,370
2.9	1529,37	0,993	0,581	0,353
2.10	1602,77	1,228	0,641	0,377
2.11	1906,98	1,102	0,802	0,544
2.12	2524,79	0,970	0,681	0,323

Fuente: Elaboración propia

**Figura 17:** Percentil 85 de la desaceleración en Tramo 2



Fuente: Elaboración propia

## 4.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes corresponden tanto a las características de la vía como al análisis del factor humano, es decir el test de conducción y personalidad; dichas variables independientes serán relacionadas con las variables dependientes para determinar su influencia.

### 4.2.1. Características geométricas de los tramos

Se recolectaron y procesaron los datos del levantamiento de campo tal cual se mostró en el plan experimental. Dentro de las características de la vía se encuentran variables como la longitud del tramo, ancho de calzada, número de carriles, ancho de carril y densidad de los objetos en zonas laterales. En la Tabla 19 se encuentra las características geométricas de los tramos analizados.

*Tabla 19: Características geométricas de los tramos*

Tramo N°	Longitud (m)	Ancho calzada (m)	N° Carriles	Ancho Carril (m)
1.1	250,93	10,31	3	3,44
1.2	214,29	10,31	3	3,44
1.3	376,32	10,31	3	3,44
1.4	124,21	10,31	3	3,44
1.5	112,88	10,31	3	3,44
1.6	119,13	10,31	3	3,44
1.7	187,67	10,31	3	3,44
1.8	100,82	10,31	3	3,44
1.9	93,15	10,31	3	3,44
1.10	123,03	10,31	3	3,44
1.11	94,19	10,31	3	3,44
2.1	535,93	8,36	2	4,18
2.2	151,6	8,36	2	4,18
2.3	151,04	8,36	2	4,18
2.4	108,49	8,36	2	4,18
2.5	95,02	8,36	2	4,18
2.6	86,36	8,36	2	4,18
2.7	99,5	8,36	2	4,18
2.8	216,15	8,36	2	4,18
2.9	85,28	8,36	2	4,18
2.10	73,4	8,36	2	4,18
2.11	304,21	8,36	2	4,18
2.12	617,81	8,36	2	4,18

*Fuente: Elaboración propia*

Una vez realizado el conteo de objetos en las zonas laterales de cada tramo se procedió a calcular la densidad de objetos por tramo mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad de objetos} = \frac{\text{Número objetos}}{\text{Longitud tramo}} \times 100$$

En la Tabla 20 se observa el número y densidad de árboles, postes, señales de tránsito y accesos existentes en las zonas laterales para ambos tramos en estudio: Carrera 27 y Carrera 22.

**Tabla 20:** Densidad de objetos por tramo

Tramo N°	Longitud (m)	N° Árboles (und)	N° Postes (und)	N° Señales (und)	N° Accesos (und)	Densidad Árboles (%)	Densidad Postes (%)	Densidad Señales (%)	Densidad Accesos (%)
1.1	250,93	21	7	2	2	8,37	2,79	0,80	0,80
1.2	214,29	25	9	3	3	11,67	3,59	1,20	1,20
1.3	376,32	45	15	3	4	11,96	5,98	1,20	1,59
1.4	124,21	12	6	2	1	9,66	2,39	0,80	0,40
1.5	112,88	15	7	2	1	13,29	2,79	0,80	0,40
1.6	119,13	10	6	2	2	8,39	2,39	0,80	0,80
1.7	187,67	18	10	3	3	9,59	3,99	1,20	1,20
1.8	100,82	13	6	3	2	12,89	2,39	1,20	0,80
1.9	93,15	7	5	2	1	7,51	1,99	0,80	0,40
1.10	123,03	15	7	3	1	12,19	2,79	1,20	0,40
1.11	94,19	15	15	6	3	15,93	5,98	2,39	1,20
2.1	535,93	51	53	4	5	9,52	21,12	1,59	1,99
2.2	151,6	0	6	2	3	0,00	2,39	0,80	1,20
2.3	151,04	11	6	2	2	7,28	2,39	0,80	0,80
2.4	108,49	0	6	0	1	0,00	2,39	0,00	0,40
2.5	95,02	6	3	2	1	6,31	1,20	0,80	0,40
2.6	86,36	0	1	1	1	0,00	0,40	0,40	0,40
2.7	99,5	0	3	1	2	0,00	1,20	0,40	0,80
2.8	216,15	21	7	8	2	9,72	2,79	3,19	0,80
2.9	85,28	1	3	1	1	1,17	1,20	0,40	0,40
2.10	73,4	3	3	0	2	4,09	1,20	0,00	0,80
2.11	304,21	6	23	4	6	1,97	9,17	1,59	2,39
2.12	617,81	60	45	8	8	9,71	17,93	3,19	3,19

**Fuente:** Elaboración propia

Dicha densidad se puede interpretar también de forma tal que se indique cada cuántos metros se encuentra un objeto que puede perturbar la visibilidad, esto se representa en la Tabla 23.

**Tabla 21:** Unidad de objetos por metros

Tramo N°	1 Árbol cada x metros (m)	1 Poste cada x metros (m)	1 Señal cada x metros (m)	1 Acceso cada x metros (m)
1.1	11,95	35,85	125,47	125,47
1.2	8,57	27,88	83,64	83,64
1.3	8,36	16,73	83,64	62,73
1.4	10,35	41,82	125,47	250,93
1.5	7,53	35,85	125,47	250,93
1.6	11,91	41,82	125,47	125,47
1.7	10,43	25,09	83,64	83,64
1.8	7,76	41,82	83,64	125,47
1.9	13,31	50,19	125,47	250,93
1.10	8,20	35,85	83,64	250,93
1.11	6,28	16,73	41,82	83,64
2.1	10,51	4,73	62,73	50,19
2.2	0,00	41,82	125,47	83,64
2.3	13,73	41,82	125,47	125,47
2.4	0,00	41,82	0,00	250,93
2.5	15,84	83,64	125,47	250,93
2.6	0,00	250,93	250,93	250,93
2.7	0,00	83,64	250,93	125,47
2.8	10,29	35,85	31,37	125,47
2.9	85,28	83,64	250,93	250,93
2.10	24,47	83,64	0,00	125,47
2.11	50,70	10,91	62,73	41,82
2.12	10,30	5,58	31,37	31,37

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.2.2. Test de conducción

El MDSI-S es la adaptación argentina del Inventario Multidimensional de estilos de conducción, mediante este instrumento se logra evaluar 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. [21]

El cuestionario MDSI-S, está compuesto por 41 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 22 nos da a conocer los resultados de los 40 conductores que participaron en el proyecto, evaluados en un rango de 0 a 10.

**Tabla 22: Resultados estilos de conducción**

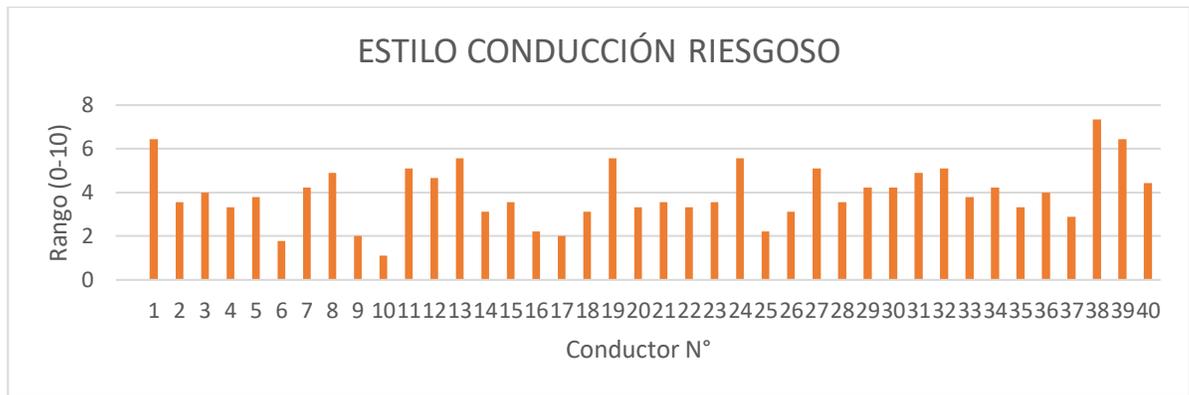
Conductor N°	Estilo Conducción Riesgoso	Estilo Conducción Disociativo	Estilo Conducción Agresivo	Estilo Conducción Prudente	Estilo Conducción Ansioso	Estilo Conducción Reducción de Estrés
1	6	2	8	7	3	8
2	4	1	5	8	3	5
3	4	2	4	3	3	4
4	3	0	2	6	3	6
5	4	4	5	5	3	7
6	2	3	3	7	3	6
7	4	4	5	5	3	6
8	5	3	6	3	5	6
9	2	3	5	6	4	5
10	1	1	4	3	3	7
11	5	2	4	9	3	7
12	5	1	4	6	2	5
13	6	3	6	5	2	6
14	3	3	5	3	4	6
15	4	4	7	1	3	7
16	2	2	1	4	1	5
17	2	2	3	3	1	5
18	3	2	3	6	1	5
19	6	1	6	4	4	6
20	3	3	5	7	4	5
21	4	3	4	7	5	5
22	3	3	3	4	2	4
23	4	3	3	3	2	2
24	6	5	4	1	3	3
25	2	2	4	3	5	5
26	3	3	4	5	3	6
27	5	3	2	5	5	4
28	4	3	3	4	3	4
29	4	3	5	6	4	3
30	4	3	4	5	3	5
31	5	3	3	5	3	2
32	5	3	4	4	2	6
33	4	4	6	2	3	4
34	4	2	7	2	6	5
35	3	3	5	4	3	6
36	4	4	7	1	1	2
37	3	3	5	1	5	3

38	7	4	6	3	1	2
39	6	5	4	3	4	4
40	4	5	3	3	5	3

Fuente: Elaboración propia

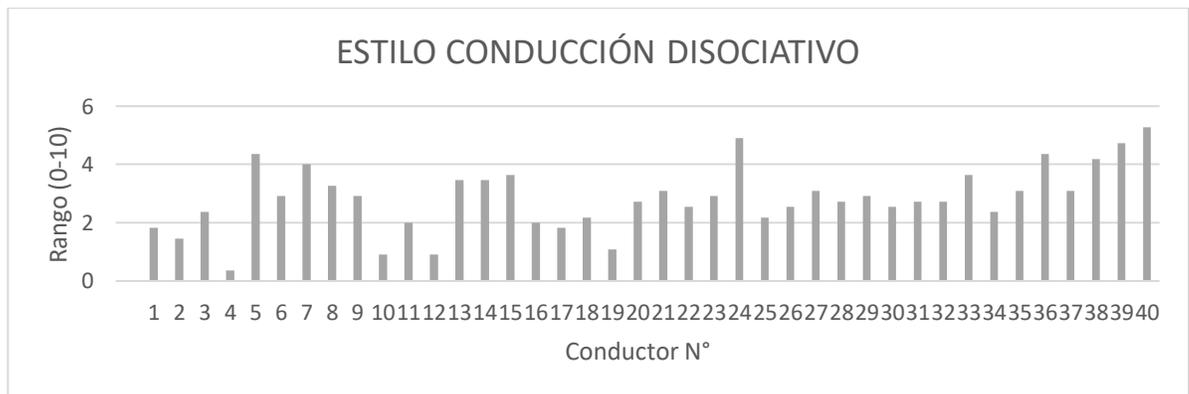
Una vez se obtienen los resultados del cuestionario de los 40 conductores, se procede a graficar dichos resultados por cada uno de los seis factores de estilo de conducción. El rango de evaluación va de 0 hasta 10.

Figura 18: Resultados estilo de conducción riesgoso



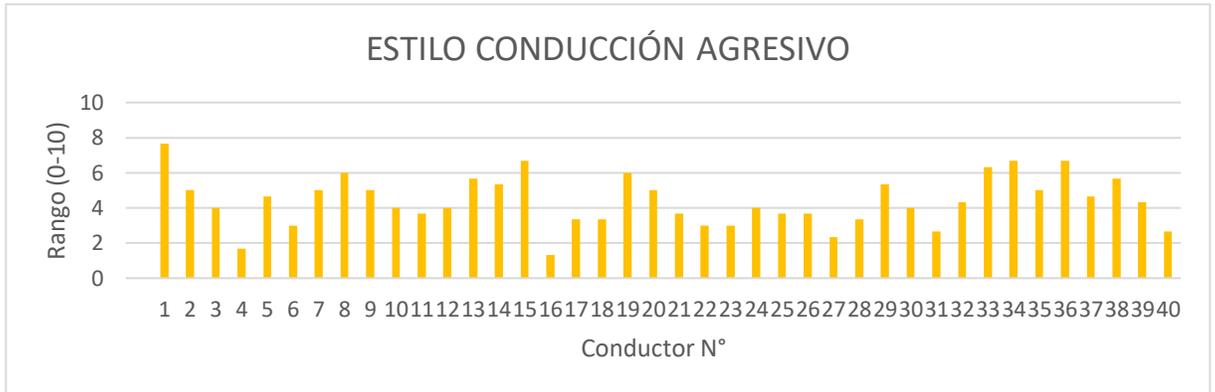
Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Resultados estilo de conducción disociativo



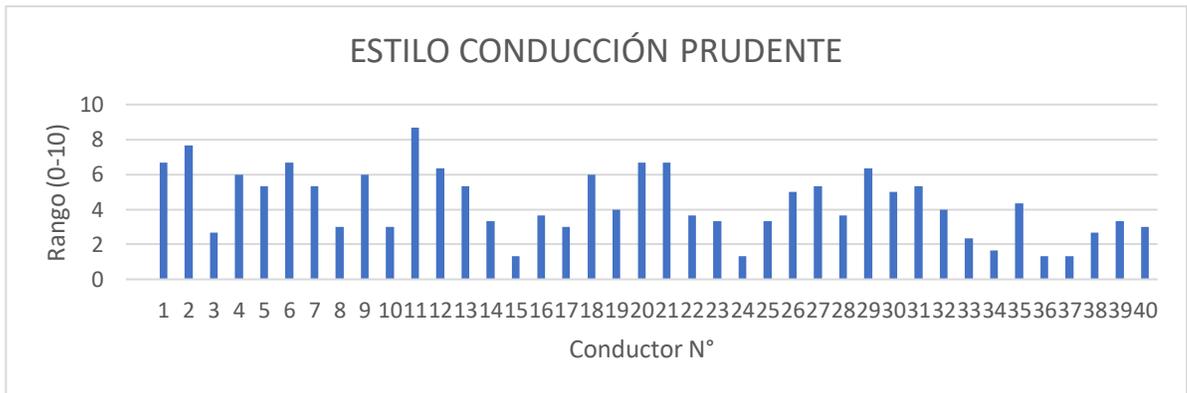
Fuente: Elaboración propia

**Figura 20:** Resultados estilo de conducción agresivo



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 21:** Resultados estilo de conducción prudente



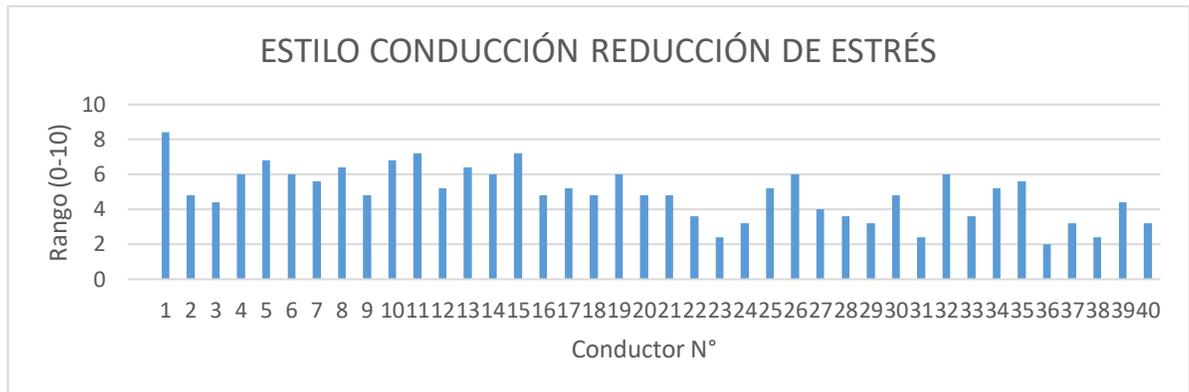
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 22:** Resultados estilo de conducción ansioso



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 23:** Resultados estilo de conducción reducción de estrés



**Fuente:** Elaboración propia

En los porcentajes obtenidos según las encuestas se evidencia que predomina el estilo de conducción de Reducción del Estrés con el porcentaje más alto, seguido de cerca por el estilo Prudente y por último se encuentra el estilo Riesgoso. Los estilos Disociativo y Ansioso se omiten en la presente investigación ya que no tienen influencia en la población estudiada, los datos se pueden observar en la Tabla 23.

**Tabla 23:** Porcentajes estilos de conducción

Estilo de Conducción	Porcentaje (%)
Riesgoso	20
Disociativo	0
Agresivo	10
Prudente	32,5
Ansioso	0
Reducción de Estrés	37,5

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.3. Test de personalidad

El instrumento empleado para analizar la personalidad de los 40 conductores participantes fue el test de personalidad ZKPQ-50-CC. La encuesta consta de 53 preguntas, evaluadas en un rango de 0 a 10 y sus resultados se interpretan en 5 escalas: Actividad (Act), Agresión/Hostilidad (Agg-Host), Impulsividad/Búsqueda de Sensaciones (ImpSS), Neurotismo/Ansiedad (N-Anx), Sociabilidad (Sy) [22]. Mediante la aplicación de esta se logra evaluar la influencia que tiene el factor humano en la conducción y más específicamente en la velocidad de operación. La Tabla 24 nos da a conocer los resultados:

**Tabla 24:** Resultados rasgos de personalidad

Conductor N°	Actividad (Act)	Agresividad-Hostilidad (Agg-Host)	Impulsividad-Búsqueda Sensaciones (ImpSS)	Neurotismo - Ansiedad (N-Anx)	Sociabilidad (Sy)
1	2	4	1	0	7
2	10	9	9	6	2
3	4	3	7	0	6
4	7	1	4	1	4
5	6	5	9	1	4
6	8	2	5	7	4
7	2	8	4	6	6
8	9	9	7	0	4
9	5	1	6	1	6
10	6	5	4	0	4
11	7	3	6	2	4
12	3	2	4	0	3
13	6	2	4	0	5
14	9	4	2	3	4
15	2	4	1	1	6
16	6	2	1	7	9
17	9	5	9	0	6
18	3	4	3	5	7
19	5	4	5	3	4
20	7	4	3	2	6
21	2	10	3	2	0
22	1	3	6	1	2
23	7	5	9	1	4
24	8	7	4	2	6
25	5	4	6	3	7
26	3	2	10	5	7
27	9	7	8	2	5
28	6	6	5	0	6
29	4	1	4	0	5
30	4	9	9	1	5
31	9	4	4	2	3
32	5	6	2	0	2
33	3	6	8	6	3
34	2	8	7	9	3
35	7	7	8	7	7
36	2	5	3	0	5
37	9	4	2	3	4
38	3	2	4	0	2
39	10	0	3	6	2
40	7	4	1	3	6

*Fuente:* Elaboración propia

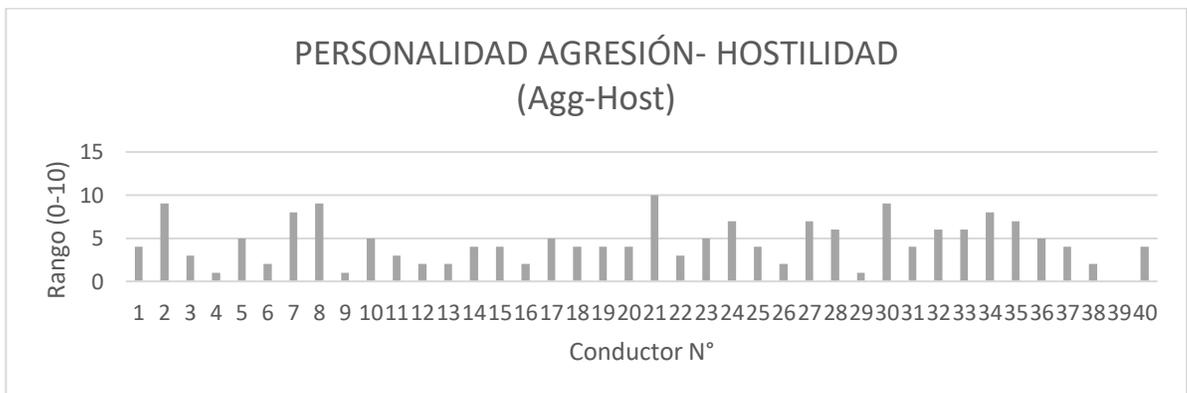
Después de obtener los resultados del cuestionario de cada conductor, se graficó por cada rasgo de personalidad con una escala de evaluación entre 0 y 10.

**Figura 24:** Resultados personalidad actividad



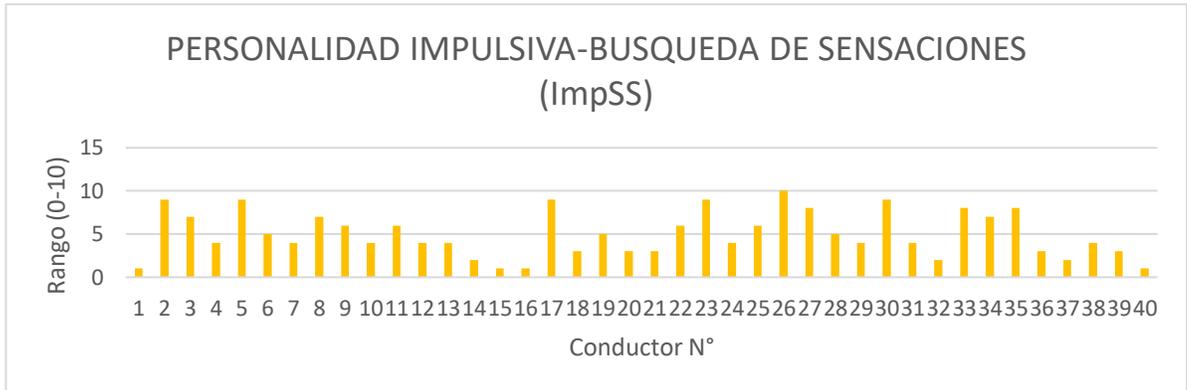
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25:** Resultados personalidad agresión - hostilidad



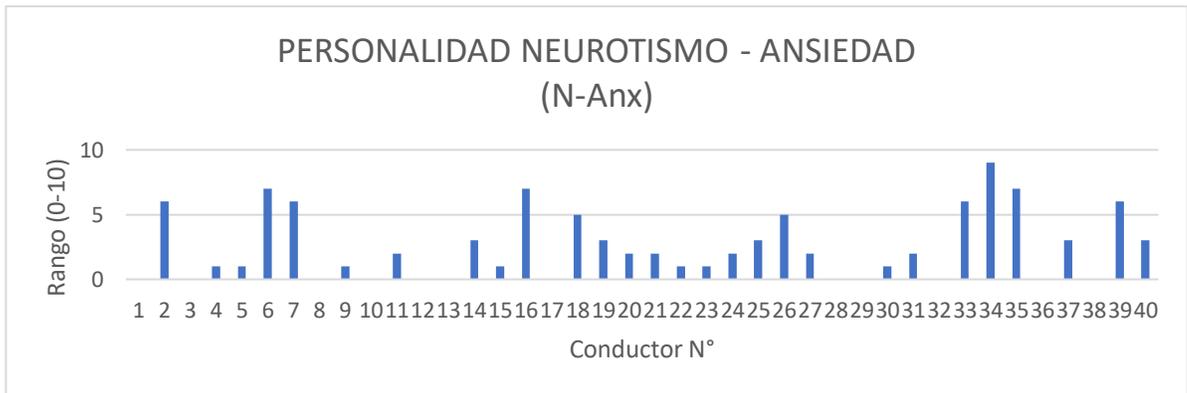
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 26:** Resultados personalidad impulsiva –búsqueda de sensaciones



Fuente: Elaboración propia

**Figura 27:** Resultados personalidad neurotismo - ansiedad



Fuente: Elaboración propia

**Figura 28:** Resultados personalidad sociabilidad



Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos, se pudo observar los rasgos de personalidad que predominan en el grupo de conductores evaluado. Actividad fue el rasgo con mayor porcentaje de los 5, seguido muy de cerca del rasgo Impulsividad/Búsqueda de Sensaciones, continúan los rasgos de Sociabilidad, Agresividad y por último Neurotismo, en la Tabla 25 se pueden observar cada uno de los porcentajes.

**Tabla 25:** Porcentajes rasgos de personalidad

Rasgo de personalidad	Porcentaje (%)
Actividad (Act)	32,5
Agresividad- Hostilidad (Agg-Host)	15
Impulsividad- Búsqueda Sensaciones (ImpSS)	30
Neurotismo – Ansiedad (N-Anx)	2,5
Sociabilidad (Sy)	20

**Fuente:** Elaboración propia

## 5. ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se muestra el análisis de patrones de comportamiento, el objetivo es determinar las variables que más influyeron en la elección de la velocidad y desaceleración. Se procede a analizar la relación de las variables dependientes (velocidad máxima, velocidad de operación, velocidad media, percentil 85 de desaceleración y desaceleración media), con respecto a las variables independientes (geometría de la vía previo a intersecciones semaforizadas, características físicas y psicológicas de conductores).

Todos estos análisis fueron realizados mediante regresión lineal utilizando el programa Excel 2016. Al hacer el análisis estadístico automáticamente se obtiene un valor de P, dicho valor debe ser menor o igual a 0,05 para que la variable en estudio sea considerada como significativa y con el cual se garantiza un nivel de confianza del 95%.

Este capítulo está dividido en cuatro partes, en el cual los dos primeros subcapítulos corresponden al análisis de la velocidad y la desaceleración en intersecciones semaforizadas, seguido por el subcapítulo que presenta las ecuaciones de predicción de velocidad y desaceleración y culmina presentando la validación de todas las ecuaciones de predicción.

### 5.1. VELOCIDADES EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

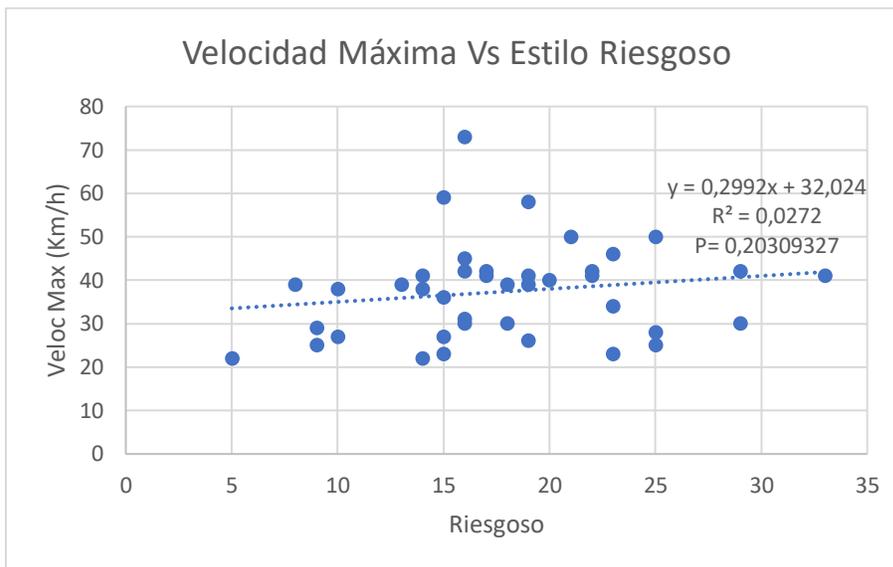
#### 5.1.1. Velocidad máxima

Al finalizar el recorrido del circuito establecido, se le solicitó a todos los conductores responder dos test relacionados con el estilo de conducción (MDSI-S) y rasgos de personalidad (ZQPK-50-cc) estos nos brindan información importante sobre el comportamiento del conductor y del vehículo con la finalidad de conocer la relación que existe con la velocidad máxima. Esto se muestra a continuación.

##### 5.1.1.1. Estilos de conducción

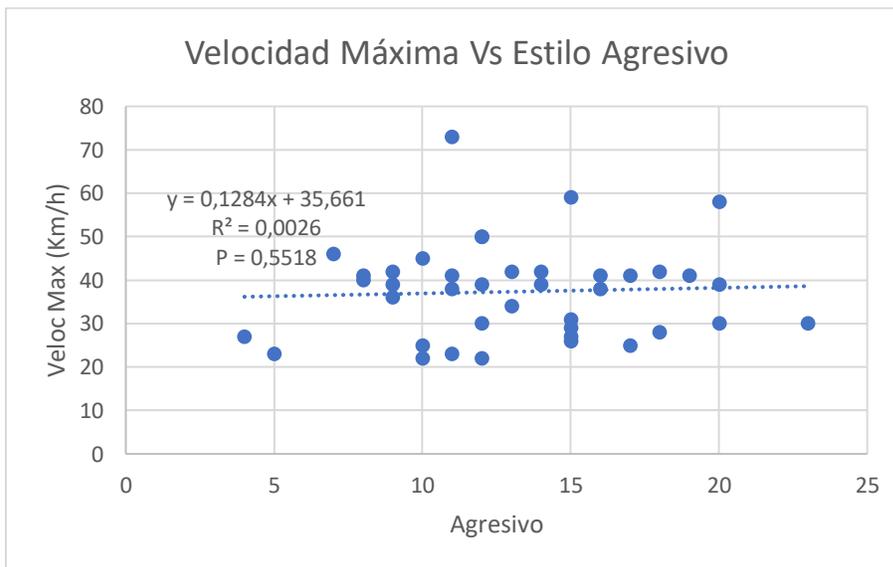
Se relacionó los resultados de los Estilos de Conducción predominantes respecto a la Velocidad Máxima. Para cada estilo se realizó un análisis de regresión simple y se colocó el coeficiente de determinación (P). Esto se hizo con el fin de conocer si existía relación estadística entre ambas variables. En las Figuras 29 hasta 32 se muestra la relación entre la velocidad máxima versus cada estilo de conducción.

**Figura 29:** Relación Veloc. Max y Estilo Riesgoso



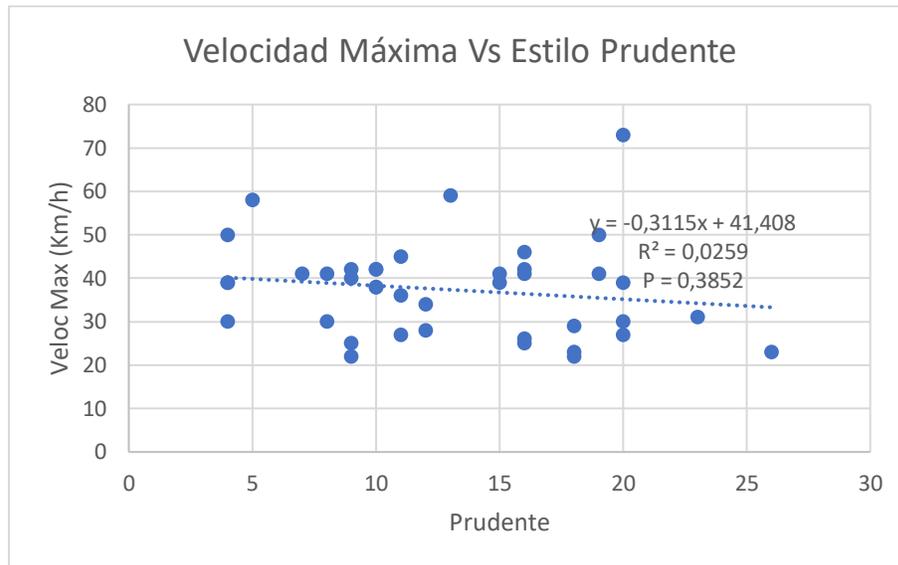
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 30:** Relación Veloc. Max y Estilo Agresivo



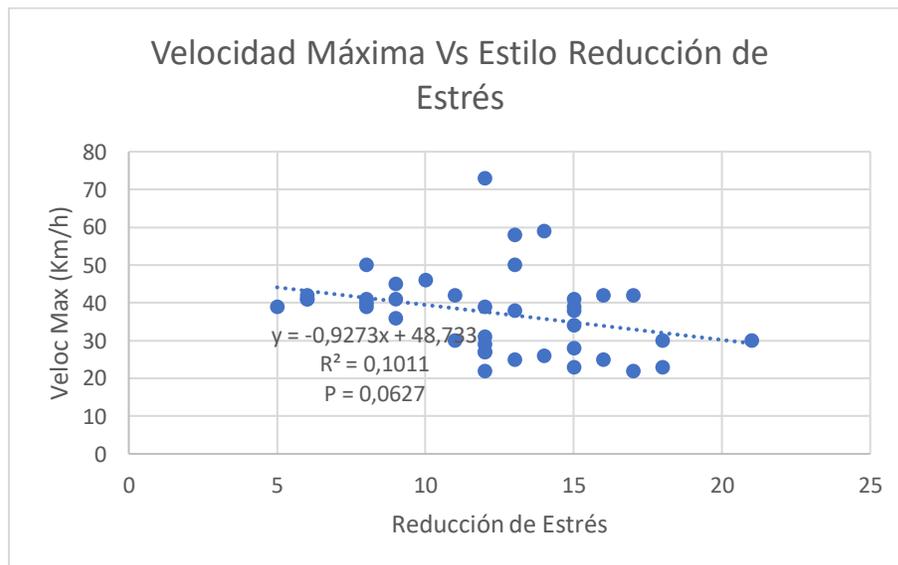
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 31:** Relación Veloc. Max y Estilo Prudente



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 32:** Relación Veloc. Max y Estilo Reducción de Estrés



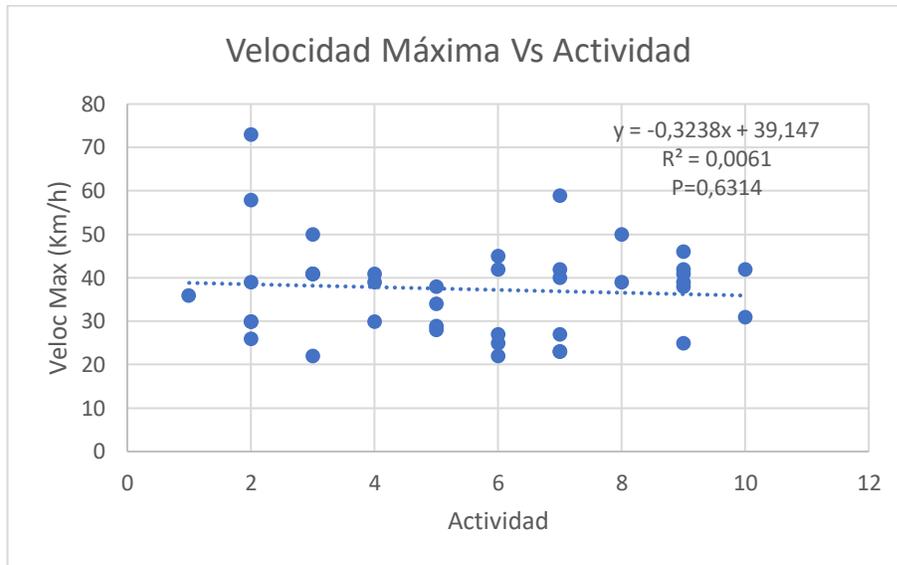
**Fuente:** Elaboración propia

Según los resultados obtenidos al graficar y realizar la regresión lineal en Excel, no existe relación alguna entre la Velocidad Máxima y los estilos de conducción ya que todos los valores de P encontrados son mayores a 0,005. Por lo que esta variable se descarta y no intervendrá en las ecuaciones de predicción de velocidad.

### 5.1.1.2. Rasgos de personalidad

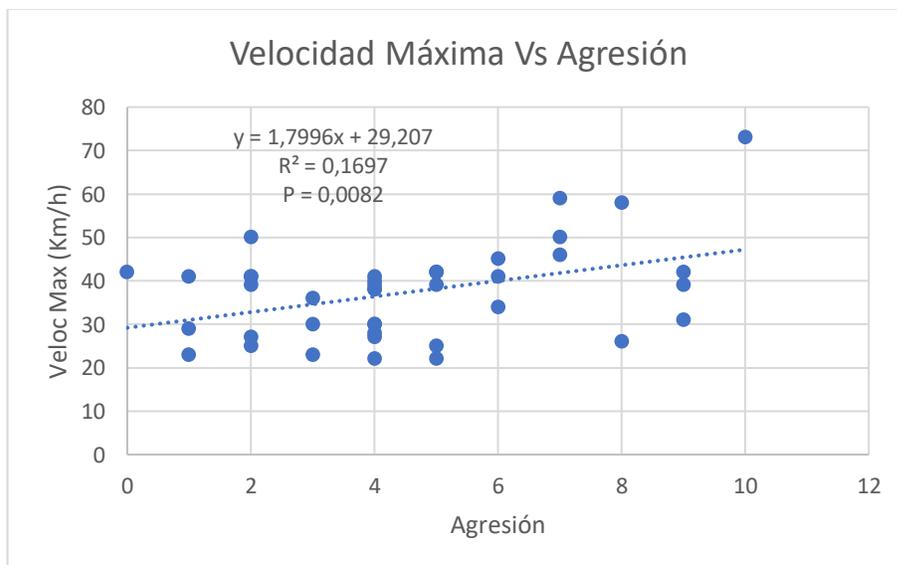
De igual forma se relacionaron los Rasgos de Personalidad respecto a la Velocidad Máxima. Para cada rasgo se realizó un análisis de regresión lineal. Esto se hizo con el fin de conocer si existía relación estadística entre ambas variables. En las Figuras 33 hasta 37 se muestra la relación entre dichas variables.

**Figura 33:** Relación Veloc. Max y Actividad



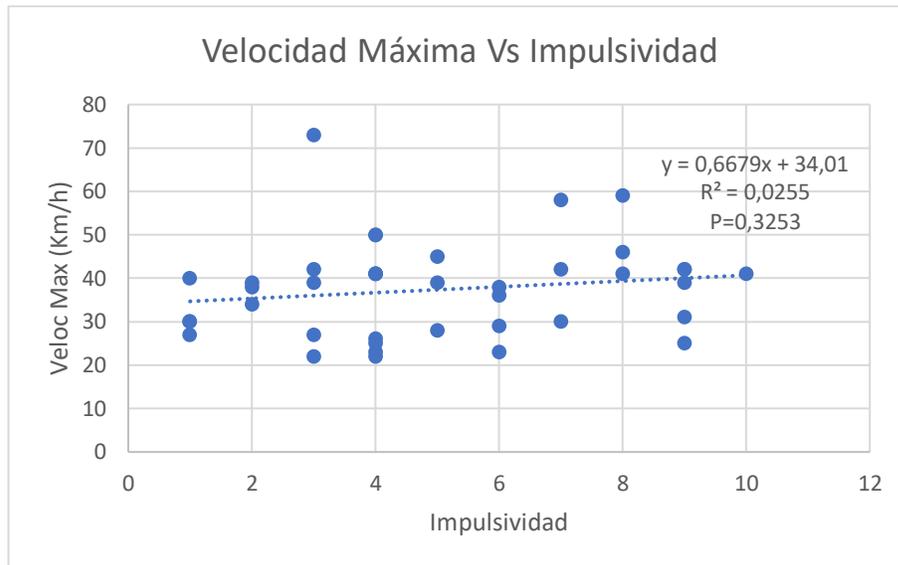
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 34:** Relación Veloc. Max y Agresión



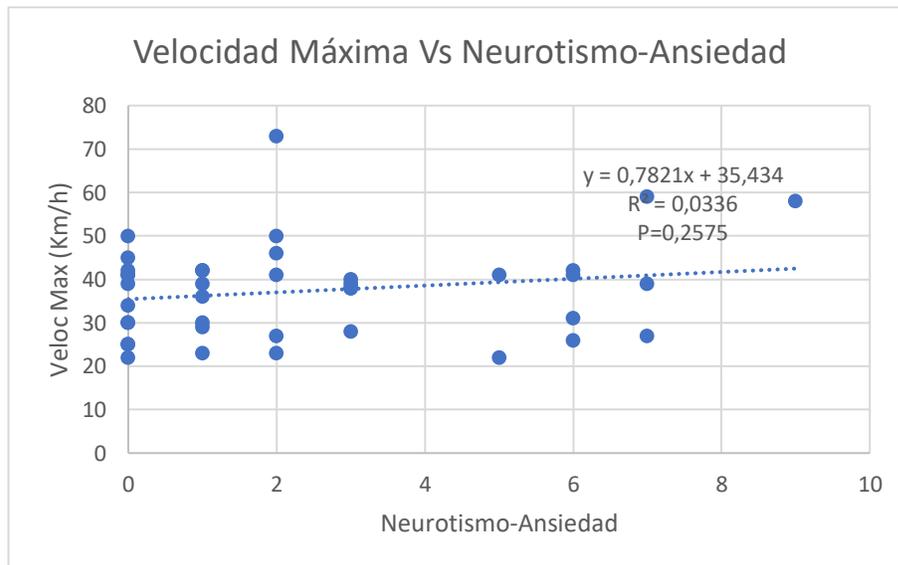
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 35:** Relación Veloc. Max e Impulsividad



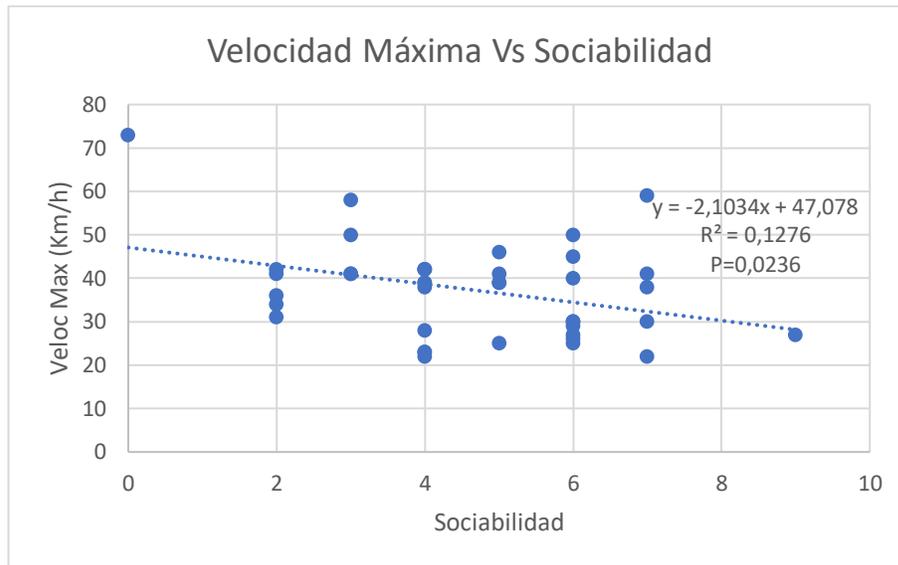
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 36:** Relación Veloc. Max y Neurotismo



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 37:** Relación Veloc. Max y Sociabilidad



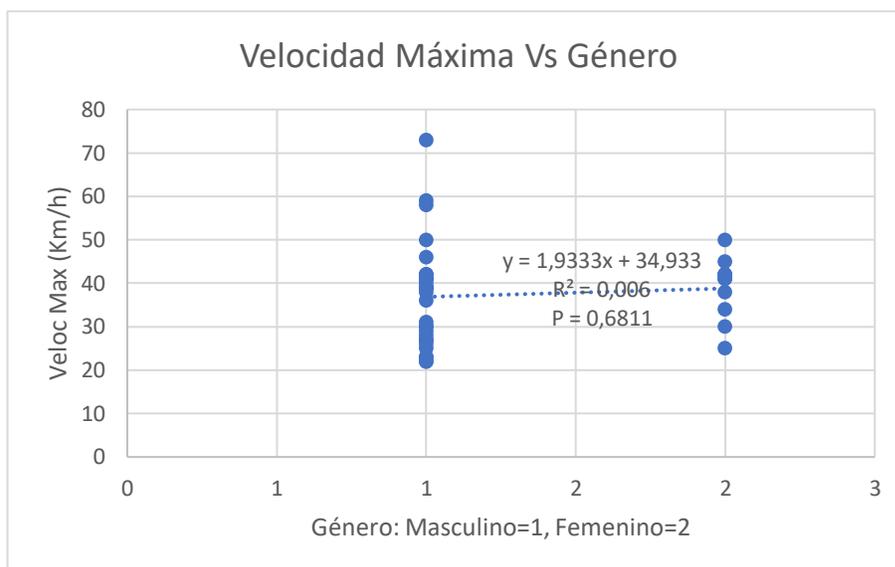
**Fuente:** Elaboración propia

Los Rasgos de Personalidad significativos respecto a la Velocidad Máxima fueron únicamente Agresividad siendo esta directamente proporcional a la velocidad máxima, por el contrario, el rasgo de Sociabilidad presentó una relación inversamente proporcional.

### 5.1.1.3. Características del conductor

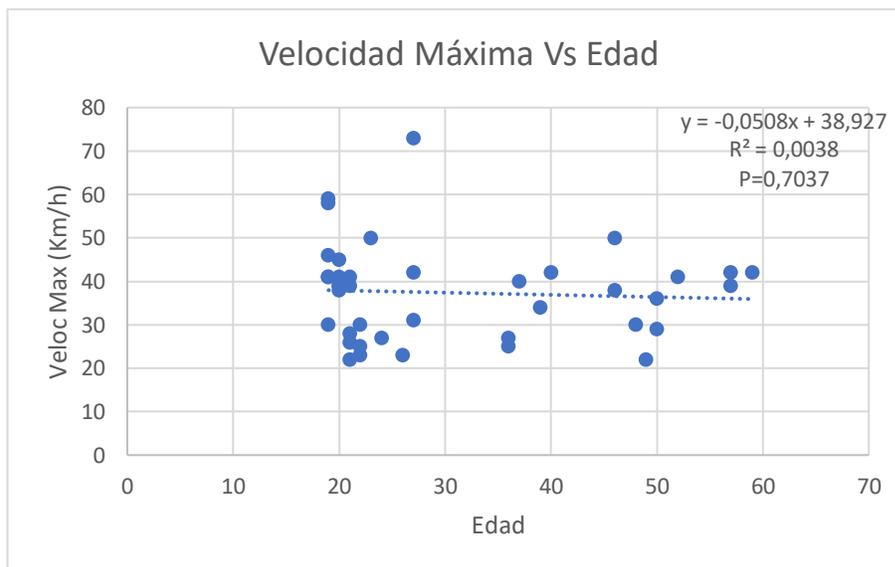
Por medio de las encuestas se recolectó información relacionada a las características del conductor como género, edad y años de experiencia. Esto para comprobar si dichas variables intervienen en la velocidad máxima como se observa en la Figura 38 hasta la Figura 40.

**Figura 38:** Relación Veloc. Max y Género

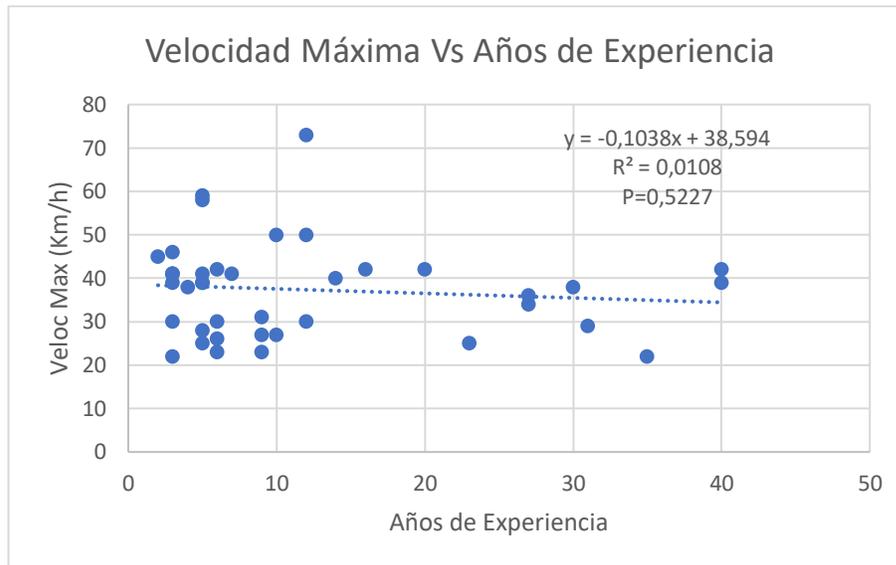


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 39:** Relación Veloc. Max y Edad



**Figura 40:** Relación Veloc. Max y Años de Experiencia



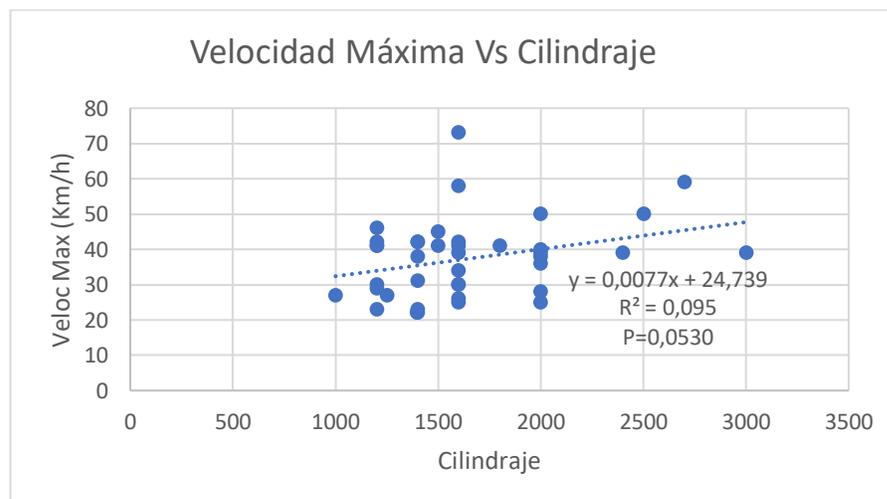
**Fuente:** Elaboración propia

Esta variable no resultó estadísticamente significativa con la velocidad máxima, por lo tanto no será utilizada en los modelos de velocidad.

#### 5.1.1.4. Características del vehículo

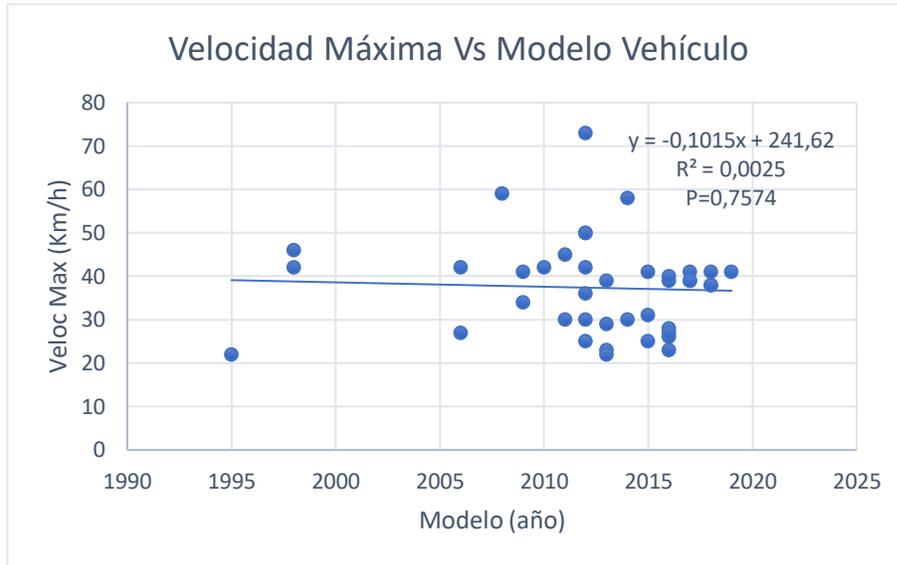
En la encuesta también se incluyeron preguntas relacionadas al vehículo empleado en cada recorrido como cilindraje, modelo y tipo. Esto para comprobar si el estado del mismo era influyente con la velocidad máxima de cada conductor. Se realiza la gráfica de dispersión de datos tal como se muestra en las Figuras 41 a la 43.

**Figura 41:** Relación Veloc. Max y Cilindraje del Vehículo



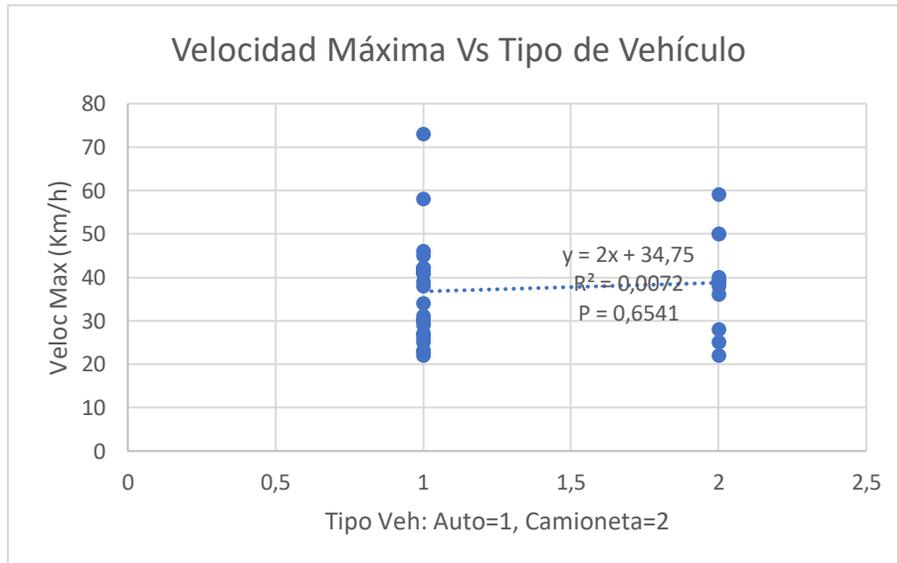
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 42:** Relación Veloc. Max y Modelo del Vehículo



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 43:** Relación Veloc. Max y Tipo de Vehículo



**Fuente:** Elaboración propia

Así mismo con una relación lineal y con el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) se comprobó que no existe una relación alta entre estas variables dado que los valores tienden más a cero que a uno y los puntos se encontraron muy dispersos alrededor de la línea de tendencia, por lo tanto, no son estadísticamente significativas, y no se las incluirá en los modelos de predicción.

A manera de resumen se presenta la Tabla 26, en la cual se introducen los valores de P obtenidos del programa Excel, partiendo del hecho de que una variable es significativa siempre y cuando el valor de P sea menor a 0,05 garantizando así un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 26:** Influencia Variables Independientes respecto a Velocidad Máxima

Velocidad Máxima			
Variables independientes		Valor P	Influye (P≤0,05)
Estilo Conducción	Riesgoso	0,203	NO
	Agresivo	0,552	NO
	Prudente	0,385	NO
	Reducc. Estrés	0,063	NO
Rasgo Personalidad	Actividad	0,632	NO
	Agresividad	0,008	SI
	Impulsividad	0,325	NO
	Neurotismo	0,258	NO
	Sociabilidad	0,024	SI
Características Conductor	Genero	0,681	NO
	Edad	0,704	NO
	Años experiencia	0,523	NO
Características Vehículo	Cilindraje	0,053	NO
	Modelo	0,757	NO
	Tipo	0,654	NO

*Fuente: Elaboración propia*

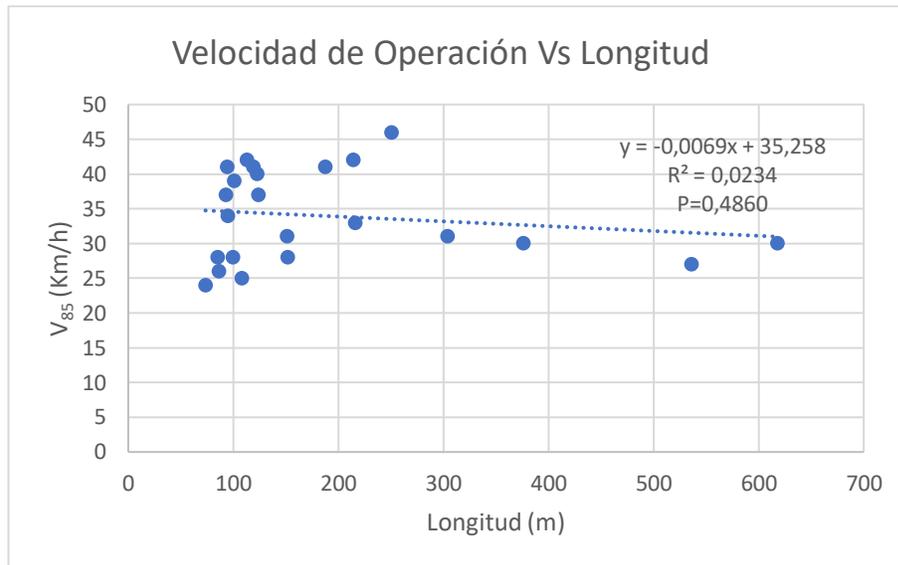
### 5.1.2. Velocidad operación

Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales con respecto al percentil 85 de la velocidad del tramo en estudio.

#### 5.1.2.1. Características geométricas de la vía

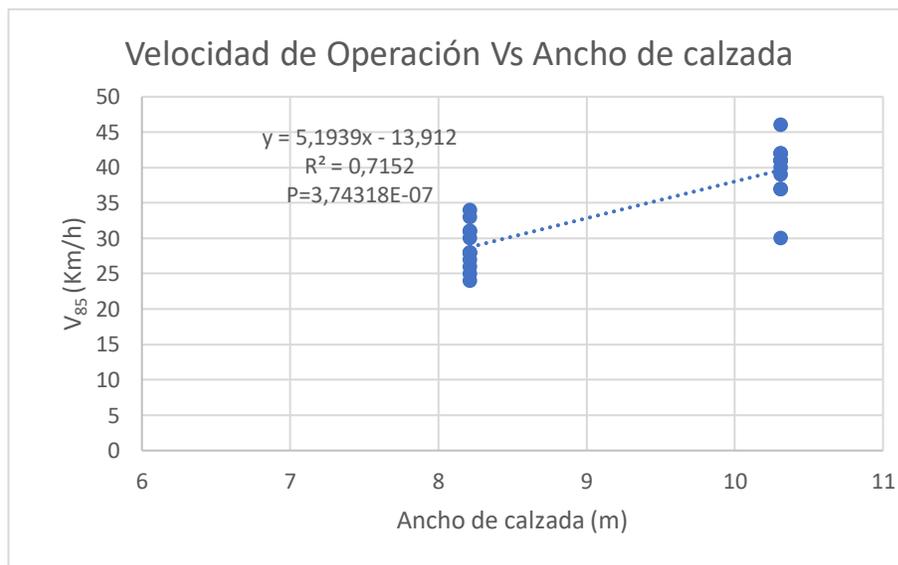
En las Figuras 44 hasta la Figura 47 se observan las relaciones entre las características geométricas de la vía como longitud, ancho de calzada, número de carriles y ancho de carril, respecto a la velocidad de operación, en las gráficas se indica el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y los valores P calculados, los cuales indicaron el nivel de significancia de las variables relacionadas.

**Figura 44:** Relación Veloc. Operación y Longitud



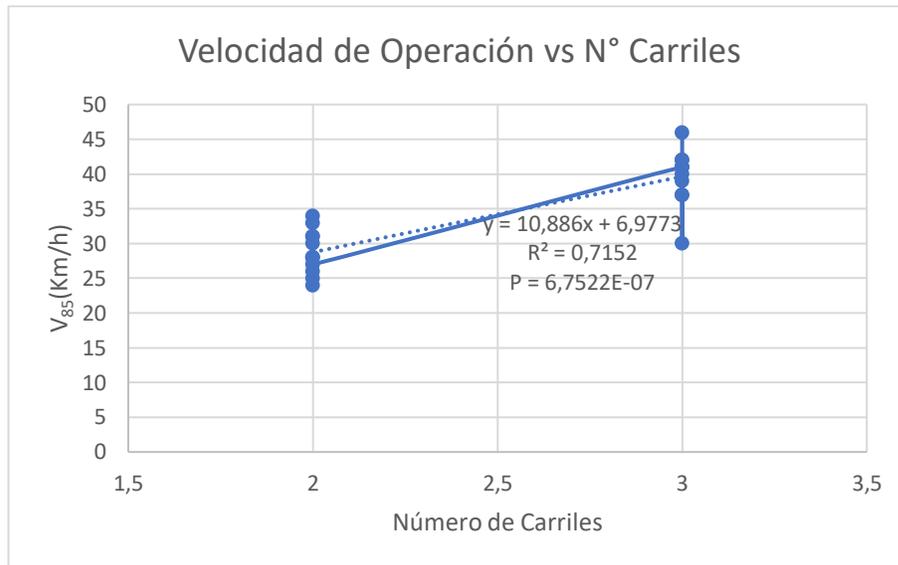
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 45:** Relación Veloc. Operación y Ancho de Calzada



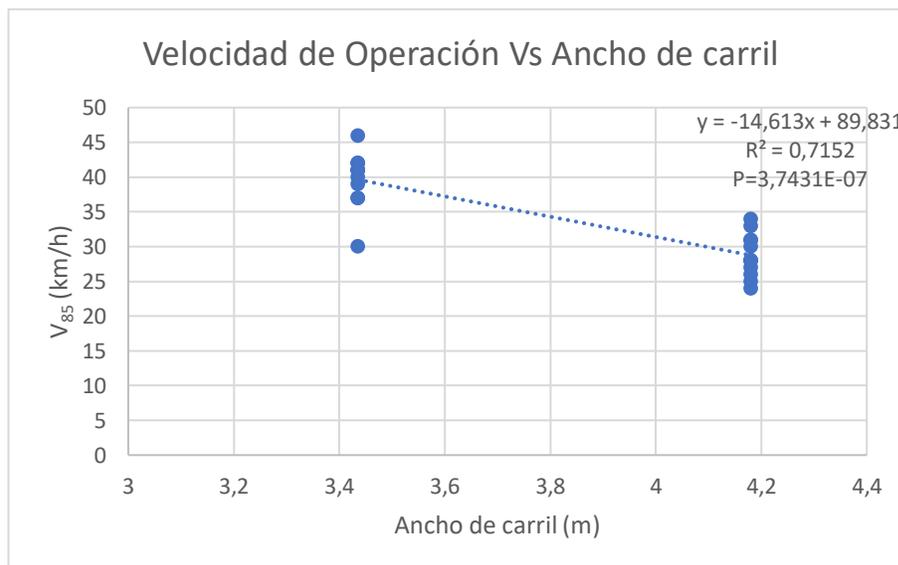
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 46:** Relación Veloc. Operación y N° de Carriles



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 47:** Relación Veloc. Operación y Ancho de Carril



**Fuente:** Elaboración propia

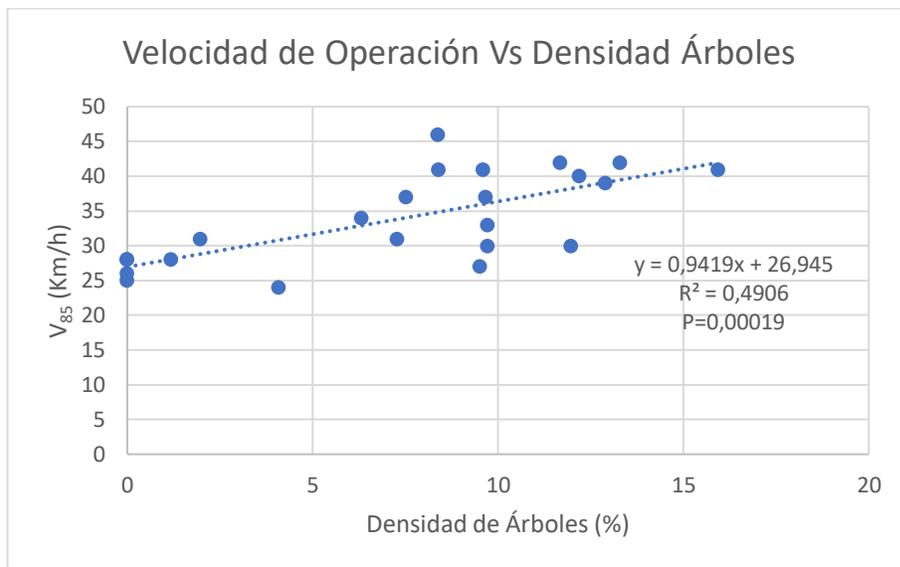
Los resultados de los análisis de las características geométricas en las vías arrojan que la longitud fue la única variable que no representó una relación lineal con la Velocidad de Operación. Por el contrario las variables de ancho de calzada, número de carriles y ancho de carril según el análisis estadístico realizado por el programa Excel determinaron ser significativas.

Sin embargo al analizar la gráfica de ancho de carril se dedujo que no es coherente ya que al aumentar el ancho de carril la velocidad disminuye, por esta razón dicha variable será descartada.

#### 5.1.2.2. Densidad de objetos

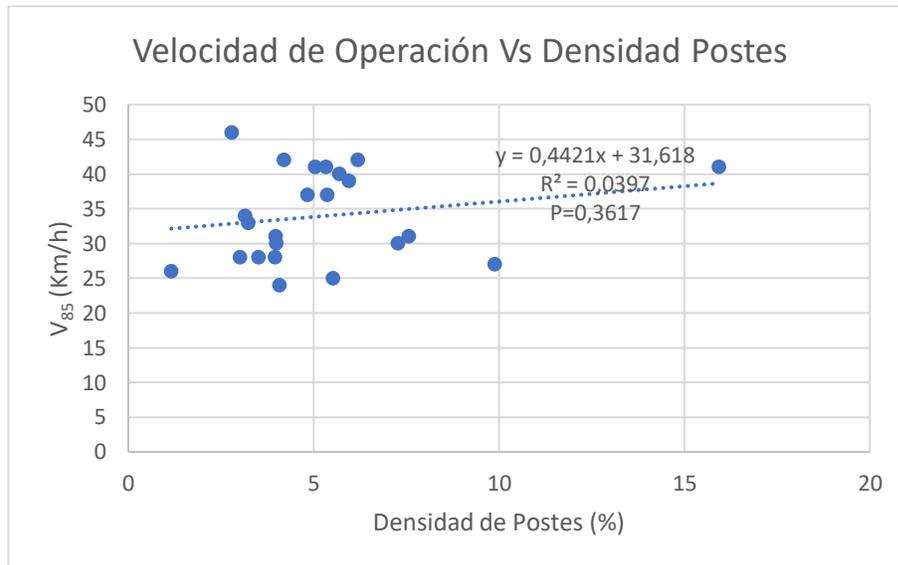
Es fundamental realizar el análisis de densidad de objetos en las zonas laterales de la vía ya que estos podían obstruir o impedir la vista clara del conductor influyendo así en la velocidad de operación. Las gráficas estadísticas de esta variable se pueden observar desde la Figura 48 hasta la Figura 51.

**Figura 48:** Relación Veloc. Operación y Densidad de Árboles



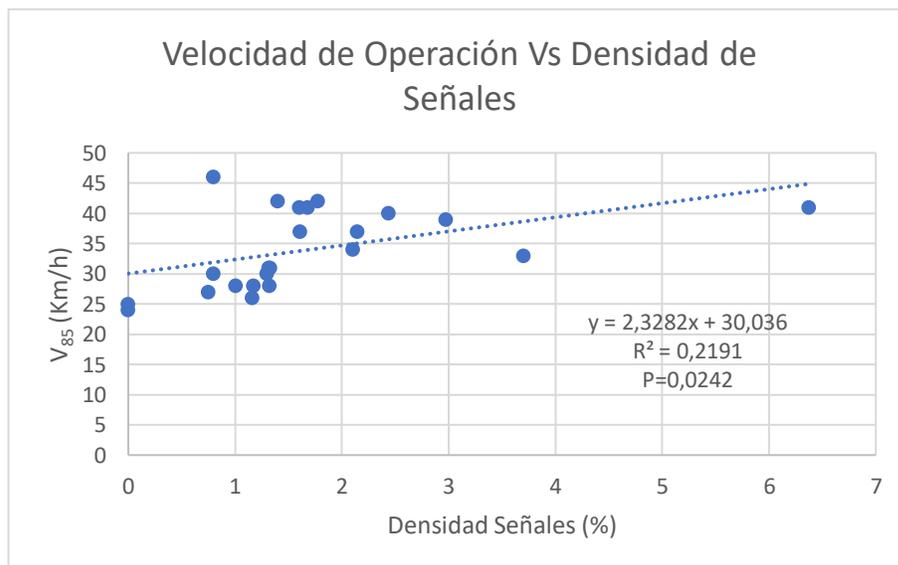
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 49:** Relación Veloc. Operación y Densidad de Postes



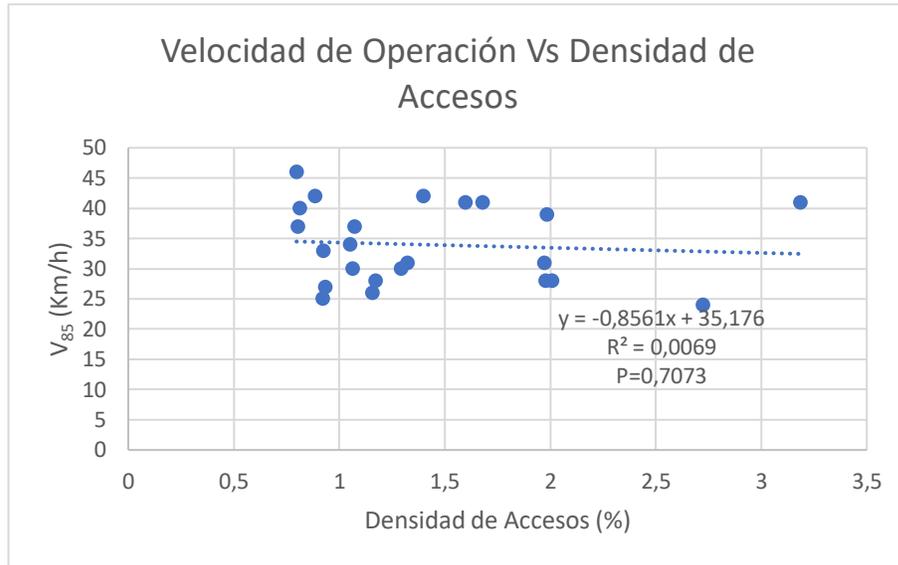
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 50:** Relación Veloc. Operación y Densidad de Señales



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 51:** Relación Veloc. Operación y Densidad de Accesos



**Fuente:** Elaboración propia

Los valores de P obtenidos del programa Excel (Excel, 2016) que se observan en la Tabla 27, la presencia de árboles 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. No obstante al momento de realizar el análisis gráfico se observó que estas variables son directamente proporcionales a la velocidad de operación lo que es incongruente por lo tanto no se tendrán en cuenta.

**Tabla 27:** Influencia Variables Independientes respecto a Velocidad de Operación

Velocidad de Operación				
Variable Independiente		Valor P	Influye (P≤0,05)	Ecuación
Caract. Geométricas Vía	Longitud	0,486	NO	-
	Ancho de Calzada	3,74E-07	SI	$y = 5,1939x - 13,912$
	Número de Carriles	6,7522E-07	SI	$y = 10,886x + 6,9773$
	Ancho de Carril	3,74E-07	NO	-
Densidad de Objetos	Árboles	0,00019	NO	-
	Postes	0,3617	NO	-
	Señalización	0,0242	NO	-
	Accesos	0,7073	NO	-

**Fuente:** Elaboración propia

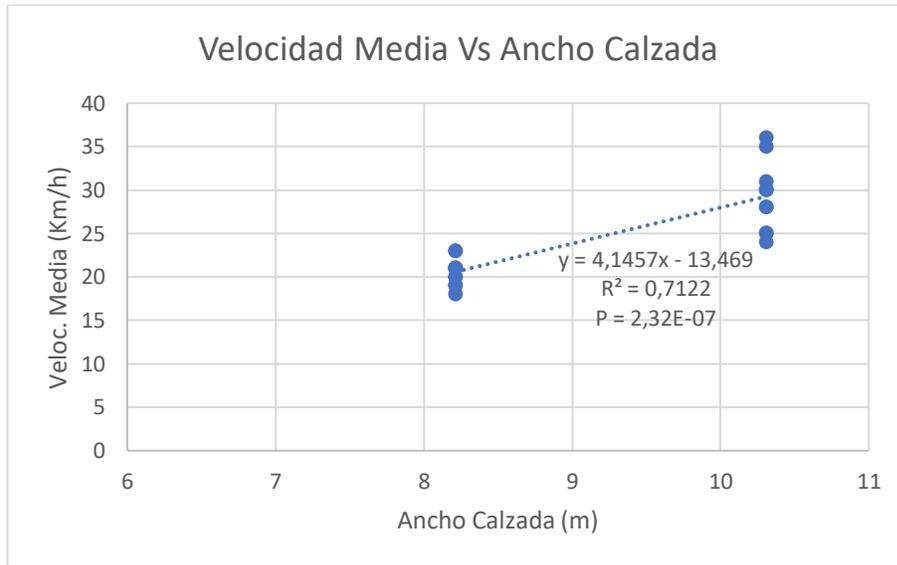
### 5.1.3. Velocidad media

Se analizaron las características geométricas y la densidad de objetos en las zonas laterales respecto a la velocidad media del circuito en estudio.

### 5.1.3.1. Características geométricas de la vía

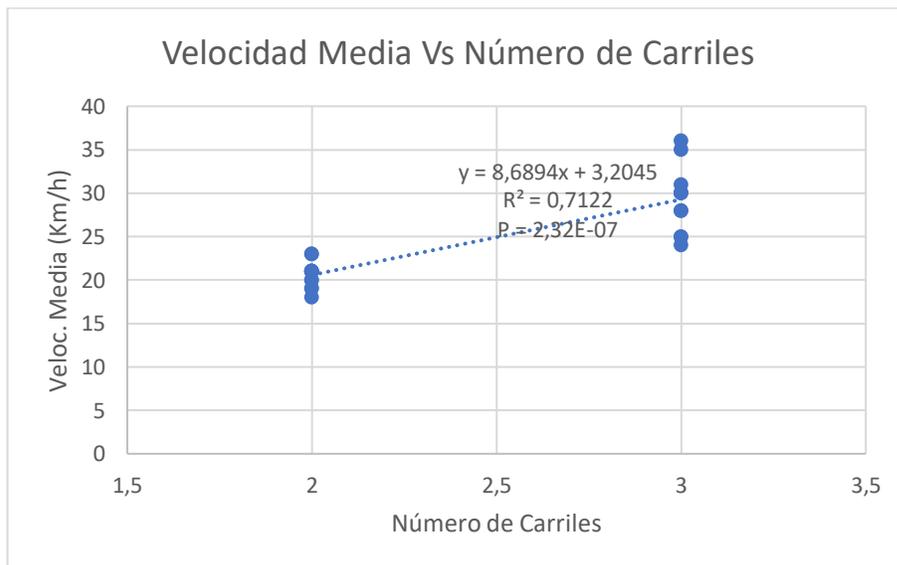
A continuación se presentan en la Figura 52 hasta 54 las variables que son estadísticamente significantes al relacionar la velocidad con las características geométricas de la vía.

**Figura 52:** Relación Veloc. Media y Ancho de Calzada



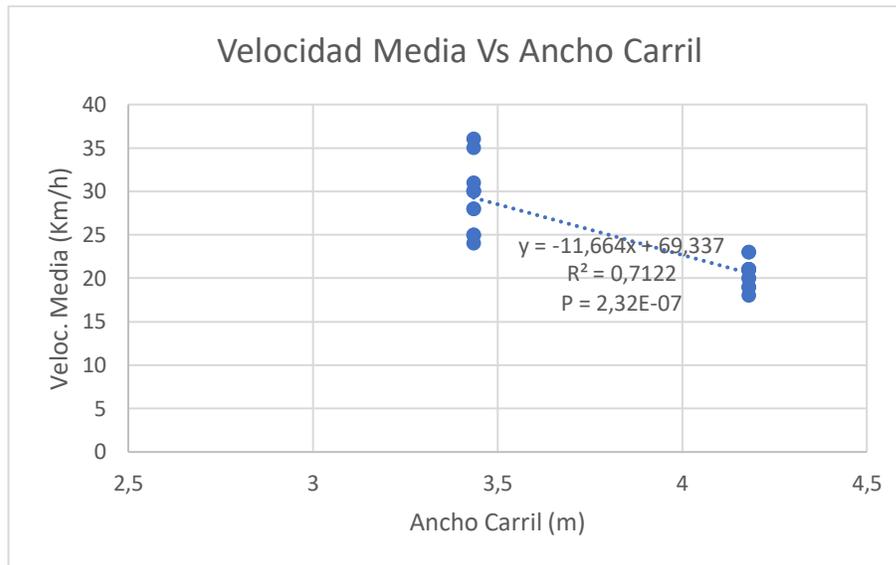
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 53:** Relación Veloc. Media y Número de Carriles



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 54:** Relación Veloc. Media y Ancho de Carril



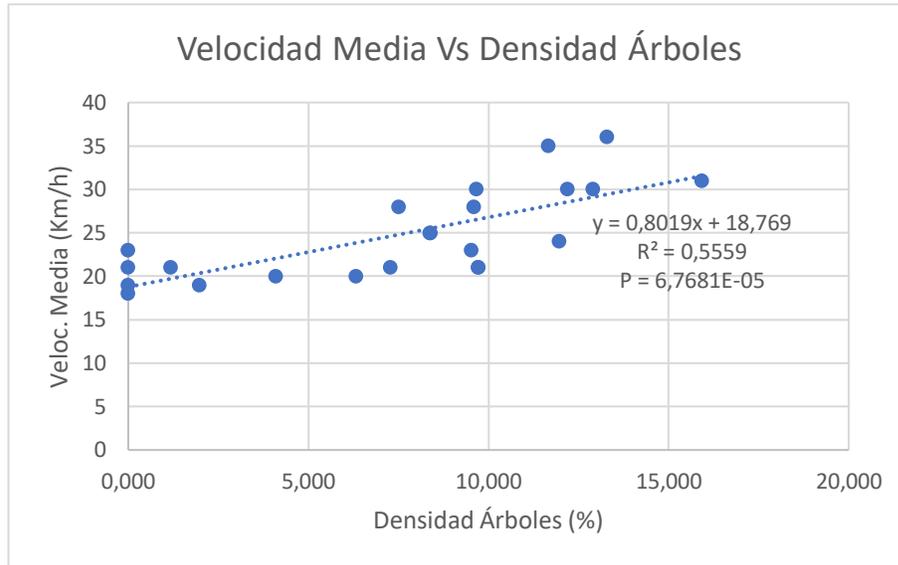
**Fuente:** Elaboración propio

Obteniendo como variables significativas entre la relación de velocidad media y las características geométricas de la vía el ancho de calzada, el número de carriles y el ancho de carril. De las gráficas se puede analizar que aunque el ancho del carril presente una mayor longitud, la velocidad media tiende a disminuir, por este motivo esta variable no es influyente.

#### 5.1.3.2. Densidad de objetos

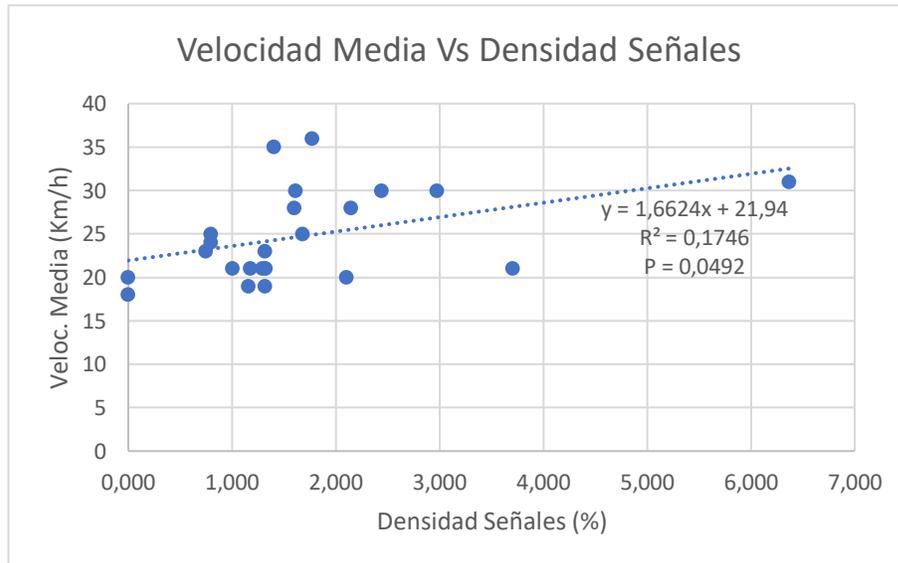
Se analizaron las densidades de objetos en las zonas laterales con respecto a la velocidad media de cada tramo correspondiente. A continuación, en la Figura 55 y 56, se puede observar que las variables independientes de densidad de árboles y señales presentaron gráficamente que existe una regresión lineal positiva.

**Figura 55:** Relación Veloc. Media y Densidad de Árboles



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 56:** Relación Veloc. Media y Densidad de Señales



**Fuente:** Elaboración propia

Las densidades de objetos (árboles y señalización) no representan una secuencia lógica, por lo tanto esta variable no tendrá validez.

Los valores de P obtenidos del programa Excel 2016 que se observan en la Tabla 28, el ancho de calzada, número de carriles, ancho de carril 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 28:** Influencia Variables Independientes respecto a Velocidad Media

Velocidad Media				
Variable Independiente		Valor P	Influye (P≤0,05)	Ecuación
Caract. Geométricas Vía	Longitud	0,4674	NO	-
	Ancho de Calzada	2,32E-07	SI	$y = 4,1457x - 13,469$
	Número de Carriles	2,32E-07	SI	$y = 8,6894x + 3,2045$
	Ancho de Carril	2,32E-07	NO	-
Densidad de Objetos	Densidad árboles	6,7681E-05	NO	-
	Densidad postes	0,1399	NO	-
	Densidad señales	0,0492	NO	-
	Densidad accesos	0,9842	NO	-

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.2. DESACELERACIONES PREVIO A INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Cuando la luz del semáforo se encontraba en rojo se analizaron las siguientes variables dependientes: el percentil 85 de la desaceleración ( $d_{85}$ ) y desaceleración media ( $d_m$ ) respecto a las variables independientes y se determinó el nivel de significancia entre ambas.

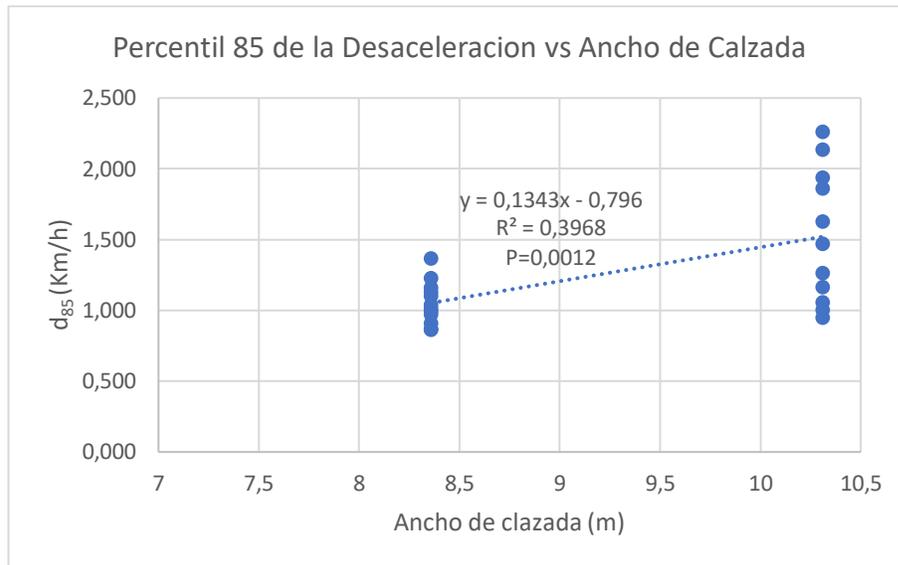
Para que la predicción del modelo sea aceptable, se utilizó el valor P para determinar si las variables tenían relación estadísticamente significativa mediante regresión lineal en Excel.

### 5.2.1. Percentil 85 de la desaceleración

#### 5.2.1.1. Características geométricas de la vía

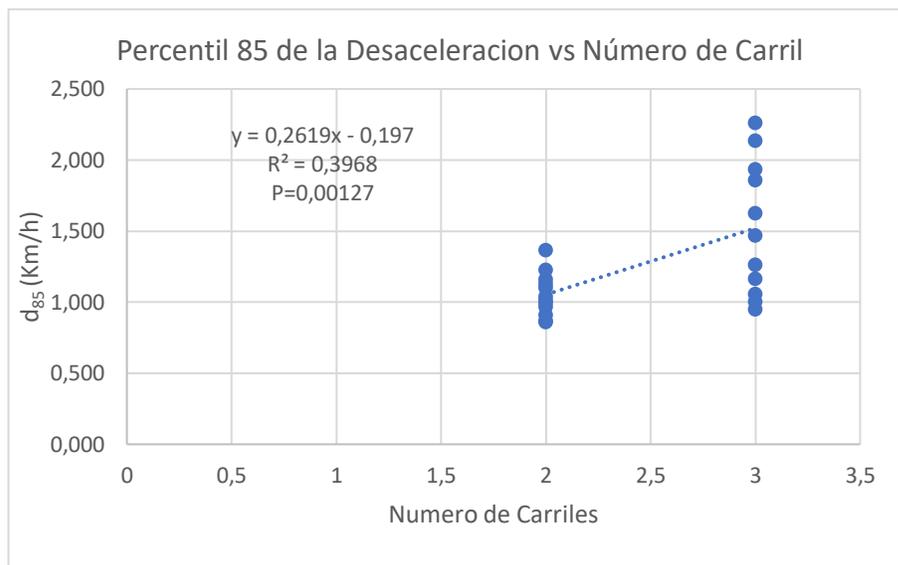
Se encontraron variables estadísticamente significativas, cuando el semáforo estuvo en rojo, de acuerdo al siguiente detalle: el percentil 85 de la desaceleración con el ancho de calzada, número de carriles y el ancho de carril.

**Figura 57:** Relación d85 y Ancho de Calzada



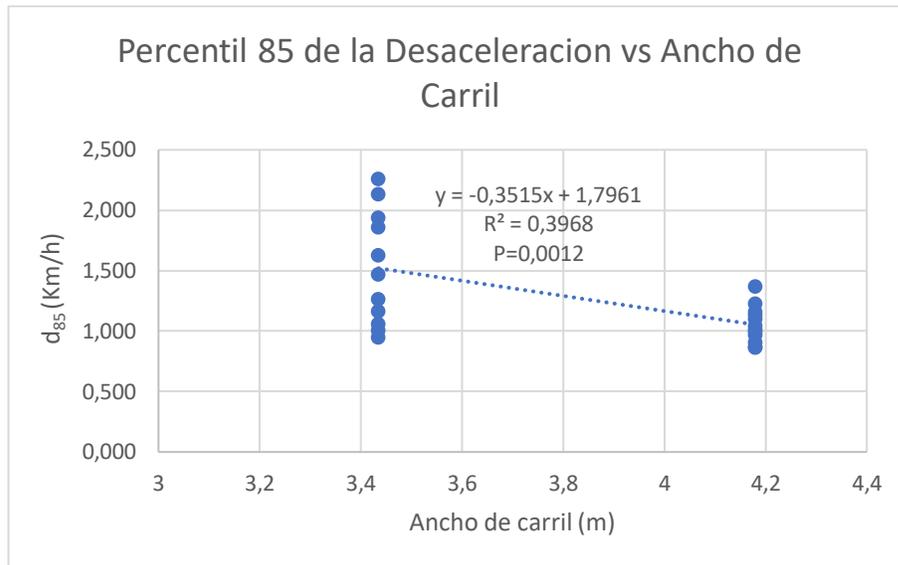
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 58:** Relación d85 y Número de Carril



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 59:** Relación d85 y Ancho de Carril



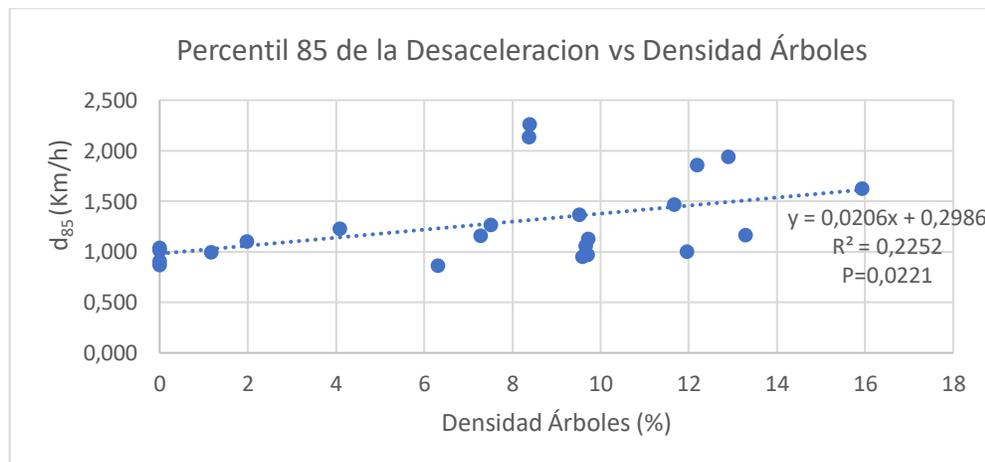
**Fuente:** Elaboración propia

Se observó tendencias significativas en las tres variables geométricas anteriores relacionadas con el percentil 85 de la desaceleración donde presentaron valores de P significativamente menores a 0,05 sin embargo se observa también mucha dispersión, posiblemente debido a que en este estudio tenemos dos tipos de vías, una vía que cuenta con 3 carriles cada uno mide 3,43m y una segunda vía con 2 carriles, cada uno mide 4,18m.

Conforme a la Figura 59 se decide descartar la variable ancho de carril a pesar de ser significativa ya que los resultados obtenidos no son razonables.

### 5.2.1.2. Densidad de objetos

**Figura 60:** Relación d85 y Densidad Árboles



**Fuente:** Elaboración propia

Cuando los conductores encontraban un semáforo en rojo, se determinó que la variable densidad de árboles influía directamente con el percentil 85 de la desaceleración, a mayor cantidad de árboles la desaceleración del conductor será mayor.

A manera de resumen se presenta la Tabla 29, en la cual se introducen los valores de P obtenidos del programa Excel, partiendo del hecho de que una variable es significativa siempre y cuando el valor de P sea menor a 0,05 garantizando así un nivel de confianza del 95%.

**Tabla 29:** Influencia Variables Independientes respecto a Percentil 85 de la Desaceleración

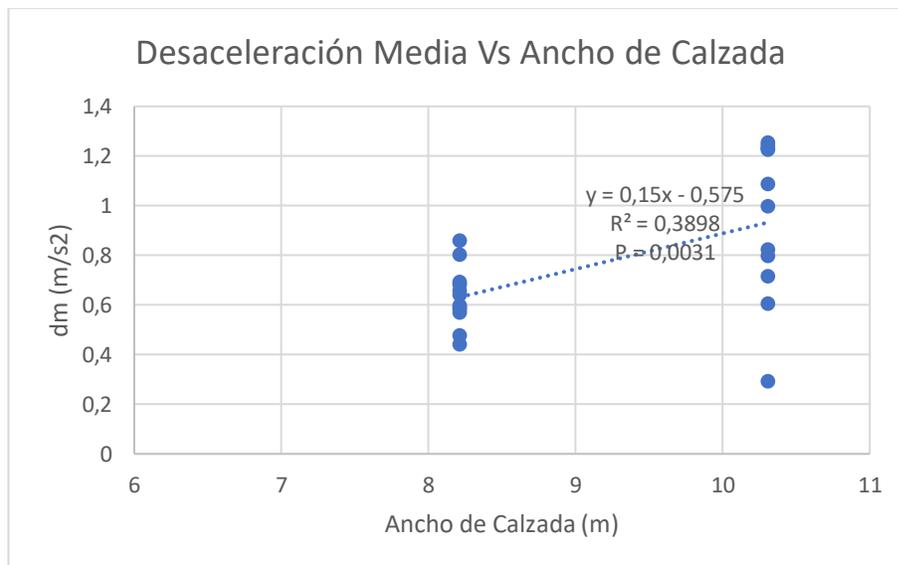
Percentil 85 de la Desaceleración				
Variable Independiente		Valor P	Influye (P≤0,05)	Ecuación
Caract. Geométricas Vía	Longitud	0,5072	NO	-
	Ancho de Calzada	0,0012	SI	$y = 0,1343x - 0,796$
	Número de Carriles	0,00127	SI	$y = 0,2619x - 0,197$
	Ancho de Carril	0,0012	NO	-
Densidad de Objetos	Árboles	0,0221	SI	$y = 0,0206x + 0,2986$
	Postes	0,068	NO	-
	Señales	0,0966	NO	-
	Accesos	0,83	NO	-

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. Desaceleración media

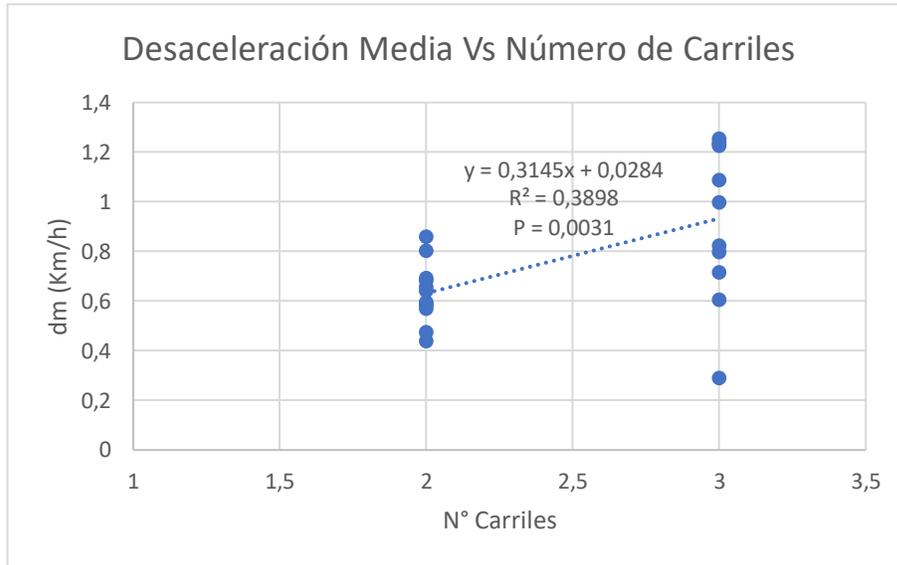
#### 5.2.2.1. Características geométricas de la vía

**Figura 61:** Relación Desaceleración Media y Ancho de Calzada



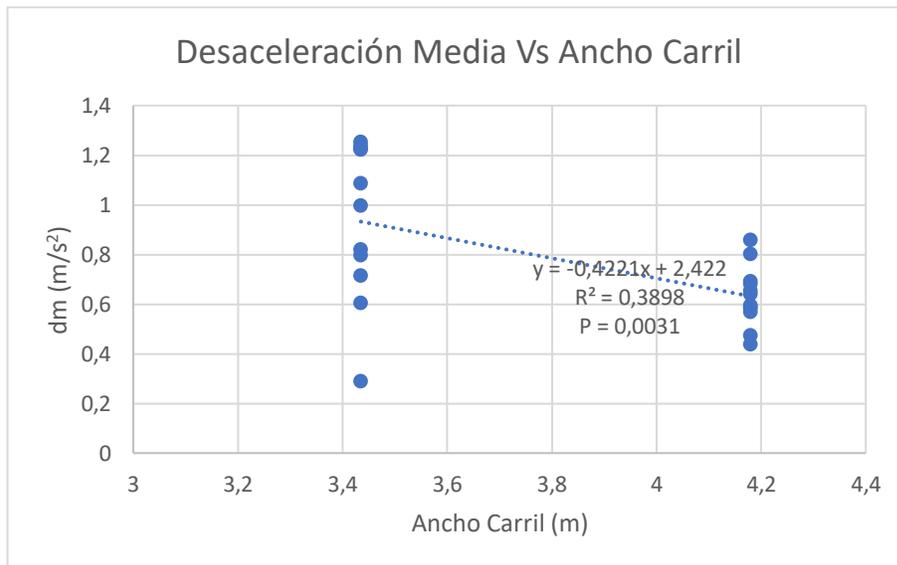
Fuente: Elaboración propia

**Figura 62:** Relación Desaceleración Media y Número de Carril



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 63:** Relación Desaceleración Media y Ancho de Carril



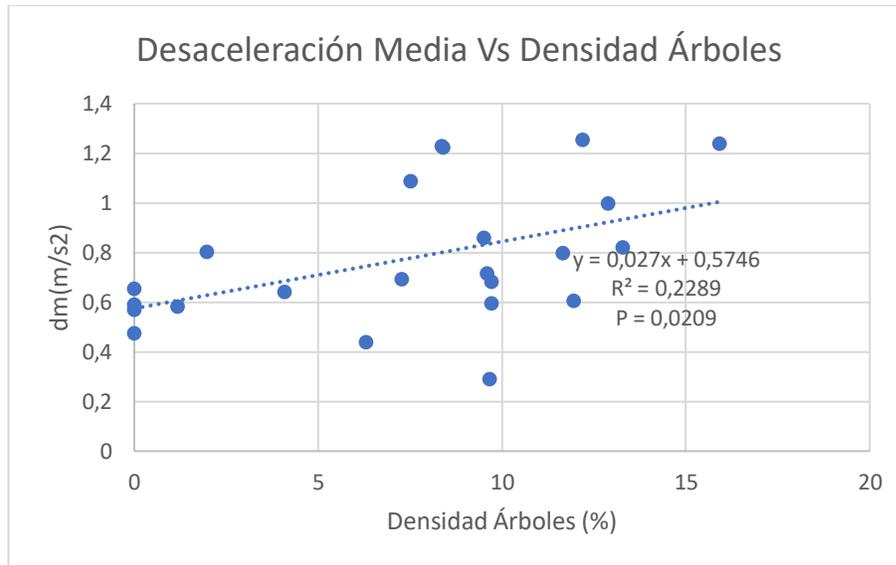
**Fuente:** Elaboración propia

Se observaron tendencias significativas en el ancho de calzada, número de carriles y ancho de carril respecto a la desaceleración media donde presentaron valores de P menores de 0,05 en todos los casos. A pesar de ello la variable ancho de carril no se tendrá en cuenta ya que no es congruente.

### 5.2.2.2. Densidad de objetos

Asimismo, se analizó en luz roja la influencia de la densidad de objetos respecto a la desaceleración media, en la Figuras 64 se observa las variables densidad de árboles que resultó estadísticamente significativas.

**Figura 64:** Relación Desaceleración Media y Densidad de Árboles



**Fuente:** Elaboración propia

Los valores de P obtenidos del programa Excel 2016 que se observan en la Tabla 30, el ancho de calzada, número de carriles y densidad de árboles 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 30:** Influencia Variables Independientes respecto a Percentil 85 de la Desaceleración

Desaceleración Media				
Variables independientes		Valor P	Influye (P≤0,05)	Ecuación
Caract. Geométricas Vía	Longitud	0,5829655	NO	-
	Ancho de Calzada	0,00317922	SI	y = 0,15x - 0,575
	Número de Carriles	0,00317922	SI	y = 0,3145x + 0,0284
	Ancho de Carril	0,00317922	NO	-
Densidad de Objetos	Densidad Árboles	0,020915968	SI	y = 0,027x + 0,5746
	Densidad Postes	0,06942928	NO	-
	Densidad Señales	0,061387194	NO	-
	Densidad Accesos	0,2823133	NO	-

**Fuente:** Elaboración propia

### 5.3. MODELOS EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

En este capítulo se presentan los modelos de predicción de velocidad y desaceleración en intersecciones semaforizadas. La calibración de los modelos se realizó mediante un análisis de regresión lineal en función de las variables independientes que más se relacionaron con las variables dependientes.

#### 5.3.1. Ecuaciones de predicción de velocidad

**Tabla 31:** Modelos de Velocidad

N° de Ecuación	Tipo de Magnitud	Ecuación de Predicción	R <sup>2</sup>	Unidades
1	Velocidad de Operación	$V_{85} = 5,1939*AC - 13,912$	0,7152	Km/h
2		$V_{85} = 10,886*Ncr + 6,9773$	0,7152	Km/h
3	Velocidad Media	$V_{med} = 4,1457*AC - 13,469$	0,7122	Km/h
4		$V_{med} = 8,6894*Ncr + 3,2045$	0,7122	Km/h

*Fuente:* Elaboración propia

Dónde:

- AC: Ancho de Calzada (m)
- Ncr: Número de Carriles (und)

#### 5.3.2. Ecuaciones de predicción de desaceleración

**Tabla 32:** Modelos de desaceleración

N° de Ecuación	Tipo de Magnitud	Ecuación de Predicción	R <sup>2</sup>	Unidades
5	Percentil 85 de Desaceleración	$d_{85} = 0,1343*AC - 0,796$	0,3968	m/s <sup>2</sup>
6		$d_{85} = 0,2619*Ncr - 0,197$	0,3968	m/s <sup>2</sup>
7		$d_{85} = 0,0206*Dar + 0,2986$	0,2252	m/s <sup>2</sup>
8	Desaceleración Media	$d_{med} = 0,15*AC - 0,575$	0,3898	m/s <sup>2</sup>
9		$d_{med} = 0,3145*Ncr + 0,0284$	0,3898	m/s <sup>2</sup>
10		$d_{med} = 0,0274*Dar + 0,604$	0,2708	m/s <sup>2</sup>

*Fuente:* Elaboración

Dónde:

- AC: Ancho de Calzada (m)
- Ncr: Número de Carriles (und)
- Dar: Densidad de Árboles (%)

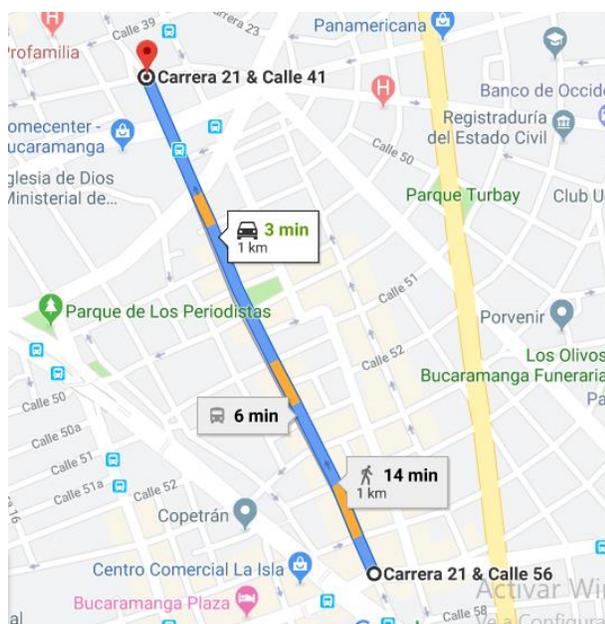
#### 5.4. CALIBRACIÓN MODELOS DE PREDICCIÓN

En este subcapítulo se presenta la calibración y validación de los modelos de velocidad y desaceleración para vías urbanas previo a intersecciones semaforizadas. Mediante un análisis de regresión lineal se calibraron los modelos con las variables independientes que más influencia tenían respecto a las variables dependientes. Para la validación de las ecuaciones de predicción se realizaron 5 recorridos en un nuevo tramo. En este recorrido se recolectaron datos de velocidad, luego se procesaron y se comprobaron que los modelos de predicción 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 con presencia de intersecciones semaforizada y características similares a las ya estudiadas, las cuales cumplieran con los requisitos necesarios para ser tomadas como circuito de prueba.

El tramo escogido está ubicado dentro del área urbana de la ciudad de Bucaramanga, este da inicio en la carrera 21 con calle 56 y finaliza en la carrera 21 con calle 41 y tiene una longitud de aproximadamente 1000 metros . El recorrido mencionado anteriormente se ilustra en la Figura 67.

**Figura 65:** Ruta Calibración



**Fuente:** Elaboración propia

Para realizar el abscisado en el tramo se toma como punto de inicio (K00+000) la Carrera 21 con Calle 56. En la Tabla 33 se observan las intersecciones semaforizadas de estudio y en la Tabla 34 se registran los tramos estudiados.

**Tabla 33:** Ubicación Intersecciones Semaforizadas

Semáforo N°	Localización Intersección Semaforizada	Abscisa
1	Cra 21 & Calle 55	K00+88,16
2	Cra 21 & Calle 50	K00+556,6
3	Cra 21 & Av. La Rosita	K00+799,18
4	Cra 21 & Calle 45	K00+931,31
5	Cra 21 & Calle 41	K01+040

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 34:** Tramos de ruta de calibración

Tramo N°	Ubicación			Longitud
	Carrera	Origen	Fin	
1	Carrera 21	Calle 56	Calle 55	88,16
2		Calle 55	Calle 50	468,44
3		Calle 50	Av. La Rosita	330,74
4		Av. La Rosita	Calle 45	600,57
5		Calle 45	Calle 41	439,43

Fuente: Elaboración propia

A continuación en la Tabla 35 se registran los datos de las variables significativas para la ruta de calibración.

**Tabla 35:** Variables Significativas para la Calibración

Características Geométricas Vía		Densidad de Objetos
Ancho de Calzada (m)	Número de Carriles (und)	Densidad Árboles (%)
10,5	3	10,29

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.1. Validación Modelos de Velocidad previo a Intersecciones Semaforizadas

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 hasta 4, tienen como variable el ancho de calzada y número de carriles. A continuación, en la Tabla 36 se puede observar los valores observados en la calibración y los valores resultados de las ecuaciones de predicción.

**Tabla 36: Validación de los Modelos de Velocidad**

Ecuación N°	Tipo de Magnitud	Ecuación de Predicción	Velocidad modelo (km/h)	Velocidad Observada (km/h)	Error relativo (%)
1	Velocidad de Operación	$V_{85} = 5,1939*AC - 13,912$	40,62395	34,00	19,48
2		$V_{85} = 10,886*Ncr + 6,9773$	39,6353		16,57
3	Velocidad Media	$V_{med} = 4,1457*AC - 13,469$	30,06085	29,00	3,66
4		$V_{med} = 8,6894*Ncr + 3,2045$	29,2727		0,94

**Fuente:** Elaboración propia

#### 5.4.2. Validación Modelos de Desaceleración previo a Intersecciones Semaforizadas

Los modelos de desaceleración calibrados fueron el percentil 85 de la desaceleración y desaceleración media. Estos modelos son estadísticamente significativos con las variables mostradas en las ecuaciones 5 al 10, tienen como variables ancho de calzada, número de carriles y densidad de árboles. A continuación, en la Tabla 37 se puede observar los valores observados en la calibración y los valores resultados de las ecuaciones de predicción.

**Tabla 37: Validación de Modelos de Desaceleración**

Ecuación N°	Tipo de Magnitud	Ecuación de Predicción	Desaceleración modelo (m/s <sup>2</sup> )	Desaceleración observada (m/s <sup>2</sup> )	Error relativo (%)
5	Percentil 85 de Desaceleración	$d_{85} = 0,1343*AC - 0,796$	0,61415	0,690	10,94
6		$d_{85} = 0,2619*Ncr - 0,197$	0,5887		14,63
7		$d_{85} = 0,0206*Dar + 0,2986$	0,510542308		25,96
8	Desaceleración Media	$d_{med} = 0,15*AC - 0,575$	1	1,073	0,07
9		$d_{med} = 0,3145*Ncr + 0,0284$	0,9719		0,09
10		$d_{med} = 0,027*Dar + 0,5746$	0,852388462		0,21

**Fuente:** Elaboración propia

## 6. CONCLUSIONES

- Las encuestas efectuadas a los conductores (MDSI-S) y (ZKPQ-50-cc) permitieron clasificar con facilidad los estilos de conducción y los rasgos de personalidad respectivamente, fue de gran importancia estudiar estas variables ya que era necesario de determinar si el factor humano ejercía alguna relación respecto a la velocidad.
- En cuanto a los cuatro estilos de conducción presentes en este estudio se encontró que ninguno presentaba relevancia significativa con la velocidad máxima de los recorridos previos a intersecciones semaforizadas, tampoco influyeron las características del vehículo o del conductor. Por el contrario los rasgos de personalidad Agresivo y Sociabilidad influían directamente en esta velocidad.
- En los tramos previos a intersecciones semaforizadas los modelos de velocidad de operación y velocidad media fueron estadísticamente significativos solo con las características geométricas de la vía, específicamente con las variables ancho de calzada y número de carriles, mientras que con la densidad de objetos no existió relación alguna.
- En los tramos previo a intersecciones semaforizadas se calibraron seis modelos para la desaceleración, estas se clasificaron de la siguiente forma: tres ecuaciones de predicción del percentil 85 y tres ecuaciones de predicción de la desaceleración media, cada una de estas se encuentra relacionada respecto a las variables independientes de ancho de calzada, número de carriles y densidad de árboles.
- Para ningún modelo de calibración resultó importante el ancho del carril. A pesar de que el tramo 2 presentaba un ancho de carril mayor, las velocidades siempre fueron inferiores a las del tramo 1.
- Se calibraron los modelos de velocidad y desaceleración en la Carrera 21 con el fin de comprobar que porcentaje de error relativo existe entre los valores observados y los valores estimados con las ecuaciones de predicción.
- El porcentaje de error relativo mínimo aceptado es 2,5, a pesar de que los porcentajes de error son relativamente pequeños en algunas ecuaciones no se cumple el mínimo recomendado, para corregir esto se recomienda analizar mayor cantidad de datos.
- En este estudio se encontraron objetos en zonas laterales tales como postes, árboles y señales de tránsito fue fundamental analizar y evaluar a profundidad cada uno de estos por aparte ya que no todos influían directamente con los modelos de predicción calculados.
- Al realizar el proyecto tomando dos tramos de estudio con características geométricas distintas se logra obtener ecuaciones que son aplicables a cualquier tipo de vía urbana.

- Mediante este trabajo de grado se logró establecer modelos de velocidad en base a un estudio real con datos de campo, dichos modelos son fundamentales para un uso a futuro y así diseñar una vía ajustada a las expectativas de los conductores, para que exista una movilidad de calidad que brinde a la ciudadanía seguridad y comodidad.

## 7. RECOMENDACIONES

- Si queremos acercarnos a la realidad es de vital importancia evaluar variables que no se tuvieron en cuenta en el presente estudio y que gracias a las pruebas de campo pudimos reconocer como el estado de la malla vial, las condiciones meteorológicas y las horas de mayor afluencia vehicular.
- Para este estudio se desarrollaron modelos de predicción analizando exclusivamente vehículos livianos, se recomienda realizar un estudio teniendo en cuenta vehículos pesados (camiones y buses) con el fin último de establecer en zonas urbanas la diferencia de la velocidad de operación existente entre vehículos livianos y pesados.
- Se recomienda para el procedimiento de validación de los modelos, utilizar una muestra más grande, incluyendo más tramos e intersecciones semaforizadas a estudiar.
- Preferiblemente ejecutar las pruebas en horarios en los cuales se encuentre menor flujo vehicular.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. C. Vial, «Accidentes de Tránsito en Bucaramanga,» Dirección de Tránsito de Bucaramanga, Bucaramanga, Santander, 2019.
- [2] G. Gibreel, «State of the art of highway geometric design consistency.,» *Journal of Transportation Engineering* , vol. 125, pp. 305-313.
- [3] Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS, (Capítulo 2) Controles para el diseño geométrico., 2008.
- [4] M. V. Julián Chala, Incidencia de la Distancia de Visibilidad sobre la accidentalidad en carreteras., Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Dc., (2014)..
- [5] CAL Y MAYOR, Manual de Planeación y Diseño para la Administración de Tránsito y Transporte, Colombia, 1998..
- [6] J. Cardenas Grisales, R. Cal y M. Reyes Espíndola, Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones, Alfaomega Informática y Técnica, 1998.
- [7] A. M. P. Zuriaga, «Caracterización y modelización de la velocidad de operación en carreteras convencionales a partir de la observación naturalística de la evolución de vehículos ligeros,» Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2013.
- [8] K. y. C. J. M. Fitzpatrick, Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, , Speed-profile model for two-lane rural highways, vol. 1737, pp. 42-49., 2000.
- [9] M. H. Y. y. P. D. Imran, «GPS-GIS-Based procedure for tracking vehicle path on horizontal alignments. Computer-aided civil and infrastructure engineering,, Vol. 21, pp. 383-394,», 2006..
- [10] M. Castro, L. Iglesias, R. Rodríguez Solano y J. Sánchez , «Geometric Modelling of Highways Using Global Positioning System (GPS) Data and Spline Approximation,» de *Transportatio Research Part C, Emerging Technologies* , 2006, pp. 223-243.
- [11] P. L. M. M. T. y. Z. M. Lipar, «Estimation of road centerline curvature from raw GPS data. The baltic journal of road and bridge engineeringx, N° 6, Vol. 3, pp. 163-168,» , 2011..
- [12] Y. Jiang y S. Li, Measuring and analyzing vehicle position and speed data at work zones using global positioning system, Institute of transportation engineers ITE, 2002.
- [13] J. e. a. Wang, *Operating speed model for low speed urban tangent streets based on in-vehicle GPS data*, 85th TRB annual meeting CD-ROM, 2006.

- [14] F. Bella, *Assumptions of operating speed-profile models on decelation and acceleration rates: verification in the driving simulator*, Washington D.C: 87th Annual meeting transportation research board, 2008.
- [15] A. A. o. S. H. a. T. O. AASHTO, *A policy on geometric design of highways and streets*, Washington D.C, 2001.
- [16] R. Lamm, B. Psarianos y T. Mailaender, *Highway design and traffic safety engineering handbook*, New York: Firrst Edition, 2000.
- [17] M. N. Islam y P. N. Seneviratne, «Evaluation of design consistency of two-lane highways.,» *ITE J*, vol. 64, nº 2, pp. 28-31, 1995.
- [18] M. M. A. G. E. P. N. Luis Francisco Bohorquez Pedraza, *Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga*, Bucaramanga: Alcaldía de Bucaramanga, 2013-2027.
- [19] J. C. O. Paul C. Box, de *Manual of Traffic Engineering Studies*, Arlington, Institute of Transportation Engineers, 1976, pp. 86-87.
- [20] C. B. V. Velepucha, «Modelos de velocidad en calles urbanas antes de llegar a redondeles,» Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, 2016.
- [21] T. –. B.-A. L. & D.-L. Poó, *Fiabilidad y validez del inventario multidimensional de estilos de conducción (MDSI) adaptado a la población argentina*, 2011.
- [22] A. R. J. G. L. F. A. A. K. M. & Z. M. Aluja, «A cros-cultural shortened form of the ZKPQ (ZKPW-50-c) adapted to English, French, German, and spanish languages.,» de *Personality and Individual Differences*, 2006, pp. 41, 619-628.
- [23] E. P. T. Ayala, «Modelos de velocidad en calles urbanas previo a intersecciones semaforizadas,» Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador, 2016.
- [24] O. E. S. O. Karol Vanessa Meneses Otero, «Análisis y modelación de velocidades en tramos de vías urbanas conectadas a glorietas,» Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia, 2019.
- [25] R. A. García y D. E. D. E. E. díaz, «Modelos de perfil de velocidad para evaluación de consistencia del trazado en carreteras de la provincia de Villa Clara, Cuba,» *Revista de Ingenieria de Construcción*, vol. 27, nº 2, pp. 71-82, 2012.
- [26] Justicia, «El Tiempo,» Periodico El Tiempo, 13 12 2017. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/justicia/servicios/cifras-de-accidentes-de-transito-en-colombia-2017-161390>. [Último acceso: Trece Diciembre 2017].

## 9. ANEXOS

### Anexo A. Encuestas aplicadas a los conductores

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

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.

N°	Enunciado	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.		

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

<b>Tramo 1 (Conductor 1-10)</b>											
<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 56</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 32</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>		<b>Vehículo 1</b>	<b>Vehículo 2</b>	<b>Vehículo 3</b>	<b>Vehículo 4</b>	<b>Vehículo 5</b>	<b>Vehículo 6</b>	<b>Vehículo 7</b>	<b>Vehículo 8</b>	<b>Vehículo 9</b>	<b>Vehículo 10</b>
<b>1. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 54</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	13	25	16	-	-	28	-	38	-	14
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	38,87	48,97	-	31,41	-	44,12	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	39,45	75,94	-	27,86	-	34,33	-
<b>2. Semaforo Cra 27 &amp; Av Gonzalez Valencia</b>	Luz	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	31	-	19	42	-	18	-	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	45	-	20	-	-	50,03	-	39,61	50	22,85
	Distanc. de frenado(m)	59,99	-	80,04	-	-	66,24	-	14,5	137,24	45,77
<b>3. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 48</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	25	-	-	-	-	-	-	17	-	8
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	46	12	39,22	71,87	36,21	47	-	45	-
	Distanc. de frenado(m)	-	95,24	38,94	59,12	140,24	56	77,23	-	124,67	-
<b>4. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 45</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	19	20	20	28	30	20	17	29	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	43,75	-	-	-	-	-	-	-	-	17,76
	Distanc. de frenado(m)	69,89	-	-	-	-	-	-	-	-	46,77
<b>5. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 42</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	27	26	-	22	23	39	20	26	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	35	-	-	-	-	-	47,66	26,15
	Distanc. de frenado(m)	-	-	67,24	-	-	-	-	-	67,24	45,34
<b>6. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 40</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	25	-	11	23	22	-	-	39	27	15
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	31,76	-	-	-	61,8	35	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	56,25	-	-	-	45,21	34,99	-	-	-
<b>7. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 36</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	25	25	30	-	-	30	22	40	25	21
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	40,17	33,53	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	87,11	67,22	-	-	-	-	-
<b>8. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 35</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	30	-	26	18	22	30	-	42	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	45	-	-	-	-	35	-	50	32,06
	Distanc. de frenado(m)	-	54,11	-	-	-	-	64,23	-	150,22	51,33
<b>9. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 34</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	28	25	20	21	21	29	16	14	27	22
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>10. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 33</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	25	20	21	25	31	21	17	25	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	45	-	-	-	-	-	-	-	-	31,53
	Distanc. de frenado(m)	62,33	-	-	-	-	-	-	-	-	35,24
<b>11. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 32</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	27	15	-	20	30	30	26	-	27	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	35,38	-	-	-	-	46,9	-	43,64
	Distanc. de frenado(m)	-	-	65,25	-	-	-	-	41,24	-	79,11

<b>Tramo 1 (Conductor 11-20)</b>											
<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 56</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 32</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>		<b>Vehículo 11</b>	<b>Vehículo 12</b>	<b>Vehículo 13</b>	<b>Vehículo 14</b>	<b>Vehículo 15</b>	<b>Vehículo 16</b>	<b>Vehículo 17</b>	<b>Vehículo 18</b>	<b>Vehículo 19</b>	<b>Vehículo 20</b>
<b>1. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 54</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Rojo	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	23	-	-	-	25	-	16	8	-	15
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	42,78	50,23	30	-	45	-	-	30	-
	Distanc. de frenado(m)	-	37,24	35,23	37,11	-	38,24	-	-	-	26,76
<b>2. Semaforo Cra 27 &amp; Av Gonzalez Valencia</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Rojo	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	50	25	30	-	27	-	-	-	18
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	41	-	-	-	46	-	45,57	20	33	-
	Distanc. de frenado(m)	79,7	-	-	-	89,56	-	123,12	9	57,24	-
<b>3. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 48</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja	Rojo	Rojo
	Veloc en semaforo (km/h)	18	30	-	-	-	24	-	-	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	45,96	50,52	48	-	45	25	43	33
	Distanc. de frenado(m)	-	-	111,24	165,19	77,96	-	178,11	46,27	95,24	45,16
<b>4. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 45</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Rojo	Rojo
	Veloc en semaforo (km/h)	18	26	24	32	24	-	17	19	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	20	-	-	40	23,71
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	55,11	-	-	96,24	39,28
<b>5. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 42</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	25	38	-	-	-	-	16	16
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	23,88	41,05	-	-	48	30,7	27	35	-	-
	Distanc. de frenado(m)	67,22	79,11	-	-	94,24	39,19	34,24	66,55	-	-
<b>6. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 40</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	verde
	Veloc en semaforo (km/h)	20	27	23	35	19	21	23	13	9	16
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>7. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 36</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Rojo
	Veloc en semaforo (km/h)	22	29	22	-	-	18	21	15	21	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	41,71	45	-	-	-	-	27,34
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	77,1	65,22	-	-	-	-	31,41
<b>8. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 35</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Rojo	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	34	23	37	27	-	-	15	-	17
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	17,23	-	-	-	-	45	35	-	47	-
	Distanc. de frenado(m)	54,23	-	-	-	-	67,12	92,24	-	91,65	-
<b>9. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 34</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	22	-	-	31	25	-	25	15	26	20
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	42,27	45	-	-	35	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	55,02	61,8	-	-	45,24	-	-	-	-
<b>10. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 33</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	15	30	22	-	30	23	-	22	26	24
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	51,21	-	-	40	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	58,24	-	-	56,24	-	-	-
<b>11. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 32</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	14	-	-	36	26	18	16	-	25	27
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	42,5	50,63	-	-	-	-	35,38	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	56,24	76,17	-	-	-	-	53,22	-	-

<b>Tramo 1 (Conductor 21-30)</b>											
<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 56</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 32</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>		<b>Vehículo 21</b>	<b>Vehículo 22</b>	<b>Vehículo 23</b>	<b>Vehículo 24</b>	<b>Vehículo 25</b>	<b>Vehículo 26</b>	<b>Vehículo 27</b>	<b>Vehículo 28</b>	<b>Vehículo 29</b>	<b>Vehículo 30</b>
<b>1. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 54</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	68	-	-	50	-	22	46	39	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	22,49	36,22	-	25,15	-	-	-	38,61	33,09
	Distanc. de frenado(m)	-	16,96	41,17	-	51,91	-	-	-	24,89	22,16
<b>2. Semaforo Cra 27 &amp; Av Gonzalez Valencia</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	73	-	41	-	-	38	43	-	33	35
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	21,87	-	60,35	26,01	-	-	21,74	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	52,4	-	95,65	40,27	-	-	22,89	-	-
<b>3. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 48</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	77,47	25,72	48,07	50,51	-	36,74	49,96	20,54	42,14	29,28
	Distanc. de frenado(m)	231,58	77,69	151,44	67,48	-	66,23	152,82	19,28	123,75	90,76
<b>4. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 45</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	55	-	36	39	38	32	33	33	36	27
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	24,51	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	79,7	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>5. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 42</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	66	32	39	41	38	35	36	43	39	36
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>6. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 40</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	70	15	42	45	33	37	38	19	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	40,75	35,65
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	70,36	40,05
<b>7. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 36</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	67	-	-	-	36	-	-	-	41	38
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	32,28	43,78	45,51	-	39,87	36,67	24,13	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	37,5	79,79	84,12	-	97,94	77,88	33,7	-	-
<b>8. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 35</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	19	33	30	-	38	36	16	41	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	69,02	-	-	-	39,44	-	-	-	-	36,06
	Distanc. de frenado(m)	94,91	-	-	-	60,16	-	-	-	-	19,29
<b>9. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 34</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	40	25	37	32	30	37	33	-	-	29
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	19,2	41,72	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	26,15	61,82	-
<b>10. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 33</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	58	-	40	-	33	41	37	-	33	36
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	39,46	-	35,94	-	-	-	19,91	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	32,31	-	30,39	-	-	-	40,67	-	-
<b>11. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 32</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	67	36	-	31	36	38	36	45	41	39
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	40,48	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	38,85	-	-	-	-	-	-	-

<b>Tramo 1 (Conductor 31-40)</b>											
<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 56</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 27 &amp; Calle 32</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>		<b>Vehículo 31</b>	<b>Vehículo 32</b>	<b>Vehículo 33</b>	<b>Vehículo 34</b>	<b>Vehículo 35</b>	<b>Vehículo 36</b>	<b>Vehículo 37</b>	<b>Vehículo 38</b>	<b>Vehículo 39</b>	<b>Vehículo 40</b>
<b>1. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 54</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	34	42	50	-	-	38	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	38,76	18,79	-	-	-	24,3	27,44	-	34,19	28,35
	Distanc. de frenado(m)	98,54	21,71	-	-	-	31,15	54,71	-	21,13	27,56
<b>2. Semaforo Cra 27 &amp; Av Gonzalez Valencia</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	38	-	35	-	-	33	39	-	40	37
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	29,33	-	46,37	43,86	-	-	37,85	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	72,61	-	88,4	111,52	-	-	38,57	-	-
<b>3. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 48</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	52,51	25,98	35,65	43,21	28,69	18,76	23,43	-	22,84	26,34
	Distanc. de frenado(m)	177,56	58,36	98,61	96,47	57,82	58,86	34,97	-	59,41	64,37
<b>4. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 45</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	31	28	32	38	39	25	32	34	37	31
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>5. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 42</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	36	33	-	47	43	27	32	-	42	40
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	34,31	-	-	-	-	31,76	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	39,02	-	-	-	-	35,82	-	-
<b>6. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 40</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	41	25	23	58	-	-	33	32	40	36
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	55,63	32,6	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	52,84	69,68	-	-	-	-
<b>7. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 36</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	28	41	-	53	38	-	-	-	38
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	42,99	-	-	59,67	-	-	40,92	35,64	38,96	-
	Distanc. de frenado(m)	114,68	-	-	150,5	-	-	106,64	90,52	75,21	-
<b>8. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 35</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	24	33	-	43	59	39	27	36	30	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	45,26	-	-	-	-	-	-	38,75
	Distanc. de frenado(m)	-	-	55,98	-	-	-	-	-	-	52,16
<b>9. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 34</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	19	34	36	39	59	31	26	35	39	38
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>10. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 33</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	29	-	40	41	-	33	32	41	40	36
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	30,86	-	-	64,32	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	32,64	-	-	47,38	-	-	-	-	-
<b>11. Semaforo Cra 27 &amp; Calle 32</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	29	38	42	41	-	35	39	-	34
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	33,96	-	-	-	-	34,45	-	-	36,51	-
	Distanc. de frenado(m)	31,43	-	-	-	-	61,17	-	-	39,63	-

<b>Tramo 2 (Conductor 1-10)</b>											
<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 19</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 56</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>		<b>Vehículo 1</b>	<b>Vehículo 2</b>	<b>Vehículo 3</b>	<b>Vehículo 4</b>	<b>Vehículo 5</b>	<b>Vehículo 6</b>	<b>Vehículo 7</b>	<b>Vehículo 8</b>	<b>Vehículo 9</b>	<b>Vehículo 10</b>
<b>1. Semaforo Cra 22 &amp; Av Quebrada Seca</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	-	-	23	-	22	-	15
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	45	29	30	25,83	24,56	-	40	-	50,37	-
	Distanc. de frenado(m)	98,11	35,12	41,23	37,18	31,16	-	76,12	-	45,23	-
<b>2. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 31</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	15	12	13	-	24	24	15	20	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	15	-	-	-	-	23	37,44
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	30,11	-	-	-	-	34,12	45,16
<b>3. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 33</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	9	27	-	-	-	15	21
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	22,5	27	7,32	-	-	58,93	33	38,95	-	-
	Distanc. de frenado(m)	35,7	37,12	25,12	-	-	74,22	54,12	51,92	-	-
<b>4. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 34</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	15	15	-	-	25	18	11	18	-	21
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	25,32	16,03	-	-	-	-	22,76	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	42	23	-	-	-	-	45	-
<b>5. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 35</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	13	26	15	7	26	13	13	-	14	14
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	-	-	54	-	-
<b>6. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 36</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	13	-	21	-	17	10	15	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	28,75	43	-	32,67	-	42,27	-	-	-	22,44
	Distanc. de frenado(m)	61	56	-	66,71	-	105,22	-	-	-	68,12
<b>7. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 37</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	16	26	-	14	18	17	-	15	21	21
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	19	-	-	-	30	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	42	-	-	-	61	-	-	-
<b>8. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 41</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	20	15	18	20	-	12	13	17	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	31,25	-	-	-	-	31,92	-	-	-	15
	Distanc. de frenado(m)	74	-	-	-	-	66	-	-	-	34
<b>9. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 45</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	17	-	-	11	-	27	-	-	-	13
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	26,44	14,34	-	23,73	-	26,61	20	33,33	-
	Distanc. de frenado(m)	-	31	38	-	29	-	47	38	43,17	-
<b>10. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 46</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	11	-	15	9	25	-	17	12	11	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	14	-	-	-	33,37	-	-	-	22,3
	Distanc. de frenado(m)	-	34,25	-	-	-	43,06	-	-	-	38,24
<b>11. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 50</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	15	-	-	7	26	20	-	-	19	19
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	20	30,8	-	-	-	34	15	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	39,18	41,87	-	-	-	54,23	36,41	-	-
<b>12. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 56</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	13	-	-	-	12	-	10	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	15	7	-	28,65	24,81	30	-	31,38	-	23
	Distanc. de frenado(m)	46	12	-	45	61	69	-	39,18	-	25,69

**Tramo 2 (Conductor 11-20)**

<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 19</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 56</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>	<b>Vehículo 11</b>	<b>Vehículo 12</b>	<b>Vehículo 13</b>	<b>Vehículo 14</b>	<b>Vehículo 15</b>	<b>Vehículo 16</b>	<b>Vehículo 17</b>	<b>Vehículo 18</b>	<b>Vehículo 19</b>	<b>Vehículo 20</b>	
<b>1. Semaforo Cra 22 &amp; Av Quebrada Seca</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Rojo	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	19	24	25	-	-	-	-	-	
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	37	-	-	-	37	55	25,45	30	35	45
	Distanc. de frenado(m)	62	-	-	-	61,98	96,13	34,56	65,22	45,23	51
<b>2. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 31</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	25	23	18	21	-	-	11	28	10
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	19,93	-	-	-	-	35	21,3	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	23,43	-	-	-	-	46,71	38,17	-	-	-
<b>3. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 33</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde	
	Veloc en semaforo (km/h)	16	20	-	23	17	-	19	-	28	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	36,85	-	-	45	-	7,32	-	10
	Distanc. de frenado(m)	-	-	45,24	-	-	38,11	-	23	-	45
<b>4. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 34</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Rojo	
	Veloc en semaforo (km/h)	13	18	-	-	16	13	19	-	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	36,82	45	-	-	-	25,32	15	15
	Distanc. de frenado(m)	-	-	68	90	-	-	-	45,11	24,03	11
<b>5. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 35</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Rojo	
	Veloc en semaforo (km/h)	16	36	10	-	-	17	6	11	-	11
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	30	36,72	-	-	-	10	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	40,33	46,07	-	-	-	29,11	-
<b>6. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 36</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Rojo	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	14	-	19	17	-	6	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	17	26,62	-	25,95	-	-	26,62	-	25	13,27
	Distanc. de frenado(m)	41,5	26,33	-	39,87	-	-	35,12	-	34,16	31,25
<b>7. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 37</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	25	19	-	-	-	11	8
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	31,19	25,69	27	-	-	25,11	26	19	-	-
	Distanc. de frenado(m)	54	43	31	-	-	26	47	29	-	-
<b>8. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 41</b>	Luz	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	33	-	22	19	-	14	16	15	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	8,69	-	32,11	-	-	20,15	-	-	-	15
	Distanc. de frenado(m)	22	-	46,71	-	-	34	-	-	-	45
<b>9. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 45</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Rojo	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	17	15	15	-	-	-	15
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	15,89	14,46	22,07	-	-	-	11,46	14,34	16	-
	Distanc. de frenado(m)	25,17	27,32	27	-	-	-	35,76	36,18	34	-
<b>10. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 46</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	-	-	12	13	15	10	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	19	29,54	29,16	27,31	20	-	-	-	-	13
	Distanc. de frenado(m)	40,16	61,22	39,01	35,12	40,01	-	-	-	-	24,12
<b>11. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 50</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Rojo	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	24	16	22	15	10	15	-	-	15
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	20,05	-	-	-	-	-	-	30,8	15	-
	Distanc. de frenado(m)	43,19	-	-	-	-	-	-	45,66	45,11	-
<b>12. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 56</b>	Luz	Roja	Verde	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	
	Veloc en semaforo (km/h)	-	16	-	-	12	-	6	11	15	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	38,13	-	38,36	35,41	-	40,13	-	-	-	16,87
	Distanc. de frenado(m)	54,22	-	76,14	43,19	-	66,19	-	-	-	34,12

<b>Tramo 2 (Conductor 21-30)</b>											
<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 19</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 56</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>		<b>Vehículo 21</b>	<b>Vehículo 22</b>	<b>Vehículo 23</b>	<b>Vehículo 24</b>	<b>Vehículo 25</b>	<b>Vehículo 26</b>	<b>Vehículo 27</b>	<b>Vehículo 28</b>	<b>Vehículo 29</b>	<b>Vehículo 30</b>
<b>1. Semaforo Cra 22 &amp; Av Quebrada Seca</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	-	-	-	16	-	-	27
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	38,7	22,76	51,49	43,55	32,95	41,44	-	35,66	40,59	-
	Distanc. de frenado(m)	122,39	77,56	85,68	80,48	77,68	36,63	-	73,44	52,92	-
<b>2. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 31</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	51	-	28	28	20	25	24	21	25	22
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	25,18	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	30,59	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>3. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 33</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	48	-	-	-	-	32	-	-	-	21
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	23,97	36,09	34,27	28,22	-	25,36	28,81	33,65	-
	Distanc. de frenado(m)	-	32,39	51,82	57,06	43,61	-	28,34	59,52	68,42	-
<b>4. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 34</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	29	25	-	-	20	15	20	23
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	48,91	13,85	-	-	24,58	22,07	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	113,89	15,61	-	-	20,91	29,46	-	-	-	-
<b>5. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 35</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	47	-	33	34	19	27	25	-	26	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	13,43	-	-	-	-	-	12,34	-	25,26
	Distanc. de frenado(m)	-	28,96	-	-	-	-	-	13,38	-	31,32
<b>6. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 36</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	49	-	-	-	17	26	-	13	-	26
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	18,74	35,63	32,93	-	-	27,91	-	25,7	-
	Distanc. de frenado(m)	-	14,38	43,85	32,58	-	-	57,17	-	49	-
<b>7. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 37</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	50	17	28	28	-	27	20	-	20	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	15,01	-	-	17,41	-	25,29
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	23,59	-	-	18,16	-	48,08
<b>8. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 41</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	52	-	35	32	-	-	-	21	-	26
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	14,44	-	-	24,3	24,53	31,79	-	29,69	-
	Distanc. de frenado(m)	-	19,76	-	-	44,58	20,56	24,8	-	52,12	-
<b>9. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 45</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	38	17	-	-	20	26	30	-	28	23
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	40,67	34,51	-	-	-	19,1	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	46,05	48,32	-	-	-	17,16	-	-
<b>10. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 46</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	25	20	16	20	23	24	15	23	25
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	55,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	106,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>11. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 50</b>	Luz	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	51	-	-	-	-	-	-	-	-	23
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	28,84	37,17	32,98	28,92	29,89	29,69	23,45	32,73	-
	Distanc. de frenado(m)	-	48,11	19,07	40,14	65,59	72,89	75,15	16,21	47,44	-
<b>12. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 56</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	52	-	23	30	-	20	23	-	20	28
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	16,05	-	-	28,77	-	-	16,29	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	12,69	-	-	46,87	-	-	69,67	-	-

<b>Tramo 2 (Conductor 31-40)</b>											
<b>Punto Inicial:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 19</b>				<b>Punto Final:</b>	<b>Cra 22 &amp; Calle 56</b>					
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>	<b>Vehículo 31</b>	<b>Vehículo 32</b>	<b>Vehículo 33</b>	<b>Vehículo 34</b>	<b>Vehículo 35</b>	<b>Vehículo 36</b>	<b>Vehículo 37</b>	<b>Vehículo 38</b>	<b>Vehículo 39</b>	<b>Vehículo 40</b>	
<b>1. Semaforo Cra 22 &amp; Av Quebrada Seca</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	27	-	22	-	25	-	-	-	-	28
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	35,06	-	42,92	-	30,1	33,09	40,44	51,49	-
	Distanc. de frenado(m)	-	84,46	-	47,02	-	58,63	44,73	59,65	74,83	-
<b>2. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 31</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	19	28	18	-	24	24	27	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	22,68	17,23	-	-	-	20,39	-	-	-	21,59
	Distanc. de frenado(m)	49,96	30,53	-	-	-	52,06	-	-	-	37,85
<b>3. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 33</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	31	-	-	-	30	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	17,03	25,31	19,85	-	37,86	15,57	21,56	-	38,07	26,42
	Distanc. de frenado(m)	16,7	35,72	41,52	-	41,74	28,85	33,67	-	55,34	50,61
<b>4. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 34</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	17	13	-	16	-	-	-	26	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	10,85	-	-	32,09	-	8,43	16,77	21,91	-	27,58
	Distanc. de frenado(m)	21,85	-	-	47,05	-	7,79	18,44	30,85	-	30,39
<b>5. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 35</b>	Luz	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	20	-	25	40	30	-	-	30	35	28
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	15,21	-	-	-	8,43	12,24	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	25,82	-	-	-	6,45	8,82	-	-	-
<b>6. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 36</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	33	35	26	21	-	24	-	25
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	29,52	20,23	-	-	-	-	13,17	-	31,42	-
	Distanc. de frenado(m)	32,33	43,81	-	-	-	-	7,86	-	37,61	-
<b>7. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 37</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	25	25	24	23	-	-	13	26	29	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	28,03	29,01	-	-	-	22,16
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	34,14	14,4	-	-	-	42,85
<b>8. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 41</b>	Luz	Roja	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	27	-	28	23	-	-	30	35
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	19,89	28,2	-	25,75	-	-	21,1	26,23	-	-
	Distanc. de frenado(m)	34,42	47,77	-	22,37	-	-	21,68	40,54	-	-
<b>9. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 45</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	18	21	28	25	28	-	14	24	-	31
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-	19,31	-	-	32,14	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-	24,85	-	-	39,25	-
<b>10. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 46</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	23	23	-	22	-	20	-	21	22	24
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	31,4	-	32,57	-	15,93	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	30,97	-	29,97	-	15,28	-	-	-
<b>11. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 50</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Roja	Verde	Roja	Roja	Roja	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	17	31	-	35	-	-	-	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	28,04	-	-	42,34	-	28,23	21,85	28,97	37,17	27,79
	Distanc. de frenado(m)	33,27	-	-	62,75	-	41,41	17,09	37,59	42,31	68,21
<b>12. Semaforo Cra 22 &amp; Calle 56</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	31	32	-	30	27	20	-	25	21	24
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	22,97	-	-	-	17,32	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	30,8	-	-	-	52,92	-	-	-

<b>Tramo Calibración (Conductor 1-5)</b>						
<b>Punto Inicial:</b>	Cra 21 & Calle 56	<b>Punto Final:</b>	Cra 21 & Calle 41			
<b>Intersecciones Semaforizadas</b>		<b>Vehículo 1</b>	<b>Vehículo 2</b>	<b>Vehículo 3</b>	<b>Vehículo 4</b>	<b>Vehículo 5</b>
<b>1. Semaforo Cra 21 &amp; Calle 55</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	29	18	26	33	30
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	-	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	-	-
<b>2. Semaforo Cra 21 &amp; Calle 50</b>	Luz	Roja	Verde	Verde	Verde	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	-	20	31	34	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	34,88	-	-	-	32,54
	Distanc. de frenado(m)	53,17	-	-	-	50,29
<b>3. Semaforo Cra 21 &amp; Av. La Rosita</b>	Luz	Verde	Verde	Roja	Roja	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	27	28	-	-	29
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	29,56	23,46	-
	Distanc. de frenado(m)	-	-	35,3	20,81	-
<b>4. Semaforo Cra 21 &amp; Calle 45</b>	Luz	Roja	Roja	Roja	Verde	Verde
	Veloc en semaforo (km/h)	-	-	-	25	27
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	24,59	26,48	12,2	-	-
	Distanc. de frenado(m)	33,83	908,78	12,21	-	-
<b>5. Semaforo Cra 21 &amp; Calle 41</b>	Luz	Verde	Verde	Verde	Roja	Roja
	Veloc en semaforo (km/h)	25	22	26	-	-
	Veloc. Inicial de frenado(km/h)	-	-	-	28,65	29,71
	Distanc. de frenado(m)	-	-	-	29,51	32,53

## TRAMO 1.1

**Cálculo  $V_{85}$ ,  $V_{med}$  y Desviación Estándar de la Velocidad**

**Cálculo  $d_{85}$ ,  $d_{med}$  y Desviación Estándar de la Desaceleración**

### Proceso

```

In[114]:= datos = {{1., 13.}, {2., 25.}, {3., 16.}, {4., 28.},
{5., 38.}, {6., 14.}, {7., 23.}, {8., 25.}, {9., 16.}, {10., 8.},
{11., 15.}, {12., 68.}, {13., 50.}, {14., 22.}, {15., 46.},
{16., 39.}, {17., 34.}, {18., 42.}, {19., 50.}, {20., 38.}};

In[115]:= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
Out[115]= {{1., 13.}, {2., 25.}, {3., 16.}, {4., 28.}, {5., 38.}, {6., 14.}, {7., 23.}, {8., 25.}, {9., 16.}, {10., 8.}, {11., 15.}, {12., 68.}, {13., 50.}, {14., 22.}, {15., 46.}, {16., 39.}, {17., 34.}, {18., 42.}, {19., 50.}, {20., 38.}}

In[116]:= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
Out[116]= {1., 13., 2., 25., 3., 16., 4., 28., 5., 38., 6., 14., 7., 23., 8., 25., 9., 16., 10., 8., 11., 15., 12., 68., 13., 50., 14., 22., 15., 46., 16., 39., 17., 34., 18., 42., 19., 50., 20., 38.}

In[117]:= velocidadordenado = Sort[velocidad];
Out[117]= {1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31., 32., 33., 34., 35., 36., 37., 38., 39., 40., 41., 42., 43., 44., 45., 46., 47., 48., 49., 50.}

In[118]:= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm;
Out[118]= {{1., 1}, {2., 1}, {3., 1}, {4., 1}, {5., 1}, {6., 1}, {7., 1}, {8., 1}, {9., 1}, {10., 1}, {11., 1}, {12., 1}, {13., 1}, {14., 1}, {15., 1}, {16., 1}, {17., 1}, {18., 1}, {19., 1}, {20., 1}, {21., 1}, {22., 1}, {23., 1}, {24., 1}, {25., 1}, {26., 1}, {27., 1}, {28., 1}, {29., 1}, {30., 1}, {31., 1}, {32., 1}, {33., 1}, {34., 1}, {35., 1}, {36., 1}, {37., 1}, {38., 1}, {39., 1}, {40., 1}, {41., 1}, {42., 1}, {43., 1}, {44., 1}, {45., 1}, {46., 1}, {47., 1}, {48., 1}, {49., 1}, {50., 1}}

In[119]:= n = Length[velocidad]
Out[119]= 20

In[120]:= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1]/n;
Out[120]= {{1., 0.05}, {2., 0.05}, {3., 0.05}, {4., 0.05}, {5., 0.05}, {6., 0.05}, {7., 0.05}, {8., 0.05}, {9., 0.05}, {10., 0.05}, {11., 0.05}, {12., 0.05}, {13., 0.05}, {14., 0.05}, {15., 0.05}, {16., 0.05}, {17., 0.05}, {18., 0.05}, {19., 0.05}, {20., 0.05}, {21., 0.05}, {22., 0.05}, {23., 0.05}, {24., 0.05}, {25., 0.05}, {26., 0.05}, {27., 0.05}, {28., 0.05}, {29., 0.05}, {30., 0.05}, {31., 0.05}, {32., 0.05}, {33., 0.05}, {34., 0.05}, {35., 0.05}, {36., 0.05}, {37., 0.05}, {38., 0.05}, {39., 0.05}, {40., 0.05}, {41., 0.05}, {42., 0.05}, {43., 0.05}, {44., 0.05}, {45., 0.05}, {46., 0.05}, {47., 0.05}, {48., 0.05}, {49., 0.05}, {50., 0.05}}

In[121]:= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
Out[121]= {{1., 0.05}, {2., 0.1}, {3., 0.15}, {4., 0.2}, {5., 0.25}, {6., 0.3}, {7., 0.35}, {8., 0.4}, {9., 0.45}, {10., 0.5}, {11., 0.55}, {12., 0.6}, {13., 0.65}, {14., 0.7}, {15., 0.75}, {16., 0.8}, {17., 0.85}, {18., 0.9}, {19., 0.95}, {20., 1.0}}

In[122]:= Quantile[velocidad, 0.85]
Out[122]= 46.

In[123]:= Quantile[velocidad, 0.50]
Out[123]= 25.

In[124]:= StandardDeviation[velocidad]
Out[124]= 15.6894
    
```

```

Out[114]= {{1., 13.}, {2., 25.}, {3., 16.}, {4., 28.}, {5., 38.}, {6., 14.}, {7., 23.}, {8., 25.}, {9., 16.}, {10., 8.}, {11., 15.}, {12., 68.}, {13., 50.}, {14., 22.}, {15., 46.}, {16., 39.}, {17., 34.}, {18., 42.}, {19., 50.}, {20., 38.}}

In[115]:= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
Out[115]= {{1., 13.}, {2., 25.}, {3., 16.}, {4., 28.}, {5., 38.}, {6., 14.}, {7., 23.}, {8., 25.}, {9., 16.}, {10., 8.}, {11., 15.}, {12., 68.}, {13., 50.}, {14., 22.}, {15., 46.}, {16., 39.}, {17., 34.}, {18., 42.}, {19., 50.}, {20., 38.}}

In[116]:= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
Out[116]= {1., 13., 2., 25., 3., 16., 4., 28., 5., 38., 6., 14., 7., 23., 8., 25., 9., 16., 10., 8., 11., 15., 12., 68., 13., 50., 14., 22., 15., 46., 16., 39., 17., 34., 18., 42., 19., 50., 20., 38.}

In[117]:= velocidadordenado = Sort[velocidad];
Out[117]= {1., 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 29., 30., 31., 32., 33., 34., 35., 36., 37., 38., 39., 40., 41., 42., 43., 44., 45., 46., 47., 48., 49., 50.}

In[118]:= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm;
Out[118]= {{1., 1}, {2., 1}, {3., 1}, {4., 1}, {5., 1}, {6., 1}, {7., 1}, {8., 1}, {9., 1}, {10., 1}, {11., 1}, {12., 1}, {13., 1}, {14., 1}, {15., 1}, {16., 1}, {17., 1}, {18., 1}, {19., 1}, {20., 1}, {21., 1}, {22., 1}, {23., 1}, {24., 1}, {25., 1}, {26., 1}, {27., 1}, {28., 1}, {29., 1}, {30., 1}, {31., 1}, {32., 1}, {33., 1}, {34., 1}, {35., 1}, {36., 1}, {37., 1}, {38., 1}, {39., 1}, {40., 1}, {41., 1}, {42., 1}, {43., 1}, {44., 1}, {45., 1}, {46., 1}, {47., 1}, {48., 1}, {49., 1}, {50., 1}}

In[119]:= n = Length[velocidad]
Out[119]= 20

In[120]:= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1]/n;
Out[120]= {{1., 0.05}, {2., 0.05}, {3., 0.05}, {4., 0.05}, {5., 0.05}, {6., 0.05}, {7., 0.05}, {8., 0.05}, {9., 0.05}, {10., 0.05}, {11., 0.05}, {12., 0.05}, {13., 0.05}, {14., 0.05}, {15., 0.05}, {16., 0.05}, {17., 0.05}, {18., 0.05}, {19., 0.05}, {20., 0.05}, {21., 0.05}, {22., 0.05}, {23., 0.05}, {24., 0.05}, {25., 0.05}, {26., 0.05}, {27., 0.05}, {28., 0.05}, {29., 0.05}, {30., 0.05}, {31., 0.05}, {32., 0.05}, {33., 0.05}, {34., 0.05}, {35., 0.05}, {36., 0.05}, {37., 0.05}, {38., 0.05}, {39., 0.05}, {40., 0.05}, {41., 0.05}, {42., 0.05}, {43., 0.05}, {44., 0.05}, {45., 0.05}, {46., 0.05}, {47., 0.05}, {48., 0.05}, {49., 0.05}, {50., 0.05}}

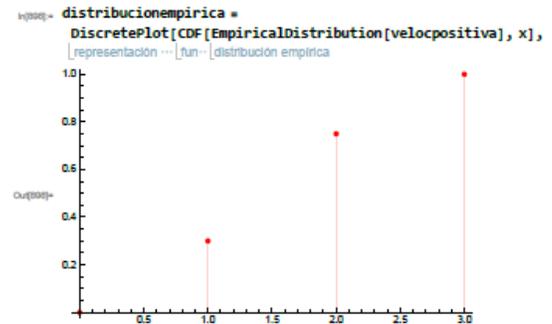
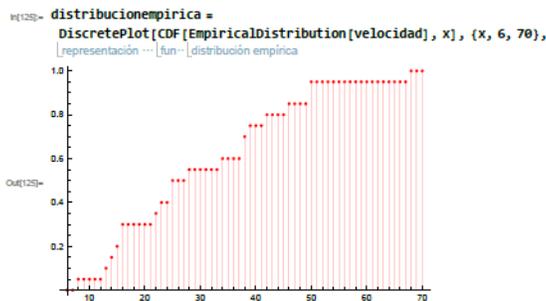
In[121]:= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
Out[121]= {{1., 0.05}, {2., 0.1}, {3., 0.15}, {4., 0.2}, {5., 0.25}, {6., 0.3}, {7., 0.35}, {8., 0.4}, {9., 0.45}, {10., 0.5}, {11., 0.55}, {12., 0.6}, {13., 0.65}, {14., 0.7}, {15., 0.75}, {16., 0.8}, {17., 0.85}, {18., 0.9}, {19., 0.95}, {20., 1.0}}

In[122]:= Quantile[velocidad, 0.85]
Out[122]= 46.

In[123]:= Quantile[velocidad, 0.50]
Out[123]= 25.

In[124]:= StandardDeviation[velocidad]
Out[124]= 15.6894
    
```

### Gráfica Frecuencia Acumulada



TRAMO 1.2	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
<b>Proceso</b>	
<pre> In[126]&gt; datos = {{1., 31.}, {2., 19.}, {3., 42.}, {4., 18.}, {5., 50.}, {6., 25.}, {7., 30.}, {8., 27.}, {9., 18.}, {10., 73.}, {11., 4}, {12., 38.}, {13., 43.}, {14., 33.}, {15., 35.}, {16., 38.}, {17., 35.}, {18., 33.}, {19., 39.}, {20., 40.}, {21., 37.}};  In[127]&gt; tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];        particiona  aplana In[128]&gt; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];        aplana  toma  todo In[129]&gt; velocidadordenado = Sort[velocidad];        ordena In[130]&gt; velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm;        recue-  ordena  forma de matriz In[131]&gt; n = Length[velocidad]        longitud Out[131]&gt; 21 In[132]&gt; frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n;        toma  recue-  ordena  todo In[133]&gt; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];        acumula In[134]&gt; Quantile[velocidad, 0.85]        cuantil Out[134]&gt; 42. In[135]&gt; Quantile[velocidad, 0.50]        cuantil Out[135]&gt; 35. In[136]&gt; StandardDeviation[velocidad]        desviación estándar Out[136]&gt; 12.0897 In[137]&gt; 12.089743783964353 Out[137]&gt; 12.0897 </pre>	<pre> Out[1]&gt; {{59.99, -1.3023}, {80.04, -0.192805}, {66.24, -1.45783}, {14.5, -4.17452}, {137.24, -0.702788}, {45.77, -0.440105}, {79.7, -0.4}, {89.56, -0.911521}, {123.12, -0.65072}, {9., -1.71468}, {57.24, -0.73}, {52.4, -0.352153}, {95.65, -1.46904}, {40.27, -0.648133}, {22.89, -0.}, {72.61, -0.45708}, {88.4, -0.938398}, {111.52, -0.665502}, {38.57, -1} In[2]&gt; tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];        particiona  aplana In[3]&gt; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];        aplana  toma  todo In[4]&gt; velocpositiva = Abs[velocidad];        valor absoluto In[5]&gt; velocidadordenado = Sort[velocpositiva];        ordena In[6]&gt; velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm;        recue-  ordena  forma de matriz In[7]&gt; n = Length[velocidad]        longitud Out[7]&gt; 19 In[8]&gt; frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n;        toma  recue-  ordena  todo In[9]&gt; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];        acumula In[10]&gt; Quantile[velocpositiva, 0.85]        cuantil Out[10]&gt; 1.46904 In[11]&gt; Quantile[velocpositiva, 0.50]        cuantil Out[11]&gt; 0.796596 In[12]&gt; StandardDeviation[velocpositiva]        desviación estándar Out[12]&gt; 0.867383 </pre>
<b>Gráfica de la frecuencia acumulada</b>	
<pre> In[138]&gt; distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 17},  representación  fun-  distribución empirica </pre> <pre> Out[138]&gt; </pre>	<pre> In[139]&gt; distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x],  representación  fun-  distribución empirica </pre> <pre> Out[139]&gt; </pre>

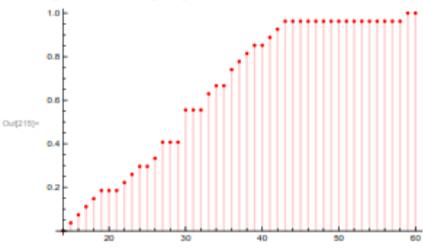
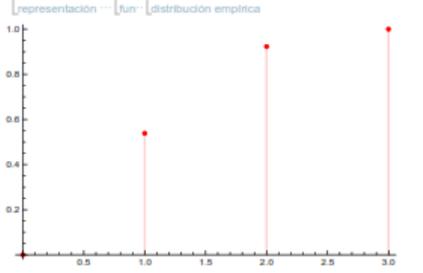
TRAMO 1.3	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> In[138]= datos = {{1., 25.}, {2., 17.}, {3., 8.},                 {4., 18.}, {5., 30.}, {6., 24.}, {7., 29.}, {8., 31.}} Out[138]= {{1., 25.}, {2., 17.}, {3., 8.}, {4., 18.}, {5., 30.}, {6., 24.}, {7., 29.}, {8., 31.}}  In[140]= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out[140]= {{1., 25.}, {2., 17.}, {3., 8.}, {4., 18.}, {5., 30.}, {6., 24.}, {7., 29.}, {8., 31.}}  In[141]= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out[141]= {25., 17., 8., 18., 30., 24., 29., 31.}  In[142]= velocidadordenado = Sort[velocidad]; Out[142]= {8., 17., 18., 24., 25., 29., 30., 31.}  In[143]= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; Out[143]= {{8., 1}, {17., 1}, {18., 1}, {24., 1}, {25., 1}, {29., 1}, {30., 1}, {31., 1}}  In[144]= n = Length[velocidad]; Out[144]= 8  In[145]= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; Out[145]= {{8., 0.125}, {17., 0.125}, {18., 0.125}, {24., 0.125}, {25., 0.125}, {29., 0.125}, {30., 0.125}, {31., 0.125}}  In[146]= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out[146]= {0.125, 0.25, 0.375, 0.5, 0.625, 0.75, 0.875, 1.}  In[147]= Quantile[velocidad, 0.85]; Out[147]= 30.  In[148]= Quantile[velocidad, 0.50]; Out[148]= 24.  In[149]= StandardDeviation[velocidad]; Out[149]= 7.92374  In[150]= 7.923743703939085 Out[150]= 7.92374 </pre>	<pre> In[140]= datos = {{95.24, -0.8571587827502709}, {38.94, -0.14266963419505793},                 {59.12, -1.0037966826208256}, {140.24, -1.4209813875067783},                 {56., -0.9033041914682539}, {77.23, -1.10350599618295837},                 {124.67, -0.6266543675302799}, {111.24, -0.7325951895800872},                 {165.19, -0.5960846432727298}, {77.96, -1.140185858293598},                 {178.11, -0.4386334287799674}, {46.27, -0.5211293347954972},                 {95.24, -0.74900122367923}, {45.16, -0.9303341206574156},                 {231.58000000000004, -0.999841284216104}, {77.690000000000005},                 -0.3285048681925154}, {151.439999999999994, -0.5886710062820791},                 {67.480000000000002, -1.4586284024713307}, {66.230000000000002},                 -0.7863004997548757}, {152.820000000000005, -0.6301292895216026},                 {19.279999999999973, -0.8442262499359675}, {123.75, -0.5536162863199899},                 {90.759999999999999, -0.36442877430096476}, {177.56, -0.5991063227801279},                 {58.360000000000014, -0.4461964045388774}, {98.61000000000001},                 -0.4972366277053115}, {96.470000000000003, -0.7466915848591065},                 {57.820000000000005, -0.549222109590854}, {58.859999999999999, -0.23068024985},                 {34.970000000000003, -0.6056391589616491},                 {59.41, -0.33876430995322315}, {64.37, -0.41582733502494257}};  In[141]= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out[141]= {{95.24, -0.8571587827502709}, {38.94, -0.14266963419505793}, {59.12, -1.0037966826208256}, {140.24, -1.4209813875067783}, {56., -0.9033041914682539}, {77.23, -1.10350599618295837}, {124.67, -0.6266543675302799}, {111.24, -0.7325951895800872}, {165.19, -0.5960846432727298}, {77.96, -1.140185858293598}, {178.11, -0.4386334287799674}, {46.27, -0.5211293347954972}, {95.24, -0.74900122367923}, {45.16, -0.9303341206574156}, {231.58000000000004, -0.999841284216104}, {77.690000000000005, -0.3285048681925154}, {151.439999999999994, -0.5886710062820791}, {67.480000000000002, -1.4586284024713307}, {66.230000000000002, -0.7863004997548757}, {152.820000000000005, -0.6301292895216026}, {19.279999999999973, -0.8442262499359675}, {123.75, -0.5536162863199899}, {90.759999999999999, -0.36442877430096476}, {177.56, -0.5991063227801279}, {58.360000000000014, -0.4461964045388774}, {98.61000000000001, -0.4972366277053115}, {96.470000000000003, -0.7466915848591065}, {57.820000000000005, -0.549222109590854}, {58.859999999999999, -0.23068024985}, {34.970000000000003, -0.6056391589616491}, {59.41, -0.33876430995322315}, {64.37, -0.41582733502494257}};  In[142]= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out[142]= {95.24, 38.94, 59.12, 140.24, 56., 77.23, 124.67, 111.24, 165.19, 77.96, 178.11, 46.27, 95.24, 45.16, 231.58, 77.69, 151.44, 67.48, 66.23, 19.28, 123.75, 90.76, 177.56, 58.36, 98.61, 96.47, 57.82, 58.86, 34.97, 59.41, 64.37}  In[143]= velocpositiva = Abs[velocidad]; Out[143]= {95.24, 38.94, 59.12, 140.24, 56., 77.23, 124.67, 111.24, 165.19, 77.96, 178.11, 46.27, 95.24, 45.16, 231.58, 77.69, 151.44, 67.48, 66.23, 19.28, 123.75, 90.76, 177.56, 58.36, 98.61, 96.47, 57.82, 58.86, 34.97, 59.41, 64.37}  In[144]= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; Out[144]= {19.28, 34.97, 38.94, 45.16, 46.27, 56., 57.82, 58.36, 58.86, 59.12, 59.41, 64.37, 66.23, 67.48, 77.23, 77.69, 77.96, 90.76, 95.24, 96.47, 98.61, 111.24, 123.75, 124.67, 140.24, 165.19, 177.56, 178.11, 19.28}  In[145]= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; Out[145]= {{19.28, 1}, {34.97, 1}, {38.94, 1}, {45.16, 1}, {46.27, 1}, {56., 1}, {57.82, 1}, {58.36, 1}, {58.86, 1}, {59.12, 1}, {59.41, 1}, {64.37, 1}, {66.23, 1}, {67.48, 1}, {77.23, 1}, {77.69, 1}, {77.96, 1}, {90.76, 1}, {95.24, 1}, {96.47, 1}, {98.61, 1}, {111.24, 1}, {123.75, 1}, {124.67, 1}, {140.24, 1}, {165.19, 1}, {177.56, 1}, {178.11, 1}, {19.28, 1}}  In[146]= n = Length[velocpositiva]; Out[146]= 32  In[147]= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; Out[147]= {{19.28, 0.03125}, {34.97, 0.03125}, {38.94, 0.03125}, {45.16, 0.03125}, {46.27, 0.03125}, {56., 0.03125}, {57.82, 0.03125}, {58.36, 0.03125}, {58.86, 0.03125}, {59.12, 0.03125}, {59.41, 0.03125}, {64.37, 0.03125}, {66.23, 0.03125}, {67.48, 0.03125}, {77.23, 0.03125}, {77.69, 0.03125}, {77.96, 0.03125}, {90.76, 0.03125}, {95.24, 0.03125}, {96.47, 0.03125}, {98.61, 0.03125}, {111.24, 0.03125}, {123.75, 0.03125}, {124.67, 0.03125}, {140.24, 0.03125}, {165.19, 0.03125}, {177.56, 0.03125}, {178.11, 0.03125}, {19.28, 0.03125}}  In[148]= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out[148]= {0.03125, 0.0625, 0.09375, 0.125, 0.15625, 0.1875, 0.21875, 0.25, 0.28125, 0.3125, 0.34375, 0.375, 0.40625, 0.4375, 0.46875, 0.5, 0.53125, 0.5625, 0.59375, 0.625, 0.65625, 0.6875, 0.71875, 0.75, 0.78125, 0.8125, 0.84375, 0.875, 0.90625, 0.9375, 0.96875, 0.98125, 1.}  In[149]= Quantile[velocpositiva, 0.85]; Out[149]= 1.0038  In[150]= Quantile[velocpositiva, 0.50]; Out[150]= 0.605639 </pre>
<h3 style="text-align: center;">Grafica de la frecuencia acumulada</h3>	
<pre> In[151]= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 7, 32}, {representación, "Fun", distribución empírica} Out[151]= </pre>	<pre> In[152]= StandardDeviation[velocpositiva]; Out[152]= 0.315227  In[153]= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 3}, {representación, "Fun", distribución empírica} Out[153]= </pre>

TRAMO 1.4	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> O4E100= {{1., 19.}, {2., 20.}, {3., 20.}, {4., 28.}, {5., 30.}, {6., 20.}, {7., 17.}, {8., 29.}, {9., 18.}, {10., 26.}, {11., 24.}, {12., 32.}, {13., 24.}, {14., 17.}, {15., 19.}, {16., 55.}, {17., 36.}, {18., 39.}, {19., 38.}, {20., 32.}, {21., 33.}, {22., 33.}, {23., 36.}, {24., 27.}, {25., 31.}, {26., 28.}, {27., 32.}, {28., 38.}, {29., 39.}, {30., 25.}, {31., 32.}, {32., 34.}, {33., 37.}, {34., 31.}} O4E101= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; O4E102= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; O4E103= velocidadordenado = Sort[velocidad]; O4E104= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; O4E105= n = Length[velocidad]; O4E106= 34 O4E107= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1]/n; O4E108= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; O4E109= Quantile[velocidad, 0.85]; O4E110= 37. O4E111= Quantile[velocidad, 0.50]; O4E112= 30. O4E113= StandardDeviation[velocidad]; O4E114= 8.2285 O4E115= 8.220501739027537 O4E116= 8.2205 </pre>	<pre> O4E100= datos = {{(69.89, -1.0565889806556688), (46.77, -0.26018577910816526)}, {(55.11, -0.2800235667833805)}, (96.24, -0.6414006136921671)}, {(39.28, -0.5521494344182948)}, {79.700000000000005}, -0.29079926460337363}} O4E101= {{(69.89, -1.05659), (46.77, -0.260186), (55.11, -0.280024), (96.24, -0.641401), (39.28, -0.552149), (79.7, -0.290799)}} O4E102= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; O4E103= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; O4E104= velocpositiva = Abs[velocidad]; O4E105= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; O4E106= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; O4E107= n = Length[velocidad]; O4E108= 6 O4E109= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1]/n; O4E110= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; O4E111= Quantile[velocpositiva, 0.85]; O4E112= 1.05659 O4E113= Quantile[velocpositiva, 0.50]; O4E114= 0.290799 O4E115= StandardDeviation[velocpositiva]; O4E116= 0.310185 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> O4E117= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 16, 56} </pre>	<pre> O4E118= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 2} </pre>

TRAMO 1.5	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> O4E170= {{1., 27.}, {2., 26.}, {3., 22.}, {4., 23.}, {5., 39.}, {6., 20.}, {7., 26.}, {8., 25.}, {9., 38.}, {10., 16.}, {11., 16.}, {12., 66.}, {13., 32.}, {14., 39.}, {15., 41.}, {16., 38.}, {17., 35.}, {18., 36.}, {19., 43.}, {20., 39.}, {21., 36.}, {22., 36.}, {23., 33.}, {24., 47.}, {25., 43.}, {26., 27.}, {27., 32.}, {28., 42.}, {29., 40.}} M4E171= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; M4E172= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; M4E173= velocidadordenado = Sort[velocidad]; M4E174= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; M4E175= n = Length[velocidad]; O4E176= 29 M4E177= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; M4E178= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; M4E179= Quantile[velocidad, 0.85] O4E180= 42. M4E181= Quantile[velocidad, 0.50] O4E182= 36. M4E183= StandardDeviation[velocidad] O4E184= 10.4346 M4E185= 10.434642945449296 O4E186= 10.4346 </pre>	<pre> O4E17= {{67.24, -0.702867}, {67.24, -1.3033}, {45.34, -0.581871}, {67.22, -0.327292}, {79.11, -0.821788}, {94.24, -0.943218}, {39.19, -0.927826}, {34.24, -0.821408}, {66.55, -0.710155}, {39.02, -1.16391}, {35.82, -1.08643}} M4E171= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; M4E172= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; M4E173= velocpositiva = Abs[velocidad]; M4E174= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; M4E175= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; M4E176= n = Length[velocidad]; O4E177= 11 M4E178= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; M4E179= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; M4E180= Quantile[velocpositiva, 0.85] O4E181= 1.16391 M4E182= Quantile[velocpositiva, 0.50] O4E183= 0.821788 M4E184= StandardDeviation[velocpositiva] O4E185= 0.276126 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> M4E177= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 15, 67} </pre>	<pre> M4E183= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 3}, </pre>

TRAMO 1.6	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> OUT100= {(1., 25.), (2., 11.), (3., 23.), (4., 22.), (5., 39.), (6., 27.), (7., 15.), (8., 20.), (9., 27.), (10., 23.), (11., 35.), (12., 19.), (13., 21.), (14., 23.), (15., 13.), (16., 9.), (17., 16.), (18., 70.), (19., 15.), (20., 42.), (21., 45.), (22., 33.), (23., 37.), (24., 38.), (25., 19.), (26., 41.), (27., 25.), (28., 23.), (29., 58.), (30., 33.), (31., 32.), (32., 40.), (33., 36.)}  IN170= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; IN180= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; IN190= velocidadordenado = Sort[velocidad]; IN200= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; IN210= n = Length[velocidad]; OUT100= 33 IN240= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; IN250= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; IN260= Quantile[velocidad, 0.85] OUT100= 41. IN270= Quantile[velocidad, 0.50] OUT100= 25. IN280= StandardDeviation[velocidad] OUT100= 13.3485 IN290= 13.348547191406714 OUT100= 13.3485 </pre>	<pre> datos = {{56.25, -0.6918364883401921}, {45.21, -3.2591732409250653}, {34.99, -1.3506945547052243}, {70.36000000000013, -0.9105302908674244}, {40.049999999999955, -1.2242822 {52.839999999999992, -2.259541455804155}, {69.68000000000006, -0.588426280 {(56.25, -0.691836), (45.21, -3.25917), (34.99, -1.35069), (70.36, -0.91053), (40.05, -1.22428), (52.84, -2.25954), (69.68, -0.588426)}  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; IN180= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; IN190= velocpositiva = Abs[velocidad]; IN200= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; IN210= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; IN220= n = Length[velocidad]; OUT100= 7 IN240= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; IN250= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; IN260= Quantile[velocpositiva, 0.85] OUT100= 2.25954 IN270= Quantile[velocpositiva, 0.50] OUT100= 1.22428 IN280= StandardDeviation[velocpositiva] OUT100= 0.965647 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> IN1900= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {representación -- {fun -- distribución empirica} </pre>	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 4}, {representación -- {fun -- distribución empirica} </pre>

TRAMO 1.7	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
<b>Proceso</b>	
<pre> Out[180]= {{(1., 25.), (2., 25.), (3., 30.), (4., 30.), (5., 22.), (6., 40.), (7., 25.), (8., 21.), (9., 22.), (10., 29.), (11., 22.), (12., 18.), (13., 21.), (14., 15.), (15., 21.), (16., 67.), (17., 36.), (18., 41.), (19., 38.), (20., 28.), (21., 41.), (22., 53.), (23., 38.), (24., 38.)}}  In[182]= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out[182]= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; In[184]= velocidadordenado = Sort[velocidad]; In[185]= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; In[186]= n = Length[velocidad]; Out[186]= 24 In[187]= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; In[188]= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; In[189]= Quantile[velocidad, 0.85]; Out[189]= 41. In[200]= Quantile[velocidad, 0.50]; Out[200]= 28. In[201]= StandardDeviation[velocidad]; Out[201]= 12.0214 </pre>	<pre> {{(87.11, -0.714662), (67.22, -0.645258), (77.1, -0.870545), (65.22, -1.19787), (31.41, -0.918109), (37.5, -1.07201), (79.79, -0.926762), (84.12, -0.949903), (97.94, -0.626177), (77.88, -0.666133), (33.7, -0.666570), (114.68, -0.621745), (150.5, -0.912726), (106.04, -0.605782), (90.52, -0.541372), (75.21, -0.778623)}}  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; velocpositiva = Abs[velocidad]; velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; n = Length[velocidad]; frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Quantile[velocpositiva, 0.85]; 0.949903 Quantile[velocpositiva, 0.50]; 0.714662 StandardDeviation[velocpositiva]; 0.189034 </pre>
<b>Grafica de la frecuencia acumulada</b>	
<pre> In[202]= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 14, 68}, {representación -- {fun -- distribución empirica} </pre>	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 2}, {representación -- {fun -- distribución empirica} </pre>

TRAMO 1.8	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
<b>Proceso</b>	
<pre> DUP200= { (1., 30.), (2., 26.), (3., 18.), (4., 22.), (5., 30.), (6., 42.), (7., 34.), (8., 23.), (9., 37.), (10., 27.), (11., 15.), (12., 17.), (13., 19.), (14., 33.), (15., 30.), (16., 38.), (17., 36.), (18., 16.), (19., 41.), (20., 24.), (21., 33.), (22., 43.), (23., 59.), (24., 39.), (25., 27.), (26., 36.), (27., 30.) }  HP201= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; HP202= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; HP203= velocidadordenado = Sort[velocidad]; HP204= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; HP205= n = Length[velocidad]; DUP206= 27 HP207= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; HP208= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; HP209= Quantile[velocidad, 0.85]; DUP210= 39. HP211= Quantile[velocidad, 0.50]; DUP212= 30. HP213= StandardDeviation[velocidad]; DUP214= 10.009 HP215= 10.008970335628296 DUP216= 10.009 </pre>	<pre> ( (54.11, -1.44382), (64.23, -0.735806), (150.22, -0.642062), (51.33, -0.77254), (54.23, -0.211201), (67.12, -1.16396), (92.24, -0.512368), (91.65, -0.929883), (94.91, -1.93644), (60.16, -0.997542), (19.29, -2.60066), (55.98, -1.41176), (52.16, -1.11063) )  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; velocpositiva = Abs[velocidad]; velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; n = Length[velocidad]; 13 frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Quantile[velocpositiva, 0.85]; 1.93644 Quantile[velocpositiva, 0.50]; 0.997542 StandardDeviation[velocpositiva]; 0.632016 </pre>
<b>Gráfica de la frecuencia acumulada</b>	
<pre> HP217= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 14, 60}, {representación -- {fun -- distribución empírica} </pre>  <pre> DUP218= </pre>	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 3}, {representación -- {fun -- distribución empírica} </pre>  <pre> DUP219= </pre>

TRAMO 1.9	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> Out[232]= {{1., 28.}, {2., 25.}, {3., 20.}, {4., 21.}, {5., 21.}, {6., 29.}, {7., 16.}, {8., 14.}, {9., 27.}, {10., 22.}, {11., 22.}, {12., 31.}, {13., 25.}, {14., 25.}, {15., 15.}, {16., 26.}, {17., 20.}, {18., 40.}, {19., 25.}, {20., 37.}, {21., 32.}, {22., 30.}, {23., 37.}, {24., 33.}, {25., 29.}, {26., 19.}, {27., 34.}, {28., 36.}, {29., 39.}, {30., 59.}, {31., 31.}, {32., 26.}, {33., 35.}, {34., 39.}, {35., 38.}}  In[233]= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out[233]= {{1., 28.}, {2., 25.}, {3., 20.}, {4., 21.}, {5., 21.}, {6., 29.}, {7., 16.}, {8., 14.}, {9., 27.}, {10., 22.}, {11., 22.}, {12., 31.}, {13., 25.}, {14., 25.}, {15., 15.}, {16., 26.}, {17., 20.}, {18., 40.}, {19., 25.}, {20., 37.}, {21., 32.}, {22., 30.}, {23., 37.}, {24., 33.}, {25., 29.}, {26., 19.}, {27., 34.}, {28., 36.}, {29., 39.}, {30., 59.}, {31., 31.}, {32., 26.}, {33., 35.}, {34., 39.}, {35., 38.}}  In[234]= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out[234]= {1., 28., 2., 25., 3., 20., 4., 21., 5., 21., 6., 29., 7., 16., 8., 14., 9., 27., 10., 22., 11., 22., 12., 31., 13., 25., 14., 25., 15., 15., 16., 26., 17., 20., 18., 40., 19., 25., 20., 37., 21., 32., 22., 30., 23., 37., 24., 33., 25., 29., 26., 19., 27., 34., 28., 36., 29., 39., 30., 59., 31., 31., 32., 26., 33., 35., 34., 39., 35., 38.}  In[235]= velocidadordenado = Sort[velocidad]; Out[235]= {1., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 22., 25., 25., 26., 27., 27., 29., 29., 30., 31., 31., 32., 32., 33., 34., 35., 36., 37., 37., 38., 39., 39., 40., 59.}  In[236]= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; Out[236]= {{1., 1}, {14., 1}, {15., 1}, {16., 1}, {17., 1}, {18., 1}, {19., 1}, {20., 1}, {21., 1}, {22., 2}, {25., 2}, {26., 1}, {27., 2}, {29., 2}, {30., 1}, {31., 2}, {32., 2}, {33., 1}, {34., 1}, {35., 1}, {36., 1}, {37., 2}, {38., 1}, {39., 2}, {40., 1}, {59., 1}}  In[237]= n = Length[velocidad] Out[237]= 35  In[238]= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; Out[238]= {{1., 0.0285714}, {14., 0.0285714}, {15., 0.0285714}, {16., 0.0285714}, {17., 0.0285714}, {18., 0.0285714}, {19., 0.0285714}, {20., 0.0285714}, {21., 0.0285714}, {22., 0.0571429}, {25., 0.0571429}, {26., 0.0285714}, {27., 0.0571429}, {29., 0.0571429}, {30., 0.0285714}, {31., 0.0571429}, {32., 0.0571429}, {33., 0.0285714}, {34., 0.0285714}, {35., 0.0285714}, {36., 0.0285714}, {37., 0.0571429}, {38., 0.0285714}, {39., 0.0571429}, {40., 0.0285714}, {59., 0.0285714}}  In[239]= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out[239]= {{1., 0.0285714}, {14., 0.0571429}, {15., 0.0857143}, {16., 0.114286}, {17., 0.142857}, {18., 0.171429}, {19., 0.2}, {20., 0.228571}, {21., 0.257143}, {22., 0.285714}, {25., 0.342857}, {26., 0.371429}, {27., 0.4}, {29., 0.457143}, {30., 0.485714}, {31., 0.514286}, {32., 0.542857}, {33., 0.571429}, {34., 0.6}, {35., 0.628571}, {36., 0.657143}, {37., 0.714286}, {38., 0.742857}, {39., 0.771429}, {40., 0.8}, {59., 0.828571}}  In[240]= Quantile[velocidad, 0.85] Out[240]= 37.  In[241]= Quantile[velocidad, 0.50] Out[241]= 28.  In[242]= StandardDeviation[velocidad] Out[242]= 8.97166  In[243]= 8.97166407653523* Out[243]= 8.97166 </pre>	<pre> datos = {{55.02, -1.2528783725110062}, {61.8, -1.26415857605178}, {45.24, -1.0446684895918612}, {26.150000000000009, -0.5438708306777121}, {61.819999999999936, -1.086237024256005}} Out[232]= {{55.02, -1.2528783725110062}, {61.8, -1.26415857605178}, {45.24, -1.0446684895918612}, {26.15, -1.044667}, {61.82, -1.08624}}  In[233]= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out[233]= {{55.02, -1.2528783725110062}, {61.8, -1.26415857605178}, {45.24, -1.0446684895918612}, {26.15, -1.044667}, {61.82, -1.08624}}  In[234]= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out[234]= {55.02, -1.2528783725110062, 61.8, -1.26415857605178, 45.24, -1.0446684895918612, 26.15, -1.044667, 61.82, -1.08624}  In[235]= velocpositiva = Abs[velocidad]; Out[235]= {55.02, 1.2528783725110062, 61.8, 1.26415857605178, 45.24, 1.0446684895918612, 26.15, 1.044667, 61.82, 1.08624}  In[236]= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; Out[236]= {26.15, 45.24, 55.02, 61.8, 61.82}  In[237]= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; Out[237]= {{26.15, 1}, {45.24, 1}, {55.02, 1}, {61.8, 1}, {61.82, 1}}  In[238]= n = Length[velocidad] Out[238]= 5  In[239]= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; Out[239]= {{26.15, 0.2}, {45.24, 0.2}, {55.02, 0.2}, {61.8, 0.2}, {61.82, 0.2}}  In[240]= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out[240]= {{26.15, 0.2}, {45.24, 0.4}, {55.02, 0.6}, {61.8, 0.8}, {61.82, 1.0}}  In[241]= Quantile[velocpositiva, 0.85] Out[241]= 61.82  In[242]= Quantile[velocpositiva, 0.50] Out[242]= 1.26416  In[243]= StandardDeviation[velocpositiva] Out[243]= 1.08624 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> In[244]= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 13, 60}, {representación, "Sum"}, {distribución empírica} Out[244]= </pre>	<pre> In[244]= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 2}, {representación, "Sum"}, {distribución empírica} Out[244]= </pre>



**TRAMO 1.11**

**Calculo  $v_{85}, v_{med}$  y Desviación Estándar de la Velocidad**

**Calculo  $d_{85}, d_{med}$  y Desviación Estándar de la Desaceleración**

**Proceso**

```

(25., 26.), (26., 42.), (27., 42.), (28., 22.), (29., 29.), (30., 29.)
Out[100] = ((1., 27.), (2., 15.), (3., 20.), (4., 30.), (5., 30.), (6., 26.),
(7., 27.), (8., 14.), (9., 36.), (10., 26.), (11., 18.), (12., 16.),
(13., 25.), (14., 27.), (15., 67.), (16., 36.), (17., 31.), (18., 36.),
(19., 38.), (20., 36.), (21., 45.), (22., 41.), (23., 39.), (24., 29.),
(25., 38.), (26., 42.), (27., 41.), (28., 35.), (29., 39.), (30., 34.))
In[101] = tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
Out[101] =
In[102] = velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
Out[102] =
In[103] = velocidadordenado = Sort[velocidad];
Out[103] =
In[104] = velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm;
Out[104] =
In[105] = n = Length[velocidad];
Out[105] = 30
In[106] = frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n;
Out[106] =
In[107] = frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
Out[107] =
In[108] = Quantile[velocidad, 0.85];
Out[108] = 41.
In[109] = Quantile[velocidad, 0.50];
Out[109] = 31.
In[110] = StandardDeviation[velocidad];
Out[110] = 10.7085
In[111] = 10.708466947598806
Out[111] = 10.7085

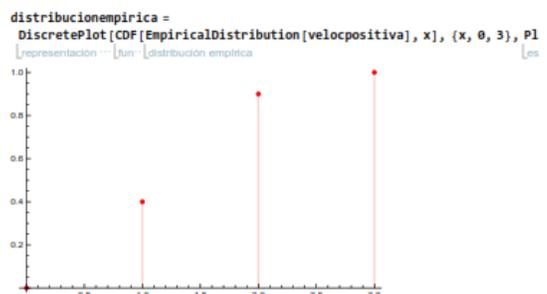
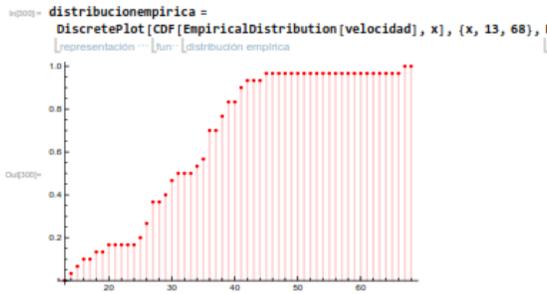
```

```

datos = {{(65.25', -0.7401165980795611'),
(41.24', -2.0577472578462714'), (79.11', -0.9287591429967026'),
(56.24', -1.2390748753139105'), (76.17', -1.2983653057569406'),
(53.22', -0.9074146566082556'), (38.850000000000136', -1.6272526494748656'),
(31.430000000000007', -1.4156502987237949'),
(61.170000000000007', -0.7485226988336484'), (39.63', -1.2976709913926034')}}
Out[100] = {{(65.25, -0.740117), (41.24, -2.05775), (79.11, -0.928759),
(56.24, -1.23907), (76.17, -1.29837), (53.22, -0.907415),
(38.85, -1.62725), (31.43, -1.41565), (61.17, -0.748523), (39.63, -1.29767)}}
In[101] = tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
Out[101] =
In[102] = velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
Out[102] =
In[103] = velocpositiva = Abs[velocidad];
Out[103] =
In[104] = velocidadordenado = Sort[velocpositiva];
Out[104] =
In[105] = velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm;
Out[105] =
In[106] = n = Length[velocidad];
Out[106] = 10
In[107] = frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n;
Out[107] =
In[108] = frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
Out[108] =
In[109] = Quantile[velocpositiva, 0.85];
Out[109] = 1.62725
In[110] = Quantile[velocpositiva, 0.50];
Out[110] = 1.23907
In[111] = StandardDeviation[velocpositiva];
Out[111] = 0.415429

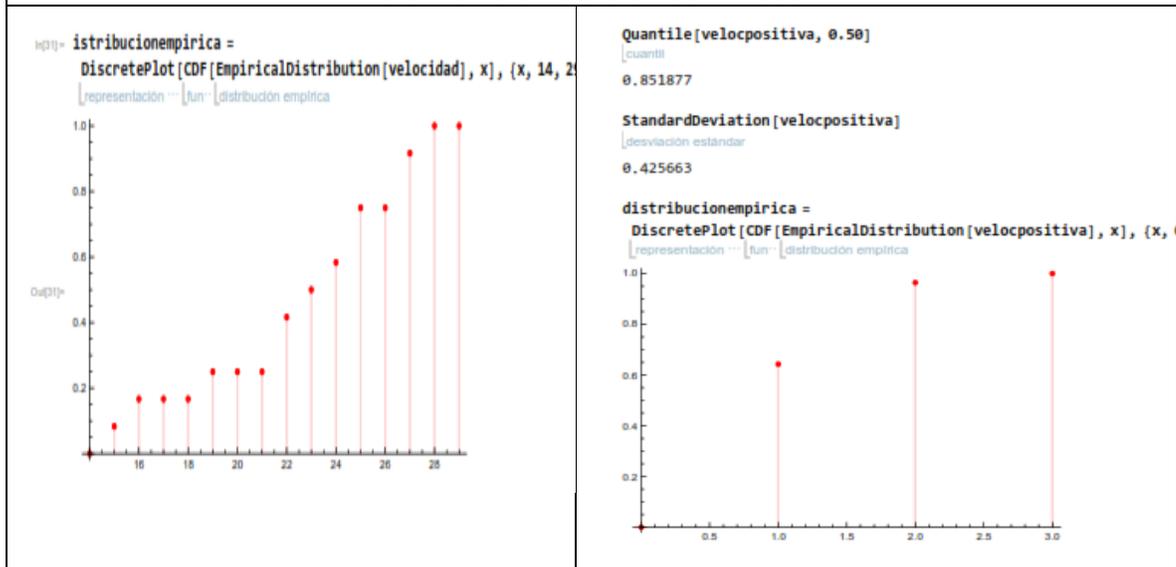
```

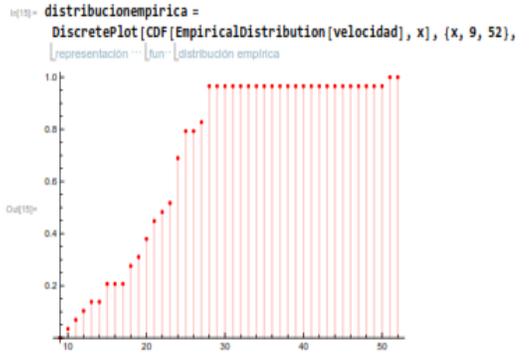
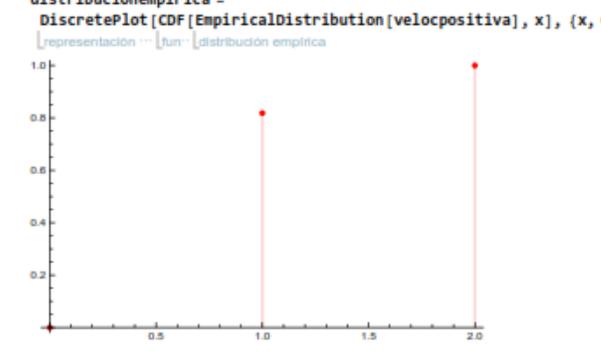
**Grafica de la frecuencia acumulada**



TRAMO 2.1	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
<b>Proceso</b>	
<pre> M118= datos = {{(1., 23.), (2., 22.), (3., 15.), (4., 19.), (5., 24.), (6., 25.)},               {(7., 16.), (8., 27.), (9., 27.), (10., 22.), (11., 25.), (12., 28.)} O4118= {{(1., 23.), (2., 22.), (3., 15.), (4., 19.), (5., 24.), (6., 25.),           (7., 16.), (8., 27.), (9., 27.), (10., 22.), (11., 25.), (12., 28.)}} M119= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; M120= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; M121= velocidadordenado = Sort[velocidad]; M122= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; M123= n = Length[velocidad]; O4123= 12; M124= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; M125= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; M126= Quantile[velocidad, 0.85]; O4126= 27; M127= Quantile[velocidad, 0.50]; O4127= 23; M128= StandardDeviation[velocidad]; O4128= 4.22385; M129= 4.223850031773037; O4129= 4.22385 </pre>	<pre> M118= {{(98.11, -0.7963), (35.12, -0.923861), (41.23, -0.842159), (37.18, -0.692316),         (31.16, -0.746834), (76.12, -0.810935), (45.23, -2.16412), (62., -0.851877),         (61.98, -0.852152), (96.13, -1.21404), (34.56, -0.723048), (65.22, -0.532386),         (45.23, -1.0449), (51., -1.53186), (122.39, -0.472108), (77.56, -0.257675),         (85.68, -1.1938), (80.48, -0.909187), (77.68, -0.539221), (36.63, -1.8087),         (73.44, -0.668029), (52.92, -1.20111), (84.46, -0.561484), (47.02, -1.51148),         (58.63, -0.596181), (44.73, -0.944408), (59.65, -1.05773), (74.83, -1.36689)}} M119= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; M120= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; M121= velocpositiva = Abs[velocidad]; M122= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; M123= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; M124= n = Length[velocidad]; O4124= 28; M125= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; M126= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; M127= Quantile[velocpositiva, 0.85]; O4127= 1.36689 </pre>

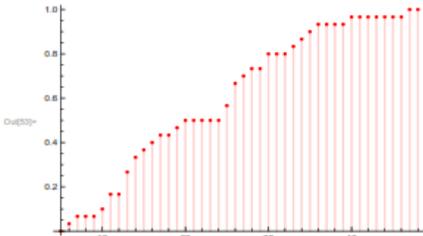
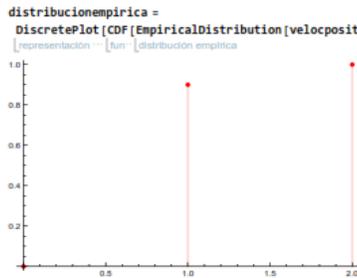
### Grafica de la frecuencia acumulada



TRAMO 2.2	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
<b>Proceso</b>	
<pre> O40D0= [(3., 15.), (2., 12.), (3., 13.), (4., 24.), (5., 24.), (6., 15.), (7., 20.), (8., 25.), (9., 23.), (10., 18.), (11., 21.), (12., 11.), (13., 28.), (14., 10.), (15., 51.), (16., 28.), (17., 28.), (18., 20.), (19., 25.), (20., 24.), (21., 21.), (22., 25.), (23., 22.), (24., 19.), (25., 28.), (26., 18.), (27., 24.), (28., 24.), (29., 27.)]  M40D= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; M40E= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; M40F= velocidadordenado = Sort[velocidad]; M40G= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; M40H= n = Length[velocidad]; O40E0= 29 M40I= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; M40J= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; M40K= Quantile[velocidad, 0.85] O40E10= 28. M40L= Quantile[velocidad, 0.50] O40E20= 23. M40M= StandardDeviation[velocidad] O40E30= 7.68147 M40N= 7.681466403517911' O40E40= 7.68147 </pre>	<pre> datos = {{(30.11, -0.28829477102476103'), (34.12, -0.5981521282908544'), (45.16, -1.1975199291408325'), (23.43, -0.6540445205840354'), (46.71, -1.0117919603754184'), (30.590000000000146, -0.7996445421121202'), (49.959999999999992, -0.39721777421937604'), (30.53000000000002, -0.375153284764596), (52.0599999999999945, -0.30810254846022905'), (37.85, -0.47512119395926083'), (38.17, -0.4585662096469013')}} ((30.11, -0.288295), (34.12, -0.598152), (45.16, -1.19752), (23.43, -0.654045), (46.71, -1.01179), (30.59, -0.799645), (49.96, -0.397218), (30.53, -0.375153), (52.06, -0.308103), (37.85, -0.475121), (38.17, -0.458566))  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; velocpositiva = Abs[velocidad]; velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; n = Length[velocidad] 11 frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Quantile[velocpositiva, 0.85] 1.01179 Quantile[velocpositiva, 0.50] 0.475121 StandardDeviation[velocpositiva] 0.296463 </pre>
<b>Grafica de la frecuencia acumulada</b>	
<pre> M41E0= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 9, 52}, {representación --&gt; {fun --&gt; {distribución empírica}} </pre> 	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 2.0}, {representación --&gt; {fun --&gt; {distribución empírica}} </pre> 

TRAMO 2.3	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> HG171- datos = {{(1., 9.), (2., 27.), (3., 15.), (4., 21.), (5., 16.), (6., 20.), (7., 23.), (8., 17.), (9., 19.), (10., 28.), (11., 48.), (12., 32.), (13., 21.), (14., 31.), (15., 30.)}} Out171- {{(1., 9.), (2., 27.), (3., 15.), (4., 21.), (5., 16.), (6., 20.), (7., 23.), (8., 17.), (9., 19.), (10., 28.), (11., 48.), (12., 32.), (13., 21.), (14., 31.), (15., 30.)}}  HG181- tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; HG181- velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; HG191- velocidadordenado = Sort[velocidad]; HG211- velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; HG221- n = Length[velocidad]; Out221- 15 HG231- frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; HG241- frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; HG251- Quantile[velocidad, 0.85]; Out251- 31. HG261- Quantile[velocidad, 0.50]; Out261- 21. HG271- StandardDeviation[velocidad]; Out271- 9.36712 </pre>	<pre> {{(35.7, -0.547094), (37.12, -0.757678), (25.12, -0.0022939), (74.22, -1.00517), (54.12, -0.77651), (51.92, -1.12731), (45.24, -1.15802), (38.11, -2.04999), (23., -0.0898792), (45., -0.0857339), (32.39, -0.684369), (51.82, -0.969709), (57.06, -0.794075), (43.61, -0.704519), (28.34, -0.875515), (59.52, -0.530008), (68.42, -0.638487), (16.7, -0.670005), (35.72, -0.691891), (41.52, -0.366124), (41.74, -1.32487), (28.85, -0.324188), (33.67, -0.532622), (55.34, -1.0104), (50.61, -0.532101)}}  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; velocpositiva = Abs[velocidad]; velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; n = Length[velocidad]; frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Quantile[velocpositiva, 0.85]; 1.15802 Quantile[velocpositiva, 0.50]; 0.691891 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> HG281- distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 8, 49}, HG281- </pre>	<pre> StandardDeviation[velocpositiva]; 0.475752 distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, HG281- </pre>

TRAMO 2.4	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> H301) datos = {{(1., 15.), (2., 15.), (3., 25.), (4., 18.), (5., 11.), (6., 18.), (7., 21.), (8., 13.), (9., 18.), (10., 16.), (11., 13.), (12., 19.), (13., 29.), (14., 25.), (15., 20.), (16., 15.), (17., (18., 23.), (19., 17.), (20., 13.), (21., 16.), (22., 26.)}} O4299) ((1., 15.), (2., 15.), (3., 25.), (4., 18.), (5., 11.), (6., 18.), (7., 21.), (8., (9., 18.), (10., 16.), (11., 13.), (12., 19.), (13., 29.), (14., 25.), (15., 20.), (16., 15.), (17., 20.), (18., 23.), (19., 17.), (20., 13.), (21., 16.), (22., H302) tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; H303) velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; H304) velocidadordenado = Sort[velocidad]; H305) velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; H306) n = Length[velocidad]; O4340) 22 H307) frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; H308) frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; H309) Quantile[velocidad, 0.85]; O4341) 25. H310) Quantile[velocidad, 0.50]; O4342) 18. H311) StandardDeviation[velocidad]; O4343) 4.78815 </pre>	<pre> ((42., -0.588902), (23., -0.431027), (45., -0.444117), (68., -0.769172), (90., -0.868056), (45.11, -0.548302), (24.03, -0.3 (11., -0.789141), (113.89, -0.810354), (15.61, -0.474091), (20.91, - (29.46, -0.637877), (21.85, -0.207861), (47.05, -0.844393), (7.79, - (18.44, -0.588397), (30.85, -0.600336), (30.39, -0.965657)) tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; velocpositiva = Abs[velocidad]; velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; n = Length[velocidad]; frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Quantile[velocpositiva, 0.85]; 0.868056 Quantile[velocpositiva, 0.50]; 0.588902 StandardDeviation[velocpositiva]; 0.238199 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> H341) = distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 10} O4344) </pre>	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, O4345) </pre>

TRAMO 2.5	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
<b>Proceso</b>	
<pre> Out42= ((1., 13.), (2., 26.), (3., 15.), (4., 7.), (5., 26.), (6., 13.), (7., 13.), (8., 14.), (9., 14.), (10., 16.), (11., 36.), (12., 10.), (13., 17.), (14., 6.), (15., 11.), (16., 11.), (17., 47.), (18., 33.), (19., 34.), (20., 19.), (21., 27.), (22., 25.), (23., 26.), (24., 20.), (25., 25.), (26., 40.), (27., 30.), (28., 30.), (29., 35.), (30., 28.))  In43= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out43= In44= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out44= In45= velocidadordenado = Sort[velocidad]; Out45= In46= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; Out46= In47= n = Length[velocidad]; Out47= 30 In48= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1]/n; Out48= In49= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out49= In50= Quantile[velocidad, 0.85]; Out50= 34. In51= Quantile[velocidad, 0.50]; Out51= 20. In52= StandardDeviation[velocidad]; Out52= 10.4936 </pre>	<pre> ((54., -0.686586), (40.33, -0.860953), (46.07, -1.12015), (29.11, -0.132533), (28.96, -0.24028), (13.38, -0.439076), (31.32, -0.785977), (25.82, -0.345674), (6.45, -0.42507), (8.82, -0.655329))  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out43= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out44= velocpositiva = Abs[velocidad]; Out45= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; Out46= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; Out46= 0.132533 1 0.24028 1 0.345674 1 0.42507 1 0.439076 1 0.655329 1 0.686586 1 0.785977 1 0.860953 1 1.12015 1  n = Length[velocidad]; Out47= 10 frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1]/n; Out48= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out49= Quantile[velocpositiva, 0.85]; Out50= 0.860953 Quantile[velocpositiva, 0.50]; Out51= 0.439076 </pre>
<b>Gráfica de la frecuencia acumulada</b>	
<pre> In53= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 5, 48}, {representación -&gt; "Bar", "distribución empírica"}]; Out53= </pre> 	<pre> StandardDeviation[velocpositiva]; Out52= 0.307929  distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 2}, {representación -&gt; "Bar", "distribución empírica"}]; Out54= </pre> 

TRAMO 2.6	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> In[14]= datos = {{1., 13.}, {2., 21.}, {3., 17.}, {4., 10.}, {5., 15.}, {6., 14.}, {7., 19.}, {8., 17.}, {9., 6.}, {10., 49.}, {11., 17.}, {12., 26.}, {13., 13.}, {14., 26.}, {15., 33.}, {16., 35.}, {17., 26.}, {18., 21.}, {19., 24.}, {20., 25.}} Out[14]= {{1., 13.}, {2., 21.}, {3., 17.}, {4., 10.}, {5., 15.}, {6., 14.}, {7., 19.}, {8., 17.}, {9., 6.}, {10., 49.}, {11., 17.}, {12., 26.}, {13., 13.}, {14., 26.}, {15., 33.}, {16., 35.}, {17., 26.}, {18., 21.}, {19., 24.}, {20., 25.}}  In[15]= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out[15]= {{1., 13.}, {2., 21.}, {3., 17.}, {4., 10.}, {5., 15.}, {6., 14.}, {7., 19.}, {8., 17.}, {9., 6.}, {10., 49.}, {11., 17.}, {12., 26.}, {13., 13.}, {14., 26.}, {15., 33.}, {16., 35.}, {17., 26.}, {18., 21.}, {19., 24.}, {20., 25.}}  In[16]= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out[16]= {13., 21., 17., 10., 15., 14., 19., 17., 6., 49., 17., 26., 13., 26., 33., 35., 26., 21., 24., 25.}  In[17]= velocidadordenado = Sort[velocidad]; Out[17]= {6., 10., 13., 14., 15., 17., 17., 19., 21., 24., 25., 26., 26., 33., 35., 49.}  In[18]= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; Out[18]= {{6., 1}, {10., 1}, {13., 1}, {14., 1}, {15., 1}, {17., 2}, {19., 1}, {21., 1}, {24., 1}, {25., 1}, {26., 2}, {33., 1}, {35., 1}, {49., 1}}  In[19]= n = Length[velocidad]; Out[19]= 20  In[20]= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1]/n; Out[20]= {{6., 0.05}, {10., 0.05}, {13., 0.05}, {14., 0.05}, {15., 0.05}, {17., 0.1}, {19., 0.05}, {21., 0.05}, {24., 0.05}, {25., 0.05}, {26., 0.1}, {33., 0.05}, {35., 0.05}, {49., 0.05}}  In[21]= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out[21]= {0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, 1.0}  In[22]= Quantile[velocidad, 0.85]; Out[22]= 26.  In[23]= Quantile[velocidad, 0.50]; Out[23]= 19.  In[24]= StandardDeviation[velocidad]; Out[24]= 9.8209 </pre>	<pre> {61., -0.52277}, {56., -1.27384}, {66.71, -0.617266}, {105.22, -0.655136}, {68.12, -0.285191}, {41.5, -0.268667}, {26.33, -1.03832}, {39.87, -0.651619}, {35.12, -0.778443}, {34.16, -0.705874}, {31.25, -0.217399}, {14.38, -0.942205}, {43.85, -1.11693}, {32.58, -1.2841}, {57.17, -0.525674}, {49., -0.520038}, {32.33, -1.0399}, {43.81, -0.360399}, {7.86, -0.851361}, {37.61, -1.01268}}  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];  velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];  velocpositiva = Abs[velocidad];  velocidadordenado = Sort[velocpositiva];  velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm;  n = Length[velocidad] 20  frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1]/n;  frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];  Quantile[velocpositiva, 0.85] 1.0399  Quantile[velocpositiva, 0.50] 0.655136  StandardDeviation[velocpositiva] 0.328413 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> In[15]= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 5, 50}, {representación -&gt; Sum[distribución empírica]} Out[15]= </pre>	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 3}, {representación -&gt; Sum[distribución empírica]} Out[15]= </pre>

TRAMO 2.7	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
<b>Proceso</b>	
<pre> H070= datos = {{(1., 16.), (2., 26.), (3., 14.), (4., 18.), (5., 17.), (6., 15.), (7., 21.), (8., 21.), (9., 25.), (10., 19.), (11., 11.), (12., 8.), (13., 50.), (14., 17.), (15., 28.), (16., 28.), (17., 27.), (18., 20.), (19., 20.), (20., 25.), (21., 25.), (22., 24.), (23., 23.), (24., 13.), (25., 26.), (26., 29.)}} O04670= ((1., 16.), (2., 26.), (3., 14.), (4., 18.), (5., 17.), (6., 15.), (7., 21.), (8., 21.), (9., 25.), (10., 19.), (11., 11.), (12., 8.), (13., 50.), (14., 17.), (15., 28.), (16., 28.), (17., 27.), (18., 20.), (19., 20.), (20., 25.), (21., 25.), (22., 24.), (23., 23.), (24., 13.), (25., 26.), (26., 29.)) H080= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; H081= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; H071= velocidadordenado = Sort[velocidad]; H072= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; H073= n = Length[velocidad]; O04671= 26 H074= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; H075= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; H076= Quantile[velocidad, 0.85]; O04672= 28. H076= Quantile[velocidad, 0.50]; O04673= 21. H077= StandardDeviation[velocidad]; O04674= 8.0613 </pre>	<pre> ((42., -0.331606), (61., -0.569217), (54., -0.695028), (43., -0.59214), (31., -0.907258), (26., -0.935589), (47., -0.554899), (29., -0.480258), (23.59, -0.368467), (18.16, -0.643942), (48.08, -0.513214), (34.14, -0.887867), (14.4, -2.25475), (42.85, -0.442134)) tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; velocidadpositiva = Abs[velocidad]; velocidadordenado = Sort[velocidadpositiva]; velocidadconteo = Tally[Sort[velocidadpositiva]] // MatrixForm; n = Length[velocidad]; 14 frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidadpositiva]], All, -1] / n; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Quantile[velocidadpositiva, 0.85]; 0.907258 Quantile[velocidadpositiva, 0.50]; 0.569217 StandardDeviation[velocidadpositiva]; 0.479514 </pre>
<b>Grafica de la frecuencia acumulada</b>	
<pre> H078= distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 7, : representación -- Jun -- distribución empírica </pre>	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidadpositiva], x], {x, 0, 3}, representación -- Jun -- distribución empírica </pre>



TRAMO 2.9	
Calculo $v_{85}, v_{med}$ y Desviación Estándar de la Velocidad	Calculo $d_{85}, d_{med}$ y Desviación Estándar de la Desaceleración
Proceso	
<pre> In[103]- datos = {{1., 17.}, {2., 11.}, {3., 27.}, {4., 13.}, {5., 17.}, (6., 15.}, {7., 15.}, {8., 15.}, {9., 38.}, {10., 17.}, {11., 20.}, (12., 26.}, {13., 30.}, {14., 28.}, {15., 23.}, {16., 18.}, {17., (18., 28.}, {19., 25.}, {20., 28.}, {21., 14.}, {22., 24.}, {23., Out[103]- {{1., 17.}, {2., 11.}, {3., 27.}, {4., 13.}, {5., 17.}, (6., 15.}, {7., 15.}, {8., 15.}, {9., 38.}, {10., 17.}, {11., 20.}, (12., 26.}, {13., 30.}, {14., 28.}, {15., 23.}, {16., 18.}, {17., 21.}, (18., 28.}, {19., 25.}, {20., 28.}, {21., 14.}, {22., 24.}, {23., 31.}}  In[104]- tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; Out[104]- {{1., 17.}, {2., 11.}, {3., 27.}, {4., 13.}, {5., 17.}, (6., 15.}, {7., 15.}, {8., 15.}, {9., 38.}, {10., 17.}, {11., 20.}, (12., 26.}, {13., 30.}, {14., 28.}, {15., 23.}, {16., 18.}, {17., 21.}, (18., 28.}, {19., 25.}, {20., 28.}, {21., 14.}, {22., 24.}, {23., 31.}}  In[105]- velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; Out[105]- {17., 11., 27., 13., 17., 15., 15., 15., 38., 17., 20., 26., 30., 28., 23., 18., 28., 25., 28., 14., 24., 31.}  In[106]- velocidadordenado = Sort[velocidad]; Out[106]- {11., 13., 14., 15., 15., 15., 17., 17., 18., 20., 23., 24., 25., 26., 27., 28., 28., 31., 38.}  In[107]- velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; Out[107]- {{11., 1}, {13., 1}, {14., 1}, {15., 3}, {17., 2}, {18., 1}, {20., 1}, {23., 1}, {24., 1}, {25., 1}, {26., 1}, {27., 1}, {28., 2}, {31., 1}, {38., 1}}  In[108]- n = Length[velocidad]; Out[108]- 23  In[109]- frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n; Out[109]- {{11., 0.0434783}, {13., 0.0434783}, {14., 0.0434783}, {15., 0.130435}, {17., 0.0870165}, {18., 0.0434783}, {20., 0.0434783}, {23., 0.0434783}, {24., 0.0434783}, {25., 0.0434783}, {26., 0.0434783}, {27., 0.0434783}, {28., 0.0870165}, {31., 0.0434783}, {38., 0.0434783}}  In[110]- frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Out[110]- {0.0434783, 0.0869565, 0.1304348, 0.2608696, 0.347837, 0.391315, 0.434793, 0.478271, 0.521749, 0.565227, 0.608705, 0.652183, 0.695661, 0.739139, 0.782617, 0.826095, 0.869573, 0.913051, 0.956529, 1.0}  In[111]- Quantile[velocidad, 0.85] Out[111]- 28.  In[112]- Quantile[velocidad, 0.50] Out[112]- 21.  In[113]- StandardDeviation[velocidad] Out[113]- 6.98021 </pre>	<pre> {{31., -0.870014}, {38., -0.208776}, {29., -0.749139}, {47., -0.581242}, {38., -0.406143}, (43.17, -0.992781), {25.17, -0.387017}, {27.32, -0.295271}, {27., -0.695995}, (35.76, -0.141689), {36.18, -0.219278}, {34., -0.290487}, {46.05, -1.38575}, (48.32, -0.958885), {17.16, -0.82019}, {24.85, -0.578899}, {39.25, -1.01535}}  tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; velocpositiva = Abs[velocidad]; velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; n = Length[velocidad]; frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n; frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; Quantile[velocpositiva, 0.85] 0.992781 Quantile[velocpositiva, 0.50] 0.581242 StandardDeviation[velocpositiva] 0.352822 </pre>
Grafica de la frecuencia acumulada	
<pre> In[114]- distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 10, 30}, Out[114]- </pre>	<pre> distribucionempirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0.5, 3.0}, Out[114]- </pre>

TRAMO 2.10

Calculo  $v_{85}, v_{med}$  y Desviación Estándar de la Velocidad

Calculo  $d_{85}, d_{med}$  y Desviación Estándar de la Desaceleración

Proceso

```

Out[110]= {{(1., 11.), (2., 15.), (3., 9.), (4., 25.), (5., 17.), (6., 12.), (7., 11.),
(8., 12.), (9., 13.), (10., 15.), (11., 10.), (12., 25.), (13., 20.), (14.,
(15., 20.), (16., 23.), (17., 24.), (18., 15.), (19., 23.), (20., 25.), (21.,
(22., 23.), (23., 22.), (24., 20.), (25., 21.), (26., 22.), (27., 24.)}}

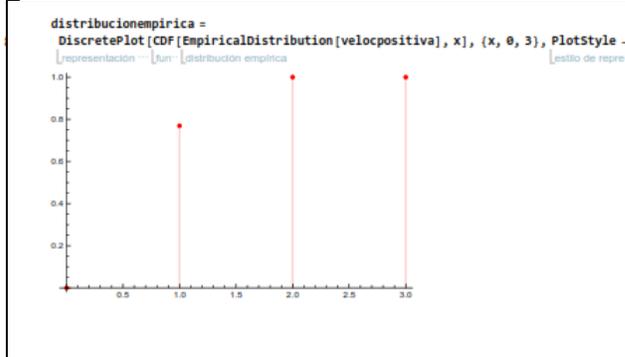
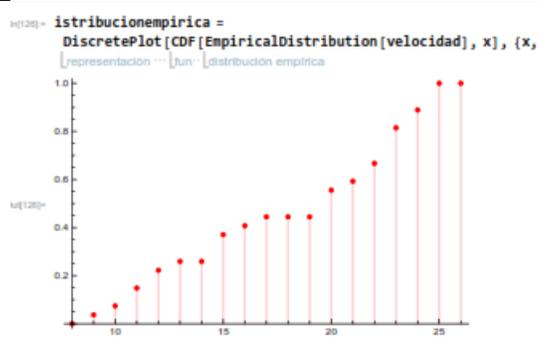
In[110]= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
In[111]= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
In[112]= velocidadordenado = Sort[velocidad];
In[113]= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm;
In[114]= n = Length[velocidad];
Out[115]= 27
In[116]= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n;
In[117]= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
In[118]= Quantile[velocidad, 0.85];
Out[119]= 24.
In[120]= Quantile[velocidad, 0.50];
Out[121]= 20.
In[122]= StandardDeviation[velocidad];
Out[123]= 5.336
    
```

```

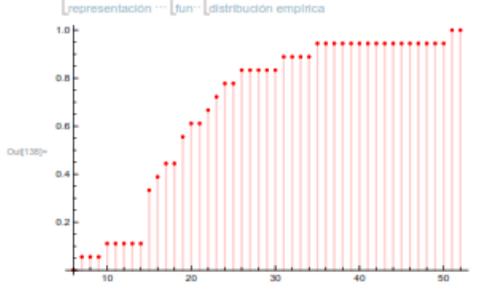
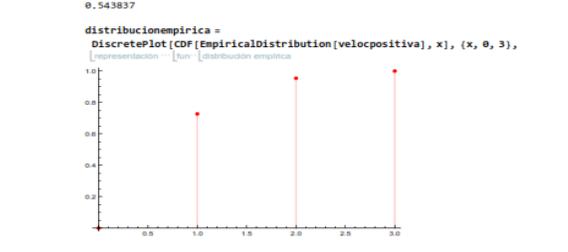
{{(34.25, -0.22078), (43.06, -0.997798), (38.24, -0.501715),
(40.16, -0.3468), (61.22, -0.549911), (39.01, -0.840938),
(35.12, -0.819321), (40.01, -0.385706), (24.12, -0.270318),
(106.3, -1.10188), (30.97, -1.22824), (29.97, -1.36557), (15.28, -0.640727)}}

tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
velocpositiva = Abs[velocidad];
velocidadordenado = Sort[velocpositiva];
velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm;
n = Length[velocidad];
13
frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1] / n;
frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
Quantile[velocpositiva, 0.85];
1.22824
Quantile[velocpositiva, 0.50];
0.640727
StandardDeviation[velocpositiva];
0.377184
    
```

Grafica de la frecuencia acumulada



**TRAMO 2.11**

<p><b>Calculo <math>v_{85}, v_{med}</math> y Desviación Estándar de la Velocidad</b></p>	<p><b>Calculo <math>d_{85}, d_{med}</math> y Desviación Estándar de la Desaceleración</b></p>
<p><b>Proceso</b></p>	
<pre> #M127= datos = {{(1., 15.), (2., 7.), (3., 26.), (4., 20.), (5., 19.), (6., 19.), (7., 24.), (8., 16.), (9., 22.), (10., 15.), (11., 10.), (12., 15.), (13., 15.), (14., 51.), (15., 23.), (16., 17.), (17., 31.), (18., 35.)}} #M128= {{(1., 15.), (2., 7.), (3., 26.), (4., 20.), (5., 19.), (6., 19.), (7., 24.), (8., 16.), (9., 22.), (10., 15.), (11., 10.), (12., 15.), (13., 15.), (14., 51.), (15., 23.), (16., 17.), (17., 31.), (18., 35.)}} #M129= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; #M130= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; #M131= velocidadordenado = Sort[velocidad]; #M132= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm; #M133= n = Length[velocidad]; #M134= 18; #M135= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1]/n; #M136= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; #M137= Quantile[velocidad, 0.85]; #M138= 31; #M139= Quantile[velocidad, 0.50]; #M140= 19; #M141= StandardDeviation[velocidad]; #M142= 10.1337                     </pre>	<pre> {{(39.18, -0.393877), (41.87, -0.874185), (54.23, -0.8224), (36.41, -0.238411), (43.19, -0.359096), (45.66, -0.80155), (45.11, -0.192431), (48.11, -0.666991), (19.07, -2.79511), (40.14, -1.04542), (65.59, -0.491953), (72.89, -0.472878), (75.15, -0.452539), (16.21, -1.30878), (47.44, -0.871189), (33.27, -0.911734), (62.75, -1.10218), (41.41, -0.742474), (17.09, -1.07777), (37.59, -0.86137), (42.31, -1.25982), (68.21, -0.436811)}} #M143= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2]; #M144= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]]; #M145= velocpositiva = Abs[velocidad]; #M146= velocidadordenado = Sort[velocpositiva]; #M147= velocidadconteo = Tally[Sort[velocpositiva]] // MatrixForm; #M148= n = Length[velocidad]; #M149= 22; #M150= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocpositiva]], All, -1]/n; #M151= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia]; #M152= Quantile[velocpositiva, 0.85]; #M153= 1.10218; #M154= Quantile[velocpositiva, 0.50]; #M155= 0.80155                     </pre>
<p><b>Gráfica de la frecuencia acumulada</b></p>	
<pre> #M156= DistribucionEmpirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocidad], x], {x, 6}, {representación -- fun -- distribución empirica}                     </pre> 	<pre> StandardDeviation[velocpositiva] #M157= 0.543837 #M158= DistribucionEmpirica = DiscretePlot[CDF[EmpiricalDistribution[velocpositiva], x], {x, 0, 3}, {representación -- fun -- distribución empirica}                     </pre> 

TRAMO 2.12

Calculo  $v_{85}, v_{med}$  y Desviación Estándar de la Velocidad

Calculo  $d_{85}, d_{med}$  y Desviación Estándar de la Desaceleración

Proceso

```

w0100= datos = {{(1., 13.), (2., 12.), (3., 10.), (4., 16.), (5., 12.),
(6., 6.), (7., 11.), (8., 15.), (9., 52.), (10., 23.), (11., 30.),
(12., 20.), (13., 23.), (14., 20.), (15., 28.), (16., 31.), (17., 32.),
(18., 30.), (19., 27.), (20., 30.), (21., 25.), (22., 21.), (23., 24.)}}
Ow0100= {{(1., 13.), (2., 12.), (3., 10.), (4., 16.), (5., 12.),
(6., 6.), (7., 11.), (8., 15.), (9., 52.), (10., 23.), (11., 30.),
(12., 20.), (13., 23.), (14., 20.), (15., 28.), (16., 31.), (17., 32.),
(18., 30.), (19., 27.), (20., 20.), (21., 25.), (22., 21.), (23., 24.)}}
w0400= tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
w0410= velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
w0420= velocidadordenado = Sort[velocidad];
w0430= velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm;
w0440= n = Length[velocidad];
Ow0440= 23
w0450= frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n;
w0460= frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
w0470= Quantile[velocidad, 0.85];
Ow0470= 30.
w0480= Quantile[velocidad, 0.50];
Ow0480= 21.
w0490= StandardDeviation[velocidad];
Ow0490= 9.96337
    
```

```

datos = {{(46., -0.188707729468599), (12., -0.15753600823045266),
(45., -0.7037229938271603), (61., -0.3893038479052823),
(69., -0.5032206119326541), (30.18, -0.96963090579093164),
(25.69, -0.794431709508912), (54.22, -1.034520497766302),
(76.14, -0.745605885195238), (43.19, -1.1200403078273147),
(66.19, -0.9386656841789164), (34.12, -0.32180007833644514),
(12.689999999999996, -0.7831653314070819), (46.869999999999989, -0.681317850001563),
(69.670000000000007, -0.14694721544423694), (30.800000000000012,
-0.6609007386612112), (52.920000000000007, -0.2186960518093263)}}
{{(46., -0.188700, (12., -0.157536), (45., -0.703723), (61., -0.389304), (69., -0.503221),
(30.18, -0.969631), (25.69, -0.794432), (54.22, -1.03452), (76.14, -0.745606),
(43.19, -1.12004), (66.19, -0.938666), (34.12, -0.3218), (12.69, -0.783165),
(46.87, -0.681318), (69.67, -0.146947), (30.8, -0.660901), (52.92, -0.218696)}}
tabladatos = Partition[Flatten[datos], 2];
velocidad = Flatten[Take[tabladatos, All, -1]];
velocidadordenado = Sort[velocidad];
velocidadconteo = Tally[Sort[velocidad]] // MatrixForm;
n = Length[velocidad];
frecuencia = Take[Tally[Sort[velocidad]], All, -1] / n;
frecuenciaacumulada = Accumulate[frecuencia];
Quantile[velocidad, 0.85];
Quantile[velocidad, 0.50];
StandardDeviation[velocidad];
    
```

Grafica de la frecuencia acumulada

