



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**Aplicación de la metodología 85 percentil y la norma SAE
J299 para determinar los límites de velocidad y la
capacidad de frenado en la ciudad de Cuenca**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Autores:

**GEOVANNY VÉLEZ MALDONADO
DIEGO FABIÁN ZAMBRANO ZÚÑIGA**

Director:

DANIEL GUILLERMO CORDERO MORENO

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A nuestros padres y familiares, que nos brindaron todo el apoyo, consejos y comprensión que requerimos para culminar nuestros estudios universitarios y transformarnos en personas útiles a la familia y la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Tutor, Ing. Daniel Cordero Moreno. PhD porque con su paciencia, dedicación y aliento nos motivó y guio en la elaboración de la presente tesis; ha sido un privilegio contar con su guía y su amistad.

Gracias a la Universidad del Azuay y a su Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, y a su magnífico equipo de profesionales que orientaron nuestros estudios universitarios. Gracias a todas las personas que de una u otra manera han sido protagonistas para alcanzar la meta propuesta y convertirnos en profesionales con sólidos conocimientos y deseos de servir a los demás.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE GRÁFICAS	vii
RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1.....	3
1.1. Motivación de la investigación.	3
1.2. Antecedentes	3
1.3. Estado del arte	5
1.4. Problemática.	7
1.5. Objetivo general.	7
1.6. Objetivo específico.....	7
1.7. Alcance.	8
1.8. Capacidad de frenado	8
1.9. Norma SAE J299.....	8

CAPITULO 2.....	9
DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	9
2.1. Metodología 85 percentil	9
2.2. Método de Velocidad de Operación.....	9
2.3. Factores de Ajuste de los Límites de Velocidad.	11
2.4. Límites de velocidad en zonas escolares.	14
2.5. Norma SAE J299.....	15
2.6. Protocolo de pruebas.	15
2.7. Logística.....	18
2.8. Codificación de archivos	18
2.9. Pasos para determinar los límites de velocidad.....	19
2.10. Pasos para determinar la capacidad de frenado.....	20
CAPÍTULO 3.....	21
RECOPIACIÓN DE DATOS	21
3.1. Equipos	21
3.2 Selección de conductores	28
3.3. Selección de vehículos	28
3.4. Descripción de las pruebas.	29
3.5. Logística.....	29
3.6. Almacenamiento.....	30
3.7. Pasos para determinar la velocidad	31
3.8. Pruebas de frenado.	36
3.9. Ajustes de velocidad.....	44

CONCLUSIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Revisión del vehículo.....	16
Figura 2. 2 Temperatura de los elementos	16
Figura 2. 3. Tipos de frenos.....	17
Figura 2. 4. Pesaje de los vehículos.	18

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Siniestros por causas probables a nivel nacional mayo-2016.....	4
Tabla 1. 2. Reglamento de los límites de velocidad. (ANT, 2012)	7
Tabla 2. 1 Factores de ajuste de la densidad de acceso.	11
Tabla 2. 2 Factores de ajuste de ancho de ruta.	11
Tabla 2. 3 Factores de ajuste según su clasificación funcional.	12
Tabla 2. 4 Factores de ajuste por el ancho del parterre.	12
Tabla 2. 5.Factores de ajuste para el tipo de hombro y ancho.	13
Tabla 2. 6.Factores de Ajuste de la actividad peatonal.	13
Tabla 2. 7.Factores de ajuste por actividad de estacionamiento.	14
Tabla 2. 8.Factores de ajuste por tasa de accidentabilidad.	14
Tabla 2. 9. Temperatura de elementos friccionantes.....	17
Tabla 2. 10. Peso de vehículos	18
Tabla 2. 11.Codificación de archivos.	19
Tabla 3. 1 Características Técnicas GPS Firelog.	21
Tabla 3. 2. Características Técnicas GPS VBox.	22
Tabla 3. 3. Selección de la vía de 50 km/h.....	23
Tabla 3. 4 Selección de la vía de 40 km/h.....	24
Tabla 3. 5Selección de la vía de 30 km/h.....	25
Tabla 3. 6 Selección de la vía de 20 km/h.....	26
Tabla 3. 7 Selección de la vía de 10 km/h.....	27

Tabla 3. 8 Vías seleccionadas.	27
Tabla 3. 9. Conductores elegidos	28
Tabla 3. 10 Selección de vehículos.	28
Tabla 3. 11 Equipos para las pruebas.	29
Tabla 3. 12 Descripción de actividades.	30
Tabla 3. 13 Codificación de archivos de velocidad.	31
Tabla 3. 14 Muestra de codificación de archivos de frenado.	31
Tabla 3. 15 Promedio de Velocidades.	35
Tabla 3. 16 Velocidad 85 percentil.	36
Tabla 3. 17 Tipos de Calzada.	37
Tabla 3. 18 Velocidad - Distancia.	43
Tabla 3. 19 Distancias de frenado	44
Tabla 3. 20 Locales comerciales y viviendas de las vías de estudio.	44
Tabla 3. 21 Ancho de vías de estudio.	44
Tabla 3. 22 Funcionalidad de las vías.	45
Tabla 3. 23 Ancho del parterre de las vías de estudio.	45
Tabla 3. 24 Tipo de hombro.	45
Tabla 3. 25 Actividad peatonal.	46
Tabla 3. 26 Zonas de parqueo.	46
Tabla 3. 27 Tasa de accidentabilidad.	46
Tabla 3. 28 Ajustes por capacidad de frenado.	48
Tabla 3. 29 Ajustes de velocidad calle Gaspar Sangurima.	49
Tabla 3. 30 Ajustes de velocidad calle Presidente Córdova.	49
Tabla 3. 31 Ajustes de velocidad calle Mariscal Sucre.	50
Tabla 3. 32 Ajustes de velocidad Av. Fray Vicente Solano.	50
Tabla 3. 33 Ajustes de velocidad Av. De Las Américas.	51

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3. 1 Velocidad – Distancia, Av. De las Américas.	32
Gráfica 3. 2 Velocidad – Distancia, Av. Fray Vicente Solano.	32
Gráfica 3. 3 Velocidad – Distancia, Gaspar Sangurima	33
Gráfica 3. 4 Velocidad – Distancia, Presidente Córdova.	33

Gráfica 3. 5 Velocidad – Distancia, Mariscal Sucre.....	34
Gráfica 3. 6 Velocidad – Distancia.....	37
Gráfica 3. 7 Velocidad – Distancia.....	38
Gráfica 3. 8 Velocidad – Distancia.....	38
Gráfica 3. 9 Velocidad – Distancia.....	39
Gráfica 3. 10 Velocidad – Distancia.....	39
Gráfica 3. 11 Velocidad – Distancia.....	40
Gráfica 3. 12 Velocidad – Distancia.....	40
Gráfica 3. 13 Velocidad – Distancia.....	41
Gráfica 3. 14 Velocidad – Distancia.....	41
Gráfica 3. 15 Velocidad – Distancia.....	42
Gráfica 3. 16 Velocidad – Distancia.....	42
Gráfica 3. 17 Velocidad – Distancia.....	43
Gráfica 3. 18 Frenado (Distancia de frenado – Velocidad).....	47
Gráfica 3. 19 Coeficiente de correlación (teórico – práctico).....	48

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA 85 PERCENTIL Y LA NORMA SAE
J299 PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE VELOCIDAD Y LA
CAPACIDAD DE FRENADO EN LA CIUDAD DE CUENCA**

RESUMEN

En Cuenca los límites de velocidad no se han establecido utilizando una metodología técnica, por lo cual, en este estudio se propone determinar los límites de velocidad y compararlos con los establecidos anteriormente, para esto se utiliza la metodología 85 percentil y los factores de ajuste, a esto se incluye un ajuste por capacidad de frenado, el mismo que no se ha utilizado en otras metodologías

Para demostrar en forma teórica y práctica nuestra propuesta, se realizó la recopilación, filtración y tabulación de datos, con las que se obtuvo los siguientes resultados:

Mariscal Sucre 30 km/h

Presidente Córdova 30 km/h

Sangurima 30 km/h

Av. Fray Vicente Solano 60 km/h

Av. De Las Américas 60 km/h

Palabras Clave: Ajustes, Frenado, Percentil, Metodología, Velocidad



Daniel Guillermo Cordero Moreno

Director del Trabajo de Titulación



Robert Esteban Rockwood Iglesias

Coordinador de Escuela (E)



Geovanny Esteban Vélez Maldonado



Diego Fabián Zambrano Zúñiga

Autores

**APPLICATION OF 85TH PERCENTIL METHODOLOGY, AND SAE J299
STANDARD TO DETERMINE SPEED LIMITS AND BRAKING CAPACITY IN
THE CITY OF CUENCA**

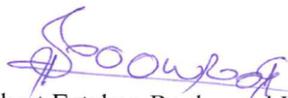
ABSTRACT

In Cuenca speed limits have not been established through a technical methodology; therefore, this study proposes to determine speed limits and compare them with those previously established. For this, the 85th percentile methodology and adjustment factors are used. Additionally, a braking capacity adjustment, which has not been used in other methodologies, is included. In order to demonstrate our proposal in a theoretical and practical way, data collection, screening and tabulation were performed. These allowed obtaining the following results:

Mariscal Sucre Street 30 km / h
Presidente Córdova Street 30 km / h
Sangurima Street 30 km / h
Fray Vicente Solano Avenue 60 km / h
Las Américas Avenue 60 km / h

Keywords: Adjustments, Braking, Percentile, Methodology, Speed


Daniel Guillermo Cordero Moreno
Thesis Director


Robert Esteban Rockwood Iglesias
School Coordinador (IC)

Geovanny Esteban Vélez Maldonado

Diego Fabián Zambrano Zúñiga

Authors




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Trabajo de Titulación

Ing. Daniel Guillermo Cordero Moreno. PhD

Abril, 2017

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA 85 PERCENTIL Y LA NORMA SAE J299 PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE VELOCIDAD Y LA CAPACIDAD DE FRENADO EN LA CIUDAD DE CUENCA

INTRODUCCIÓN

El ser humano, en su afán de permanente superación, y su anhelo de procurarse un buen vivir, en sus diferentes manifestaciones tanto físicas, como intelectuales, sociales, políticas, religiosas, económicas y sobre todo de confort, ha incursionado en los distintos ámbitos que ha ido creando y es así como, al observar que todos los seres de la naturaleza se movilizan, utilizando diferentes medios de locomoción, trabajó intensamente hasta alcanzar un medio de transporte que le evitaba la fatiga del recorrer grandes distancias y le permitía moverse con rapidez y llegar oportunamente al sitio requerido.

Con la invención del automóvil, el hombre inició una carrera que le permitía trasladarse de un sitio a otro con seguridad y velocidad; inventó también el aeroplano, la locomotora y el buque logrando así dominar la tierra, el aire y el agua disminuyendo con ello las distancias y poniendo al alcance de sus manos, el mundo entero.

Sin embargo, el invento y la utilización de los automotores, trajo como consecuencia aspectos positivos, ya señalados anteriormente, pero también una serie de circunstancias negativas que atentaron contra su existencia, destacándose entre ellas el uso indebido y abusivo de la velocidad que podía alcanzar con su vehículo.

Ante las estadísticas, muy alarmantes en determinados países, sobre las consecuencias mortales del exceso de velocidad, se optó por legislar sobre la movilidad en carreteras y calzadas de las ciudades, y regular los controles de velocidad.

Considerando las peticiones de los peatones, que sentían el inminente peligro de movilizarse en ciudades y carreteras; organismos estatales, particulares, nacionales y regionales, a través de leyes, regularon la movilidad automotriz, implementando para ello, controles de velocidad que, considerando una serie de situaciones, pusieron límites máximos y mínimos que deben ser respetados por los conductores y evitar así sanciones drásticas.

Con el afán de colaborar en este empeño, y dando cumplimiento a un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero mecánico automotriz, se pone a consideración el presente trabajo que pretende demostrar la importancia de la aplicación de la metodología 85 percentil y la norma SAEJ299 para determinar los límites de velocidad y la capacidad de frenado en cinco vías de la ciudad de Cuenca.

Para configurar el trabajo de investigación, se parte de observaciones in situ, se utilizan las principales calles y avenidas de nuestra ciudad y se aplica una serie de actividades que permitieron sacar como conclusión lo importante que es la aplicación de la metodología 85 percentil y la norma SAEJ299 para regular la velocidad y evitar accidentes de tránsito. Se espera que este trabajo permita una concienciación en los señores conductores que deberán considerar además cuán importante es el conocimiento de la capacidad de frenado de su vehículo y todas las circunstancias expuestas que, en más de una oportunidad, salvarán su vida y la de sus conciudadanos.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

“Los límites de velocidad se establecen para la protección del público y la regulación de la conducta irracional de los individuos”(Forbes et al. 2012). Siendo la velocidad, uno de los factores de alto riesgo para la vida de los ciudadanos, en varios países, se utiliza diferentes metodologías para determinar los límites de velocidad.

En este trabajo se analiza y aplica la metodología 85 percentil, para determinar los límites de velocidad en las vías y la norma SAE J299, que hace referencia a la capacidad de frenado de los vehículos. De conformidad a lo propuesto en la presente tesis, se define el procedimiento de la metodología 85 percentil y la norma SAE J299 para, luego de aplicar una serie de pruebas, analizarlas y comparar sus resultados, determinar los límites de velocidad y la capacidad de frenado de los vehículos en la ciudad de Cuenca.

1.1. Motivación de la investigación.

En el Ecuador, los límites de velocidad fueron implantados por la ley de tránsito y transporte terrestre el 2 de Agosto de 1996 (Ley de Tránsito y Transporte Terrestre, 1996). En el 2011, se realiza una reforma de los límites de velocidad. Se está ejecutando un nuevo plan de movilidad en la ciudad de Cuenca, el mismo estableció nuevos límites de velocidad. Con el estudio en el que se aplica la metodología 85 percentil y la capacidad de frenado, se determina los límites de velocidad en las vías de estudio y se compara con las establecidas por la ANT y DMT para saber si estos límites son los adecuados.

1.2. Antecedentes

En 1885, Karl Friedrich Benz, introdujo los primeros vehículos en la vía pública. Por aquellas épocas, los vehículos más veloces alcanzaban alrededor de 21 km/h. Desde ese momento hasta la actualidad, los avances que han tenido la ciencia y la tecnología, han permitido la presencia y utilización de vehículos más rápidos, esto, sumado a las mejoras en las carreteras, han logrado un aumento en las velocidades de circulación. (Forbes et al., 2012)

El exceso de velocidad, significa superar los rangos permitidos y se lo considera como un factor primario de las causas de accidentes, mismos que indicamos en la Tabla 1, que nos

muestra la realidad en el país. Encuestas de desempeño de la seguridad vial, muestran que el exceder la velocidad del automotor, es uno de los factores de la inseguridad vial, ver Tabla 1.1. Este exceso de velocidad, contribuye a que un tercio de los accidentes sean mortales y actúa como un factor agravante en la mayoría de los siniestros y en las resoluciones legales que toman las autoridades judiciales.

Tabla 1. 1 Siniestros por causas probables a nivel nacional mayo-2016.

Causas Probables	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Total	%
Conducir desatento a las condiciones de tránsito	634	632	590	492	522	2870	21,89
Conducir vehículo superando los límites máximos de velocidad	408	314	262	289	287	1560	11,90
No respetar las señales reglamentarias de tránsito	366	300	296	248	304	1514	11,54
No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que antecede	263	238	220	239	222	1182	9,01

Fuente: (Oro et al. 2016)

Un informe importante presentado por la Administración de Seguridad de Tráfico en Carreteras Nacionales en los Estados Unidos(NHTSA),indica que, los accidentes provocados por el exceso de velocidad y el irrespeto a las normas y reglamentos establecidos, representan más de 13000 muertes por año, y es uno de los factores principales para que ocurran accidentes fatales.(Forbes et al., 2012)

El método más frecuente de gestión utilizado para la movilidad vehicular, es el límite de velocidad. Los ajustes de los límites de velocidad son anteriores al mismo automóvil. Hace unos 200 años, en Newport, Rhode Island y en Boston, Massachusetts se prohibió que los caballos y carruajes vayan a galope, teniendo que ir a “ritmo pie” en las principales avenidas, con el fin de proteger a los peregrinos.(Forbes et al., 2012)

El ajuste del primer límite de velocidad se lo acredita el Parlamento Inglés, que lo aplicó a los vehículos de propulsión mecánica, en 1861. En ese año, la Ley de Locomotora (los automóviles fueron considerados como locomotoras de luz) establece límites de velocidad de 16km/h para la vía pública y de 8 km/h para atravesar cualquier ciudad, pueblo o villa. Posteriormente, la ley fue modificada y se establecieron límites de velocidad de 6 km / h fuera de las ciudades y de 3 km / h dentro de ellas. (Forbes et al., 2012)

El ser humano, siempre se preocupó por su seguridad, por su integridad física y esta actitud lo llevó a determinar el límite de velocidad adecuado, para lo que planteó diferentes puntos de vista:

- Los peatones buscan que se reduzcan velocidades máximas de circulación vehicular, con el fin de mejorar la calidad de vida y tener mayor seguridad.
- Los conductores, al contrario, buscan aumentar las velocidades máximas de circulación y de esta manera reducir los tiempos de viaje.

La controversia, entre peatones y conductores, gira en torno a los límites máximos de velocidad. Sin embargo, está claro que el objetivo general de establecer el límite de velocidad, es aumentar la seguridad de todos conservando una movilidad razonable.(Forbes et al., 2012)

1.3. Estado del arte

Cada país adopta diferentes metodologías para obtener los límites de velocidad, dependiendo de las necesidades y prioridades que requieren cada uno de ellos.

En Estados Unidos, para realizar una metodología de obtención de límites de velocidad, se realizó la zonificación de velocidad en 40 Estados y se realizó 124 encuestas con el Comité Técnico del Consejo de Ingeniería de Tráfico y las agencias estatales y locales.

A través de estas encuestas, se determinó que los factores más importantes considerados para recomendar un límite de velocidad son las siguientes: la geometría de la carretera, la exposición de choque, la distancia del borde de la carretera y la velocidad 85 percentil.

El percentil es una medida matemática de distribución. Por ejemplo, si se coge una muestra, se la divide en 100 partes y se la ordena de forma ascendente, cada una de estas partes es

un percentil. La velocidad 85 percentil es la velocidad por debajo de la cual, el 85 por ciento de los conductores, viajan a flujo libre y de manera segura.(Forbes et al., 2012)

En Mérida Yucatán, la medición del tráfico vehicular se realizó mediante un equipo especializado que tiene un programa que mide: el número de vehículos, la velocidad, y el tiempo de cruce; este programa va conectado a un sistema de cables que son los que se colocan sobre el pavimento para el conteo vehicular. Antes de realizar la prueba se programa el sistema de medición de dicho equipo, ya que estas mediciones pueden ser utilizadas en uno o dos sentidos, en este caso se realiza la medición en un solo sentido, de Norte a Sur. (Salomón et al.2006)

En la ciudad de Brasilia, se realizó un análisis para cada vía. Para este análisis se elaboran plantillas para su caracterización que incluyen los siguientes parámetros:

- La longitud de los tramos y de los segmentos.
- El tiempo en movimiento entre las intersecciones semaforizadas.
- El atraso de control en esas intersecciones.
- Velocidad media de recorrido.
- Nivel de funcionalidad de la vía. (Felipe et al. 2010)

Tomando en consideración los ejemplos propuestos, se inició el estudio para la determinación de los límites de velocidad y se hizo utilizando un GPS, que capta información del vehículo de prueba durante el tiempo de viaje, en el recorrido de cada uno de los tramos analizados, lo que permitió, determinar la velocidad media de recorrido, además de los tiempos y su localización a lo largo del tramo, a través de la velocidad 85 percentil y el software de georreferenciación.

En el Ecuador, los límites de velocidad fueron establecidos mediante la Ley de Tránsito y Transporte Terrestre del Ecuador, el 2 de Agosto de 1996.(Ley de Tránsito y Transporte Terrestre, 1996). Posteriormente se han hecho reformas a la Ley desde el año 2011. Algunas modificaciones incluyen: multas para los que se encuentren fuera de un rango moderado de velocidad y prisión para los que excedan los límites de velocidad establecidos, como se explica en la Tabla 1.2.

Tabla 1. 2 Reglamento de los límites de velocidad.

Tipo de Vía	Límite Máximo	Rango Moderado	Fuera de Rango Moderado
Urbana	50 km/h	> 50 km/h - < 60 km/h	> 60 km/h
Perimetral	90 km/h	> 90 km/h - < 120 km/h	> 120 km/h
Rectas en carreteras	100 km/h	> 100 km/h - < 135 km/h	> 135 km/h
Curvas en carreteras	60 km/h	> 60 km/h - < 75 km/h	> 75 km/h

Fuente: (ANT. 2012)

En la ciudad de Cuenca, se ejecuta un nuevo “plan de movilidad”, que incluye zonas peatonales, ciclo vías, pasos a desnivel, transferencia administrativa de la Policía de tránsito a la EMOV y sus agentes, que traerá como consecuencia cambios en los límites de velocidad. Pero lo más importante y novedoso es la implementación de un nuevo medio de transporte, el tranvía; que de acuerdo a las disposiciones técnicas para su movilidad exigirá determinados cambios en el convivir de los cuencanos, que, a través de sus autoridades, considerarán e implementarán las normas de velocidad dentro de la ciudad y con ello se priorizará la seguridad del peatón y la alternabilidad del uso de las vías con otros vehículos.

1.4. Problemática.

En Cuenca los límites de velocidad no fueron establecidos utilizando una metodología técnica, únicamente se tomó en cuenta la capacidad de las vías, la disponibilidad de la vía, la posición, cercanía de escuelas y hospitales.

1.5. Objetivo general.

Aplicar la metodología 85 percentil y la norma SAE J299 para determinar los límites de velocidad y la capacidad de frenado en las 5 vías seleccionadas de la ciudad de Cuenca.

1.6. Objetivo específico.

- Realizar la recopilación de datos para analizar las velocidades y capacidad de frenado obtenidas en el estudio.
- Determinar los límites de velocidad mediante la aplicación de la metodología 85 percentil y la norma SAE J299.

- Comparar los límites de velocidad obtenidos en nuestro estudio con los establecidos por la ANT y DMT.

1.7. Alcance.

Realizar la toma de datos en 5 vías de la ciudad; el recorrido del circuito se lo hará en cuatro vehículos de las marcas más utilizadas en Cuenca; obtener mediante un GPS la velocidad para determinar la capacidad de frenado y velocidades de circulación.

1.8. Capacidad de frenado

De conformidad con estudios efectuados, y con base en la observación práctica realizada en diferentes automotores, se llega a la conclusión de que la capacidad de frenado de un vehículo, es la distancia que requiere para detenerse, a partir de la aplicación del freno, a una determinada velocidad, hasta detenerse.

1.9. Norma SAE J299

Esta norma establece el procedimiento de prueba y las instrucciones para determinar las distancias de frenado de vehículos de motor en cualquier superficie de carretera, se considera fundamentalmente, la velocidad inicial del vehículo puesto a prueba. Permite al usuario imponer condiciones de ensayo especificadas por cualquier fuente y designa la instrumentación y técnicas preferidas para lograr la precisión. (SAE. 2009)

CAPITULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo, se hará referencia a la descripción para encontrar los límites de velocidad y la capacidad de frenado, aplicando los ajustes correspondientes.

2.1. Metodología 85 percentil

Como ya se indicó en el capítulo anterior, la metodología 85 percentil, hace referencia a la determinación de la velocidad que debe ser considerada por los conductores y, que para su aplicación, tiene los siguientes pasos:

- Planificación.
- Coordinación.
- Recopilación de datos.
- Análisis y
- Determinación de los límites de velocidad.

A su vez, el estudio de los límites de velocidad incluye lo siguiente:

- Revisión de las características de la carretera, las funciones y servicios que presta, características de condición y de tráfico.
- La observación y la medición de la velocidad del vehículo en uno o más puntos representativos a lo largo de la carretera en un clima ideal y en condiciones de tráfico de flujo libre. Se entiende por flujo libre, la velocidad promedio de los vehículos en una carretera dada, sin restricciones de demora.
- Análisis de la velocidad del vehículo para determinar la velocidad percentil 85 y otras características.
- Revisión de la accidentabilidad de la carretera.(Forbes et al. 2012)

2.2. Método de Velocidad de Operación

La mayoría de los métodos de ajuste del límite de velocidad de operación, se basan en el percentil 85 de velocidad en la que, el 85 por ciento del tráfico de flujo libre, se desplaza en, o, por debajo de dicha velocidad. Para alcanzar este objetivo, se establece el límite de velocidad en, o, cerca de la velocidad percentil 85 del tráfico de flujo libre. Los ajustes, al aumentar o disminuir los límites de velocidad, pueden realizarse en función de las condiciones de infraestructura y de tráfico.(Forbes et al. 2012)

Para establecer un límite de velocidad, en función de la velocidad percentil 85, se basó, originalmente, en la seguridad tanto del conductor como del peatón. En concreto, la investigación hasta ese momento, había demostrado que, el conductor que viaja aproximadamente a la velocidad percentil 85, ocasiona el riesgo más bajo de accidente para los peatones y pasajeros. Por otra parte, el irrespeto a esta norma, aumenta rápidamente el riesgo de accidente para los conductores que viajan por encima de la velocidad percentil 85. Por lo tanto, el respeto a dicha velocidad; separa el comportamiento aceptable de velocidad, de la conducta de velocidad insegura, que contribuye de manera desproporcionada el riesgo de choques.(Forbes et al. 2012)

El método de la velocidad percentil 85 también es atractivo, porque refleja el juicio colectivo de la gran mayoría de los conductores, que la toman como a una velocidad razonable para las condiciones de tráfico y de las carreteras. Esto está en línea con el sentimiento general de que las leyes (es decir, límites de velocidad) no deben hacer que los conductores, actuando de manera razonable, se conviertan en transgresores de la ley. Establecer un límite de velocidad, incluso 8 km / h por debajo de la velocidad percentil 85, puede hacer que casi la mitad de los conductores sean infractores; el establecimiento de un límite de velocidad de 8 km / h por encima de la velocidad percentil 85 probablemente hará que algunos conductores adicionales actúen dentro de los parámetros establecidos. (Forbes et al. 2012)

El uso de la velocidad percentil 85, como criterio principal para la selección de un límite de velocidad adecuado, se basa en los siguientes conceptos fundamentales profundamente arraigadas en el gobierno y la ley:

- Las leyes son establecidas para la protección del público y la regulación del comportamiento irracional por parte de los individuos.
- El método de velocidad de funcionamiento debe establecer límites de velocidad que estén dirigidos, en gran medida, al uso de la velocidad percentil 85 como punto de partida, para establecer el límite de velocidad.
- Este criterio supone que los conductores sean conscientes y seleccionen la velocidad más segura, para evitar posibles accidentes de tránsito.
- Otra crítica que ha sido dirigida contra la velocidad percentil 85, como un determinante principal del límite de velocidad, es que esta práctica puede dar lugar a una tendencia

al alza en las velocidades de operación promedio, esto se debe a que se la realiza a flujo libre.(Forbes et al. 2012)

2.3. Factores de Ajuste de los Límites de Velocidad.

Se debe ajustar la velocidad 85 percentil debido, a que la velocidad a flujo libre no considera circunstancias de las vías y su entorno. Para determinar los límites de velocidad se aplicarán los ajustes a la velocidad percentil 85, los mismos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 2. 1 Factores de ajuste de la densidad de acceso.

Número de accesos por kilómetro		Límite de velocidad de estudio (mínima [km / h])			
No comercial	Comercial	30	40	50	60
0 - 3	0	15	15	15	10
4 - 6	0	10	10	10	5
7 - 12	1	10	10	5	5
13 - 21	2 - 3	5	5	0	0
22 - 30	4 - 5	5	0	0	0
> 30	> 5	0	0	-5	-10

Fuente: (Forbes et al. 2012)

Tabla 2. 2 Factores de ajuste de ancho de ruta.

Ancho del carril (m)	Límite de velocidad de estudio (mínima [km / h])			
	30	40	50	60
<2.8	0	0	0	-5
2.8 a 3.2	5	5	0	0
3.3 a 3.5	10	10	5	5
> 3.5	15	15	10	10

Fuente: (Forbes et al. 2012)

Tabla 2. 3 Factores de ajuste según su clasificación funcional.

Clasificación funcional	Límite de velocidad de estudio (mínima [km / h])			
	30	40	50	60
Local	0	0	0	-5
Coleccionista	5	0	0	0
Arterial	10	5	5	0
Autopista	15	10	10	5

Fuente: (Forbes et al. 2012)

Tabla 2. 4 Factores de ajuste por el ancho del parterre.

Clasificación funcional	Ancho del parterre								
	Ninguna	Color o pintado		Montable		Barrera		Deprimida sin pavimentar	
		0.6m - 1.8m	> 1,8m	0.6m - 1.8m	> 1,8m	0.6m - 1.8m	> 1,8m	1.8m - 6.0m	> 6,0m
Local	0	5	10	-	-	-	-	-	-
Coleccionista	0	5	5	10	15	-	-	-	-
Arterial	-10	0	0	5	10	15	20	-	-
Autopista	-	-10	-5	0	0	5	10	15	20

Fuente: (Forbes et al. 2012)

Tabla 2. 5. Factores de ajuste para el tipo de hombro y ancho.

Clasificación funcional	Tipo de hombro			
	Ninguna	Césped o Grava	Estabilizado	Pavimentado
Local	0	5	10	20
Coleccionista	0	0	5	10
Arterial	-5	0	0	5
Autopista	-10	-5	0	0

Fuente: (Forbes et al. 2012)

Tabla 2. 6. Factores de Ajuste de la actividad peatonal.

Actividad de peatones	Retrceso de la acera desde el borde del pavimento [m]				
	Ninguna	0-0,5	0,6-2,5	02.06 a 04.05	> 4.5
Edad <12					
Pesado	-25	-20	-15	-10	-5
Medio	-20	-15	-10	-5	0
Ligero	-15	-10	-5	0	0
Si ninguna, considere la posibilidad de más de 12 años de edad					
Edad > 12					
Pesado	-10	-5	0	0	0
Medio	-5	0	0	0	0
Ligero	-5	0	0	0	0
Ninguna	0	0	0	0	0

Fuente: (Forbes et al. 2012)

Tabla 2. 7. Factores de ajuste por actividad de estacionamiento.

Clasificación funcional	Actividad de estacionamiento			
	No estacionar	Baja el volumen de negocios	De media rotación	La alta rotación
Local	10	0	-10	-10
Coleccionista	10	0	-10	-15
Arterial	15	0	-10	-15
Autopista	0	-10	-15	-20

Fuente: (Forbes et al. 2012)

Tabla 2. 8. Factores de ajuste por tasa de accidentabilidad.

Tasa de accidentabilidad	Ajuste
<75%	10
76% - 125%	0
126% - 200%	-10
> 200%	-20

Fuente: (Forbes et al. 2012)

2.4. Límites de velocidad en zonas escolares.

La reducción de los límites de velocidad debe ser considerada para las zonas escolares, durante las horas en que los niños ingresan o se retiran de la escuela. Por lo general, las zonas de velocidad escolares, sólo se consideran para las escuelas adyacentes o visibles desde las carreteras. Sin embargo, la presencia y actividad de peatones en edad escolar y sus acompañantes, debe ser la base primordial que se considere para determinar los límites de velocidad en las mencionadas zonas, reduciendo a su mínima expresión. (Forbes et al. 2012)

Una revisión de los límites de velocidad en zonas escolares de los Estados Unidos mostró que, la mayoría de los Estados, utilizan un límite de velocidad de la zona escolar de 25 a 40 km / h en las zonas urbanas y suburbanas, con 30 km / h como la velocidad ideal que debería ser utilizada. (Forbes et al. 2012)

De acuerdo con el Manual de Dispositivos de Control de Tráfico Uniformes, o MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices) por sus siglas en inglés, la zona de velocidad reducida debe ser instalada en un rango comprendida entre 45 m y 210 m de avance de los terrenos de la escuela o de cruces escolares. (Forbes et al. 2012)

2.5. Norma SAE J299.

Para la correcta y efectiva aplicación de la norma, es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Instrumentación y equipos

Los instrumentos y equipos utilizados en las pruebas tienen una precisión de 20 Hz para las pruebas de frenado y de 10 Hz para las pruebas de velocidad.

- Medición de velocidad con el dispositivo.

El equipo graba la velocidad de frenado, esta velocidad no debe exceder en $\pm 0.5\%$ de la velocidad propuesta.

- Medición de la distancia de parada

El equipo se activa el momento en el que se aplica el pedal del freno, hasta detenerse. El error de medición no debe exceder de $\pm 0,5\%$ de la distancia.

- Procedimiento de pruebas

- Alcanzar la velocidad deseada (velocidad 85 percentil de cada vía), esta no debe sobrepasarla por más de 12 km/h.
- Dejar de acelerar.
- El frenado se lo realiza en neutro o con el pedal del embrague presionado.
- Aplicar el freno hasta que el vehículo se detenga.(SAE. 2009)

2.6. Protocolo de pruebas.

Para definir las fechas en las que se realizaron las pruebas, se consideraron 2 parámetros:

- Horario de trabajo de los conductores
- Flujo vehicular en el circuito

Considerando estos parámetros, se realizaron las pruebas en la madrugada, desde las 00:00 horas hasta las 03:00 horas. Esta hora es la más adecuada porque el flujo vehicular es muy escaso.

Para proceder con las pruebas, se realizan las siguientes inspecciones en cada uno de los vehículos:

- El labrado, presión y dimensión de los neumáticos. Figura 2.1.



Figura 2. 1 Revisión del vehículo.

- Temperatura de los elementos friccionantes antes y después de las pruebas.



Figura 2. 2 Temperatura de los elementos

Tabla 2. 9. Temperatura de elementos friccionantes.

Vehículo	Temp. inicial componentes de frenado [°C]								Velo [Km/h]
	Rueda DD		Rueda DI		Rueda PD		Rueda PI		
	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.	Inic.	Fin.	
Chevrolet Grand Vitara	25.8	37.6	23.8	33.1	21.9	26.1	20.3	25.1	30
	31.2	39.8	20.9	29	24.1	30.4	23.7	30.1	40
	29.3	36.3	32.2	31.5	27.6	31	24.2	31.2	50
	30.8	35.9	34.8	33.4	29	31.8	28.9	32	60
Chevrolet Aveo	21.5	28.3	22.8	27.9	14.2	18.4	15.1	19.1	30
	27.3	37.7	27.9	32.1	14.1	20.8	14.1	22	40
	29.8	35.2	30.4	32	17.3	22.1	18.6	21.2	50
	32.7	31.6	32.1	32.3	20.8	22.6	22	23.3	60
Mazda BT-50	21.3	33.7	21.1	32.6	16.6	17.2	16.6	21.9	30
	35.1	38.7	27.7	32.6	22.5	24	18.9	22.1	40
	43.4	38.1	37.6	34.9	24.5	22.4	23.1	22.3	50
	38.1	38.8	34.9	34.3	22.4	21.7	22.3	23.4	60
Chevrolet D-Max	27.1	31.3	27.3	34.4	21.8	21.9	22.8	24.4	30
	22.9	32.3	30.1	28.8	20.6	24.9	26.1	24.9	40
	32.7	40.6	27.2	33.6	27.4	28.9	25.9	29.4	50
	30	60.9	28.1	60.7	33.4	36.6	33.8	36.9	60

- El nivel de combustible (las pruebas se realizaron con tanque lleno)
- Tipo de frenos en cada eje (pastillas o zapatas), Figura 2.3.



Figura 2. 3. Tipos de frenos.

- El peso del vehículo (con tanque lleno), Figura 2.4.

Tabla 2. 10. Peso de vehículos

Tipo	Marca	Modelo	Peso
Automóvil	Chevrolet	Aveo	1050 kg
Suv	Chevrolet	Grand Vitara	1355 kg
Camioneta	Mazda	Bt-50	1655 kg
Camioneta	Chevrolet	D-Max	1815 kg



Figura 2. 4. Pesaje de los vehículos.

2.7. Logística

La logística, tiene como función, revisar las diferentes actividades, para así realizar un trabajo organizado, con el fin de evitar datos erróneos en la toma de los mismos.

2.8. Codificación de archivos

Los archivos se codifican de la siguiente manera:

- Número de vehículo
- Número de conductor
- Tipo y número de prueba

A cada vehículo, conductor y prueba, se le asignó una letra con un número para que no exista confusión en el momento de tabular los datos. Tabla 2.11.

Tabla 2. 11.Codificación de archivos.

Conductores		Automóviles		Pruebas	
Gabriela Abad	C1	Chevrolet Aveo	A1	Prueba de Velocidad 1	P1
Valeria Alexandra	C2	Chevrolet D-Max	A2	Prueba de Velocidad 2	P2
Eduardo Zambrano	C3	Chevrolet Gran Vitara	A3	Prueba de Frenado 1	F1
Tito Vélez	C4	Mazda Bt-50	A4	Prueba de Frenado 2	F2
				Prueba de Frenado 3	F3

Para todos los archivos generados se realizó una copia en un dispositivo de almacenamiento, el cual estuvo destinado únicamente para respaldar la información de los datos obtenidos en cada una de las pruebas realizadas.

2.9. Pasos para determinar los límites de velocidad.

Para determinar los límites de velocidad, se siguió los pasos:

- Establecer el circuito
- Asignar el vehículo y el conductor del mismo.
- Conectar el equipo GPS en el vehículo.
- Recorrer el circuito con flujo vehicular libre.
- Descargar los archivos generados por el equipo a las computadoras.
- Clasificar los archivos según cada vía.
- Encontrar la velocidad promedio en cada vía.
- Realizar una tabla que contenga todas las velocidades de esa vía.
- Ordenar las velocidades de menor a mayor.
- Encontrar la velocidad 85 percentil.
- Realizar el mismo procedimiento con cada vehículo y el conductor asignado
- Realizar el ajuste al límite de velocidad encontrado.

2.10. Pasos para determinar la capacidad de frenado

- Buscar vías de las mismas características que las de estudio.
- Asignar el vehículo y el conductor del mismo
- Conectar el equipo GPS en el vehículo
- Tomar los datos de la temperatura de los componentes de frenado antes de realizar la prueba
- Arrancar el vehículo y alcanzar la velocidad encontrada anteriormente (con un rango +/- 5 km/h) en cada vía
- Presionar el pedal del freno bruscamente hasta que el vehículo se detenga totalmente.
- Tomar los datos de la temperatura de los componentes de frenado una vez que el vehículo se encuentre en reposo
- Descargar los archivos generados por el equipo GPS a las computadoras
- Clasificar los archivos según cada vía
- Sacar la distancia y tiempo de frenado en cada vía
- Realizar el mismo procedimiento para cada una de las pruebas
- Ajustar los límites de velocidad

CAPÍTULO 3

RECOPIACIÓN DE DATOS

En este capítulo se presenta paso a paso la recopilación de los datos obtenidos en las diferentes pruebas realizadas, así como de la metodología utilizada en este estudio.

3.1. Equipos

Para realizar las pruebas de este estudio se utilizaron dos tipos de equipos que sirven para obtener las mediciones requeridas.

- GPS Firelog.

Este equipo se utilizó para realizar las pruebas en el recorrido propuesto, se encontraron las velocidades de circulación a flujo libre. Las características técnicas se muestran a continuación en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Características Técnicas GPS Firelog.

	Frecuencia	10 Hz
	Rango de velocidad	0 a 350 Km/h
	Precisión	1,3 m CEP (error circular probable)
	Alimentación	12 volt
	Almacenamiento	Incorporado

Fuente: (Firelog Manual de uso. 2008.)

- GPS VBOX

Este equipo se utiliza para realizar las pruebas de capacidad de frenado. Las características técnicas se muestran a continuación en la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2. Características Técnicas GPS VBox.

	Frecuencia	20Hz
	Precisión	3-5 m CEP
	Antena	Interna o externa
	Batería Interna	6h
	Almacenamiento	Tarjeta SD

Fuente: (V-BOX Life. 2010)

3.1 Selección de vías

En las vías de estudio, según el nuevo plan de movilidad, se utilizaron velocidades de 10, 20, 30, 40 y 50 Km/h. Para nuestro estudio, nos permitimos proponer lo siguiente:

- Escoger una vía de 40 y 50 km/h considerando la capacidad de flujo vehicular. (Entendemos por capacidad de flujo vehicular al número de vehículos que la vía soporta)
- Escoger una vía de 10, 20 y 30 km/h considerando el IMD Índice medio diario. (número de vehículos que circulan al día)

• Vías de 50km/h

Son vías de gran capacidad, diseñadas para velocidades de alta circulación a lo largo de la ciudad, que conecta con otros destinos externos. (GAD. 2015)

Como podemos observar en la Tabla 3.3, la Av. De las Américas tiene la mayor capacidad vehicular, por lo tanto, seleccionaremos dicha avenida para nuestro estudio.

Tabla 3. 3. Selección de la vía de 50 km/h.

VIAS DE 50 KM/H			
NOMBRE DE LA VIA	NUMERO CARRILES	ANCHO CARRILES	CAPACIDAD
Av. De las Américas	6	4	10830
Ordoñez Lasso	4	4	7220
Abelardo J. Andrade	4	3	3800
Camino a Baños	4	3	3800
Camino a Ricaurte	2	3	1900
Camino a Ochoa León	2	3	1900
Camino a Turi	2	3	1900
Camino a Lazareto	2	3	1900
Camino a San Pedro	2	3	1900

Fuente: (GAD. 2015)

- **Vías de 40km/h**

Estas vías son las encargadas de conectar las distintas zonas de la ciudad con los barrios y el centro de la misma. Su función es distribuir el tráfico para controlar los niveles de congestión vehicular. En la Tabla 3.4, la Av. Fray Vicente Solano es la que tiene la mayor capacidad vehicular, por lo tanto seleccionaremos dicha avenida para nuestro estudio (GAD. 2015)

Tabla 3. 4 Selección de la vía de 40 km/h.

VIAS DE 40 KM/H			
NOMBRE DE LA VIA	NUMERO CARRILES	ANCHO CARRILES	CAPACIDAD
Fray Vicente Solano	5	3	9025
Huayna – Capac	4	3	7220
Doce de Abril	4	3	7220
Diez de Agosto	4	3	7220
Doce de Octubre	4	3	7220
Remigio Crespo	4	3	7043
Héroes de Verdeloma	4	3	6974
Paraíso	4	3	1946

Fuente: (GAD. 2015)

- **Vías de 30 km/h**

Estas vías son las que están dentro de los barrios y conectan la red básica urbana y la red local, son vías para viajes cortos no mayores a 1.5 km. En la Tabla 3.5, la calle Tarqui es la que presenta mayor IMD, sin embargo, al ser una calle transversal, su flujo vehicular no es continuo, por lo tanto, se optó por la Presidente Córdova que es la que le antecede al IMD. (GAD. 2015)

Tabla 3. 5Selección de la vía de 30 km/h.

VIAS DE 30 KM/H	
NOMBRE DE LA VIA	IMD (Número de Vehículos por Día)
Tarqui	23000
Presidente Córdova	19964
Gaspar Sangurima	12830
Antonio Vega Muñoz	10078
Pio Bravo	9866
Vargas Machuca	9495
Juan Montalvo	8000
Simón Bolívar	6328
Tomás Ordoñez	6027

Fuente: (GAD. 2015)

- **Vías de 20 km/h**

Estas vías son las que permiten el acceso a edificios e instalaciones. En la Tabla 3.6, la calle Mariano Cueva es la que presenta mayor IMD, sin embargo, al ser una calle transversal, su flujo vehicular no es continuo, por lo tanto, se optó por la Antonio José de Sucre que es la que le antecede al IMD. (GAD. 2015)

Tabla 3. 6 Selección de la vía de 20 km/h.

VIAS DE 20 KM/H	
NOMBRE DE LA VIA	IMD (Número de Vehículos por Día)
Mariano Cueva	15322
Antonio José de Sucre	8588
Pío Bravo	8000
Presidente Luis Cordero	8000
Juan Jaramillo	7364
Simón Bolívar	7118
Antonio Borrero	7100
General Torres	6001
Hermano Miguel	4892
Padre Aguirre	4000
Benigno Malo	3805
Manuel Vega	3500
Estévez de Toral	3500
Coronel Guillermo Talbot	3500
Miguel Vélez	3500
Miguel Heredia	3500

Fuente: (GAD. 2015)

- **Vías de 10 km/h**

Estas vías son diseñadas para peatones. El acceso a los vehículos será controlado y únicamente se permitirá el acceso en casos excepcionales. En la Tabla 3.7, observamos que la calle Gaspar Sangurima es la que tiene mayor IMD y la seleccionamos para nuestro estudio. (GAD. 2015)

Tabla 3. 7 Selección de la vía de 10 km/h

VIAS DE 10 KM/H	
NOMBRE DE LA VIA	IMD (Número de Vehículos por Día)
Gaspar Sangurima	12000
Presidente Antonio Borrero	10871
Simón Bolívar	8674
Presidente Luis Cordero	8000
Benigno Malo	7870
Antonio José de Sucre	7490
General Torres	7392
Mariano Cueva	6788
Padre Aguirre	5667
Hermano Miguel	4190

Fuente: (GAD. 2015)

Las vías mencionadas no son aplicadas en su recorrido total, sino en determinados tramos, los que especificamos en la Tabla 3.8.

Tabla 3. 8 Vías seleccionadas.

Vías Seleccionadas	
Nombre de la vía	Tramo seleccionado
Av. De las Américas	Desde la Av. Don Bosco hasta la calle Mariscal Lamar
Av. Fray Vicente Solano	Desde la Av. Don Bosco hasta la Av. Doce de Abril
Presidente Córdova	Desde la Av. Huayna - Cápac hasta la calle Tarqui
Mariscal Sucre	Desde la calle Hermano Miguel hasta la Av. Huayna – Capac
Gaspar Sangurima	Desde la calle Mariano Cueva hasta la Vargas Machuca

3.2 Selección de conductores

Para elegir los conductores que colaboraron en este proyecto se estableció rangos de edades:

- De 18 a 25
- De 26 a 40
- De 41 a 55
- De 56 a 75

Estas edades abarcan el rango permitido por la ANT para conducir en el país. Para seleccionar los conductores, se tomó en consideración a dos hombres y dos mujeres, debido a que en la ciudad de Cuenca según datos de la INEC el 52.63% son mujeres y el 47.37% son hombres.(INEC. 2013.)

Tabla 3. 9. Conductores elegidos

Rango de edades	Nombre	Edad	Sexo
18 – 25 años	Conductor 2	23	Femenino
26 – 40 años	Conductor 1	31	Femenino
41 – 55 años	Conductor 4	55	Masculino
56 - 75 años	Conductor 3	61	Masculino

3.3. Selección de vehículos

Seleccionamos los vehículos más comercializados en el Ecuador, según las estadísticas de la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador).(AEADE. 2014)

Tabla 3. 10 Selección de vehículos.

Tipo	Marca	Modelo	Unidades	Porcentaje	Peso
Automóvil	Chevrolet	Aveo	81143	3.71%	1050 kg
Suv	Chevrolet	Grand Vitara	30489	1.39%	1355 kg
Camioneta	Mazda	Bt-50	47656	2.18%	1655 kg
Camioneta	Chevrolet	D-Max	65498	2.99%	1815 kg

Fuente: (AEADE. 2014)

3.4. Descripción de las pruebas.

Antes de comenzar con las pruebas, se siguen algunas pautas para evitar cualquier inconveniente al momento de realizar el recorrido, ya sea por parte de los conductores o fallas en el equipo:

- Comprobar el funcionamiento del GPS días antes de las pruebas, verificar que todos los datos obtenidos por el equipo sean fiables.
- Tabular los datos obtenidos en el recorrido, comprobar que las longitudes y las latitudes que el equipo nos dio fueran las mismas que las longitudes y latitudes en los puntos de cada una de las vías.
- Reunir a los conductores y realizar vueltas de reconocimiento para que todos los seleccionados conozcan el circuito.
- Ubicar al GPS de tal manera que la antena apunte directamente hacia el cielo, teniendo cuidado de no interrumpir la señal del equipo.

3.5. Logística

Formar equipos integrados por dos personas: un conductor y un responsable del GPS para realizar cada vuelta del circuito, como se muestra en la Tabla 3.11.

Tabla 3. 11 Equipos para las pruebas.

Equipos	Responsables	Conductores	
1	Diego	C1	C4
2	Geovanny	C2	C3

En la Tabla 3.12, se indican las diferentes actividades que cada uno de los responsables debe ejecutar durante las pruebas.

Tabla 3. 12 Descripción de actividades.

Actividad	Geovanny Vélez	Diego Zambrano
GPS	X	X
Archivos y respaldos	X	X
Datos de vehículo y conductores	X	O
Estado del vehículo	O	X
Temperatura de componentes	X	X
Cámara	X	X
Contacto con conductores	X	X
Conteo de entradas a viviendas	X	X
Pesar los vehículos	X	X
Pesar conductores	X	X

3.6. Almacenamiento

Para el almacenamiento de los datos se codificó los archivos como se muestra en la Tabla 3.13

Tabla 3. 13 Codificación de archivos de velocidad.

PRUEBAS DE VELOCIDAD 1				PRUEBAS DE VELOCIDAD 2			
Automóvil	Conductor	Prueba	Codificación	Automóvil	Conductor	Prueba	Codificación
A1	C4	P1	A1C4P1	A1	C4	P2	A1C4P2
A1	C3	P1	A1C3P1	A1	C3	P2	A1C3P2
A1	C2	P1	A1C2P1	A2	C4	P2	A2C4P2
A1	C1	P1	A1C1P1	A2	C3	P2	A2C3P2
A2	C1	P1	A2C1P1	A3	C1	P2	A3C1P2
A2	C4	P1	A2C4P1	A1	C1	P2	A1C1P2
A2	C3	P1	A2C3P1	A1	C2	P2	A1C2P2
A3	C1	P1	A3C1P1	A3	C3	P2	A3C3P2
A3	C3	P1	A3C3P1	A2	C1	P2	A2C1P2
A3	C2	P1	A3C2P1	A3	C2	P2	A3C2P2
A3	C4	P1	A3C4P1	A2	C2	P2	A2C2P2
A2	C2	P1	A2C2P1	A3	C4	P2	A3C4P2
A4	C1	P1	A4C1P1	A4	C1	P2	A4C1P2
A4	C2	P1	A4C2P1	A4	C2	P2	A4C2P2
A4	C3	P1	A4C3P1	A4	C3	P2	A4C3P2
A4	C4	P1	A4C4P1	A4	C4	P2	A4C4P2

Tabla 3. 14 Muestra de codificación de archivos de frenado.

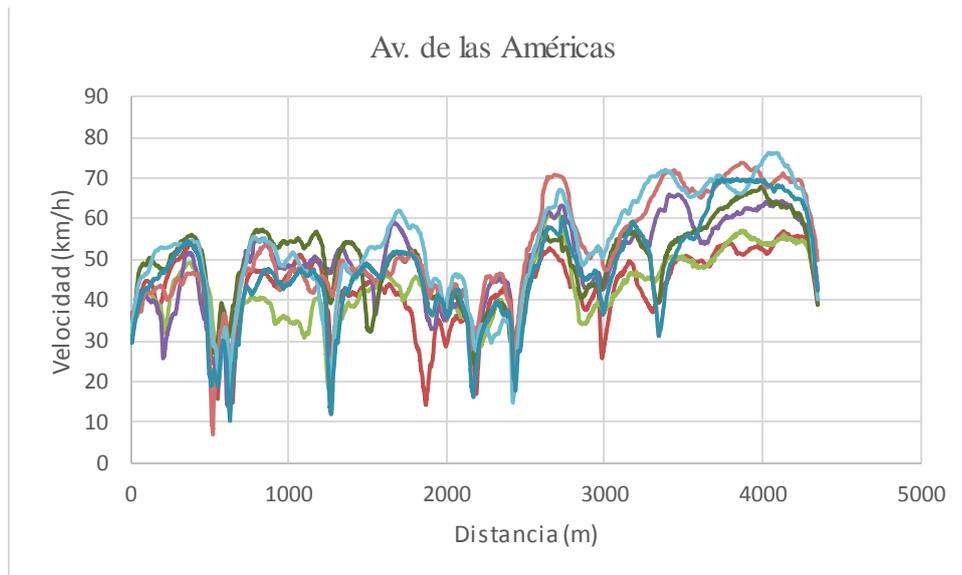
Automóvil	Prueba	Codificación
A1	F1	A1F1
A2	F2	A2F2
A3	F3	A3F3

3.7. Pasos para determinar la velocidad

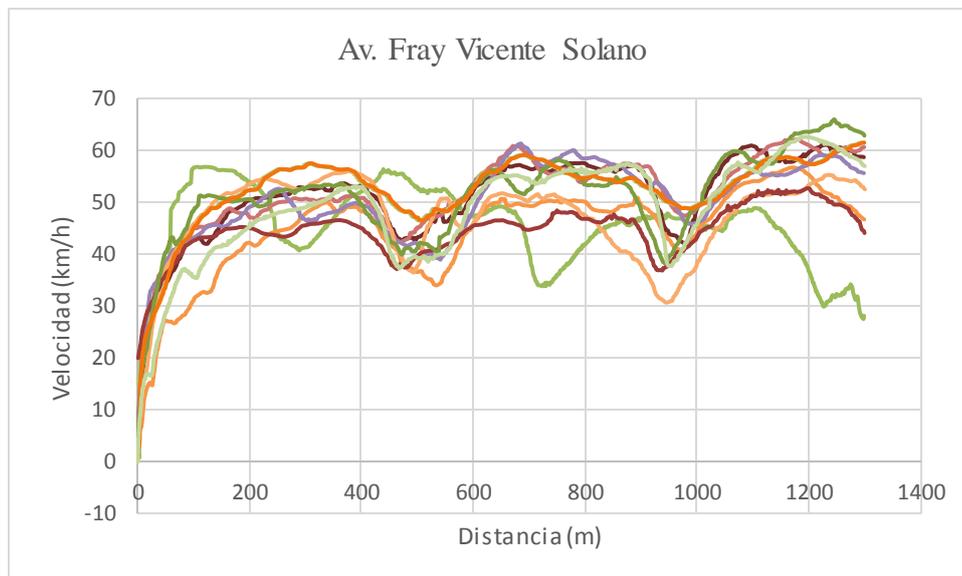
Para obtener los datos referentes a la velocidad, se observaron los siguientes pasos:

- Tabular los datos y separar el segmento de la vía que se utilizan en el estudio.

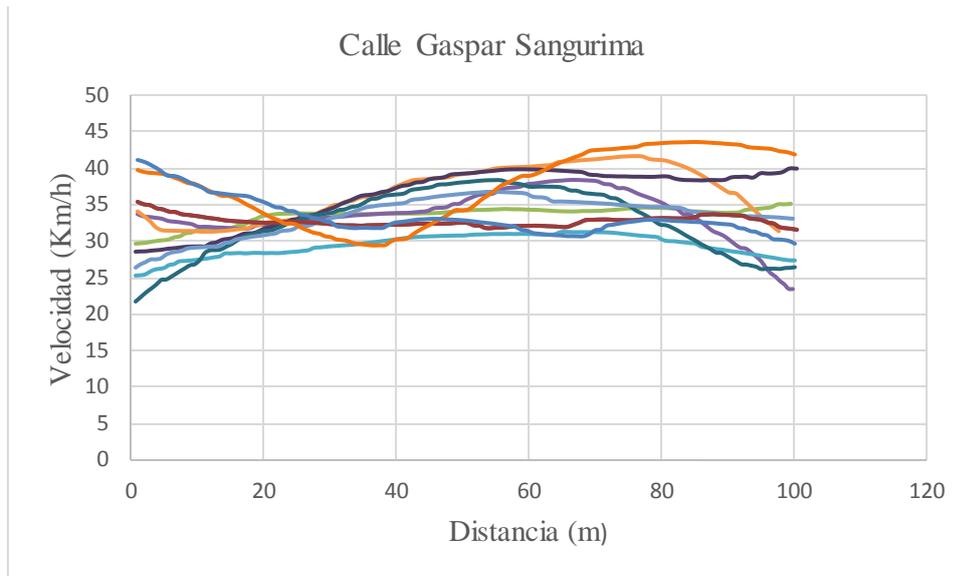
- Realizar un archivo por cada calle en las que se observa todas las velocidades y distancias de cada tramo.
- Realizar las gráficas de velocidad - distancia para cada vía, que permiten observar el comportamiento en la conducción de cada una de las personas. Cabe señalar, que estas gráficas, son tan solo una muestra del total de pruebas que se realizó.



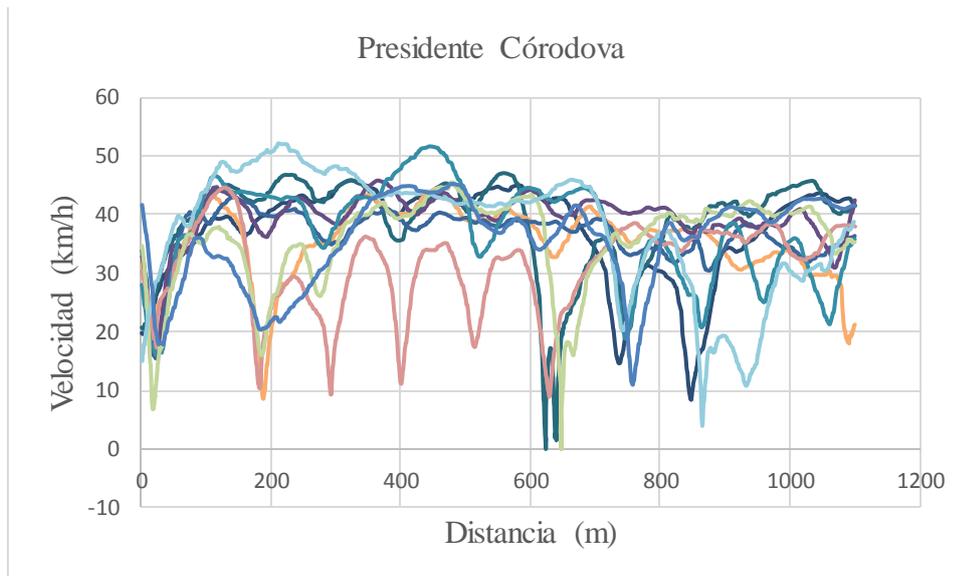
Gráfica 3. 1 Velocidad – Distancia, Av. De las Américas



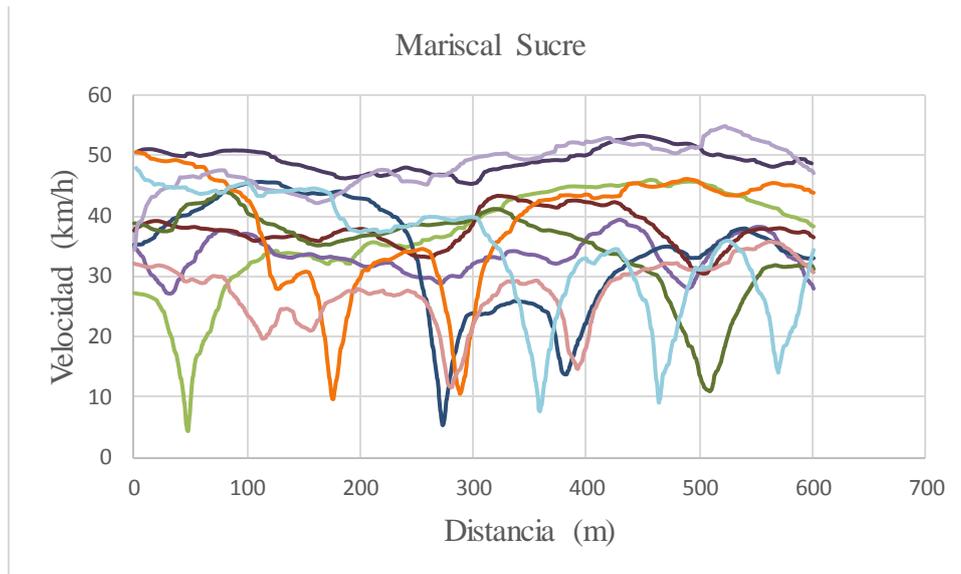
Gráfica 3. 2 Velocidad – Distancia, Av. Fray Vicente Solano



Gráfica 3. 3 Velocidad – Distancia, Gaspar Sangurima



Gráfica 3. 4 Velocidad – Distancia, Presidente Córdova.



Gráfica 3. 5 Velocidad – Distancia, Mariscal Sucre.

- Se obtiene los promedios de las velocidades de cada una de las vías, como se muestra en la Tabla 3.15.

Tabla 3. 15 Promedio de Velocidades.

Av. Fray Vicente Solano [Km/h]	Av. De las Américas [Km/h]	Gaspar Sangurima [Km/h]	Presidente Córdova [Km/h]	Mariscal Sucre [Km/h]
30,06	48,71	27,85	17,96	37,69
30,09	48,63	28,21	17,93	37,58
30,56	48,56	28,58	17,65	37,50
31,15	48,47	28,98	17,54	37,41
31,76	48,36	29,47	17,50	37,37
32,32	48,04	29,93	17,43	37,32
32,87	47,93	30,24	17,28	37,24
33,35	47,80	30,69	16,85	37,15
34,13	47,67	30,82	16,89	37,06
34,63	47,17	31,24	16,82	36,97
35,15	47,06	31,28	16,85	36,93
Promedios				
49,45	46,24	36,27	30,03	31,22

- Se Ordena las velocidades de menor a mayor y se obtiene la velocidad 85 percentil, Tabla 3.16. Luego se realiza los ajustes de velocidad, según algunos factores.

Tabla 3. 16 Velocidad 85 percentil.

Av. Fray Solano	Av. De las Américas	Gaspar Sangurima	Presidente Córdova	Mariscal Sucre
33,51	29,32	15,23	17,35	13,77
33,66	29,86	16,65	18,42	15,51
34,54	33,16	21,54	18,70	17,54
35,43	33,49	21,98	22,18	18,14
36,05	36,52	24,47	24,33	20,26
36,17	40,15	25,98	24,60	20,71
36,90	41,18	25,98	25,00	21,26
38,20	41,32	26,31	25,62	21,50
38,92	46,14	28,08	26,19	22,22
39,30	46,24	29,33	27,52	22,72
40,38	46,34	30,89	28,19	22,72
40,46	46,44	31,83	28,95	23,12
40,86	46,88	31,94	28,96	23,44
41,25	47,40	32,65	28,96	23,80
41,56	48,49	33,15	29,58	25,60
42,10	51,18	33,34	29,59	26,46
42,12	51,26	33,36	29,94	26,50
42,38	52,04	33,57	30,54	29,08
43,82	50,55	33,64	30,55	30,26
44,02	52,84	34,27	31,20	31,10
45,75	53,96	35,80	31,36	31,69
46,25	54,63	36,01	31,41	32,54
46,29	55,91	36,31	33,00	33,21
46,34	55,97	36,33	33,46	33,44
47,98	56,18	36,83	33,80	33,58
48,68	58,31	37,36	34,58	35,10
49,08	59,93	37,47	35,17	37,48
51,17	60,17	39,75	36,13	48,22
51,67	61,72	39,82	38,75	49,31
51,89	62,87	39,94	41,02	50,64
52,91	63,98	40,75	41,32	50,22
52,91	64,25	40,82	41,41	50,31

3.8. Pruebas de frenado.

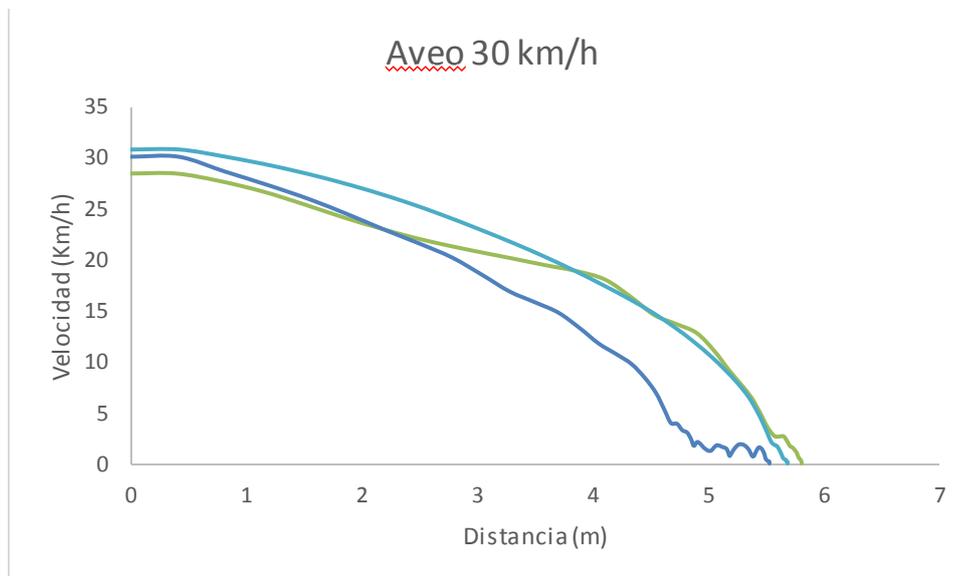
Debido a la alta peligrosidad que representa un frenado brusco en las calles objeto de este estudio, que tienen un alto tráfico, las pruebas se realizaron en vías con calzadas de similares características a las mencionadas.

Las pruebas se realizaron en tres vías, como se muestra en la Tabla 3.17. Abarcando todos los tipos de vía de estudio.

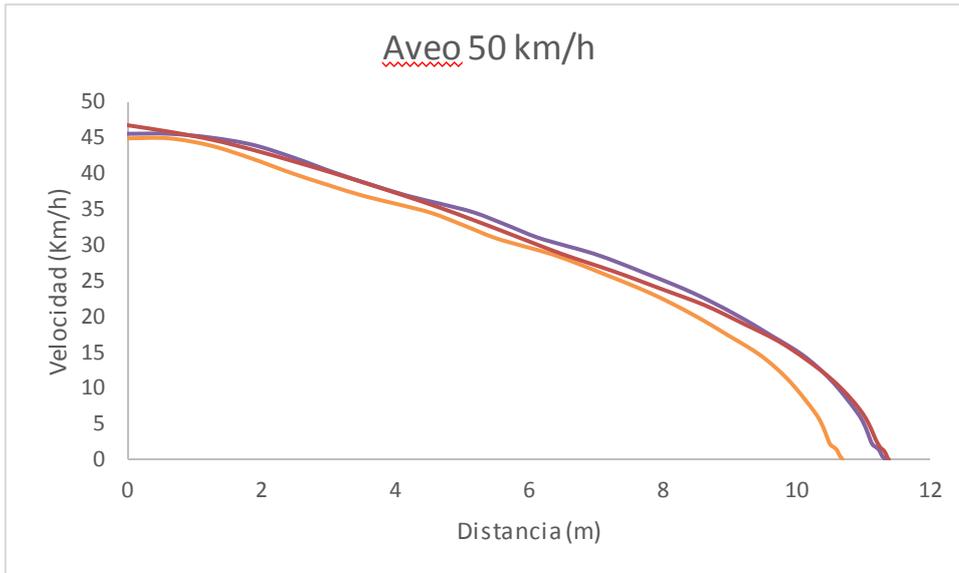
Tabla 3. 17 Tipos de Calzada.

Vía	Calzada
Av. 24 de Mayo	Asfalto
Popayán	Pavimento
Presidente Córdova	Adoquín

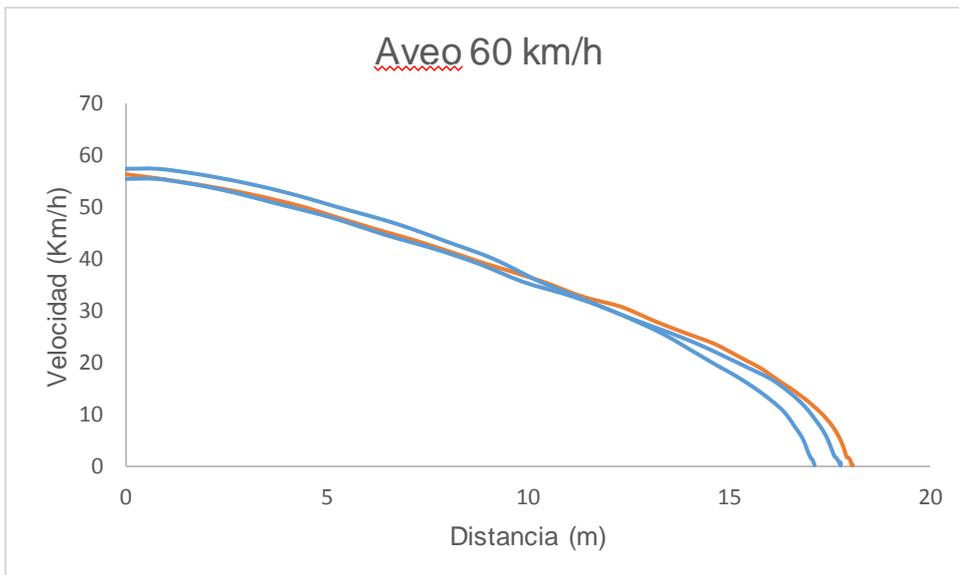
Se procesaron los datos de todas las pruebas realizadas, observando el momento exacto de la frenada. Se obtiene la distancia de frenada y se realizan las gráficas velocidad – distancia. En las siguientes gráficas se observan el comportamiento del vehículo al momento de la frenada.



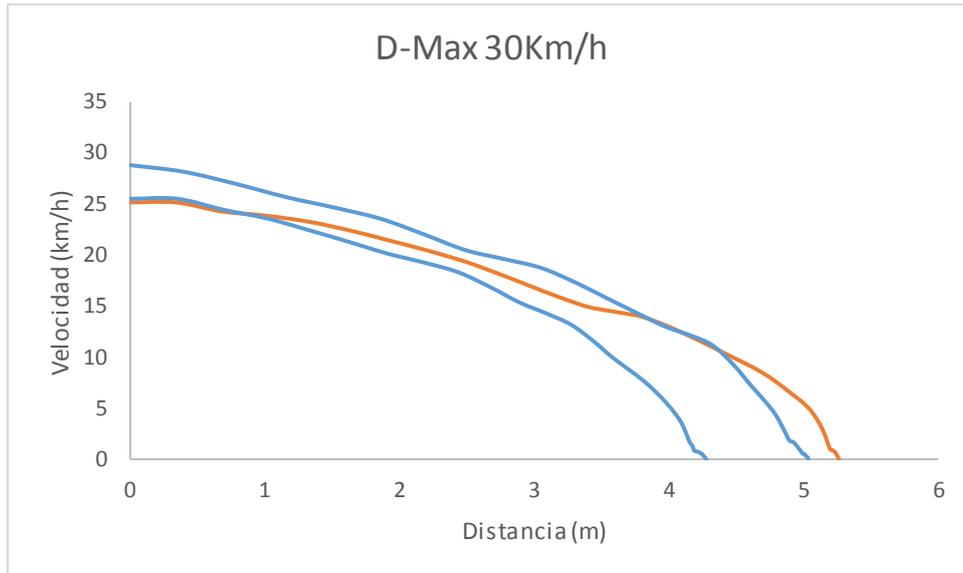
Gráfica 3. 6 Velocidad – Distancia.



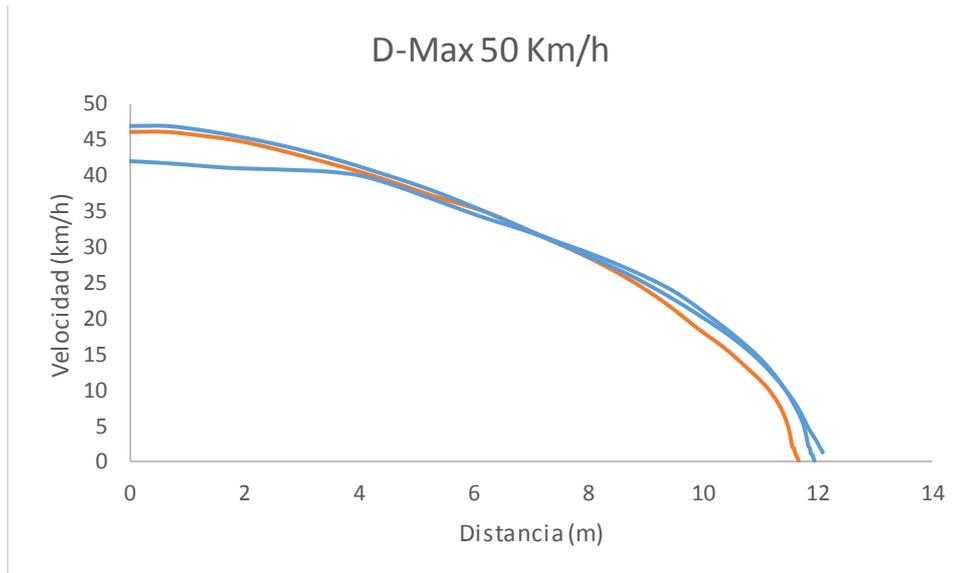
Gráfica 3. 7 Velocidad – Distancia.



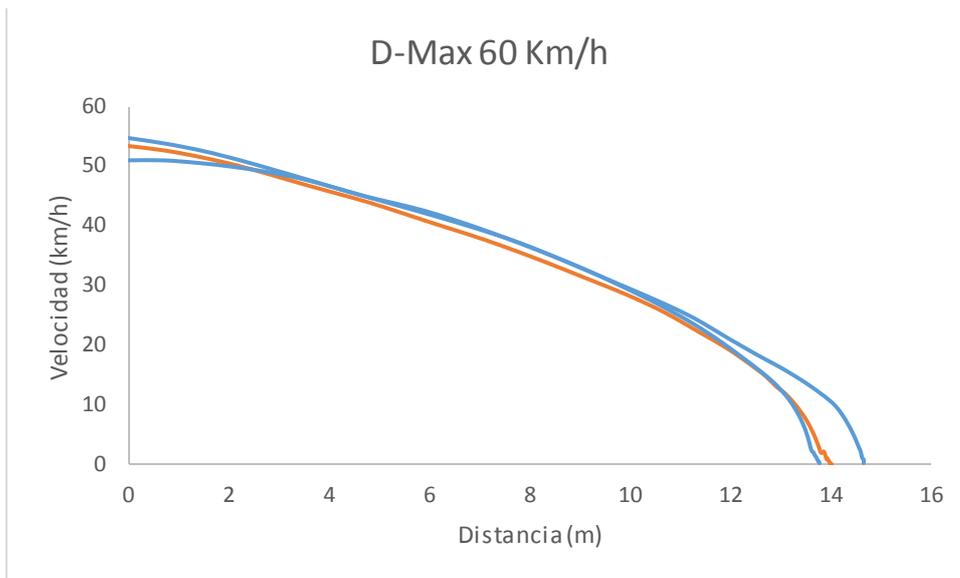
Gráfica 3. 8 Velocidad – Distancia.



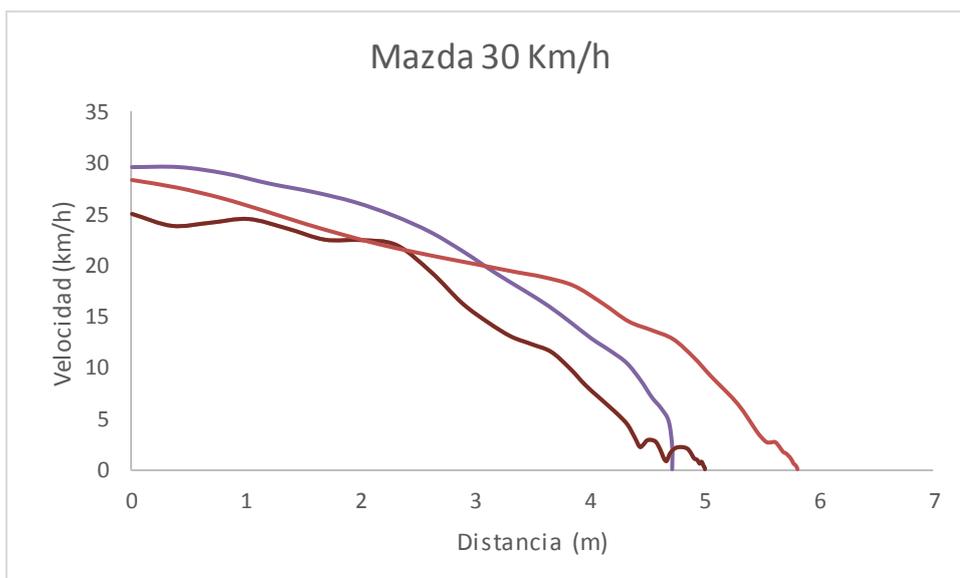
Gráfica 3. 9 Velocidad – Distancia.



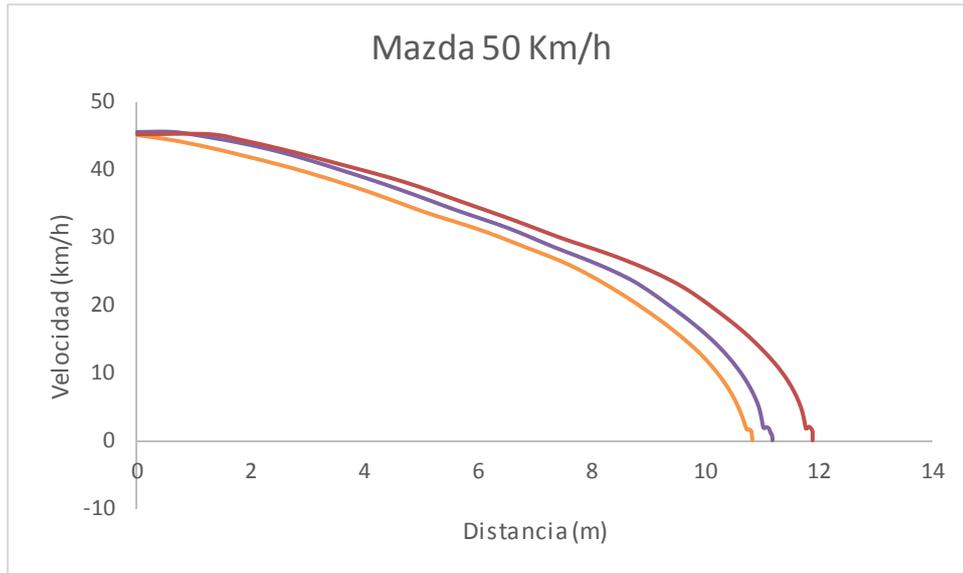
Gráfica 3. 10 Velocidad – Distancia.



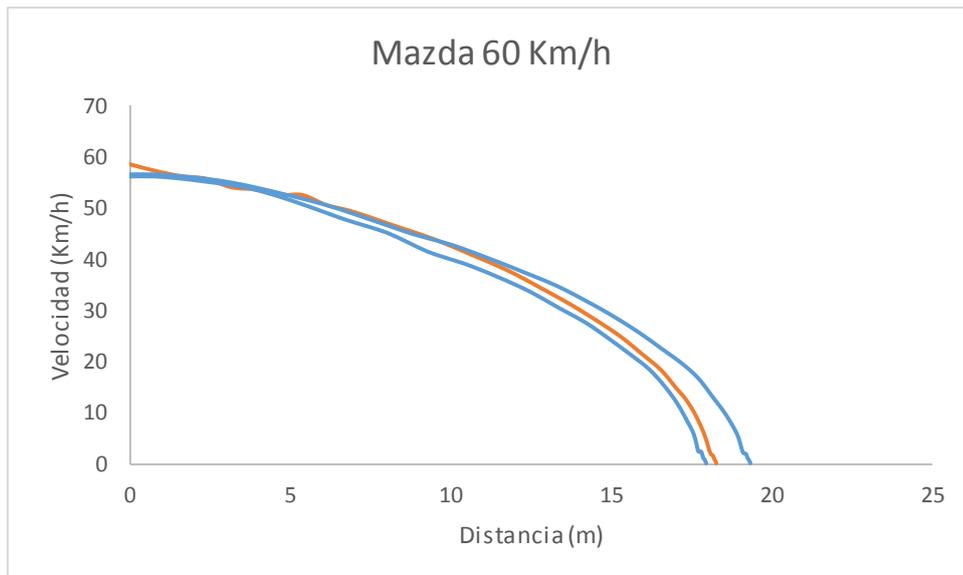
Gráfica 3. 11 Velocidad – Distancia.



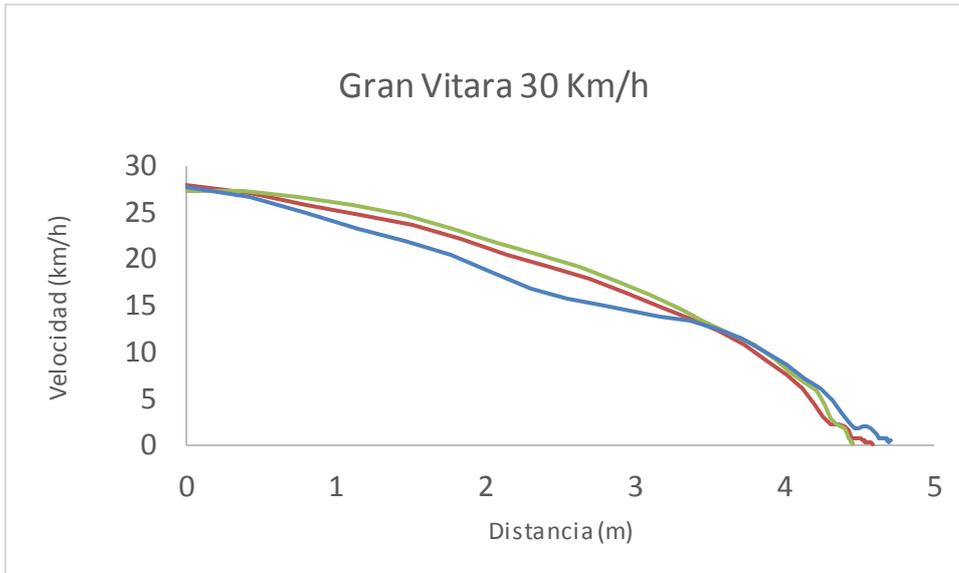
Gráfica 3. 12 Velocidad – Distancia.



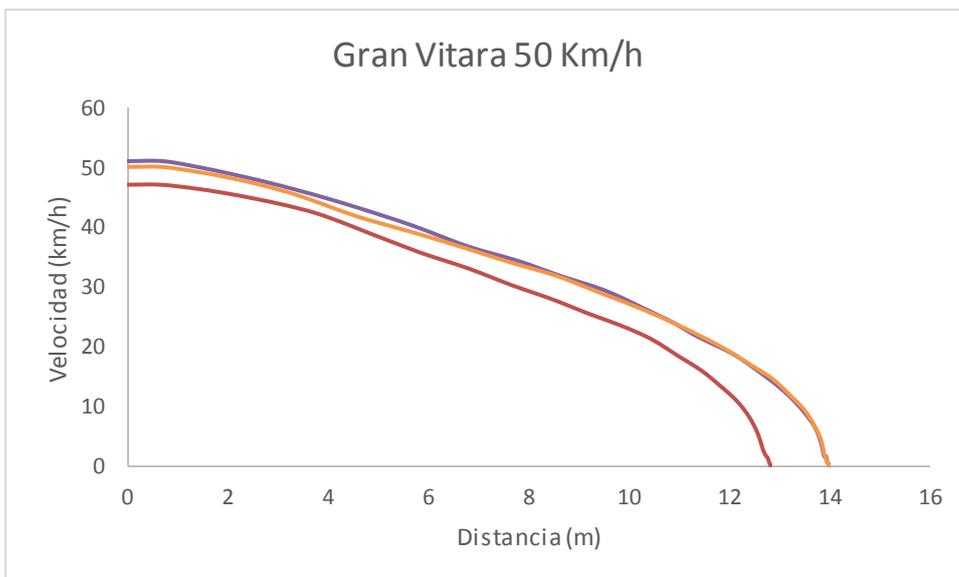
Gráfica 3. 13 Velocidad – Distancia.



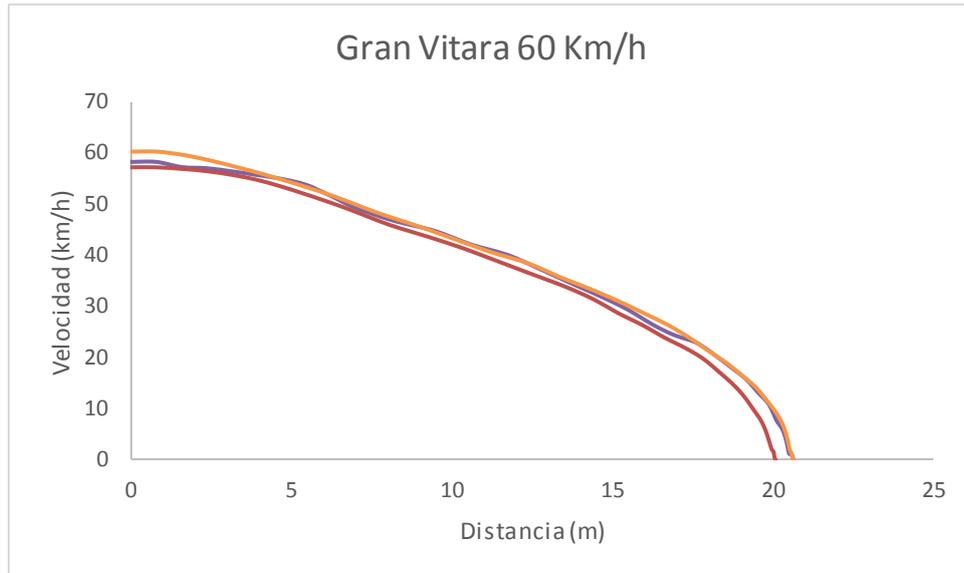
Gráfica 3. 14 Velocidad – Distancia.



Gráfica 3. 15 Velocidad – Distancia.



Gráfica 3. 16 Velocidad – Distancia.



Gráfica 3.17 Velocidad – Distancia.

En la Tabla 3.18 se observa las distancias de frenado de los vehículos en cada una de las vías.

Tabla 3.18 Velocidad - Distancia.

Vehículos	Distancia (m)	Distancia (m)	Distancia (m)	Distancia (m)
	30km/h Adoquín	40km/h Adoquín	50km/h Concreto	60km/h Asfalto
Aveo	5,81	11,39	11,39	17,81
	5,69	8,95	11,33	18,1
	5,53	8,66	10,69	17,14
D-Max	5,27	8,47	12,71	14,66
	4,28	10,06	11,68	14,03
	5,03	9,44	11,96	13,8
Gran Vitara	4,59	10,04	12,83	20,13
	4,71	10,07	14	20,68
	4,46	9,55	13,99	20,64
Mazda Bt-50	5,81	10,25	11,18	18,39
	4,71	9,02	10,85	19,37
	5,01	8,07	11,9	17,95

En la tabla a continuación, se observa los resultados finales de las pruebas de frenado

Tabla 3. 19 Distancias de frenado

Distancia (m)	Distancia (m)	Distancia (m)	Distancia (m)
30km/h	40km/h	50km/h	60km/h
Adoquín	Adoquín	Concreto	Asfalto
5,08 ± 0,34	9,50 ± 0,59	12,04 ± 0,71	17,73 ± 1,55

3.9. Ajustes de velocidad

Para los ajustes de velocidad se siguen los siguientes pasos:

- Se realiza un conteo del número de viviendas y locales comerciales de cada una de las vías de estudio, como se muestra en la Tabla 3.20.

Tabla 3. 20 Locales comerciales y viviendas de las vías de estudio.

Nombre de las Vías	Locales Comerciales	Viviendas
Avenida de las Américas	228	99
Avenida Solano	39	29
Gaspar Sangurima	9	0
Mariscal Sucre	125	57
Presidente Córdova	245	109

- Se mide el ancho de cada vía, Tabla 3.21.

Tabla 3. 21 Ancho de vías de estudio.

Nombre de las Vías	Ancho (m)
Avenida de las Américas	10,20
Avenida Solano	9,20
Gaspar Sangurima	3,40
Mariscal Sucre	8,97
Presidente Córdova	8,98

- Se clasifica las vías según su funcionalidad, Tabla 3.22.

Tabla 3. 22 Funcionalidad de las vías.

Nombre de las Vías	Funcionalidad
Avenida de las Américas	Arterial
Avenida Solano	Arterial
Gaspar Sangurima	Colonial
Mariscal Sucre	Colonial
Presidente Córdova	Colonial

- Se mide la mediana de cada vía (parterre), Tabla 3.23.

Tabla 3. 23 Ancho del parterre de las vías de estudio.

Nombre de las Vías	Ancho de Parterre (m)
Avenida de las Américas	11,11
Avenida Solano	23
Gaspar Sangurima	5,6
Mariscal Sucre	0
Presidente Córdova	0

- Se observa que tipo de hombro tiene cada vía, Tabla 3.24.

Tabla 3. 24 Tipo de hombro.

Nombre de las Vías	Tipo de Hombro
Avenida de las Américas	Asfalto
Avenida Solano	Ninguno
Gaspar Sangurima	Ninguno
Mariscal Sucre	Ninguno
Presidente Córdova	Ninguno

- Se mide el ancho de las veredas y se toma en cuenta la actividad peatonal pesada según la ubicación de las escuelas y locales comerciales, Tabla 3.25.

Tabla 3. 25 Actividad peatonal.

Nombre de las Vías	Ancho de acera (m)	Actividad peatonal
Avenida de las Américas	4,23	Pesado
Avenida Solano	5,65	Pesado
Gaspar Sangurima	3,92	Pesado
Mariscal Sucre	2,17	Pesado
Presidente Córdova	1,4	Mediano

- Se observa las vías que tienen zonas de estacionamiento, Tabla 3.26.

Tabla 3. 26 Zonas de parqueo.

Nombre de las Vías	Zona de parqueo
Avenida de las Américas	No
Avenida Solano	No
Gaspar Sangurima	No
Mariscal Sucre	Si
Presidente Córdova	Si

- Se consulta la tasa de accidentabilidad en cada una de las vías, Tabla 3.27.

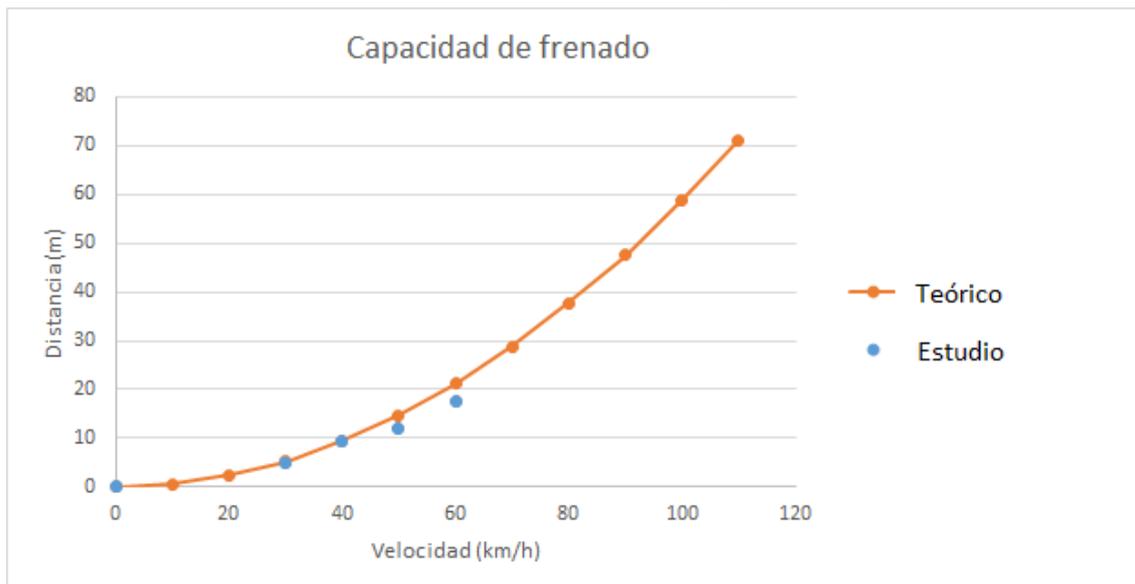
Tabla 3. 27 Tasa de accidentabilidad.

Nombre de las Vías	Tasa de Accidentabilidad
Avenida de las Américas	>100
Avenida Solano	<75
Gaspar Sangurima	<75
Mariscal Sucre	<75
Presidente Córdova	<75

- Ajustes de velocidad con base en la capacidad de frenado

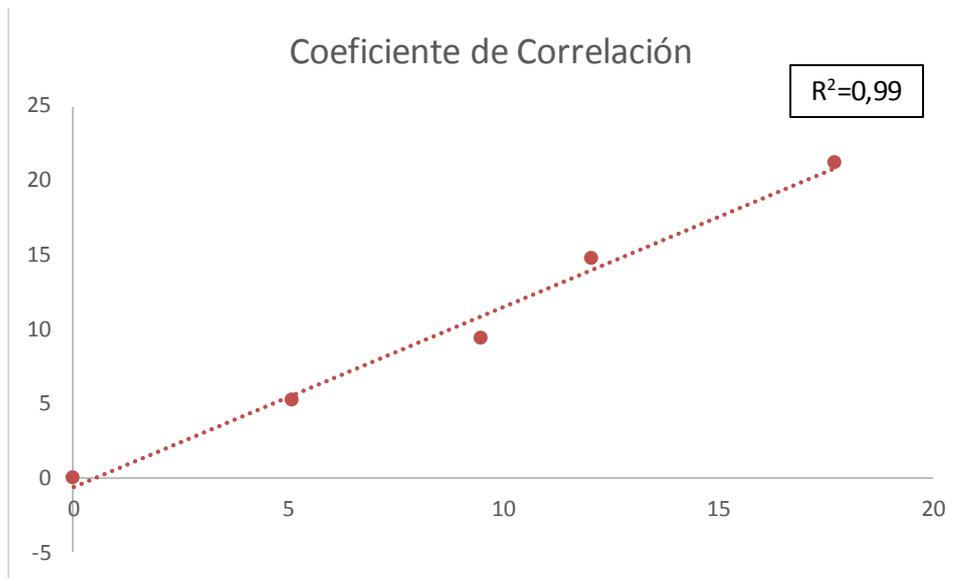
La distancia de frenado es algo muy importante que se debe tomar en cuenta el momento de realizar un ajuste de los límites de velocidad, por lo que, en el estudio se hace énfasis en los resultados obtenidos de las distancias de frenado, para realizar el ajuste en cada una de las vías. Para este ajuste se toma en cuenta únicamente la distancia de frenado, ya que la distancia de reacción puede variar dependiendo de muchos factores, tales como: estado de ánimo y uso de medicamentos de los conductores, condiciones de la vía, condiciones climáticas, etc.

El ajuste de la velocidad para la capacidad de frenado, no deberá modificar en más de un 20 % a la velocidad establecida por el 85 percentil. Los rangos de ajustes de velocidad, dependen de las distancias de frenado encontradas en nuestro estudio, en la siguiente gráfica se muestran dos curvas, en las que observamos el comportamiento práctico y teórico de la capacidad de frenado de los vehículos.



Gráfica 3. 18 Frenado (Distancia de frenado – Velocidad).

Encontrar el coeficiente de correlación entre la distancia de frenado de estudio y la distancia de frenado teórica. Gráfica 3.19.



Gráfica 3. 19 Coeficiente de correlación (teórico – práctico)

Tabla 3. 28 Ajustes por capacidad de frenado.

Distancia [m]	Ajuste [Km/h]	Velocidad [Km/h]
< 5 m	0 km/h	0 – 29
5 m – 10 m	-5 km/h	30 – 41
10 m – 30 m	-10 km/h	42 – 71
30 m – 70 m	-15 km/h	72 – 109
> 70 m	-20 km/h	> 109

- Se encuentra el ajuste de velocidades tomando en cuenta cada uno de los parámetros mencionados, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 3. 29 Ajustes de velocidad calle Gaspar Sangurima.

Viviendas	15			$MF = (100 + OAF)/100 = 1,1$ $SL = 36,83 \times 1,1 = 40,51 \sim 40$ km/h
Locales Comercial	0			
Ancho de Vía	10			
Clasificación Funcional	5			
La mediana (parterre)	0			
Tipo hombro	0			
Ancho de acera y actividad de peatones		-10		
Estacionamiento		-15		
Tasa de accidente	10			
Ajuste de frenado		-5		
Total (OAF)	40	-30	10	

Tabla 3. 30 Ajustes de velocidad calle Presidente Córdova.

Viviendas	0			$MF=(100 + OAF)/100 = 1$ $SL = 33,79 \times 1 = 33,79 \sim 30$ km/h
Locales Comercial	0			
Ancho de Vía	15			
Clasificación Funcional	5			
La mediana (parterre)	0			
Tipo hombro	0			
Ancho de acera y actividad de peatones		-10		
Estacionamiento		-15		
Tasa de accidente	10			
Ajuste de frenado		-5		
Total (OAF)	30	-30	0	

Tabla 3. 31 Ajustes de velocidad calle Mariscal Sucre.

Viviendas	0			$MF=(100 + OAF)/100 = 0,95$ $SL = 33,58 \times 0,95 = 31,90 \text{ km/h}$ $\sim 30 \text{ km/h}$
Locales Comercial	0			
Ancho de Vía	15			
Clasificación Funcional	5			
La mediana (parterre)	0			
Tipo hombro	0			
Ancho de acera y actividad de peatones		-15		
Estacionamiento		-15		
Tasa de accidente	10			
Ajuste de frenado		-5		
Total (OAF)	30	-35	-5	

Tabla 3. 32 Ajustes de velocidad Av. Fray Vicente Solano.

Viviendas		-5		$MF=(100 + OAF)/100 = 1,35$ $SL = 46,34 \times 1,37 = 63,48 \sim 60$ km/h
Locales Comercial		-5		
Ancho de Vía	10			
Clasificación Funcional	5			
La mediana (parterre)	20			
Tipo hombro	0			
Ancho de acera y actividad de peatones		-5		
Estacionamiento	15			
Tasa de accidente	10			
Ajuste de frenado		-10		
Total (OAF)	60	-25	35	

Tabla 3. 33 Ajustes de velocidad Av. De Las Américas.

Viviendas		-10		$MF = (100 + OAF) / 100 = 1$ $SL = 55,97 \times 1 = 55,97 \sim 60$ km/h
Locales Comercial		-10		
Ancho de Vía	10			
Clasificación Funcional	0			
La mediana (parterre)	20			
Tipo hombro	5			
Ancho de acera y actividad de peatones		-10		
Estacionamiento	15			
Tasa de accidente		-10		
Ajuste de frenado		-10		
Total (OAF)	50	-50	20	

CONCLUSIONES

- Al concluir el presente trabajo de investigación, que se fundamentó en una serie de datos recopilados, tabulados y analizados, se concluye que: Al determinar la velocidad percentil 85 se obtuvieron los siguientes resultados:

- Av. De Las Américas 55,97 km/h
- Av. Fray Vicente Solano 46,34 km/h
- Calle Gaspar Sangurima 36,33 km/h
- Calle Presidente Córdova 33,46 km/h
- Calle Mariscal Sucre 33,44 km/h

Los datos fueron obtenidos a través de 32 pruebas realizadas en el circuito explicado en el capítulo tres, las velocidades de circulación fueron obtenidas con un tráfico a flujo libre. De esta forma se encontraron las velocidades razonables a las que la mayoría de los conductores circulan.

- La capacidad de frenado obtenida en este trabajo de investigación es:

- A 30 km/h en una calzada de adoquín, la distancia de frenado fue de 5,08 m.
- A 40 km/h en una calzada de adoquín la distancia de frenado fue de 9,50 m.
- A 50 km/h en una calzada de pavimento, la distancia de frenado fue de 12,04 m.
- A 60 km/h en una calzada de asfalto, la distancia de frenado fue de 17,73 m.

Siguiendo los parámetros indicados en el capítulo dos, se realizaron 12 pruebas en las vías antes mencionadas, encontrando la distancia de frenado.

- A lo largo de la presente investigación se obtuvieron los límites de velocidad, aplicando los ajustes de velocidad vistos en el capítulo dos. En este estudio de investigación se incluyó el ajuste por capacidad de frenado, que en ninguna de las metodologías estudiadas lo aplican, obteniendo los siguientes resultados:

- En la calle Gaspar Sangurima 40 km/h
- En la calle Mariscal Sucre 30 km/h
- En la calle Presidente Córdova 30 km/h

- En la Av. Fray Vicente Solano 60 km/h
 - En la Av. De Las Américas 60 km/h
- De igual manera nuestro estudio propone la siguiente comparación entre los límites de velocidad establecidos por la ANT y DMT, y los obtenidos en este estudio. En la siguiente tabla se observa la diferencia de los límites de velocidad mencionadas anteriormente:

Comparación de velocidades

Vías de estudio	Límites de velocidad del estudio	Límites de velocidad de la ANT y DMT	Diferencia
Gaspar Sangurima	40 Km/h	10 Km/h	75 %
Mariscal Sucre	30 Km/h	20 Km/h	33.33 %
Presidente Córdova	30 Km/h	30 Km/h	0 %
Av. Fray Vicente Solano	60 Km/h	40 Km/h	33.33 %
Av. De las Américas	60 Km/h	50 Km/h	16.67 %

Como se observa en la calle Gaspar Sangurima, la diferencia de velocidades que tenemos, es la mayor, esto se debe a que el tramo seleccionado para el estudio, es de alta congestión vehicular y alto comercio, en otras partes del tramo de estudio el límites de velocidad es de 30 km/h indicando que la velocidad de estudio es razonable para la circulación vehicular.

En la Mariscal Sucre y Presidente Córdova, en el estudio nos da una velocidad de 30 Km/h debido a que son calles de características similares en su estructura y entorno.

En el caso de las avenidas las condiciones estructurales son diferente pero aplicando los ajustes a cada una de ellas obtenemos una velocidad de 60km/h.

La diferencia entre los límites de velocidad de la ANT y DMT con las de nuestro estudio, se debe a los ajustes que nunca se habían aplicado en ninguna metodología en esta ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

- AEADE. (2014). Anuario 2014.
- Alonzo Salomón, Lauro A, Rodríguez Rufino, Gabriel J, and Sulub Aguilar, Alberto R. Estudio de velocidades en una sección del Paseo de Montejo en Mérida Yucatán. Mexico: Red Ingeniería Revista Académica, 2006.
- Felipe, A, Samboni, I, Cesar, P, Brasília, U. De, & Andrade, M. (2010). Análisis para la determinación de la Velocidad Media de Recorrido en la metodología del HCM para vías urbanas de Brasileiras.
- Forbes, G. J, Gardner, T, McGee, H, & Srinivasan, R. (2012). Methods and Practices for Setting Speed Limits: An Informational Report, 1–120.
- INEC. (2014.). Mujeres y hombres del Ecuador en cifras, 3, 184.
- Ley de Tránsito y Transporte Terrestre, N° 000 RO/1002. (1996). Ecuador.
- GAD Municipal (2015). Haciendo sitio para todos: una ciudad inclusiva. Plan de Movilidad Y Espacios Públicos.
- Norma - SAE J 299. (2009).
- Oro, E. L., Rios, L. O. S., Santiago, M., Elena, S., Tsachilas, S. D. D. E. L. O. S., & Chinchipe, Z. (2016). Comparativo Mensual Mayo 2015 - 2016 Número de Siniestros por Provincia.