
**EVALUAR LA INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DOBLE CALZADA
BOGOTÁ- GIRARDOT EN LA ACCIDENTALIDAD ACTUAL EN EL TRAMO
COMPRENDIDO ENTRE SILVANIA Y FUSAGASUGÁ**

**MONICA FERNANDA ORTIZ CABRERA
YESID FELIPE RODRIGUEZ FERNANDEZ
ANGELO ANTONIO VILLAMIL MEDINA**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
SEMINARIO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.**

2016

**EVALUAR LA INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DOBLE CALZADA
BOGOTÁ- GIRARDOT EN LA ACCIDENTALIDAD ACTUAL EN EL TRAMO
COMPRENDIDO ENTRE SILVANIA Y FUSAGASUGÁ**

MONICA FERNANDA ORTIZ CABRERA

YESID FELIPE RODRIGUEZ FERNANDEZ

ANGELO ANTONIO VILLAMIL MEDINA

Tesis para optar el pregrado en ingeniería civil.
Línea de investigación: seguridad vial

Director:

Ing. NANCY CIFUENTES OSPINA

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SEMINARIO DE GRADO

BOGOTÁ D.C.

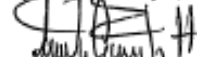
2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones


Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente jurado


Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Mayo de 2016

Dedicamos este trabajo:

A Dios por todas las bendiciones dadas

A nuestros padres por el apoyo incondicional

A nuestro grupo de trabajo por las horas de incansable esfuerzo

A la ingeniera Nancy Cifuentes Ospina por su colaboración, entrega y apoyo

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios por las bendiciones que nos ha dado, por el conocimiento adquirido, por la fortaleza que nos dio día a día para poder culminar este proyecto.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, por permitirnos ser lo que somos, por guiarnos en cada uno de los pasos que decidimos dar en la vida y sin ellos no sería posible recoger los frutos de este trabajo.

A la ingeniera Nancy Cifuentes Ospina por compartir su conocimiento, por guiarnos y por su entrega incondicional con este proyecto.

A las personas que nos ayudaron de cierta manera en la realización de las etapas de este trabajo.

Gracias Totales...

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. ANTECEDENTES	19
5. MARCOS DE REFERENCIA	25
5.1. MARCO TEÓRICO	25
5.1.1. Seguridad vial	25
5.1.1.1. Factores de riesgo	25
5.1.1.2. Accidente de tránsito	26
5.1.1.3. Causas de accidentes	26
5.1.1.4. Indicadores de accidentalidad	26
5.1.1.5. Señalización y demarcación en vías rurales	28
5.1.1.6. Puntos críticos por accidentes de tránsito	31
5.1.1.7. Variables para la determinación de puntos críticos	31
5.1.2. Tránsito y transporte	32
5.1.2.1. Tipos de vehículos	33
5.1.2.2. Volumen de tránsito	33
5.1.3. Diseño geométrico	35
5.1.3.1. Clasificaciones de las carreteras	36
5.1.3.2. Velocidad	40
5.1.3.3. Peraltes	41
5.1.3.4. Fricción transversal máxima	43
5.1.3.5. Taludes en seguridad vial	43
5.2. MARCO LEGAL	44
5.2.1. Según la constitución política de Colombia de 1991	44
5.2.2. Ley 1702 del 27 de diciembre del 2013	44

5.2.3.	Ley 769 de 2002	45
5.2.4.	Conpes 3045	46
5.3.	MARCO GEOGRÁFICO	47
5.3.1.	Localización de la vía.....	47
5.3.2.	Ubicación del tramo de estudio.....	48
6.	DISEÑO METODOLÓGICO	49
6.1.	ENFOQUE	49
6.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	49
6.3.	FASES	50
6.4.	INSTRUMENTOS	51
7.	ANÁLISIS DE LA ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO DE ESTUDIO	52
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	52
7.1.1.	Variación de la accidentalidad.....	52
7.1.2.	Número de accidentes por mes y año.....	53
7.1.3.	Número de accidentes según tipo de evento y gravedad	55
7.1.3.1.	Según su gravedad	55
7.2.	INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD POR AÑO.....	58
8.	ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA VÍA ACTUAL.....	62
8.1.	CARACTERÍSTICAS TRAMO 1 DEL PR 49+500 AL PR 51+000.....	62
8.2.	CARACTERÍSTICAS TRAMO 2 DEL PR 51+000 AL PR 52+500.....	68
8.3.	CARACTERÍSTICAS TRAMO 3 DEL PR 52+500 AL PR 54+000.....	74
8.4.	CARACTERÍSTICAS TRAMO 4 DEL PR 54+000 AL PR 55+500.....	80
8.5.	CARACTERÍSTICAS TRAMO 5 DEL PR 55+500 AL PR 56+800.....	86
8.6.	ANÁLISIS DE VELOCIDADES.....	92
8.6.1.	Velocidades sentido Bogotá- Girardot	93
8.6.1.1.	Análisis de velocidad tramo 1 PR 49+500 a PR 51+000	93
8.6.1.2.	Análisis de velocidad tramo 2 PR 51+000 a PR 52+500	94
8.6.1.3.	Análisis de velocidad tramo 4 PR 54+000 a PR 55+500	95
8.6.1.4.	Análisis de velocidad tramo 5 PR 55+500 a PR 56+800	96
8.6.1.5.	Análisis de velocidad tramo de estudio PR 49+500 a PR 56+800	97
8.6.2.	Velocidades sentido Girardot- Bogotá.....	98
8.6.2.1.	Análisis de velocidad tramo 5 PR 56+800 a PR 55+500	98

8.6.2.2.	Análisis de velocidad tramo 4 PR 55+500 a PR 54+000	99
8.6.2.3.	Análisis de velocidad tramo 3 PR 54+000 a PR 52+500	100
8.6.2.4.	Análisis de velocidad tramo 2 PR 52+500 a PR 51+000	101
8.6.2.5.	Análisis de velocidad tramo de estudio PR 56+800 a PR 49+500	102
8.7.	ANÁLISIS DATOS DE CAMPO	103
8.7.1.	Datos de campo sentido Bogotá- Girardot.....	103
8.7.1.1.	Características tramo 1 del PR 49+000 al PR 51+000	103
8.7.1.1.1.	Análisis señalización.....	105
8.7.1.2.	Características tramo 2 del PR 51+000 al PR 52+500	106
8.7.1.2.1.	Análisis de señalización	108
8.7.1.3.	Características tramo 3 del PR 52+500 al PR 54+000	110
8.7.1.3.1.	Análisis de señalización	112
8.7.1.4.	Características tramo 4 del PR 54+000 al PR 55+500	113
8.7.1.4.1.	Análisis de señalización	115
8.7.1.5.	Características tramo 5 del PR 55+500 al PR 56+800	116
8.7.1.5.1.	Análisis de señalización	118
8.7.2.	Datos de campo sentido Girardot- Bogotá.....	119
8.7.2.1.	Características tramo 5 del PR 56+800 al PR 55+500	119
8.7.2.1.1.	Análisis de señalización	121
8.7.2.2.	Características tramo 4 del PR 55+500 al PR 54+000	122
8.7.2.2.1.	Análisis de señalización	124
8.7.2.3.	Características tramo 3 del PR 54+000 al PR 52+500	125
8.7.2.3.1.	Análisis de señalización	126
8.7.2.4.	Características tramo 2 del PR 52+500 al PR 51+000	128
8.7.2.4.1.	Análisis de señalización	130
8.7.2.5.	Características tramo 1 del PR 51+000 al PR 49+500	130
8.7.2.5.1.	Análisis de señalización	132
9.	CONCLUSIONES.....	134
10.	RECOMENDACIONES	135
	REFERENCIAS	139
	ANEXOS.....	142

TABLA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Causas de accidente de tránsito.....	23
Cuadro 2. Clasificación de señales verticales según su forma.....	27
Cuadro 3. Clasificación de vehículos.....	30
Cuadro 4. Clasificación de carreteras según su funcionalidad.....	33
Cuadro 5. Clasificación de carreteras según su competencia.....	34
Cuadro 6. Clasificación de carreteras según sus características.....	35
Cuadro 7. Velocidad de diseño según tipo de carretera.....	38
Cuadro 8. relacion para determinar radios de curvaturas y peraltes, con la velocidad.....	39
Cuadro 9. Coeficiente de fricción transversal máxima según velocidad específica.....	40
Cuadro 10. Instrumentos utilizados.....	48
Cuadro 11. Accidentalidad por año en el tramo de estudio.....	49
Cuadro 12. Accidentalidad por mes y año.....	51
Cuadro 13. Accidentes según el tipo de evento y su gravedad.....	52
Cuadro 14. Índice de peligrosidad de accidentes totales.....	55
Cuadro 15. Límite del índice de peligrosidad de accidentes totales.....	56
Cuadro 16. Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas.....	56
Cuadro 17. Límite del índice de peligrosidad de accidentes con víctimas.....	57
Cuadro 18. Índice de accidentalidad.....	58
Cuadro 19. Descripción del tramo PR 49+500 al PR 51+000 Sentido Bogotá- Girardot...59	
Cuadro 20. Descripción del tramo PR 51+000 al PR 49+500 Sentido Girardot- Bogotá...61	
Cuadro 21. Descripción del tramo PR 51+000 al PR 52+500 Sentido Bogotá- Girardot...65	
Cuadro 22. Descripción del tramo PR 52+500 al PR 51+000 Sentido Girardot- Bogotá...67	
Cuadro 23. Descripción del tramo PR 52+500 al PR 54+000 Sentido Bogotá- Girardot...71	

Cuadro 24. Descripción del tramo PR 54+000 al PR 52+500 Sentido Girardot- Bogotá...	74
Cuadro 25. Descripción del tramo PR 54+000 al PR 55+500 Sentido Bogotá- Girardot...	77
Cuadro 26. Descripción del tramo PR 55+500 al PR 54+000 Sentido Girardot- Bogotá...	80
Cuadro 27. Descripción del tramo PR 55+500 al PR 56+800 Sentido Bogotá- Girardot...	83
Cuadro 28. Descripción del tramo PR 56+800 al PR 55+500 Sentido Girardot- Bogotá...	86
Cuadro 29. Comparación de velocidades sentido Bogotá- Girardot.....	89
Cuadro 30. Comparación de velocidades sentido Girardot- Bogotá.....	90
Cuadro 31. Análisis datos de campo del PR 49+500 al PR 51+000.....	100
Cuadro 32. Análisis de señalización del PR 49+500 al PR 51+000 Sentido Bogotá- Girardot.....	102
Cuadro 33. Análisis datos de campo del PR 51+000 al PR 52+500.....	103
Cuadro 34. Análisis de señalización del PR 51+000 al PR 52+500 Sentido Bogotá- Girardot.....	105
Cuadro 35. Análisis datos de campo del PR 52+500 al PR 54+000.....	107
Cuadro 36. Análisis de señalización del PR 52+500 al PR 54+000 Sentido Bogotá- Girardot.....	109
Cuadro 37. Análisis datos de campo del PR 54+000 al PR 55+500.....	110
Cuadro 38. Análisis de señalización del PR 54+000 al PR 55+500 Sentido Bogotá- Girardot.....	112
Cuadro 39. Análisis datos de campo del PR 55+500 al PR 56+500.....	113
Cuadro 40. Análisis de señalización del PR 55+500 al PR 56+800 Sentido Bogotá- Girardot.....	115
Cuadro 41. Análisis datos de campo del PR 56+800 al PR 55+500.....	116
Cuadro 42. Análisis de señalización del PR 56+800 al PR 55+500 Sentido Girardot- Bogotá.....	118
Cuadro 43. Análisis datos de campo del PR 55+500 al PR 54+000.....	119
Cuadro 44. Análisis de señalización del PR 55+500 al PR 54+000 Sentido Girardot- Bogotá.....	121
Cuadro 45. Análisis datos de campo del PR 54+000 al PR 52+500.....	122

Cuadro 46. Análisis de señalización del PR 54+000 al PR 52+500 Sentido Girardot-Bogotá.....	123
Cuadro 47. Análisis datos de campo del PR 52+500 al PR 51+000.....	125
Cuadro 48. Análisis de señalización del PR 52+500 al PR 51+000 Sentido Girardot-Bogotá.....	126
Cuadro 49. Análisis datos de campo del PR 51+000 al PR 49+500.....	127
Cuadro 50. Análisis de señalización del PR 51+000 al PR 49+500 Sentido Girardot-Bogotá.....	129

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente.....	22
Figura 2. Localización de la vía.....	44
Figura 3. Ubicación del tramo de estudio.....	45
Figura 4. Variación de accidentalidad.....	50
Figura 5. Variación de accidentalidad por mes y año.....	51
Figura 6. Total accidentes según su gravedad.....	54
Figura 7. Índice de peligrosidad de accidentes totales.....	55
Figura 8. Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas.....	57
Figura 9. Índice de accidentalidad.....	58
Figura 10. Tramo en planta del PR 49+500 al PR 51+000.....	64
Figura 11. Tramo en perfil longitudinal del PR 49+500 al PR 51+000.....	64
Figura 12. Tramo en perfil longitudinal del 51+000 AL PR 52+500.....	67
Figura 13. Tramo en planta del 51+000 AL PR 52+500.....	70
Figura 14. Tramo en perfil longitudinal del 52+500 AL PR 51+000.....	70
Figura 15. Tramo en perfil longitudinal del 52+500 al PR 54+000.....	73
Figura 16. Tramo en planta del PR 52+500 AL PR 54+000.....	76
Figura 17. Tramo en perfil longitudinal del 54+000 al PR 52+500.....	76
Figura 18. Tramo en perfil longitudinal del 54+000 al PR 55+500.....	79
Figura 19. Tramo en planta del PR 54+000 al PR 55+500.....	82
Figura 20. Tramo en perfil longitudinal del PR 55+500 al PR 54+000.....	83
Figura 21. Tramo en perfil longitudinal del PR 55+500 al PR 56+800.....	85
Figura 22. Tramo en planta del 55+500 al PR 56+800.....	88
Figura 23. Tramo en perfil longitudinal del 56+800 al PR 55+500.....	89
Figura 24. Comportamiento de la velocidad tramo 1 sentido Bogotá- Girardot.....	90

Figura 25. Comportamiento de la velocidad tramo 2 sentido Bogotá- Girardot.....	91
Figura 26. Comportamiento de la velocidad tramo 4 sentido Bogotá- Girardot.....	92
Figura 27. Comportamiento de la velocidad tramo 5 sentido Bogotá- Girardot.....	93
Figura 28. Comportamiento de la velocidad tramo de estudio sentido Bogotá- Girardot...	94
Figura 29. Comportamiento de la velocidad tramo 5 sentido Girardot- Bogotá.....	95
Figura 30. Comportamiento de la velocidad tramo 4 sentido Girardot- Bogotá.....	96
Figura 31. Comportamiento de la velocidad tramo 3 sentido Girardot- Bogotá.....	97
Figura 32. Comportamiento de la velocidad tramo 2 sentido Girardot- Bogotá.....	98
Figura 33. Comportamiento de la velocidad tramo de estudio sentido Girardot- Bogotá...	99

INTRODUCCIÓN

En Colombia los accidentes de tránsito son una de las causas principales de mortalidad y morbilidad, por lo que es necesario implementar factores que mejoren la seguridad vial, siendo esta la mejor manera de salvaguardar vidas. Debido a que hay factores externos que pueden ser causantes de siniestros, como el mal estado de la infraestructura vial, fallas en los vehículos y el entorno en general.

Actualmente se han creado entidades para transformar la manera de pensar, la cultura y el comportamiento de los colombianos en las calles y carreteras, como la Agencia Nacional de Seguridad Vial creada por la ley 1702 del 27 de Diciembre de 2013 en nuestro país, la cual será de gran apoyo para minimizar este problema de salud pública.

Cuando se diseña una doble calzada el principal objetivo es disminuir tiempos de viaje y costos de operación, esto sucedió con la autopista Bogotá- Girardot, debido a esto se incrementaron velocidades siendo este factor causante de accidentes.

En el presente estudio se evaluó la influencia de la construcción de la doble calzada Bogotá- Girardot en la accidentalidad actual en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá, en etapa de operación, para esto se realizaron análisis de accidentalidad, se verificó que los parámetros de diseño geométrico cumplan con lo establecido en el Manual de Diseño del INVIAS 2008 y además se tomaron velocidades en punto para identificar los puntos críticos en esta vía.

Se determinó que una vez puesta en operación la doble calzada se incrementaron los accidentes esto debido a inconsistencias en el diseño geométrico, falta de continuidad en la señalización y demarcación y mal estado de la superficie de rodadura en algunos tramos. El principal factor de accidentalidad es el exceso de velocidad, debido a que los vehículos circulan a velocidades que exceden lo especificado en la norma.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el pasar de los años Colombia ha venido mejorando las principales mallas viales que comunican los diversos sectores del país, predominando el gestionamiento de carreteras modernas (autopistas), con el fin de brindar un servicio óptimo para los usuarios donde obtengan menores tiempos de viaje, economía y seguridad.

Es importante resaltar que debido a la variada topografía de nuestro país, los diseños viales no presentan en su mayoría facilidades a la hora de generar una vía con características similares a las que se pueden observar en Alemania, o incluso en Chile, el cual presenta las mejores autopistas del continente sudamericano inclusive por encima de Ecuador¹; donde el confort, la seguridad y los índices de velocidad superan por mucho a los que se utilizan en Colombia para diseñar, a pesar que los diseños muestren un límite de velocidad permitido, es común evidenciar que en carreteras como la autopista Bogotá- Girardot se presenten casos donde los niveles de velocidad son excesivos, provocando de esta forma desmanes y accidentes fatales.

Unido a las altas velocidades, la infraestructura y el estado de la malla vial hacen parte de factores importantes que influyen en la tasa de accidentalidad, es por ello que en esta investigación se realizará una inspección de seguridad vial en la etapa de operación, teniendo en cuenta los factores de riesgo que se puedan presentar en la carretera Bogotá- Girardot en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá en ambos sentidos y sean causantes de accidentes.

En la investigación se realizó un estudio donde se evaluó si la construcción de la doble calzada Bogotá- Girardot a influenciado en la accidentalidad actual en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá, debido a que está a sido clasificada como la más peligrosa de transitar en Colombia por su tasa de accidentalidad en la actualidad.

Por lo tanto la pregunta de investigación fue:

¿Cuál ha sido la influencia en la ejecución de la doble calzada Bogotá- Girardot en la tasa de accidentalidad actual en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá?

¹ FAJARDO, Luis. Los países con las mejores y las peores carreteras en A. Latina. En: BBC mundo. [en línea]. [consultado 9 sep. 2015]. Disponible en <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150609_economia_mejores_peores_carreteras_if>

2. JUSTIFICACIÓN

Los accidentes de tránsito son una problemática de salud pública y en la actualidad son una de las principales causas de mortalidad en el mundo, siendo la segunda en Colombia según el Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Es por esto que las autoridades le han dado prioridad a la realización de auditorías de seguridad vial con el fin de determinar los factores que inciden en la ocurrencia de los siniestros.

Los tres factores de riesgo a analizar son: factor humano, vehicular e infraestructura vial, para disminuir los índices de mortalidad y morbilidad que generan daños físicos, costos médicos y demoras en el tráfico. A la hora de cuantificar el impacto económico de un accidente se deben tener en cuenta costos administrativos, costos por daños a la propiedad, costos médicos y costos humanos (productividad). Por esto, la prioridad institucional es la preservación de las vidas humanas y garantizar la seguridad de todos los usuarios de las vías.

En las estadísticas obtenidas por el periódico El Tiempo en su artículo “Las 10 carreteras con más accidentes del país”, se obtuvieron las 10 vías críticas en el departamento de Cundinamarca en el año 2014, siendo la más crítica la vía Girardot- Silvania- Bogotá (Bosa), con una tasa de 235 siniestros (uno cada 21 horas en promedio), en donde 367 personas quedaron heridas y 63 personas perdieron la vida, según la información recogida por la Dirección de Tránsito y Transporte de la Policía Nacional.²

Por lo tanto, nos enfocamos principalmente y fue objeto de la siguiente investigación, identificar los factores que inciden en la alta tasa de accidentalidad en esta vía en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá. Para determinar si a la hora de construir esta doble calzada se cumplieron los estándares establecidos por el manual de diseño geométrico y el manual de señalización vial para disminuir los accidentes, o si por el contrario al realizarse esta nueva vía y disminuirse los tiempos de viaje han aumentado los accidentes.

Los estudios realizados por el programa internacional de evaluación de carreteras (IRAP, International Road Assessment Programme) a carreteras que se consideran de alto riesgo es decir, que no cumplan con un ancho suficiente de carril, con límites de velocidad, una delineación optima y otros aspectos que brinden seguridad y comodidad a los usuarios. Se utilizan para hacer una

² GUEVARA, Carlos. Las 10 carreteras con más accidentes en el país: La lista la encabezan las vías que conectan a Bogotá con otros municipios. En: El Tiempo. [en línea]. (17, Ago., 2014). [consultado 10 sep. 2015]. Disponible en < <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/las-carreteras-con-mas-accidentes-de-colombia/14395645> >.

calificación por estrellas donde las carreteras de cinco estrellas son las más seguras, mientras que las carreteras de una estrella son las menos seguras. Con esto elaborar un plan de evaluación y capacitación para prevenir accidentes de tránsito y ofrecer vías seguras en todo el mundo, puesto que según el manual de codificación para la clasificación por estrellas de IRAP “Cada año mueren 1,3 millones de personas y otros 50 millones sufren lesiones graves o quedan discapacitados permanentemente debido a las colisiones viales. Hoy en día, las colisiones viales constituyen la causa principal de muerte en niños y jóvenes entre 10 y 24 años de edad. La carga de colisiones viales es comparable con la malaria y la tuberculosis, y sus costos representan de 1 a 3% del PIB mundial”³. De acuerdo a esto IRAP clasifica la seguridad de las vías a nivel mundial teniendo en cuenta la infraestructura, pues hace parte de causales de accidentalidad.

Todo lo anterior y otros aspectos como la cultura ciudadana son influyentes en lo que se refiere a la seguridad vial, por esto, el estudio y el análisis de una de las vías más importantes del país fue riguroso y preciso, para identificar la principal causa que incide en el índice de frecuencia de accidentalidad en esta vía nacional. Es por ello que se ve necesario que una vía que comunica los departamentos del occidente con los del centro del país se estudie, para así evaluar los diferentes riesgos presentes en la doble calzada.

³ MCMAHON, K. y DAHDAH, S. el verdadero costo de las colisiones viales: el valor de una vida y el costo de una lesión grave. En: IRAP [en línea]. Disponible en <<http://www.irap.net/about-irap-3/research-and-technical-papers?download=46:el-verdadero-costo-de-las-colisiones-viales-el-valor-de-una-vida-y-el-costo-de-una-lesion-grave>> [Consultado el 10 de noviembre de 2015].

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar si la construcción de la doble calzada Bogotá- Girardot ha influenciado en la tasa de accidentalidad actual, tomando como estudio el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los factores de riesgo en la etapa de operación incidentes en la tasa de accidentalidad en el tramo de estudio.
- Determinar los puntos críticos en etapa de operación para el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá, considerando los dos sentidos.
- Analizar los factores que influyeron en la accidentalidad antes y después de la ejecución de la doble calzada.

4. ANTECEDENTES

Una de las causas por las que han crecido los índices de mortalidad en el mundo son los accidentes de tránsito y es por esto que se han venido implementando nuevas tecnologías que inciden directamente con la seguridad vial, ya que se ha identificado a grandes rasgos que las causas de estos accidentes son por falta de señalización, falencias en el diseño geométrico de las vías, y más exactamente por la falta de auditorías de seguridad vial a nivel mundial. Son muchos los factores que pueden ocasionar un incremento en la tasa de accidentalidad y que se resumen a factores como son los vehículos, los usuarios y la infraestructura. Se realizó un estudio y a nivel nacional se encontraron los siguientes antecedentes que pueden aportar a nuestra investigación:

- La ingeniera Nancy Cifuentes Ospina en el año 2014 realizó el Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá- Villavicencio a partir de la salida del túnel de Boquerón a puente Quetáme, tiene como objetivo evaluar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad vial a partir de un modelo de auditoría de seguridad vial en la carretera Bogotá-Villavicencio en el tramo comprendido entre el Túnel de Boquerón a Puente Quetáme, en la etapa de operación en el tramo existente y en etapa del diseño propuesto actualmente. Esta investigación se realizó por que los accidentes en las carreteras del mundo son una de las principales causas de muerte, por ello la seguridad vial en las carreteras debe jugar un papel fundamental a la hora de salvaguardar las vidas de las personas, y no solo de quienes viajen en automóviles o motorizados, sino también de los transeúntes y personas vulnerables presentes en las vías. Como la infraestructura vial es de gran incidencia en la accidentalidad, con este estudio se pretende hacer una relación de la accidentalidad y el diseño geométrico de la vía (carretera Bogotá- Villavicencio en el tramo entre la salida del túnel de boquerón al peaje de puente Quetáme).

Es por ello que se plantea el siguiente interrogante: ¿Cuál es la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad de la carretera Bogotá-Villavicencio en el tramo comprendido entre el Túnel de Boquerón a la población de Puente Quetáme en la etapa de operación y diseño?

En la investigación se llegó a las siguientes conclusiones, La carretera nacional Bogotá-Villavicencio identificada como la ruta 40, en el tramo de estudio comprendido entre PR4+100 y PR45+00 es una vía de una sola

calzada con tránsito bidireccional y con un TPD >5000, lo que aumenta el riesgo de accidente choque frontal por invasión del carril contrario, la vía actual presenta inconsistencias en la cual se presentan curvas de radio pequeño localizadas a corta distancia de la finalización de curvas de radio grande. La presencia de elementos peligrosos en las zonas laterales de la vía en todo su recorrido aumenta la probabilidad de accidentes. Es recomendable que algunos de estos pueden ser removidos, otros pueden ser señalizados o protegidos con sistemas de re direccionamiento y contención técnicamente diseñados y colocados para que actúen con eficacia y la geometría de la ruta en etapa de diseño en los tramos estudiados presenta riesgos de accidentalidad en cuanto a los taludes de corte empinados los cuales se deben diseñar con criterios de seguridad para que los vehículos sean encausados nuevamente en el momento de un accidente.

A partir de lo descrito anteriormente esta investigación es de gran aporte a la nuestra pues de igual manera es una inspección de seguridad vial en la etapa de operación y esto nos da las pautas para en el tramo de trabajo analizar los factores de riesgo y determinar puntos críticos, de igual manera nos muestra listas de chequeo por abscisas para ser más preciso el detalle de las irregularidades que se presenten en el tramo.

- Martínez y Olivares en el año 2012 realizaron la Metodología para la atención de puntos críticos para garantizar la seguridad vial en carreteras, esta investigación tiene como objetivo establecer un procedimiento que permita identificar, evaluar y cuantificar las variables que inciden en la designación de un punto crítico y presentar una metodología que permita disminuir los índices de accidentalidad, aplicando un procedimiento de mejora en los temas de señalización, diseño geométrico, velocidad, tránsito, y estado de pavimento.

Este estudio pretende encaminar el análisis a la mejora en la operatividad, a la disminución de los tiempos en el transporte, a la disminución de los índices de accidentalidad, a la mejora en la planeación de la inversión de señalización a largo plazo, pero sobre todo se busca brindar al usuario de las vías confort y seguridad de operación. La metodología presentada resultado de esta investigación, permitirá al usuario de esta información conocer las variables a tener en cuenta para el manejo de los puntos críticos en carreteras primarias y secundarias del orden nacional. Y a la vez se presenta una metodología que permita disminuir los índices de

accidentalidad, presentando un método para el mejoramiento en temas como señalización, diseño, velocidad y estado del pavimento.

En la investigación se llegó a las siguientes conclusiones, La ubicación y determinación de un punto crítico en carreteras depende exclusivamente del registro y estadística que se tenga de accidentes para un lugar geográficamente establecido, pero el tratamiento y solución dependen de las variables que estén generando esta condición de alerta, en ocasiones no es fácil determinar las causas de los accidentes y se requiere hacer una investigación más profunda de lo ocurrido y en otras la solución no está solo en ordenar un plan de señalización, sino en determinar con claridad a cual variable es la que debe dar solución. Las soluciones pueden ir desde campañas educativas, mejoras por deficiencia en el diseño geométrico de la vía, al mal estado de la vía o del pavimento o al comportamiento del peatón entre muchas otras.

A partir de lo descrito anteriormente esta investigación aporta a la nuestra pues nos muestra de forma coherente y simplificada la forma como deben designarse los puntos críticos en una vía ya sea rural o urbana. Teniendo en cuenta los factores de riesgo, que es lo que realizamos en nuestra investigación para después proceder a analizar los factores de accidentalidad en ese punto y dar las recomendaciones pertinentes.

- Cifuentes y Henao en el año 2012 realizaron la investigación de la Identificación de puntos críticos y propuestas de solución de un tramo vial caso: corredor avenida primero de mayo entre carrera 68 y avenida Boyacá, tiene como objetivo principal establecer los puntos críticos de accidentalidad de las avenidas mencionadas generando estrategias de mitigación de los accidentes en estos puntos. El procedimiento seguido por los estudiantes de maestría en ingeniería civil tuvo como primera medida identificar los puntos críticos de accidentalidad a través de la base de datos de accidentalidad del fondo de prevención vial (FPV), después se hizo una georreferencia a través del programa ArcGIS de los puntos críticos, por último se hizo una visita al tramo y se hizo una revisión de los puntos para analizar los factores que eran causa de los accidentes.

La pregunta problema de esta investigación fue ¿Cuáles son los puntos críticos donde se presenta mayor accidentalidad en la av. primero de mayo entre la carrera 68 y avenida Boyacá? Con base en esta pregunta se derivaron los objetivos y estudios para esta investigación.

Los análisis de esta investigación dieron como resultado que efectivamente este tramo es una de las zonas de Bogotá con más accidentalidad ya que ocurrieron 284 accidentes en el año. En donde se identificaron las abscisas de los puntos críticos que fueron intervenidos para generar posibles soluciones.

Los aportes de esta investigación son varios, ya que la metodología usada es muy similar a la que realizamos en nuestro proyecto, cada paso llevado a cabo en la investigación es necesario para poder identificar los puntos críticos de una vía en donde se han presentado accidentes frecuentemente y una vez son reconocidos estos puntos se debe hacer una visita al tramo para analizar los factores que son causantes del incremento de la tasa de accidentalidad, ya sean de diseño geométrico, señalización o por otras características que no están en óptimas condiciones y pueden actuar en contra de un tránsito normal y que cumpla con las especificaciones requeridas.

- Yefer Asprilla Lara en el año 2011 realizó la investigación de Influencia que tienen los elementos de la infraestructura en la seguridad vial de los usuarios de las carreteras interurbanas- estudio de caso carretera Medellín - Bogotá tramo Guaduas - Villeta, tiene como objetivo evaluar los diferentes elementos que influyen en la accidentalidad y seguridad vial de los usuarios de las vías interurbanas.

La pregunta problema base para esta investigación fue ¿Cuáles son los factores de infraestructura que influyen a la seguridad vial de los usuarios de la carretera Bogotá - Medellín en el tramo de Guaduas – Villeta?

Para evaluar el tramo que en estudio que tiene de longitud 34 km se siguió lo establecido por el International Road Assessment Programme para países en vía de desarrollo como Colombia, de acuerdo esto se definirán los parámetros más significativos de los elementos de la infraestructura que influyen en la accidentalidad y seguridad vial de los usuarios. Como conclusiones se obtuvo que se debe hacer una pronta intervención por parte del INVIAS o de la concesión para destinar los recursos suficientes que otorguen una vía segura y óptima con el fin de reducir los índices de accidentalidad que registra esta importante vía del país. Se obtuvo que el 73,5% (unos 25 km de los 34 km del tramo evaluado) no cumplen con los mínimos requerimientos visuales de seguridad vial, esto se resume a que las carreteras de Colombia en cuanto a seguridad vial no están en buen

estado ya que la mayoría tienen características de diseño y construcción muy parecidas.

Los aportes de esta investigación son muy puntuales ya que se muestra que se debe hacer una inspección visual del tramo en donde por medio de unas listas de chequeo y teniendo en cuenta las especificaciones dadas por las normas que rigen el diseño de carreteras y la evaluación de estas misma, como el IRAP internacionalmente o el INVIAS en Colombia. También nos da un parámetro importante para saber si la ejecución de una inspección de seguridad vial fue satisfactoria ya que si la tasa de accidentalidad no se reduce al menos al 40% se concluye que el proyecto no cumple con su objetivo, siempre y cuando sea un proyecto en el que se incluya una propuesta de posibles soluciones a los accidentes que se producen.

- Carlos Geovanny Castellanos en el año 2008 el Análisis de accidentalidad en la vía Armenia – Ibagué ruta 4003 del corredor vial del pacifico, sector: Calarcá – Cajamarca PR 3+0900 al PR 50+0000. años 2005 – 2007, tiene como objetivo analizar la accidentalidad presentada en la vía Armenia – Ibagué ruta 4003 del corredor vial del pacifico, sector: Calarcá – Cajamarca PR 3+0900 al PR 50+0000, para el periodo 2005 a 2007.

En esta investigación se aplicó la metodología para la identificación de puntos críticos de accidentalidad en las carreteras Colombianas propuesta por la empresa de consultoría (PROJEKTA LTDA), arrojando tres sectores críticos de accidentalidad los cuales son: PR 6+0000 – PR 7+0500, PR 22+0500 – PR 24+0500 y PR 49+0000 al PR 50+0000. Con los sectores críticos determinados, se seleccionaron los accidentes presentados en éstos durante el periodo en estudio, seleccionando cinco sitios críticos de accidentalidad, los cuales fueron seleccionados como aquellos en los que se presentaron como mínimo cuatro accidentes con variación en su ubicación de 20m. Luego de determinar los sitios críticos de accidentalidad, se planteó la alternativa de intervención dirigida a mejorar las condiciones de tránsito y seguridad de los usuarios, la cual se basó en la recuperación de la carpeta asfáltica, la instalación de señalización vertical y la construcción de reductores de velocidad tipo bandas sonoras. Como recomendación adicional a la intervención física de estos sitios, se recomendó mayor control por parte de la Policía De Carreteras y la posibilidad de realizar capacitaciones acerca de cultura vial en los principales centros educativos de los municipios de Cajamarca y Calarcá para la comunidad en general.

Se obtuvieron las siguientes conclusiones: El sector comprendido entre Calarcá y el Alto De La Línea (PR 3+0900 al PR 27+0000), presenta la mayor tasa de accidentes, los cuales se reflejan en los tramos determinados como críticos que en su orden son: PR 6+0000 al PR 7+0500 y PR 22+0500 al PR 24+0500. De acuerdo a lo anterior, es importante recomendar a la Policía de Carreteras Regional Quindío y Tolima, ejercer mayor control al flujo vehicular, tomando acciones coercitivas dirigidas a los usuarios que con su comportamiento imprudente ocasionen la posible ocurrencia de accidentes de tránsito. De los cuatros sitios críticos de accidentalidad determinados en el sector: Calarcá – Alto De La Línea, se planteará a la empresa Unión Temporal Construcción Vial, la construcción de las medidas propuestas en este estudio con el objeto de disminuir la tasa de accidentalidad y mejorar las condiciones de operación del corredor, reduciendo en lo posible el tiempo por obstrucciones al tráfico por la presencia de accidentes, lo cual se revierte en el ahorro en los costos de operación vehicular especialmente para el transporte de carga.

Esta investigación aporta a la nuestra pues muestra de forma precisa las estadísticas que se deben realizar para determinar los puntos de mayor accidentalidad estudiando tramo a tramo las abscisas y realizando tablas que muestren la información de accidentalidad en estos puntos para los lectores.

5. MARCOS DE REFERENCIA

5.1. MARCO TEÓRICO

5.1.1. Seguridad vial

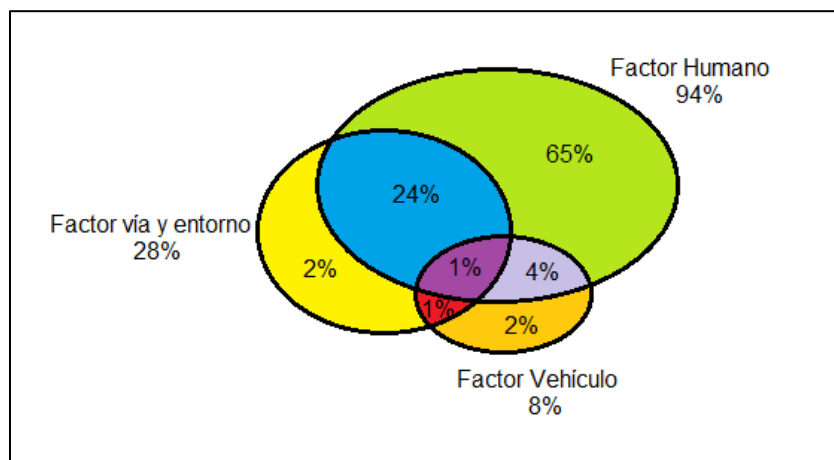
Según la ley 1702 del 27 de diciembre del 2013, define a la seguridad vial como, “el conjunto de acciones y políticas dirigidas a prevenir, controlar y disminuir el riesgo de muerte o de lesión de las personas en sus desplazamientos ya sea en medios motorizados o no motorizados”.⁴ Por ende la seguridad vial normaliza las condiciones necesarias que debe tener una vía para preservar el bienestar de los usuarios que de ella demanden.

5.1.1.1. Factores de riesgo

Los factores incidentes causantes de accidentes de tránsito son el factor humano, factor vehicular, y factor vía y entorno. Según estudios, se ha demostrado que los factores mencionados, estadísticamente representan los siguientes porcentajes:

- Factor Humano (implicado en alrededor del 94% de los accidentes).
- Factor vehículo (implicado en alrededor del 8% de los accidentes).
- Factor vía y el entorno (implicado en el 28% de los accidentes).⁵

Figura 1. Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente



Fuente: Main Roads Western Australia, Investigación de seguridad vial.

⁴ COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley No 1702 (27, Diciembre, 2013). Por la cual se crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial y se dictan otras disposiciones. Bogotá D, C.: El Congreso, 2013. 15 p.

⁵ INGENIERIA DE TRANSPORTES. Factores de los accidentes de tránsito. En: Ingeniería de transportes. [en línea]. (2009). [Consultado 20 Oct. 2015]. Disponible en < <http://ingenierodetransporte.blogspot.com/2009/09/factores-en-los-accidentes-de-transito.html> >

5.1.1.2. Accidente de tránsito

Según el artículo número 2 de la ley 769 de 2002, correspondiente a definiciones, donde se encuentra estipulado que accidente de tránsito es un “Evento generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho”⁶

5.1.1.3. Causas de accidentes

Los accidentes de tránsito son causados por diversos factores tanto humanos como externos donde se pueden ver involucradas fallas técnicas del vehículo y deficiencias en la infraestructura, los cuales se evidencian en el cuadro 1.

Cuadro 1. Causas de accidente de tránsito.

CAUSA	PORCENTAJE
Solo factor humano	65,0%
Factor humano + vía	24,0%
Factor humano + vehículo	4,5%
Factor humano + vía + vehículo	1,2%
Solo factores viales	2,5%
Factores viales + vehículos	0,3%
Solo factores del vehículo	2,5%

Fuente: Centro De Diagnóstico Automotor Del Valle

5.1.1.4. Indicadores de accidentalidad

Son estadísticas que se relacionan y permiten expresar en cifras relativas las características de accidentalidad de un municipio, ciudad, etc., facilitándonos unos valores útiles que nos permiten conocer la frecuencia y gravedad de los siniestros ocurridos en la zona.

⁶ COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 769 (7, Agosto, 2002). Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: El Congreso, 2012 1 p.

- IPat: (Índice de peligrosidad de accidentes totales). Relaciona el número total de accidentes registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$IPat = (10^6 \cdot N) / (TPD \cdot 365 \times L) \quad (1)$$

- IPav: (Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas). Relaciona el número de accidentes con víctimas registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$IPav = (10^6 \cdot Nv) / (TPD \cdot 365 \times L) \quad (2)$$

- IS (Índice de severidad): Relaciona el número equivalente de accidentes de tránsito registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$IS = 10^6((9 \cdot AF) + (1,5 \cdot AS) + Asimp)) \quad (3)$$

Dónde:

N: número de accidentes.

Nv: (número de accidentes con víctimas) = AF + AS

AF: Accidentes fatales.

AS: Accidentes serios.

Asimp: Accidentes simples.

TPD: Tráfico promedio diario (veh /día).

L: Longitud del tramo (Km).⁷

- Índices de morbilidad: Relación entre el número de accidentes en los cuales uno o varios de los actores resultan heridos y otra variable como por ejemplo, población, vehículos registrados, etc.

⁷ Agencia Nacional de Seguridad Vial Observatorio de Seguridad Vial. Relevamiento de indicadores estadísticos en materia de Seguridad Vial en Argentina, consignando autor y entes que utilizan cada uno. [en línea]. disponible en <<http://observatoriovial.seguridadvial.gov.ar/documentos/ops/relevamiento-de-indicadores-estadisticos-en-materia-de-seguridad-vial-en-argentina.pdf>>.[consultado 05 Dic . 2015]

- Índices de mortalidad: Relación entre el número de muertes o accidentes en los cuales uno o varios de los actores resultan muertos y otra variable como por ejemplo, población, vehículos registrados, etc.⁸

5.1.1.5. Señalización y demarcación en vías rurales

El Manual de señalización vial 2015 tiene como objetivo reglamentar las características técnicas de la demarcación y la señalización de toda la infraestructura vial colombiana de acuerdo a lo establecido por el ministerio de transporte en donde se desarrolla una especie de guía que surge de “la necesidad de unificar el criterio de utilización de los diferentes dispositivos para la regulación del tránsito”.⁹

Mediante este manual se determina de una manera detallada el diseño, la ubicación y la ejecución de estos dispositivos para regular el tránsito en calles, carreteras y demás carriles exclusivos ya sean, ciclo rutas u otros modos de transporte, en donde se necesite algún tipo de señalización. La función principal de esta guía es determinar “el uso, clasificación, funcionalidad, color, tamaño, materiales, mantenimiento, etc., de los dispositivos utilizados en el ámbito nacional para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas. El proyecto de señalización debe guardar armonía, estética y comodidad con el diseño geométrico de las vías para ofrecer un recorrido fácil y agradable exento de sorpresas y desorientaciones”.¹⁰

Para una adecuada señalización a lo largo de una vía se deben tener en cuenta 4 factores importantes, que determinan una buena aplicación de los dispositivos reguladores de tránsito, estos son:

- ✓ Función.
- ✓ Visibilidad.
- ✓ Uso.
- ✓ Conservación.

De acuerdo a estos 4 factores se garantiza la eficiencia y correcta aplicación de los dispositivos ubicados en la zona donde se requieran.

⁸ Ibid., p.12

⁹ Manual de señalización Vial, 2015. [Consultado el 11 de julio de 2013]. Disponible en Internet : <http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/01_general/documentos/27102008/manual_senalizacion.pdf

¹⁰ Ibid., p.3

Según las olimpiadas nacionales de contenidos educativos en internet (ONI) las señales viales son “los medios físicos empleados para indicar a los usuarios de la vía pública, la forma más correcta y segura de transitar por la misma; les permiten tener una información previa de los obstáculos y condiciones, en que ella se encuentra”¹¹. De acuerdo a lo anterior se establecen otros 3 importantes conceptos para que los usuarios de la vía identifiquen y reaccionen antes estos dispositivos, y son:

- ✓ Uniformidad: Se refiere al contraste, la información y el diseño reglamentado por el manual de señalización, con el fin de que la señal sea comprensible y universal para los usuarios.
- ✓ Obediencia a las señales: El cumplimiento de los dispositivos reguladores de tránsito es de carácter obligatorio para todos aquellos que utilicen la vía, puesto que de esto depende el funcionamiento óptimo y los accidentes que se lleguen a producir en la vía.
- ✓ Clasificación: Las señales de tránsito son agrupadas en diferentes formas, teniendo en cuenta el tipo de información que se requiera, sus características o su función. Los dos grupos más importantes de señales son:

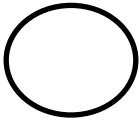
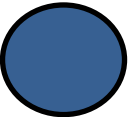
Las señales verticales se identifican mediante las siguientes características:

- Por su forma
- Por su color
- Por su mensaje
- Señales de formas y colores singulares

La clasificación por forma de la señalización vertical está dada en el cuadro 2 en donde se explica su función y otro aspecto como el color que es importante para reconocer a simple vista la información de ese punto específico.

¹¹ OLIMPIADAS NACIONALES DE CONTENIDOS EDUCATIVOS EN INTERNET La señalización vial. [en línea]. [consultado el 10 de Diciembre de 2015]. Disponible en <<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/transito/espaniol/senializ.htm>>

Cuadro 2. Clasificación de señales verticales según su forma

ROMBO  Prevención de peligro	CIRCULO  Imponer o de prohibición	CUADRADO, RECTANGULO  Información
ROMBO AMARILLO  Previene un peligro (ruta normal)	ROMBO ANARANJADO  Previene de peligro (en obra)	
 Prohíbe	 Obligación	

Fuente: <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/transito/espaniol/dem-hor.htm>

Para una vía principal, como el tramo de estudio comprendido entre Sylvania y Fusagasugá se utilizan señales de prohibición de información y de prevención, debido a que es una de las vías principales del país y debe operar en las mejores condiciones.

En cuanto a la demarcación horizontal son aquellas que van pintadas o pegadas en la calzada y que advierten algún cambio de carril, de sentido y demás circunstancias que se deban advertir, esta demarcación se clasifica según:

- Su posición
- Su trazo
- Su color

La adecuación de estos dispositivos debe ser complementaria ya que en caso de que la señalización horizontal no sea suficiente, se debe completar con una vertical para así dar mayor seguridad a los usuarios que transitan por la vía.

5.1.1.6. Puntos críticos por accidentes de tránsito

Los puntos críticos o negros, son aquellos lugares de la vía donde la accidentalidad es concurrente, donde los índices de peligrosidad y su frecuencia son elevados en comparación a otros puntos de la vía.

Dichos puntos deben ser señalizados de manera adecuada por las autoridades competentes con el fin de brindar seguridad a los usuarios, de igual manera, cabe resaltar que los accidentes en estos lugares se deben a deficiencias en el diseño geométrico, en la construcción de la vía y por el factor humano, por ende es importante que se tengan en cuenta tres criterios para la determinación de carreteras peligrosas y sectores críticos, los cuales son:

- Registro de accidentalidad total generada en un tramo vial específico.
- Gravedad de los accidentes de tránsito.
- Tiempo de repetición de los accidentes.

5.1.1.7. Variables para la determinación de puntos críticos

Existen diversos factores que influyen cuando se presenta un accidente de tránsito, sin embargo como se mencionó anteriormente, los accidentes son fenómenos que se presentan de forma impredecible, donde se pone en peligro la integridad de los usuarios de la vía, ocasionando daños materiales, sociales y humanos.

Es por ende que existen variables que permiten la determinación de los puntos negros, estas son:

Factores geométricos

- El ancho del carril no es el adecuado
- Falta de bermas o bermas angostas
- Falta de visibilidad
- Peraltes
- Radios de curvatura

Factores de circulación y condición del tránsito

- Diferencia notoria de velocidades entre los vehículos de dos ruedas y los automotores.
- Maniobras erradas de los conductores de vehículos de dos ruedas.
- Mala iluminación.
- Mala señalización o inconsistencias en estas.

Factores imputables al ambiente

Dependiendo la zona del país es diferente el clima, por esto en zonas lluviosas la vía se vuelve más vulnerable para ser causa de un accidente de tránsito, pues la fricción existente entre el pavimento y la llanta no va a ser el mismo.

Factores imputables a los peatones

- No mirar a la izquierda y derecha antes de cruzar la calzada.
- No caminar por la berma.
- No utilizar los puentes peatonales.

Factores asociados al mal estado de la vía

Falta de mantenimiento de las calzadas o de la carpeta asfáltica, cuando esto no ocurre esta empieza a deteriorarse y ocasionar daños graves en su estructura, geometría y superficie, afectando la seguridad y el confort para los conductores, los daños más comunes en el pavimento y que provocan el mayor índice de accidentes son los baches, abultamientos en la calzada, hundimientos, mal drenaje entre otros, los más susceptibles a estos factores de daño son los motociclistas.¹²

5.1.2. Tránsito y transporte

Es el tráfico el factor que indica el servicio para el cual se ha de hacer la vía y afecta directamente las características geométricas del diseño tales como los ancho, los alineamientos, las pendientes. No es más racional el diseñar una vía

¹² MARTINEZ, Ricardo y OLIVARES, Elber Ramiro. metodología para la atención de puntos críticos para garantizar la seguridad vial en carreteras. Monografía presentada como requisito de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería Civil, 2012. 65 p.

sin información sobre el tráfico que diseñar un puente sin el conocimiento de los pesos y del número de vehículos que ha de soportar. Las características del tráfico que deben estudiarse son: los volúmenes, la distribución direccional, la composición y la velocidad.¹³

5.1.2.1. Tipos de vehículos

Clasificación de los vehículos según el ministerio de transporte, se clasifican según sus ejes como se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de vehículos

CATEGORIA	TIPO DE VEHICULO
I	Automóviles, Camperos y Camionetas
II	Buses, Busetas con eje trasero de doble llanta y Camionetas de dos ejes
III	Camionetas de tres ejes y cuatro ejes
IV	Camioneta de cinco ejes
V	Camioneta de seis ejes

Fuente: Ministerio del Transporte

5.1.2.2. Volumen de tránsito

Se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal, dados de un carril o una calzada durante un periodo de tiempo determinado. Una de las aplicaciones de los datos de volúmenes de tránsito son utilizados para determinar la seguridad de la carretera con la que se puede determinar el cálculo de accidentes y mortalidad, además para la evaluación de mejoras por seguridad.¹⁴

$$Q = \frac{N}{T} \quad (4)$$

¹³ AGUDELO, Jhons Jairo. diseño geométrico de vías ajustado al manual colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Vías y Transporte. Medellín.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas, 2012, .80 p.

¹⁴ CIFUENTES, Nancy. Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá-Villavicencio a partir de la salida del túnel de boquerón a puente Quetáme. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ingeniería Civil Con énfasis en Tránsito y Transporte. Bogotá.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Énfasis en tránsito y transporte. profundización, 2014. 59 p.

Dónde:

Q: Vehículos que pasan por unidad de tiempo

N: Número total de vehículos que pasan

T: Periodo determinado

El volumen hace parte de las características o factores más relevantes a la hora de diseñar una vía, pues a partir de este es posible caracterizar y agrupar el tipo de circulación del tramo.

En consecuencia de lo anterior y teniendo en cuenta que los volúmenes vehiculares dependen del periodo o el tiempo es importante resaltar que se analizan dos tipos de volúmenes en función del tiempo como lo son:

- Volumen medio anual
- Volumen hora pico

El volumen medio anual o transito promedio anual, conocido como TPD Anual, se refiere al volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de un año, (dividido por el número de días comprendido en dicho periodo de medición).¹⁵

El volumen hora pico o punta, corresponde al número de vehículos que pasan por una sección durante la hora donde se evidencia mayor circulación.

Es de gran importancia diferenciar el concepto de volumen con el concepto de intensidad, pues dichos conceptos representan la cantidad de vehículos que pasan por una sección de carretera, es por ello que se hace necesario definir dichos conceptos:

- Volumen de circulación: Es el número total de vehículos que pasan a través de una sección de carretera durante un tiempo dado.

¹⁵ TRANSPORTE 1UJCV. El transito promedio anual. [en línea]. disponible en internet <<http://transpote1ujcv.blogspot.com.co/2011/02/el-transito-promedio-diario-anual-tpda.html>>. [consultado el 10 de noviembre de 2015]

- Intensidad de circulación: Es el número total de vehículos que pasan a través de una sección de carretera durante un tiempo dado, inferior a una hora (15 minutos).

5.1.3. Diseño geométrico

A través del tiempo se ha dado constancia de que las carreteras son un elemento muy importante para desarrollo del país, tanto en un espacio urbano como también en el rural, ya que son elementos principales para la movilidad del transporte terrestre, entonces una carretera se define como “una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad” ¹⁶

En la realización de una carretera la parte más importante es el diseño geométrico debido a que de acuerdo a este diseño, que es horizontal y vertical, se establecen todos los parámetros de funcionamiento de la carretera, es decir, que la vía sea segura, compatible con el medio ambiente, estética, cómoda y económica. Todo lo anterior se resume a que la vía debe ser funcional de acuerdo a las características geométricas, que correspondan a una movilidad óptima y se refleje en su velocidad de operación. Los parámetros o criterios que debe cumplir una carretera tienen un orden lógico:

1. Toda carretera como criterio básico y fundamental debe ser segura, es decir, que su geometría sea consecuente y uniforme en todos los tramos.
2. Debe ser cómoda lo que quiere decir que se deben evitar cambio de velocidades repentinas ajustando radios de curvatura y peraltes, esto con el fin de mantener una velocidad de operación constante en toda la carretera.
3. Una carretera debe crear armonía con el paisaje o entorno en el que esta para poder generar un recorrido agradable en los usuarios, a esto se le llama estética.
4. Cumpliendo con las características anteriores el proyecto de una carretera debe ser económico, el cual se debe cumplir tanto en la construcción como en el mantenimiento.

¹⁶ CARDENAS GRISALES, James. Diseño geometrico de carreteras. Bogota ECOE Ediciones, 2005. 409 p.

5. Por último y menos importante debe ser compatible con el medio ambiente, esto quiere decir que el impacto ambiental en el diseño, construcción y mantenimiento de la carretera debe ser mínimo respetando la topografía del terreno y el uso de los suelos.

5.1.3.1. Clasificaciones de las carreteras

Existe una clasificación de carreteras de acuerdo con el manual de diseño geométrico en Colombia, en donde se clasifican según su funcionalidad y tipo de terreno. Esta clasificación del manual de diseño geométrico se puede complementar con la clasificación dada por James Cárdenas en su libro “diseño geométrico de carreteras” en donde las carreteras se clasifican además según su competencia, según sus características y según su velocidad de diseño.

- Según su funcionalidad

En el cuadro 4 se determina la clasificación de las carreteras según su funcionalidad, que se refiere al uso de la carretera dentro de un sistema vial, en donde también se mide la importancia desde las vías principales, como lo son las de doble calzada, hasta las terciarias que corresponden a veredas o pueblos pequeños.

Cuadro 4. Clasificación de carreteras según su funcionalidad

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Primarias	Son vías principales o troncales que atraviesan y son accesos a capitales que conectan las principales zonas de producción y consumo del país que a su vez pueden integrar o conectar con otros países. Pueden ser en su mayoría de doble calzada según las necesidades del proyecto y deben estar totalmente pavimentadas.
Secundarias	Estas carreteras conectan los municipios principales entre si y también conectan un municipio con una carretera primaria, estas carreteras pueden ser pavimentadas o en afirmado.
Terciarias	Son aquellas que conectan los municipios con cada una de las

	veredas o que unen las veredas entre sí, deben funcionar en afirmado.
--	---

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Manual de diseño geométrico de carreteras. Bogotá. 2008.

La carretera Bogotá-Girardot corresponde a una vía primaria debido a que es transversal y conecta capitales de departamentos importantes ya que este proyecto como está determinado por la concesión, “forma parte del corredor vial Bogotá- Buenaventura uno de los ejes viales más importantes del país que comunica el centro, occidente y sur de Colombia, incentivando su desarrollo económico”¹⁷

- Según su competencia

La clasificación de las carreteras según su competencia definida en el cuadro 5 consiste en el tipo de institución que está a cargo de cada grupo de carreteras y que a su vez pueden pertenecer al país o a un departamento de acuerdo donde este situada.

Cuadro 5. Clasificación de carreteras según su competencia

COMPETENCIA	CARACTERÍSTICAS
Carreteras nacionales	Son todas aquellas carreteras que están comprendidas en el país y que están a cargo del INVIAS.
Carreteras departamentales	Son las carreteras que son propiedad de cada departamento y conforman la red secundaria de carreteras.
Carreteras veredales o vecinales	Hacen parte de la red terciaria de carreteras y están a cargo del fondo nacional de caminos vecinales (FNCV)
Carreteras distritales y municipales	Estas carreteras son vías urbanas y/o suburbanas y rurales que están a cargo del distrito o municipio respectivo.

Fuente: CARDENAS GRISALES, James. Diseño geométrico de carreteras. Bogotá. 2005

¹⁷CONCESIÓN AUTOPISTA BOGOTA GIRARDOT. Noticias. 2014..[consultado el 24 de septiembre de 2015]. Disponible en internet: <http://www.bogotagirardot.com/index.php>

En el caso de la doble calzada autopista Bogotá-Girardot de acuerdo a que está a cargo del instituto nacional de vías y está catalogada como una vía principal o arterial, se clasifica como carretera nacional. Esta doble calzada a su vez pertenece al corredor vial de Bogotá – Buenaventura correspondiente a un eje de relevancia nacional.

- Según sus características

En el cuadro 6 se hace referencia a la clasificación de las carreteras según sus características, es decir, de acuerdo al número de carriles y también al número de calzadas, así mismo se puede inferir el tipo de intersección que deben llevar estas carreteras.

Cuadro 6. Clasificación de carreteras según sus características

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Autopistas	Estas vías son de calzadas separadas y cada una debe llevar dos o más carriles. Las entradas y salidas de la autopista se realizan solo a través de intersecciones a desnivel.
Carreteras Multicarriles	Estas carreteras pueden ser divididas, es decir de una o más calzadas con dos o más carriles por sentido y las intersecciones pueden ser a desnivel y a nivel.
Carreteras de dos carriles	Tienen únicamente una calzada de dos carriles que se dividen en uno por cada sentido, con intersecciones a nivel.

Fuente: CARDENAS GRISALES, James. Diseño geométrico de carreteras. Bogotá. 2005

Al ser de doble calzada con dos carriles por calzada, la vía Bogotá – Girardot corresponde a una autopista, sin embargo no todo se cumple para tener estas características ya que se observa que hay intersecciones que no están a desnivel y de acuerdo a esto corresponde también a una carretera con Multicarriles debido a sus intersecciones a nivel.

- Según el tipo de terreno

En la clasificación del tipo de terreno existen dos parámetros de los cuales depende esta clasificación, la pendiente longitudinal y transversal del terreno que están definidos como “las inclinaciones naturales del terreno, medidas en el sentido longitudinal y transversal del eje de la vía. La línea de máxima pendiente

sobre el terreno natural, es la inclinación máxima del terreno natural en cualquier dirección”¹⁸

De acuerdo a lo anterior el terreno colombiano se divide en plano, ondulado, montañoso y escarpado.

✓ Carreteras en terreno plano.

Son aquellas en donde sus características horizontales y verticales permiten que los vehículos pesados tengan aproximadamente la misma velocidad que lo vehículos ligeros. En un terreno plano la pendiente longitudinal oscila entre 0% y 5% y la pendiente transversal es menor o igual a 5°.

✓ Carreteras en terreno ondulado.

Las características de este tipo de terreno hacen que los vehículos pesados tengan que reducir sus velocidades con respecto a los vehículos livianos. Las pendientes longitudinales varían entre 3% y 6% y la transversal entre 6° y 13°.

✓ Carreteras en terreno montañoso.

En este tipo de carreteras los vehículos pesados deben reducir sus velocidades durante tramos largos de la vía y repetitivamente en el trayecto. La pendiente longitudinal varía entre 6% y 8% y la transversal entre 14° y 40°.

✓ Carreteras con terreno escarpado.

En las carreteras con terreno escarpado los vehículos pesados se exigen mucho debido a la alta pendiente disminuyen la velocidad en tramos largos e intervalos frecuentes. En ocasiones los vehículos ligeros también deben reducir sus velocidades. Las pendientes longitudinales son mayores al 8% y la transversal mayor a 40°.

En todo proyecto de infraestructura vial de una carretera, el estudio más importante es el diseño geométrico ya que a partir de éste se “establece su configuración geométrica tridimensional con el propósito que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.”¹⁹

Para la consideración de los requisitos del diseño geométrico de una carretera, se hace necesario tener en cuenta la determinación de factores externos o internos.

¹⁸ CARDENAS, Op. cit., p.4

¹⁹ Ibid., p. 33.

Entre los factores externos se pueden relacionar aspectos propios del lugar del trazado de la carretera, como lo son la topografía, la geología, la geotécnica, la climatología e hidrología, las características del tránsito actual y futuro, lo planes de desarrollo de la zonas y los parámetros socioeconómicos.

Los factores internos son los que tienen que ver con las características propias del diseño de la carretera como: la velocidad, efectos operacionales de la geometría especialmente los que estén vinculados con la seguridad y los relacionados con la estética y armonía de la solución.²⁰

5.1.3.2. Velocidad

Como se ha mencionado anteriormente la velocidad es una característica básica para los parámetros del diseño geométrico de carreteras, la seguridad vial y otros factores que componen un proyecto de este tipo.

Por otro lado la velocidad debe ser debidamente evaluada y controlada para que la circulación de la vía sea óptima y haya un equilibrio entre los usuarios y la carretera para que sea segura.

Según Cárdenas La velocidad de diseño definida como “la velocidad guía o de referencia que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad. Por lo tanto ella representa una referencia mínima”.²¹

De igual manera la define como “la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables, que las características geométricas de la vía predominan.”²²

La clasificación de las carreteras según su velocidad se da de acuerdo al tipo de terreno y su funcionamiento como se observa en el cuadro 7.

²⁰ Ibid., p. 33.

²¹ Ibid., p. 6.

²² Ibid., p. 6.

Cuadro 7. Velocidad de diseño según tipo de carretera

CATEGORIA 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
Primeria de dos calzadas	Plano										
	Ondulatorio										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primeria de una calzadas	Plano										
	Ondulatorio										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulatorio										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulatorio										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente. Instituto Nacional de Inviás. Manual para Diseño Geométrico para Carreteras. 2008 Capítulo 2.

5.1.3.3. Peraltes

En cualquier carretera donde existan curvas ya sean pronunciadas o no se presentan dos fuerzas que se oponen al deslizamiento de lateral de los neumáticos con el pavimento estas son el peso y la fuerza de fricción transversal o fuerza centrífuga para evitar esto “se acostumbra en las curvas a darle cierta inclinación transversal a la calzada. Esta inclinación denominada peralte, se simboliza con la letra e . Para calcular el peralte en función del radio y el coeficiente de fricción se utiliza la ecuación 5:

$$e = \frac{v^2}{127R} - f \quad (5)$$

Dónde:

e = peralte

v= velocidad de operación

R= radio de curvatura

f = coeficiente de fricción

En el cuadro 8 se observa la relación entre velocidad de diseño, velocidad de operación y peralte.

Cuadro 8. relacion para determinar radios de curvaturas y peraltes, con la velocidad.

Velocidad de diseño	velocidad de operación	Peralte (%)	Coeficiente de fricción	RADIOS	
				Calculados	Redondeados
40	38	10	0,185	44,20	50
50	47	9	0,165	77,19	80
60	56	8	0,157	119,60	120
70	63	7	0,152	173,79	180
80	72	6	0,144	247,027	250
100	88	4,5	0,133	442,36	450
120	105	3	0,122	745,959	750

Fuente: Instituto Nacional de Invias. Manual de diseño geométrico para carreteras.2008

Este peralte se puede clasificar también de acuerdo con el tipo de carretera determinando el peralte máximo, para:

- Carreteras primarias y secundarias

Peralte máximo = 8%

- ✓ Con el fin de no afectar considerablemente a los vehículos pesados que van a poca velocidad

- Carreteras terciarias

Peralte maximo = 6%

- ✓ Como estas carreteras son en terreno montañoso o escarpado no se tiene una buena entre tangencia y no hay una aceptable transición de peralte.

5.1.3.4. Fricción transversal máxima

Para determinar esta fuerza de fricción que está dada por varios factores hay una relación con la velocidad específica de la vía o del tramo que a su vez depende del tipo de la superficie y de los neumáticos de los vehículos.

Cuadro 9. Coeficiente de fricción transversal máxima según velocidad específica

VELOCIDAD ESPECIFICA V_{CH} (Km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MAXIMA $f_{T\max}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuentes: American association of state highway and transport officials. Washington D.C.2004

5.1.3.5. Taludes en seguridad vial

Los taludes y su estabilización son claramente importantes al momento de ofrecer garantías de circulación segura en una carretera de cualquier tipo, donde se deben evitar deslizamientos y posibles caídas de rocas que ocasionen accidentes o cerramientos de la misma, que afecten a los usuarios y en casos de mayor magnitud a dos ciudades por demoras del tránsito de productos. Una ventaja de elaborar sistemas de protección a los taludes es evitar el mantenimiento por residuos de material sobre la vía o reducciones de espacio de bermas y en ocasiones de los carriles.

Existen dos tipos de estabilización o protección de taludes que se adecuan a la situación que se requiera:

- ✓ Sistema de defensa activa: que corresponde a los tipos de mallas o red de cables que impiden un deslizamiento de material y actúan directamente sobre el terreno que está en riesgo de desprendimiento.

- ✓ Sistema de defensa pasiva: a este sistema corresponden los muros de contención y los gaviones, que tienen como función resistir el impacto de los bloques de tierra y las rocas

5.2. MARCO LEGAL

5.2.1. Según la constitución política de Colombia de 1991

En su artículo 1 donde establece que “Colombia es un estado social de derecho, organizado en forma de republica unitaria,(...) fundada en respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran y en la prevalencia del interés general”²³. Por lo anterior, es importante afirmar que desde el inicio de las leyes de nuestro país, se establece la prioridad a la dignidad humana, ratificando de esta forma el respeto por la vida y la seguridad; es por ello que las vías que comunican a los diferentes sectores de nuestro país deben prestar un servicio óptimo y con todos los mecanismos de ley con el fin de salvaguardar las vidas de los usuarios de ellas.

El artículo 4²⁴ reglamenta, que es la constitución es norma de normas. De igual manera dice que si se incumple dicha normativa, se le aplicara todas las disposiciones judiciales. Por ende, quien infrinja las normas y leyes de tránsito establecidas y quien atente contra la seguridad de los usuarios en las vías nacionales, se verá obligado a someterse a las sanciones pertinentes de nuestra ley.

5.2.2. Ley 1702 del 27 de diciembre del 2013

Como lo cita su prólogo, “Por la cual se crea la agencia nacional de seguridad vial y se dictan otras disposiciones”²⁵ y como lo indica en su artículo 2²⁶, es la máxima autoridad para aplicar las políticas y medidas de seguridad vial, con el fin de prevenir los accidente de tránsito en el territorio colombiano.

²³ CONGRESO DE COLOMBIA. Constitución política de Colombia del 1991. [consultado el 26 de octubre del 2015]. Disponible en internet:

<http://www.senado.gov.co/images/stories/Informacion_General/constitucion_politica.pdf>

²⁴ Ibid., p. 4.

²⁵ CONGRESO DE COLOMBIA. Ley No. 1702 del 27 de Diciembre del 2013.[consultado el 16 de octubre del 2015] Disponible en internet

<<http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/2013/LEY%201702%20DEL%2027%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202013.pdf>>

²⁶ Ibid.,p 3

El artículo 9 el cual habla de las funciones de la agencia nacional de seguridad vial, en su párrafo numero 2 sección 2,7 establece “Definir, dentro del marco del derecho fundamental a la libre circulación, los reglamentos, las acciones y requisitos necesarios en seguridad vial que deban adoptarse para la reducción de los accidentes de tránsito en el territorio nacional”²⁷. De esta forma se complementa el artículo 24 de nuestra constitución, anexando la seguridad vial como mecanismo de prevención para la disminución de accidentes de tránsito.

De igual manera en el párrafo 6 del mismo artículo en su sección 6.1, se promueve un sistema por el cual se evalúen los niveles de seguridad vial de la infraestructura, mediante auditorias o inspecciones de seguridad vial.

5.2.3. Ley 769 de 2002

Por el cual se expide el código nacional de tránsito terrestre, dicho código tiene como fin regular: “(...) la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito, y vehículos por las vías públicas o privadas que están abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos; así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito.”²⁸ Y siguiendo parámetros como “(...) seguridad de los usuarios, calidad, oportunidad, cubrimiento, libertad de acceso, plena identificación, libre circulación, educación y descentralización”²⁹.

En el artículo 3 establece las autoridades de tránsito. En su siguiente orden.

El Ministerio de Transporte.

Los Gobernadores y los Alcaldes.

Los organismos de tránsito de carácter departamental, municipal o distrital.

La Policía Nacional en sus cuerpos especializados de policía de tránsito urbano y policía de carreteras.

Los Inspectores de Policía, los Inspectores de Tránsito, Corregidores o quien haga sus veces en cada ente territorial.

La Superintendencia General de Puertos y Transporte.

Las fuerzas militares para cumplir exclusivamente lo dispuesto en el párrafo 5o. de este artículo.

²⁷ Ibid., p 3

²⁸ ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. Ley 769 del 6 de agosto del 2012. [Consultado el 7 de octubre de 2015]. Disponible en internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5557>>

²⁹ Ibid., p 1.

Los agentes de Tránsito y Transporte³⁰.

Artículo 5. el cual estipula la demarcación y señalización vial.

El Ministerio de Transporte reglamentará en un término no mayor de 60 días posteriores a la sanción de esta ley, las características técnicas de la demarcación y señalización de toda la infraestructura vial y su aplicación y cumplimiento será responsabilidad de cada uno de los organismos de tránsito en su respectiva jurisdicción.

De igual manera el Ministerio de Transporte reglamentará en un término no mayor de 60 días calendario posteriores a la sanción de esta ley, todo lo referente a la ubicación y colocación de vallas publicitarias y promocionales, letreros y avisos, sus características y medidas de tal manera que no afecten la visibilidad y concentración del conductor, conforme a lo dispuesto en la Ley 140 de 1994. Reglamentado por la Resolución Nacional 19341 de 2002³¹.

De igual manera en el capítulo XI, en sus artículos 106 y 107³², dicta los límites de velocidad en zonas urbanas público y límites de velocidad en zonas rurales respectivamente. Teniendo en cuenta que para las zonas urbanas tendrá un límite de velocidad de 60 kilómetros por hora y para las zonas rurales será una velocidad máxima de 80/100 kilómetros por hora, sin embargo para los dos casos se podrá exceder la velocidad permitida, si llegase a encontrar una señal autorizando dicho exceso.

5.2.4. Conpes 3045

“Programa de Concesiones Viales 1998- 200. Tercera Generación de Concesiones”³³, Por el cual se dio prioridad al corredor Bogotá - Buenaventura, con la estructuración de dicho corredor, se dio origen a la concesión doble calzada Bogotá – Girardot en el año 2001.

³⁰ Ibid., p 11.

³¹ Ibid., p. 12

³² Ibid., p. 44.

³³ OBSERVATORIO EMPRESARIAL Y DE COMPETITIVIDAD DEL VALLE DEL CAUCA. Importancia estratégica del sistema doble calzada corredor vial Buga – Buenaventura. [en línea]. [consultado el 19 de abril de 2016]. Disponible en <<http://www.observatoriovalle.org.co/wp-content/uploads/2012/05/Conpes-34225.pdf>>.

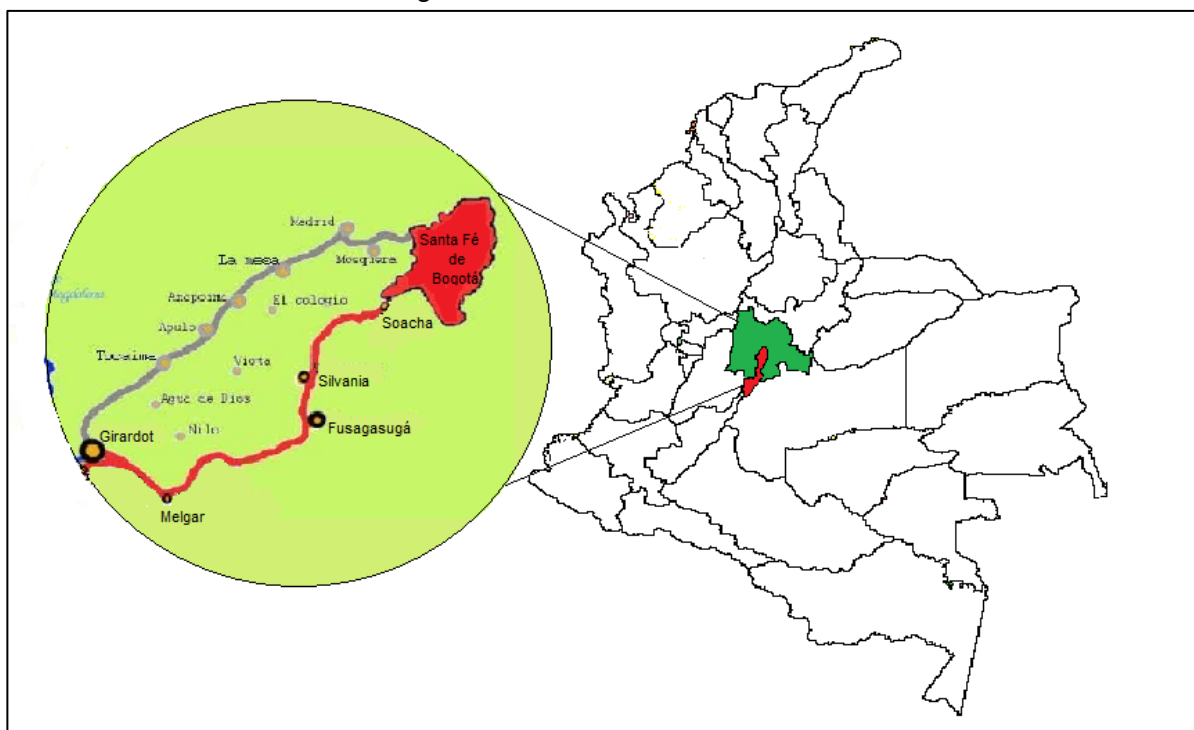
5.3. MARCO GEOGRÁFICO

5.3.1. Localización de la vía

El proyecto Bosa - Granada - Girardot forma parte del corredor Vial Bogotá – Buenaventura, es uno de los ejes viales más importantes del país que comunica el centro, occidente y sur de Colombia, incentivando su desarrollo económico.

Es una de las vías con mayor tránsito vehicular del país, generado principalmente por la concentración de movilización de carga y el desplazamiento de pasajeros desde y hacia Bogotá, adicionalmente por ser la zona de atractivo turístico para el distrito capital. Este proyecto está localizado en los departamentos de Cundinamarca y Tolima, con una longitud aproximada de 132 Km., distribuidos en 110 Km. en Cundinamarca, y 22 Km. en el departamento de Tolima.³⁴

Figura 2. Localización de la vía



³⁴ CONCESION AUTOPISTA BOGOTÁ-GIRARDOT. Descripción del proyecto [en línea]. [consultado 25 de enero del 2016]. Disponible en < <http://www.bogotagirardot.com/?funcion=seccion&mod=3> >

Fuente: Elaboración propia

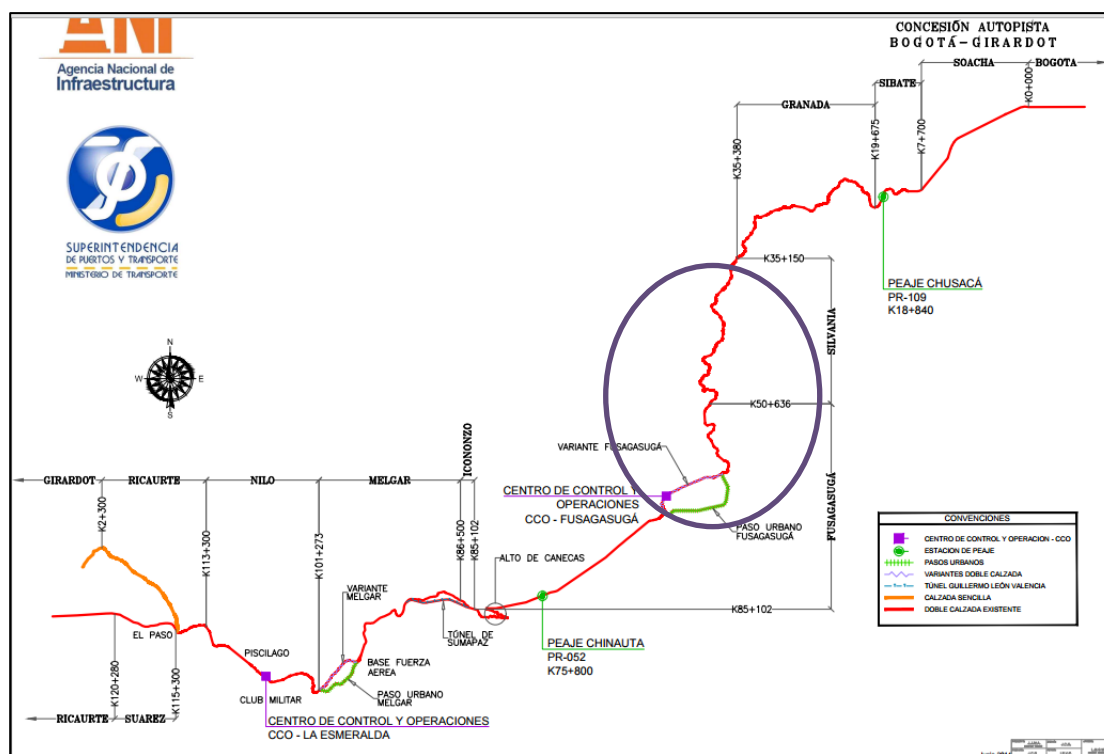
En la Figura 2 se muestra la ubicación general del proyecto de la doble calzada Bogotá- Girardot, la cual se inició a construir en el año 2005 y después de varios problemas de corrupción los cuales retrasaron la obra que estaba presupuestada realizarse en cuatro años, tardó casi una década. Fue entregada por la Concesión de Autopista Bogotá- Girardot a finales del año 2012.

La vía Silvania – Fusagasugá, pertenecen al tramo 05 que inicia en la variante de Girardot hasta el municipio de Soacha en la calle 13, con un recorrido aproximado de 122 km, y esta a su vez pertenece a la conocida transversal buenaventura-puerto Carreño o ruta nacional 40.

5.3.2. Ubicación del tramo de estudio

Específicamente realizaremos la inspección de seguridad vial en la etapa de operación en el tramo entre Silvania y Fusagasugá entre el K49+500 y el K56+800. Tramo de vía el cual se observa en la Figura 3.

Figura 3. Ubicación del tramo de estudio



Fuente. Concesión Bogotá- Girardot

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. ENFOQUE

El enfoque con el que se realizó la investigación fue mixto debido a que tiene tanto variables cualitativas como cuantitativas, dentro de estas tenemos los índices de accidentalidad y las medidas del diseño geométrico de la vía. En variables cualitativas se analizaron dichas variables para medir la accidentalidad en el tramo de estudio.

Este trabajo recopiló la información necesaria por medio de la concesión Bogotá-Girardot, el Ministerio de transporte y la agencia nacional de infraestructura, para analizar los datos de accidentalidad de la vía desde el año 2010 al 2015. Adicional a esto se estudió la información del diseño geométrico actual para analizar su incidencia en los accidentes por lo que se tomaron las variables cuantitativas como número de accidentes.

Dentro de las variables cualitativas también se tomaron visitas de campo y recorridos por la vía de estudio para localizar los puntos de accidentalidad y determinar irregularidades durante el transcurso tanto para vehículos, motorizados y peatones. Adicionalmente se realizó un inventario de la señalización vertical existente y verificar que se cumplan las especificaciones según el manual de señalización vial, de igual manera se determinó si la demarcación horizontal está en buen estado.

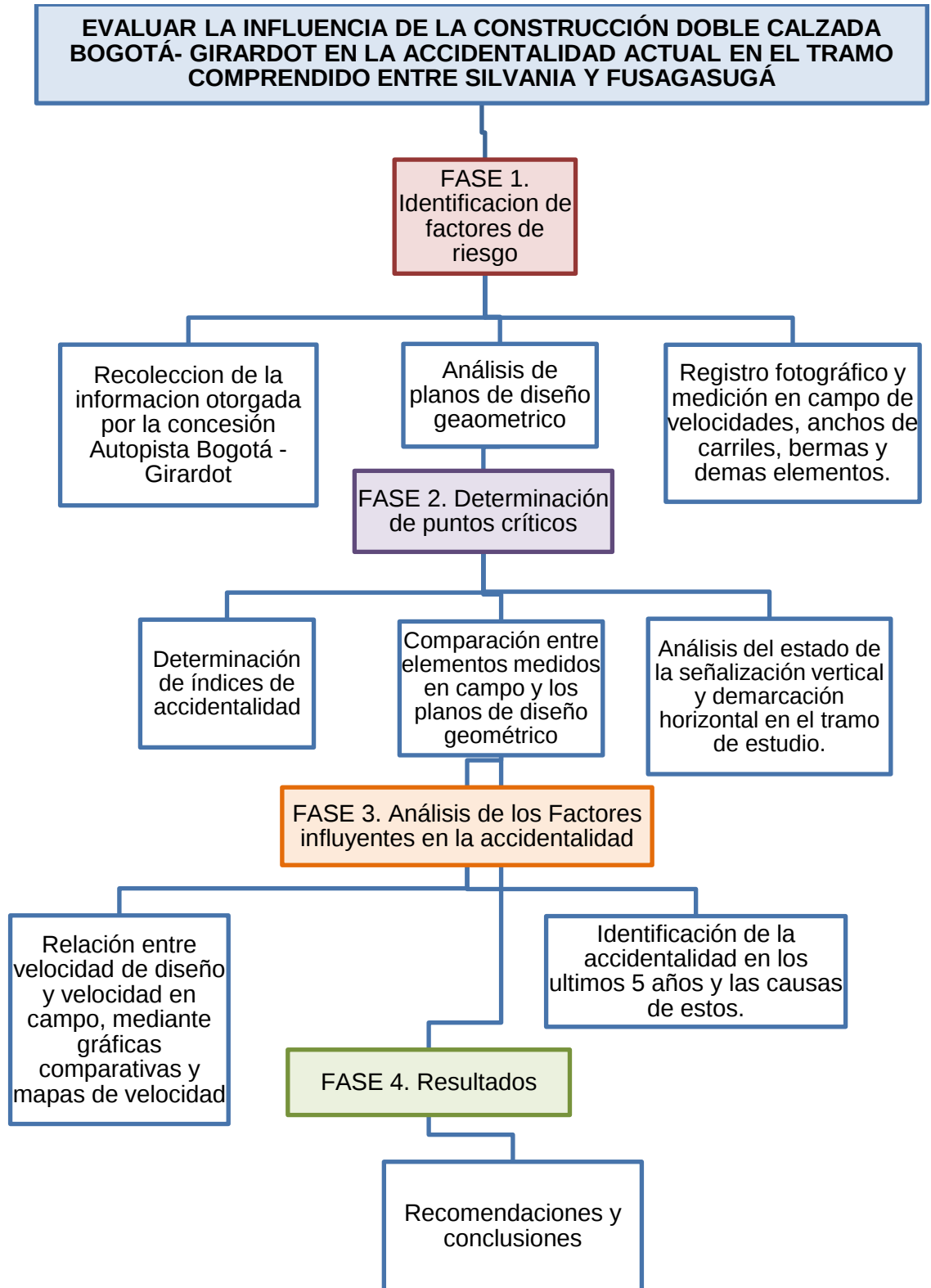
6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación del presente trabajo fue de tipo analítica descriptiva, ya que se describió la incidencia de la construcción doble calzada Bogotá- Girardot en la accidentalidad actual en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá. Y se determinó si dicha construcción ha aumentado o disminuido los índices de accidentalidad.

Se recopiló los datos de accidentalidad antes de la ejecución de la vía y actuales en la doble calzada y con esto se hizo un análisis de los datos obtenidos por la concesión, describiendo los diferentes indicadores de accidentalidad.

Una vez realizada la descripción se realizó los análisis de los puntos críticos y en consecuencia se hallaron los factores de riesgo, como lo es el factor infraestructura, vehicular, humano y entorno.

6.3. FASES



6.4. INSTRUMENTOS

Para la realización óptima de esta investigación fue necesario utilizar los instrumentos mostrados en el cuadro 10:

Cuadro 10. Instrumentos utilizados

INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN
Odómetro	Es un instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un cuerpo, generalmente consiste de una rueda encastrada en un engranaje calibrado con precisión. Se utilizó para tomar distancias en cada tramo de estudio para tomar velocidades en punto.
Cronómetro	Es un reloj que se utiliza para medir fracciones de tiempo, por lo general cortas y de manera muy precisa. Se utilizó para medir el tiempo que tardaba un vehículo en recorrer cierta distancia, para medir la velocidad. (Velocidad=distancia / tiempo).
Cinta métrica	Consiste en una delgada lámina de metal o plástico milimetrada que se puede enrollar para facilitar su uso. Es un instrumento de medición, lo usamos para verificar que las señales verticales cumplan con el tamaño especificado para carreteras en el Manual de señalización vial 2015, medir bermas y cunetas en la vía.
GPS	El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema que permite determinar en toda la tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros. Lo utilizamos para ubicar el tramo exacto donde estábamos analizando la vía.

Fuente: Elaboración propia

7. ANÁLISIS DE LA ACCIDENTALIDAD DEL TRAMO DE ESTUDIO

7.1. INTRODUCCIÓN

Con el fin de identificar los factores que han incidido en la accidentalidad actual en el tramo de estudio, se recopilaron los datos de accidentalidad desde el año 2010 hasta el mes de septiembre del año 2015, información suministrada por la Concesión Autopista Bogotá- Girardot. Con la cual se analizaron las causas de los accidentes, teniendo en cuenta ambos sentidos para poder identificar los puntos críticos existentes en la vía, de igual manera se determinó si hubo un incremento en la accidentalidad desde que se puso en operación la doble calzada.

7.1.1. Variación de la accidentalidad

Con respecto a la accidentalidad, se realizó una variación de los datos ya mencionados, con el fin de evidenciar los siniestros en el tramo comprendido entre el PR49+500 y el PR56+800. La información de accidentalidad se evidencia en el cuadro 11.

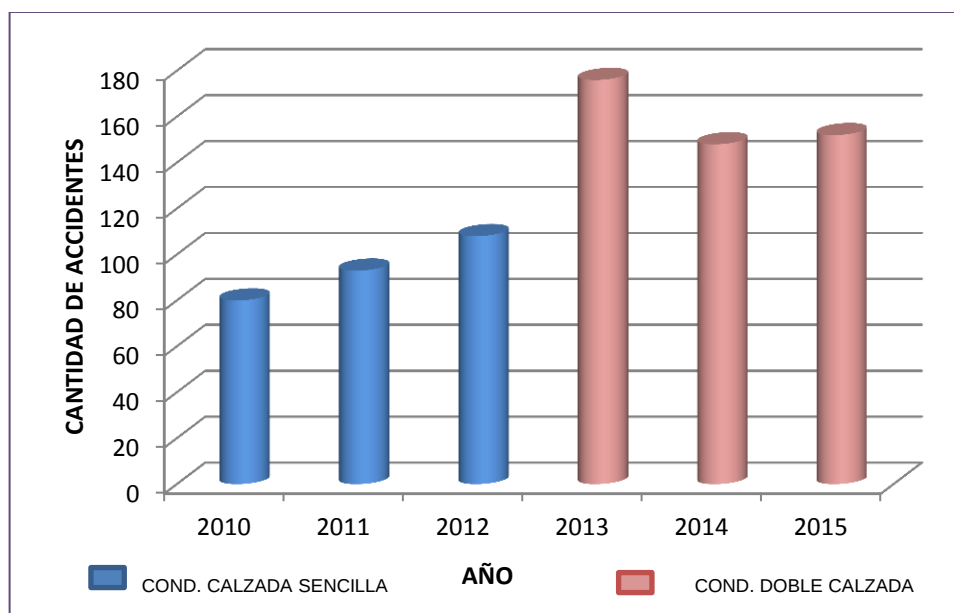
Cuadro 11. Accidentalidad por año en el tramo de estudio

AÑO	CANTIDAD DE EVENTOS
2010	80
2011	93
2012	108
2013	176
2014	148
2015	152
TOTAL	757

Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en el cuadro 11, entre los años 2010 al 2012 no se evidencia un cambio significativo en cuanto a la cantidad de accidentes, sin embargo entre el año 2012 y 2013 se evidencia un incremento de los accidentes, esto posiblemente porque la doble calzada empezó su operación en el año 2013.

Figura 4. Variación de accidentalidad



Fuente: Elaboración propia

Entre los años 2010 y 2015 (hasta el mes de septiembre), se han presentado un total de 757 accidentes de tránsito.

Es decir que entre el año 2010 y 2012 se produjeron un total de 281 accidentes, correspondientes a un 37,12% del total de siniestros. Y en el periodo comprendido entre 2013-2015 se evidencio un total de 476 accidentes, correspondiendo al 62,88 % del total de accidentes.

Por ende se evidencia un aumento del 25,8% en la tasa de accidentalidad entre los periodos que comprenden el antes y el después de la doble calzada.

7.1.2. Número de accidentes por mes y año

En el cuadro 12 y en la figura 5, se evidencia la totalidad de accidentes por mes y año en el tramo comprendido entre el PR49+500 al PR56+800.

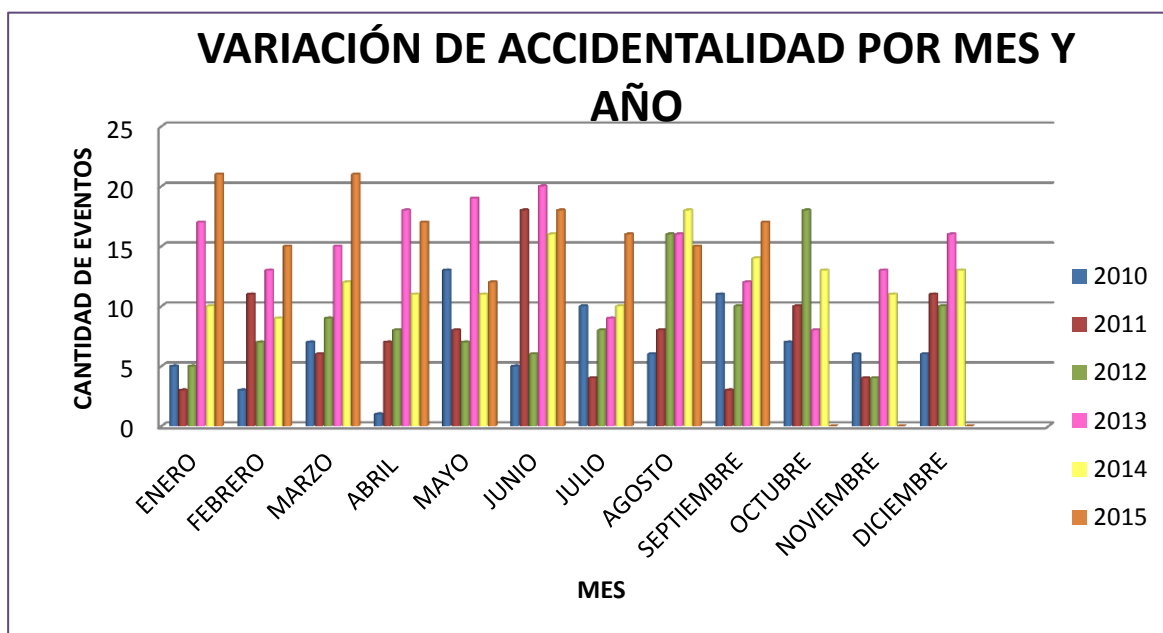
Cuadro 12. Accidentalidad por mes y año

MES	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ENERO	5	3	5	17	10	21
FEBRERO	3	11	7	13	9	15
MARZO	7	6	9	15	12	21
ABRIL	1	7	8	18	11	17
MAYO	13	8	7	19	11	12
JUNIO	5	18	6	20	16	18
JULIO	10	4	8	9	10	16
AGOSTO	6	8	16	16	18	15
SEPTIEMBRE	11	3	10	12	14	17
OCTUBRE	7	10	18	8	13	0
NOVIEMBRE	6	4	4	13	11	0
DICIEMBRE	6	11	10	16	13	0
TOTAL	80	93	108	176	148	152

Fuente: elaboración propia

En el cuadro 12 se evidencia que en los meses entre mayo y agosto de los años 2010 al 2014 se presentaron las mayores cifras de accidentalidad, sin embargo es en el año 2013 donde la cifra de accidentes incrementa con respecto a los años anteriores.

Figura 5. Variación de accidentalidad por mes y año



Fuente: Elaboración propia

Con lo observado en la figura 5, en el año 2013 en el mes de junio se presentaron el mayor número de accidentes, esto posiblemente por las vacaciones en esta temporada del año lo que ocasiona por ende mayor afluencia de vehículos en la vía.

7.1.3. Número de accidentes según tipo de evento y gravedad

7.1.3.1. Según su gravedad

En el cuadro 13, se logra evidenciar los diferentes eventos que se presentaron en los periodos del 2010 hasta el 2015, teniendo en cuenta la gravedad del accidente.

En cuanto a la gravedad del accidente se clasifica en dos tipos:

- Muertos.
- Heridos.

Cuadro 13. Accidentes según el tipo de evento y su gravedad

DESCRIPCION EVENTO	2010			2011			2012			2013			2014			2015		
	MUERTOS	HERIDOS	EVENTOS	MUERTOS	HERIDOS	EVENTOS	MUERTOS	HERIDOS	EVENTOS	MUERTOS	HERIDOS	EVENTOS	MUERTOS	HERIDOS	EVENTOS	MUERTOS	HERIDOS	EVENTOS
CHOQUE SIMPLE	0	40	38	0	56	90	0	36	42	1	48	57	0	40	45	0	40	42
VOLCAMIENTO	0	6	15	0	0	0	0	21	18	0	40	65	6	44	23	0	11	19
VEHICULO SE SALE DE LA VIA	0	6	8	0	0	0	0	11	25	0	1	3	0	14	39	0	8	19
ATROPELLAMIENTO	0	6	6	1	1	2	0	2	3	0	10	8	0	9	9	4	16	14
CONATO DE INCENDIO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3
MOTOCICLISTA CAIDO	0	10	9	0	0	0	0	18	20	0	35	41	0	30	28	0	56	51
CHOQUE SIMPLE CONTRA SEMOVIENTE	0	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1
CAIDA DE CARGA	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0
CICLISTA CAIDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

En el año 2013, 2014 y 2015 se evidencia el mayor número de personas heridas con un total de 135, 137 y 134, de igual manera se evidencia un cambio significativo en la tasa de eventos ocurridos con un total de 176, 148 y 150 respectivamente. El año donde se presentó mayor mortalidad corresponde al año 2014 con un total de 6 muertes producidas por volcamiento.

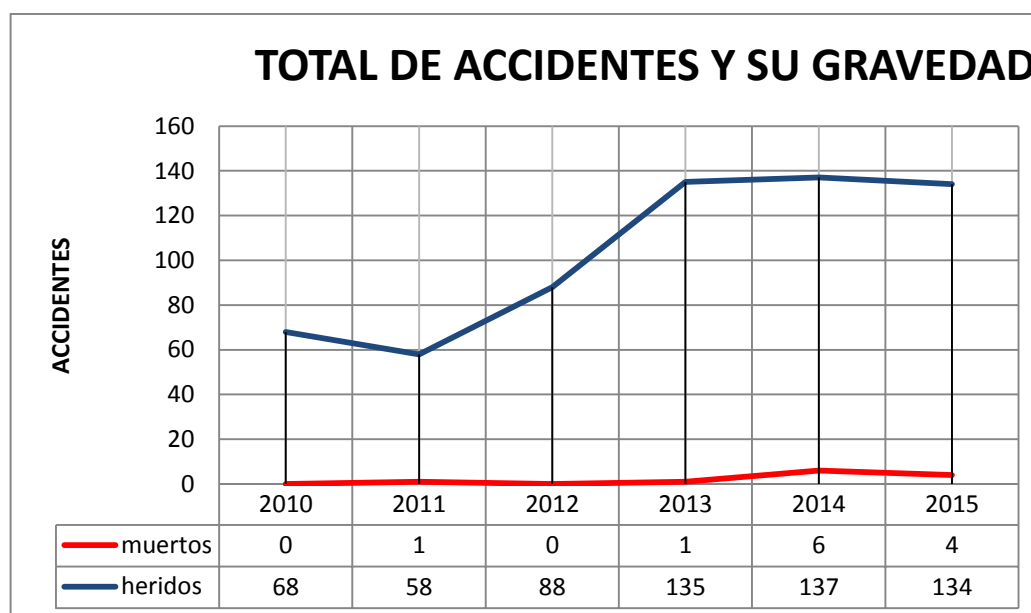
Considerando los años de estudio se evidencia que uno de los eventos comunes en todos los años es el de choque simple, como lo menciona la Concesión Autopista Bogotá Girardot, un choque simple corresponde a choques contra otros vehículo, los cuales pueden ser simple o múltiples, generalmente son causados por desacato a la señalización, no conservar la distancia de seguridad o de frenado, impudencias, adelantar en sitios prohibidos y excesos de velocidad.

En el año 2011 hay un incremento en los choques simples correspondiente al 28,66% de ese año, debido a que en ese momento la vía contaba con una única calzada de dos carriles, lo que la hacía vulnerable a este tipo de incidentes. El choque simple es el tipo de accidente con mayor porcentaje desde el año 2010 hasta el 2015 con un 41,48%, lo sigue el motociclista caído con 19,68%.

Por otro lado se evidencia una alta tasa de volcamiento en el año 2013, con un total de 65 eventos, es decir el 46.4% del total de volcamientos desde el 2010 hasta el 2015. Esto por debido a los excesos de velocidad por parte de los usuarios de la vía o por la no precaución de los mismos a la hora de transportar carga pesada.

En la figura 6 se observan las cifras del total de accidentes entre los años 2010 y 2015 con el número de heridos y muertos.

Figura 6. Total accidentes según su gravedad



Fuente: Elaboración propia

Si se hace una comparación del total de accidentes con heridos que se presentaron en la vía Silvania- Fusagasugá en los años comprendidos entre 2010 y 2012, fecha en la cual no estaba aún en funcionamiento la doble calzada, y el total de accidentes con heridos que se presentaron en el mismo tramo pero esta vez en los años comprendidos entre 2013 y 2015, fecha en la cual se encuentra en funcionamiento la doble calzada.

Se puede determinar que en el periodo 2010-2012 se produjeron un total de 214 heridos y el periodo 2013-2015 un total de 406 heridos, por lo tanto hubo un incremento en la cifra de heridos del 65,48%.

De igual manera si se compara los valores de accidentalidad donde se produjeron muertes, en el periodo 2010-2012 se encontró que solo hubo una persona muerta y en el periodo 2013-2015 se registraron 11 personas fallecidas, lo que muestra que hubo un aumento del 83,33% en la mortalidad.

7.2. INDICADORES DE ACCIDENTALIDAD POR AÑO

Estos indicadores permiten medir el peligro de la doble calzada Bogotá- Girardot, debido a que no se obtuvieron datos de accidentalidad por abscisa en la información suministrada por la concesión, se calcularan por año y con esto ver los años críticos para poder analizar los posibles factores que incidieron en la ocurrencia de los siniestros.

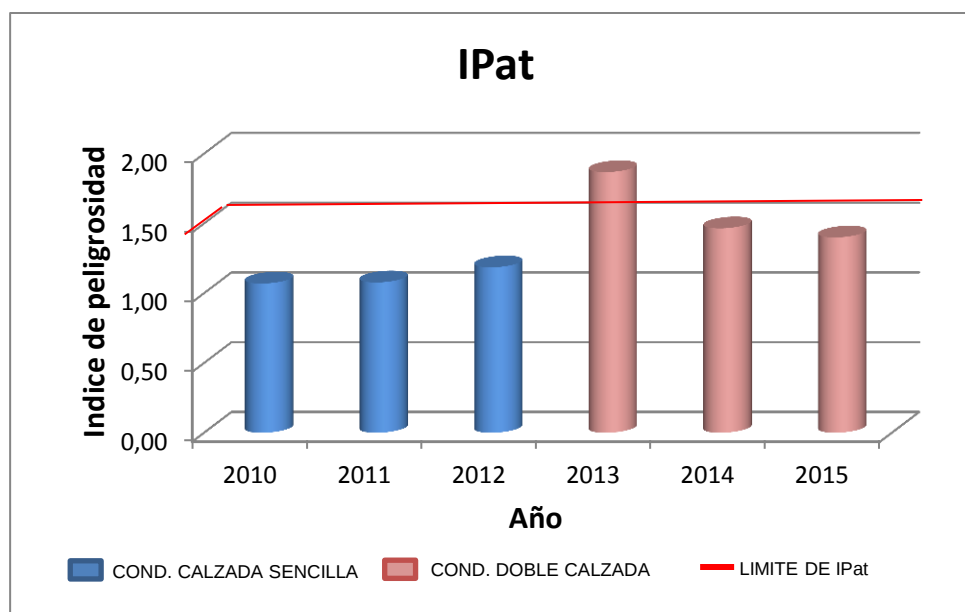
- Índice de peligrosidad de accidentes totales: IPat

Cuadro 14. Índice de peligrosidad de accidentes totales

INDICE DE PELIGROSIDAD DE ACCIDENTES TOTALES POR AÑO				
AÑO	N Cuadro 13	TPD (Veh./día)	L (km)	Ipat
2010	80	27,919	7,34	1,07
2011	93	32,217	7,34	1,08
2012	108	34,007	7,34	1,19
2013	176	35,168	7,34	1,87
2014	148	37,715	7,34	1,46
2015	152	40,527	7,34	1,40

Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Índice de peligrosidad de accidentes totales



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos se identifica que el año 2013 fue el más crítico, debido a que fue el año en que se puso en operación a doble calzada, se presenta una disminución en el 2014 y el 2015, pues después de identificar los puntos críticos se han tomado medidas correctivas por parte de la concesión para disminuir los accidentes. Como se observa en el cuadro 15 se considera una vía peligrosa pues opera bajo el límite especificado.

Cuadro 15. Límite del índice de peligrosidad de accidentes totales

AÑO	IPat	Límite Ipat
2010	1,07	1,5
2011	1,08	1,5
2012	1,19	1,5
2013	1,87	1,5
2014	1,46	1,5
2015	1,40	1,5

Fuente: Elaboración propia

En el año 2013 el índice de peligrosidad de accidentes totales se incrementó en un 22,22% y aunque en el 2014 y 2015 se disminuyeron, sigue siendo una vía peligrosa.

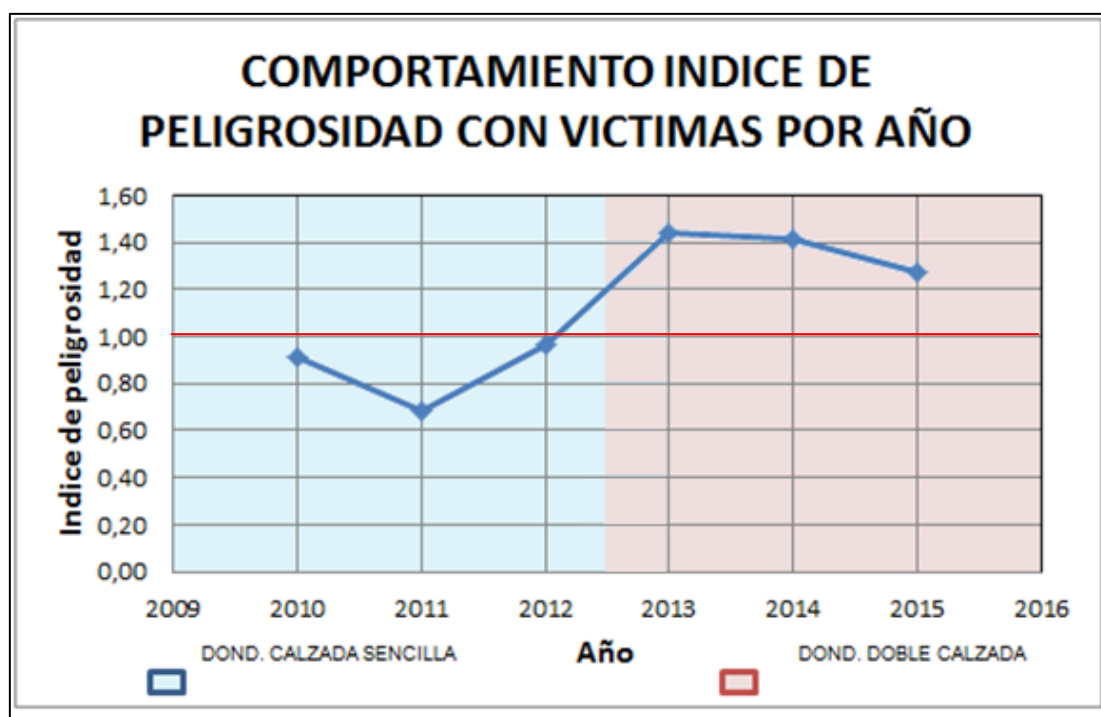
- Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas: IPav

Cuadro 16. Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas

ÍNDICE DE PELIGROSIDAD DE ACCIDENTES CON VÍCTIMAS POR AÑO				
AÑO	Nv Cuadro 13	TPD (Veh./día)	L (km)	IPav
2010	68	27,919	7,34	0,91
2011	59	32,217	7,34	0,68
2012	88	34,007	7,34	0,97
2013	136	35,168	7,34	1,44
2014	143	37,715	7,34	1,42
2015	138	40,527	7,34	1,27

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas



Fuente: Elaboración propia

Desde que está en operación la doble calzada se observa que el índice de peligrosidad con víctimas aumento en un 23,47% con respecto a los años con condición calzada sencilla, superando el límite establecido para no considerar una vía como peligrosa, como se observa en el cuadro 17.

Cuadro 17. Límite del índice de peligrosidad de accidentes con víctimas

AÑO	Ipav	Límite Ipav
2010	0,91	1
2011	0,68	1
2012	0,97	1
2013	1,44	1
2014	1,42	1
2015	1,27	1

Fuente: Elaboración propia

La doble calzada es una vía peligrosa debido a que ha presentado una alta tasa de accidentalidad en los años que lleva en operación, siendo estos causantes del incremento en el índice de morbilidad, pues en promedio con la información suministrada por la concesión hay 135 heridos por año en los siniestros.

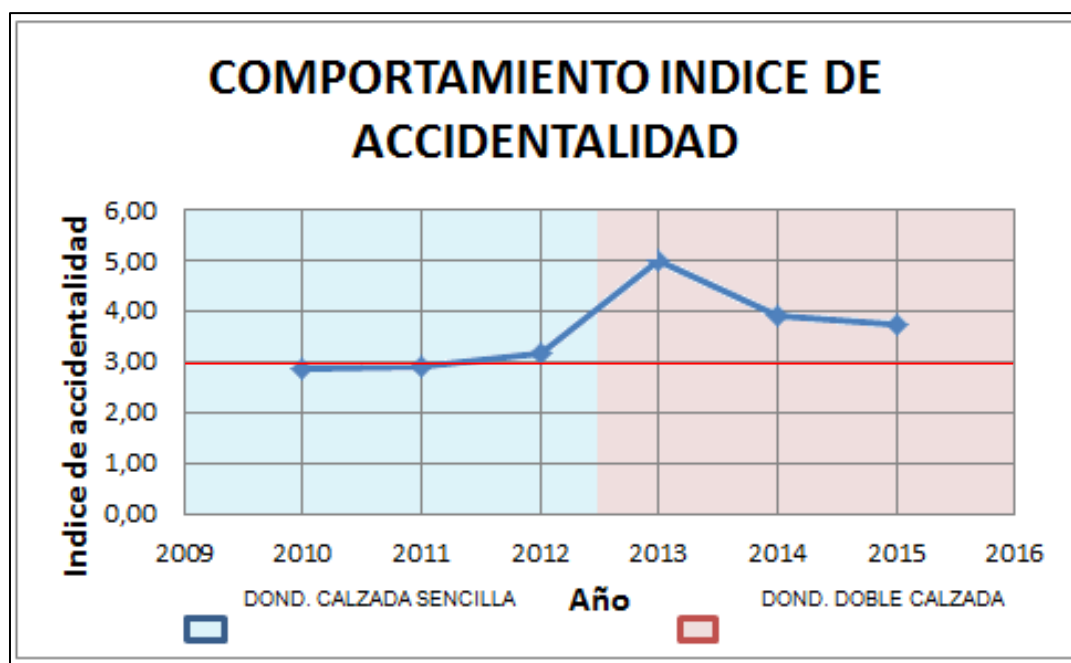
- Índice de accidentalidad

Cuadro 18. Índice de accidentalidad

INDICE DE ACCIDENTALIDAD			
AÑO	EVENTOS	TPD (Veh./día)	I.Accidentalidad
2010	80	27,919	2,87
2011	93	32,217	2,89
2012	108	34,007	3,18
2013	176	35,168	5,00
2014	148	37,715	3,92
2015	152	40,527	3,75

Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Índice de accidentalidad



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 18 y en la figura 9 el índice de accidentalidad incremento a 5 cuando se puso en marcha la doble calzada, superando el límite que es 3. Una causa de este incremento es debido a que las velocidades aumentaron al ponerse en marcha la doble calzada, siendo causantes de accidentes.

8. ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA VÍA ACTUAL

La ruta nacional No 40 en estudio que conecta la ciudad de Bogotá con el municipio de Girardot en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá ha presentado una alta tasa de accidentalidad en los últimos años por diversos factores que pueden ser causados por inconsistencias en el diseño geométrico y altas velocidades. En las siguientes listas de chequeo se presenta la descripción del estado actual de la infraestructura en la ruta de estudio del PR49+500 al PR56+800, según planos de diseño geométricos suministrados por la Concesión Autopista Bogotá- Girardot.

8.1. CARACTERÍSTICAS TRAMO 1 DEL PR 49+500 AL PR 51+000

Cuadro 19. Descripción del tramo PR 49+500 al PR 51+000 Sentido Bogotá-Girardot

ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE PLANOS SENTIDO BOGOTÁ – GIRARDOT			
DESCRIPCIÓN DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR 49+500 – PR 51+000	NA	NA
Dirección del tramo	Bogotá – Girardot (Silvania-Fusagasugá)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	2 carriles	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Número de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	60 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,60 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,30 m	7,30 m	CUMPLE
Ancho del carril	3,65 m	3.65 m	CUMPLE

Ancho de berma	1,75 m	1,8 m	NO CUMPLE
Ancho de berma interna	0,60 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	3,50 m	4 metros mínimo	NO CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 3,09 y -7,01 %	6% max	NO CUMPLE
Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 80 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	5 curvas horizontales	NA	NA
Radio de las curvas	PI#114= 200m, PI#115= 58,20m, PI#116=249,13m, PI#117= 352,23m, PI#118= 200m	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS	PR50+000		
Radio de la curva	25,5 m	25 m	CUMPLE
Velocidad de ingreso al retorno	30 km/h	30 km/h	CUMPLE
Ancho del calzada	6,4 m	7 m	NO CUMPLE
CARRILES DE DIVERGENCIA			
Ancho de carril de desaceleración	3,08	3,65	NO CUMPLE
Longitud de carril de desaceleración	26,3 m	50 m	NO CUMPLE
Longitud del carril de aceleración	25,8 m	230 m	NO CUMPLE
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY

PERALTES			
PI 114	4,80%	6,143%	NO CUMPLE
PI 115	7,0 %	7,249%	NO CUMPLE
PI 116	2,10 %	4,028%	NO CUMPLE
PI 117	3,20%	5,182%	NO CUMPLE
PI 118	5,60%	6,595%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo de acuerdo a lo obtenido en el Cuadro 19:

En el tramo 1 sentido Bogotá- Girardot de los 16 aspectos analizados con lo encontrado en plano respecto a lo que especifica el Manual de diseño geométrico 2008, solo cumplen 7. Tan sólo el 43, 75% de la vía en este tramo está en buenas condiciones para los usuarios.

Factores como el ancho de berma, berma interna, ancho de separador, pendiente longitudinal y radio de las curvas, no cumplen con las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los usuarios.

En el PR 50+000 hay un retorno el cual no cumple con varias de las especificaciones, como lo son el ancho de calzada y carril de desaceleración angostos, longitud del carril de desaceleración y de aceleración cortos lo que dificulta el ingreso y salida del retorno.

Cuadro 20. Descripción del tramo PR 51+000 al PR 49+500 Sentido Girardot-Bogotá

ANALISIS GEOMETRICO DE PLANOS SENTIDO GIRARDOT – BOGOTA			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR 51+000 – PR49+500	NA	NA

Dirección del tramo	Girardot – Bogotá (Fusagasugá- Silvania)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,71 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,27 m	7,30 m	NO CUMPLE
Ancho del carril	3,62 m	3.65 m	CUMPLE
Ancho de berma	1,78 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,65 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	3,97 m	4 metros mínimo	CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 5,02% y -7,21%	6% max	NO CUMPLE
Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 80 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	5 CURVAS	NA	NA
Radio de las curvas	PI#118= 200; PI#117=352; PI#116=249, PI#115=58,20; PI#114=200	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE EN PI#115
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS	PR50+000		

Radio de la curva	25,5 m	25 m	CUMPLE
Velocidad de ingreso al retorno	30km/h	30 km/h	CUMPLE
Ancho del carril	6,26 m	7 m	NO CUMPLE
CARRILES DE DIVERGENCIA			
Ancho de carril de desaceleración	3,07 m	3,65 m	NO CUMPLE
Longitud de carril de desaceleración	121,7 m	50 m	CUMPLE
Longitud del carril de aceleración	75,3 m	230 m	NO CUMPLE
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PERALTES			
PI 114	5,80%	6,714%	NO CUMPLE
PI 115	8,00%	9,727%	NO CUMPLE
PI 116	4,70%	6,012%	NO CUMPLE
PI 117	3,30%	5,233%	NO CUMPLE
PI 118	5,68%	6,714%	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

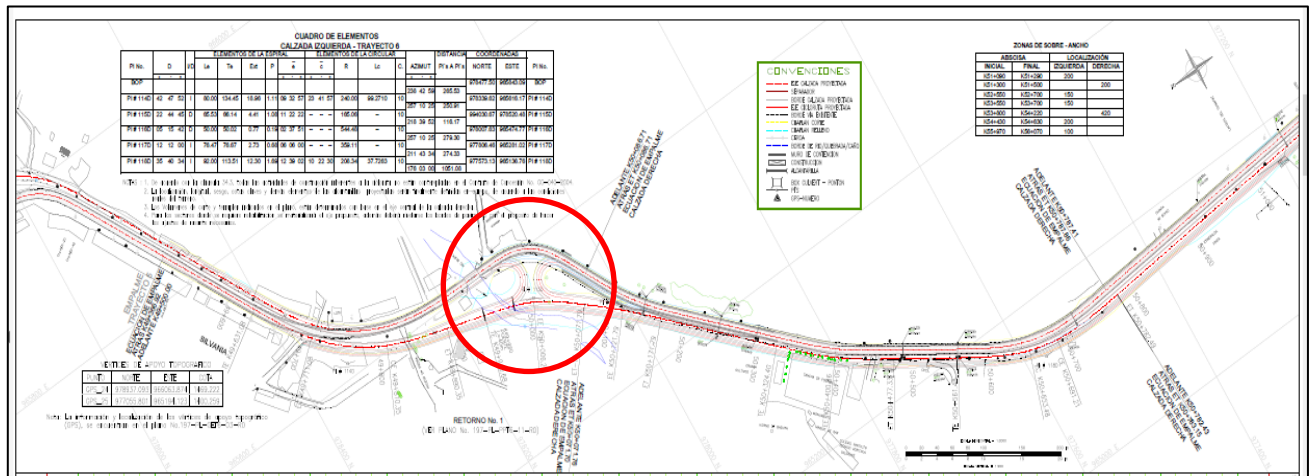
Evaluación general del tramo de acuerdo a lo obtenido en el Cuadro 20:

El ancho de calzada es angosto, la pendiente longitudinal en el tramo comprendido entre el PR 50+635 y el PR 50+700 es de -7,21% lo que provoca aceleraciones, aumentando la probabilidad de colisión entre un auto y otro. No cumple el radio en el PI 115, debido que para una velocidad de 70 km/h el radio

mínimo de la curva es de 113 metros y esta tiene 58,20 metros, en el retorno no cumple el ancho de carril y de curvatura, en el PR 50+070 el carril de aceleración de retorno no cumple con la longitud establecida, aumentando la probabilidad de choque entre los vehículos que se están incorporando a la vía y los que transitan en esta. En total solo el 56,21% de la vía se encuentra en óptimas condiciones según los aspectos evaluados.

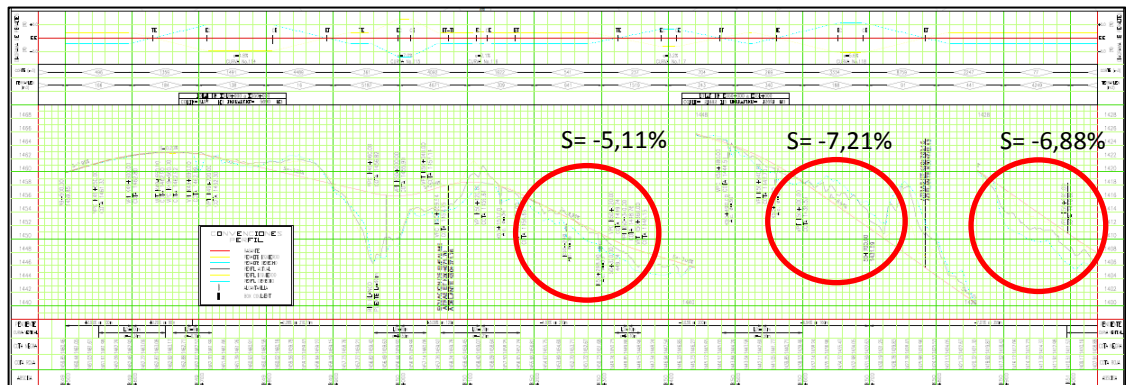
En la Figura 10 se puede observar, características del diseño geométrico correspondientes al tramo de la ruta Bogotá- Girardot, donde se identifica un retorno en el PR 50+006 y un colegio en el PR 50+400. Según lo analizado en los planos de diseño geométrico y comparado con las especificaciones en el Manual de diseño geométrico para carreteras 2008, se identificó como punto crítico del PR 49+950 al PR 50+070 siendo este el punto del retorno. Debido a que no cumple en varias especificaciones y pueden convertirse en puntos negros para accidentes

Figura 10. Tramo en planta del PR 49+500 al PR 51+000



Fuente: Concesión Autopista Bogotá- Girardot

Figura 11. Tramo en perfil longitudinal del PR 49+500 al PR 51+000



Fuente: Concesión Autopista Bogotá- Girardot

En la figura 11 se observa el perfil longitudinal del tramo de estudio sentido Girardot- Bogotá siendo este el más crítico, debido a los cambios de pendiente descendiente en donde se aumentan las velocidades.

8.2. CARACTERÍSTICAS TRAMO 2 DEL PR 51+000 AL PR 52+500

Cuadro 21. Descripción del tramo PR 51+000 al PR 52+500 Sentido Bogotá- Girardot

ANALISIS GEOMETRICO DE PLANOS SENTIDO BOGOTA – GIRARDOT			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS EN CAMPO	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR51+000 – PR 52+500	NA	NA
Dirección del tramo	Bogotá – Girardot (Silvania- Fusagasugá)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	4 carriles - 2 por cada sentido	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Número de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	60 - 70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,69 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,30 m	7,30 m	CUMPLE
Ancho del carril	3,64 m	3.50 m	CUMPLE
Ancho de berma	1,80 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,57 m	0,5 m	CUMPLE

Ancho de separador	3,72 m	4 metros mínimo	NO CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre -5,10% y 8,7%	6% max	NO CUMPLE
Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 160 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	4 curvas	NA	NA
Radio de las curvas	PI#119= 137,50m, PI#120= 118m, PI#121= 103,05m	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS			
Radio de la curva	No aplica	NA	NA
Velocidad de ingreso al retorno	NA	NA	NA
Ancho del carril	No aplica	NA	NA
CARRILES DE DIVERGENCIA			
Ancho de carril de desaceleración	No aplica	NA	NA
Longitud de carril de desaceleración	No aplica	NA	NA
Longitud del carril de aceleración	No aplica	NA	NA
Zonas despejadas	No hay	No hay	No hay
PERALTES			
PÍ 119	7,70%	7,490%	CUMPLE
PI 120	8%	8,390%	NO CUMPLE
PI 121	8,00%	8,585%	NO CUMPLE

Dirección del tramo	Girardot – Bogotá (Fusagasugá- Silvania)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,74 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,12 m	7,30 m	NO CUMPLE
Ancho del carril	3,7 m	3.50 m	CUMPLE
Ancho de berma	1,7 m	1,8 m	NO CUMPLE
Ancho de berma interna	0,59 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	4,05 m	4 metros mínimo	CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 7,79 % y -6,45%	6% max	NO CUMPLE
Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 160 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	3	NA	NA
Radio de las curvas	PI#121=103,05; PI#120=118; PI#119=137,50	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	CUMPLE
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS	No hay		
Radio de la curva	NA	NA	NA
Velocidad de ingreso al retorno	NA	NA	NA

Ancho del carril	NA	NA	NA
CARRILES DE DIVERGENCIA			
Ancho de carril de desaceleración	NA	NA	NA
Longitud de carril de desaceleración	NA	NA	NA
Longitud del carril de aceleración	NA	NA	NA
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PERALTES			
PI 119	8,00%	7,708%	CUMPLE
PI 120	8%	8%	CUMPLE
PI 121	8,00%	8,424%	NO CUMPLE
PI 122	2,10%	4,043%	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo de acuerdo a lo obtenido en el Cuadro 22:

Según la evaluación geométrica el 60% de la vía cumple con las especificaciones. El ancho de calzada, ancho de berma y pendiente longitudinal tienen medidas menores que las necesarias para una vía primaria como lo es la doble calzada. No hay zonas despejadas.

En la Figura 13 se observan los puntos donde no cumple con las especificaciones mínimas necesarias y pueden ser causantes de accidentes, en el sentido Bogotá-Girardot en el PR 51+300 y en el sentido Girardot- Bogotá el PR 52+400.

8.3. CARACTERÍSTICAS TRAMO 3 DEL PR 52+500 AL PR 54+000

Cuadro 23. Descripción del tramo PR 52+500 al PR 54+000 Sentido Bogotá- Girardot

ANALISIS GEOMETRICO DE PLANOS SENTIDO BOGOTA – GIRARDOT			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR 52+500 – PR 54+000	NA	NA
Dirección del tramo	Bogotá – Girardot (Silvania- Fusagasugá)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	60 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,72 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,30 m	7,30 m	CUMPLE
Ancho del carril	3,61 m	3.65 m	NO CUMPLE
Ancho de berma	1,8 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,50 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	3,9 m	4 metros mínimo	NO CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 7,19% y 2,07%	6% max	CUMPLE
Longitud de la curva	Entre 40 y 120 m	min = 40 metros y max =	CUMPLE

vertical		120metros	
Curvas horizontales	4 curvas	NA	NA
Radio de las curvas	PI#120=118m, PI#121=103,05m, PI#122= 541,41m, PI#123=100m, PI#124=380m	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS	No hay		
Radio de la curva	No aplica	NA	NA
Velocidad de ingreso al retorno	No aplica	NA	NA
Ancho del carril	No aplica	NA	NA
CARRILES DE DIVERGENCIA	No hay		
Ancho de carril de desaceleración	No aplica	3,65	NA
Longitud de carril de desaceleración	No aplica	50 m	NA
Longitud del carril de aceleración	No aplica	230 m	NA
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PASOS A DESNIVEL	No hay	NA	NA
Radio de curvatura	NA	NA	NA
Longitud del carril de desaceleración	NA	NA	NA
Carril de ingreso	NA	NA	NA
PERALTES			
PI 123	8%	8,154%	NO CUMPLE

PI 124	3,40%	5,330%	NO CUMPLE
PI 125	6,50%	7,030%	NO CUMPLE

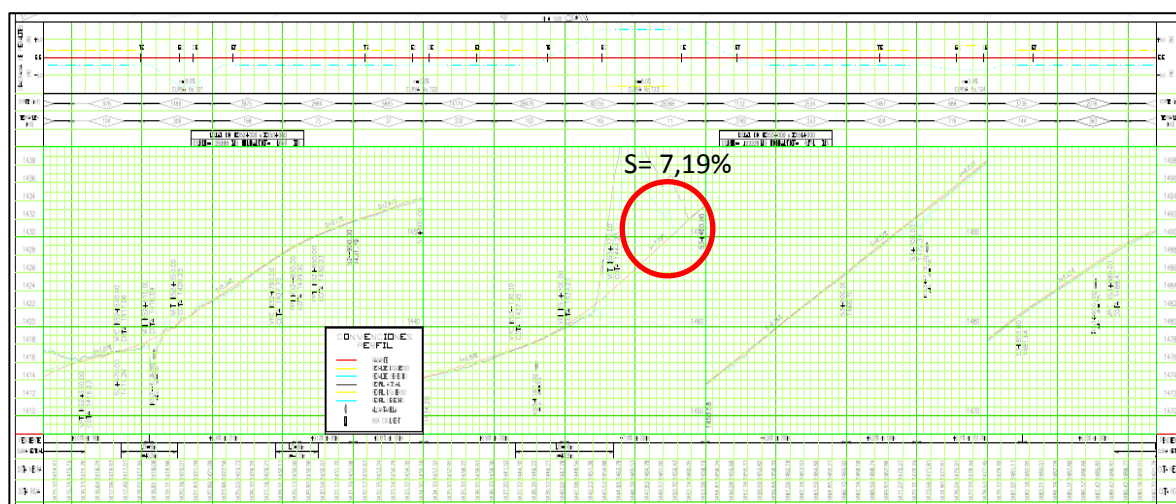
Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo de acuerdo a lo obtenido en el Cuadro 23:

En este tramo el 60% de la vía cumple con los aspectos geométricos evaluados. Ancho de carril y ancho de separador, no cumplen con las medidas mínimas especificadas. El radio de las curvas PI #121 y PI #123 no cumplen con la medida requerida para vehículos que circulan a altas velocidades. No hay zonas despejadas en el tramo.

En la figura 15 en el PR 53+400 hay una pendiente de 7,19%, la cual excede lo establecido que es de 6% y puede generar un choque debido a la disminución de velocidad.

Figura 15. Tramo en perfil longitudinal del 52+500 al PR 54+000



Fuente: Concesión Autopista Bogotá- Girardot

Cuadro 24. Descripción del tramo PR 54+000 al PR 52+500 Sentido Girardot- Bogotá

ANALISIS GEOMETRICO DE PLANOS SENTIDO GIRARDOT – BOGOTA			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR54+000 – PR 52+500	NA	NA
Dirección del tramo	Girardot – Bogotá (Fusagasugá- Silvania)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,72 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,32 m	7,30 m	CUMPLE
Ancho del carril	3,6 m	3.65 m	CUMPLE
Ancho de berma	1,8 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,6 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	4,02 m	4 metros mínimo	CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 1,87 y 6,25 %	6% max	CUMPLE
Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 120 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	4 curvas	NA	NA

Radio de las curvas	PI#124=380; PI#123=100; PI#122=541; PI#121=103,05	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE EN PI#123 Y PI#121
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS	No hay		
Radio de la curva	NA	NA	NA
Velocidad de ingreso al retorno	NA	NA	NA
Ancho del carril	NA	NA	NA
CARRILES DE DIVERGENCIA	No hay		
Ancho de carril de desaceleración	NA	3,65	NA
Longitud de carril de desaceleración	NA	50 m	NA
Longitud del carril de aceleración	NA	230 m	NA
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PERALTES			
PI 123	8%	8,500%	NO CUMPLE
PI 124	3,10%	5,025%	NO CUMPLE
PI 125	7,30%	7,3%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo de acuerdo a lo obtenido en el Cuadro 24:

El tercer tramo sentido Girardot- Bogotá el 80% de la vía cumple con las especificaciones, el radio de las curvas PI#121 y PI#123 no cumple con las medidas mínimas requeridas para vehículos que circulan según el manual de diseño geométrico a 60 km/h mínimo. No hay zonas despejadas.

8.4. CARACTERÍSTICAS TRAMO 4 DEL PR 54+000 AL PR 55+500

Cuadro 25. Descripción del tramo PR 54+000 al PR 55+500 Sentido Bogotá- Girardot

ANALISIS GEOMETRICO DE PLANOS SENTIDO BOGOTA – GIRARDOT			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR54+000 – PR 55+500	NA	NA
Dirección del tramo	Bogotá – Girardot (Silvania- Fusagasugá)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,74 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,26 m	7,30 m	NO CUMPLE
Ancho del carril	3,61 m	3.65 m	NO CUMPLE
Ancho de berma	1,8 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,56 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	3,9 m	4 metros mínimo	NO CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 7,46 y -5,39%	6% max	NO CUMPLE

Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 160 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	5 curvas	NA	NA
Radio de las curvas	PI#129=132; PI#128=82,32; PI#127=70; PI#126=117.86; PI#125=160	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS			
Radio de la curva	21,37 m	25 m	NO CUMPLE
Velocidad de ingreso al retorno	30 km/h	30 km/h	CUMPLE
Ancho del carril	6,35 m	7 m	NO CUMPLE
CARRILES DE DIVERGENCIA			
Ancho de carril de desaceleración	3,6 m	3,65	CUMPLE
Longitud de carril de desaceleración	96,172 m	50 m	CUMPLE
Longitud del carril de aceleración	81,09 m	230 m	NO CUMPLE
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PERALTES			
PI 126	6,40%	7,000%	NO CUMPLE
PI 127	8%	8,198%	NO CUMPLE
PI 128	7,60%	7,457%	CUMPLE

PI 129	6,70%	7,099%	NO CUMPLE
PI 130	8,00%	8,313%	NO CUMPLE

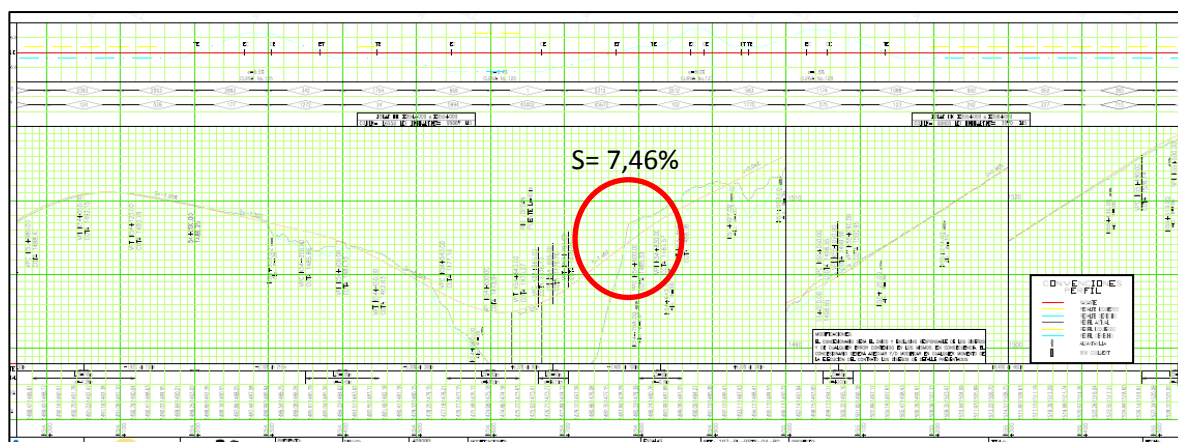
Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo de acuerdo a lo obtenido en el Cuadro 25:

En el tramo 4 de los 16 aspectos geométricos evaluados solo cumplen 7 por lo tanto el 43,75% de la vía está en óptimas condiciones, ancho de calzada, ancho de carril y ancho de separador angostos pueden ser causantes de accidentes sumándole altas velocidades. El radio de la curva PI # 128 y PI# 127 no cumplen con el radio mínimo. En el PR 54+630 hay un retorno el cual no cumple con el radio de curvatura ni el ancho del carril, y la longitud del carril de aceleración es de 81,09m lo que dificulta el incorporamiento de vehículos.

En la figura 18 se evidencia una pendiente de 7,46% en el PR 54+750, esta es la más pronunciada en este tramo.

Figura 18. Tramo en perfil longitudinal del 54+000 al PR 55+500



Fuente: Concesión Autopista Bogotá- Girardot

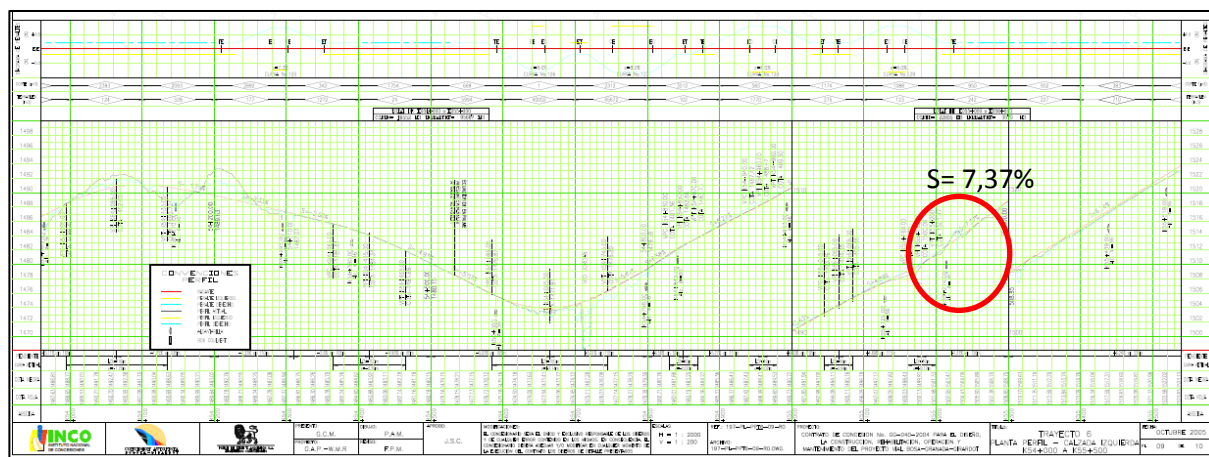
Cuadro 26. Descripción del tramo PR 55+500 al PR 54+000 Sentido Girardot- Bogotá

ANALISIS GEOMETRICO DE PLANOS SENTIDO GIRARDOT – BOGOTA			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR 55+500 – PR 54+000	NA	NA
Dirección del tramo	Girardot – Bogotá (Fusagasugá- Silvania)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,6 m	9,60 m	CUMPLE
Ancho de calzada	7,28 m	7,30 m	CUMPLE
Ancho del carril	3,6 m	3.65 m	CUMPLE
Ancho de berma	1,77 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,60 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	3,8 m	4 metros mínimo	NO CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 7,37% y -5,07%	6% max	NO CUMPLE
Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 160 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	5	NA	NA

Radio de las curvas	PI#129=132; PI#128=82,32; PI#127=70; PI#126=117.86; PI#125=160	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE EN PI#128
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS	Retorno en PR 54+910		
Radio de la curva	24,51 m	25 m	NO CUMPLE
Velocidad de ingreso al retorno	30 km/h	30 km/h	CUMPLE
Ancho del carril	6,10 m	7 m	NO CUMPLE
CARRILES DE DIVERGENCIA			
Ancho de carril de desaceleración	2,7 m	3,65	NO CUMPLE
Longitud de carril de desaceleración	62,93 m	50 m	CUMPLE
Longitud del carril de aceleración	119.3 m	230 m	NO CUMPLE
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PERALTES			
PI 126	8,00%	8%	CUMPLE
PI 127	8%	9%	NO CUMPLE
PI 128	8,00%	9%	NO CUMPLE
PI 129	8,00%	8%	CUMPLE
PI 130	7,80%	8%	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Tramo en perfil longitudinal del PR 55+500 al PR 54+000



Fuente: Concesión Autopista Bogotá- Girardot

8.5. CARACTERÍSTICAS TRAMO 5 DEL PR 55+500 AL PR 56+800

Cuadro 27. Descripción del tramo PR 55+500 al PR 56+800 Sentido Bogotá- Girardot

ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE PLANOS SENTIDO BOGOTÁ – GIRARDOT			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR 55+500 – PR 56+800	NA	NA
Dirección del tramo	Bogotá – Girardot (Silvania- Fusagasugá)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,73 m	9,60 m	CUMPLE

Ancho de calzada	7,19 m	7,30 m	NO CUMPLE
Ancho del carril	3,62 m	3.65 m	NO CUMPLE
Ancho de berma	1,78 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,6 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	4,28 m	4 metros mínimo	CUMPLE
Pendiente longitudinal	8,39 % y -2,12%	6% max	NO CUMPLE
Longitud de la curva vertical	Entre 120 y 40 m	min = 40 metros y max = 120metros	CUMPLE
Curvas horizontales	5 curvas	NA	NA
Radio de las curvas	PI#129 = 174,09 m; PI#130=107,5 m; PI#131=308,47 m; PI#132=185 m, PI#133=91,45m	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE PI#133
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS			
Radio de la curva	No aplica	NA	NA
Velocidad de ingreso al retorno	No aplica	NA	NA
Ancho del carril	No aplica	NA	NA
CARRILES DE DIVERGENCIA	No aplica		
Ancho de carril de desaceleración	No aplica	NA	NA
Longitud de carril de desaceleración	No aplica	NA	NA

Longitud del carril de aceleración	No aplica	NA	NA
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PERALTES			
PI 131	3,80%	5,561%	NO CUMPLE
PI 132	6,20%	6,916%	NO CUMPLE
PI 133	8,00%	8,714%	NO CUMPLE

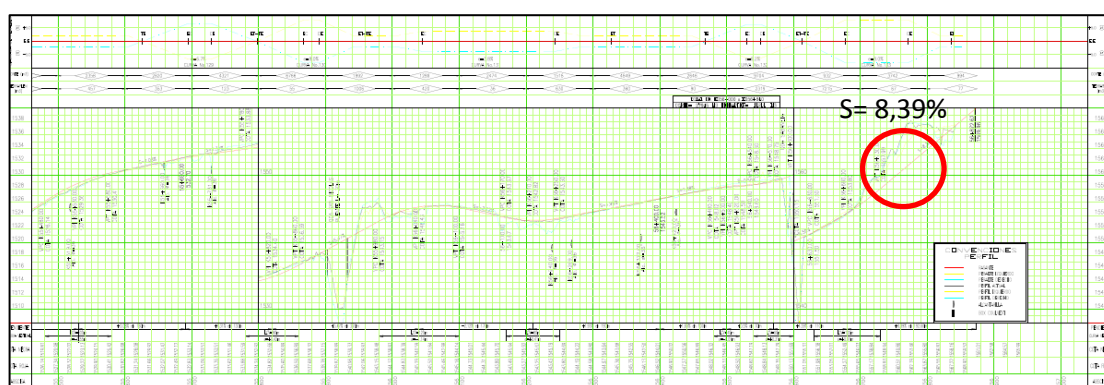
Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo de acuerdo a lo obtenido en el Cuadro 27:

De los aspectos evaluados el 50% de la vía cumple con las especificaciones mencionadas por el manual, el ancho de calzada y ancho de carril no cumplen. La pendiente longitudinal en el PR 56+800 es de 8,39% siendo demasiado inclinada, y el radio en la curva PI#133 es de solo 91,45m siendo una curva muy cerrada, debido a que para vehículos que van a 6 km/h el radio mínimo es de 113m.

En la figura 21 en el PR 56+800 hay una pendiente de 8,39% siendo esta la más pronunciada.

Figura 21. Tramo en perfil longitudinal del PR 55+500 al PR 56+800



Fuente: Concesión Autopista Bogotá- Girardot

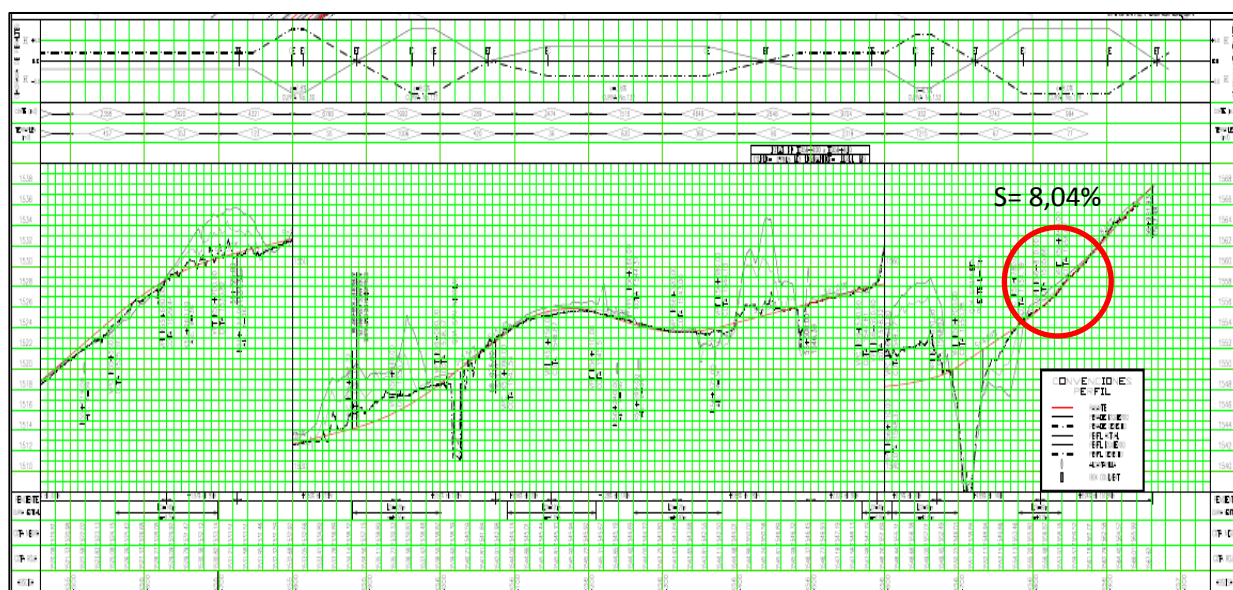
Cuadro 28. Descripción del tramo PR 56+800 al PR 55+500 Sentido Girardot- Bogotá

ANALISIS GEOMETRICO DE PLANOS SENTIDO GIRARDOT – BOGOTA			
DESCRIPCION DEL TRAMO	ESPECIFICACIONES ENCONTRADAS	ESPECIFICACIONES MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO	CUMPLE/ NO CUMPLE
Tramo	PR56+800 – PR 55+500	NA	NA
Dirección del tramo	Girardot- Bogotá (Fusagasugá- Silvania)	NA	NA
Clasificación de la carretera	La carretera es una autopista concesionada	NA	NA
Número de carriles	Cuatro (4)	NA	NA
Funcionalidad	Carrera primaria	NA	NA
Tipo de terreno	Montañoso	NA	NA
Numero de calzada	Dos (2)	NA	NA
Velocidad de diseño	70 km/h	NA	NA
Ancho de la corona	9,49 m	9,60 m	NO CUMPLE
Ancho de calzada	7,18 m	7,30 m	NO CUMPLE
Ancho del carril	3,59 m	3.65 m	NO CUMPLE
Ancho de berma	1,8 m	1,8 m	CUMPLE
Ancho de berma interna	0,50 m	0,5 m	CUMPLE
Ancho de separador	3,8 m	4 metros mínimo	NO CUMPLE
Pendiente longitudinal	Entre 8,04 % y -2,28 %	6% max	NO CUMPLE

Longitud de la curva vertical	Entre 40 y 160 m	min = 40 metros y max = 120metros	NO CUMPLE
Curvas horizontales	5 CURVAS	NA	NA
Radio de las curvas	PI#129 = 174,09 m; PI#130=107,5 m; PI#131=308,47 m; PI#132=185 m, PI#133=91,45m	a 60 km/h = 113 m y a 70 km/h = 168	NO CUMPLE EN PI# 133
ESPECIFICACION DE LOS INGRESOS Y RETORNOS			
Radio de la curva	No aplica	NA	NA
Velocidad de ingreso al retorno	No aplica	NA	NA
Ancho del carril	No aplica	NA	NA
CARRILES DE DIVERGENCIA			
Ancho de carril de desaceleración	No aplica	NA	NA
Longitud de carril de desaceleración	No aplica	NA	NA
Longitud del carril de aceleración	No aplica	NA	NA
Zonas despejadas	No hay	No hay	NO HAY
PERALTES			
PI 131	8,00%	8%	CUMPLE
PI 132	3,60%	5%	NO CUMPLE
PI 133	6,50%	6,5%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Tramo en perfil longitudinal del 56+800 al PR 55+500



Fuente: Concesión Autopista Bogotá- Girardot

8.6. ANÁLISIS DE VELOCIDADES

Un factor de gran importancia que garantiza la seguridad de los usuarios en la vía es la velocidad con la que transitan, la cual se diseña teniendo en cuenta el tipo de terreno y la categoría de la carretera.

Para este análisis de velocidades se tuvo en cuenta el Manual de Diseño Geométrico del 2008 del INVIAS, con el fin de verificar si se cumplen o no las velocidades especificadas. La velocidad de operación se refiere a velocidades de punto (Distancia/Tiempo) tomada en campo.

Cuadro 29. Comparación de velocidades sentido Bogotá- Girardot

	TRAMO	DISEÑO (Km/h)	OPERACION (Km/h)	NORMA (Km/h)
1	PR 49+500- 51+000	40	70	70
2	PR 51+000- 52+500	60	80	70
3	PR 52+500- 54+000	30	--	70
4	PR 54+000- 55+500	60	57	70
5	PR 55+500- 56+800	40	74	70

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 29 se observa que solamente en el tramo 4 se cumple con la velocidad especificada en la señal de tránsito puesta en la vía, por lo que este es el principal factor de accidentes en la doble calzada, no se registró velocidad de operación en el tramo 3 debido a que la pendiente es ascendente y los vehículos transitan a la velocidad especificada.

Cuadro 30. Comparación de velocidades sentido Girardot- Bogotá

TRAMO		DISEÑO (Km/h)	OPERACION (Km/h)	NORMA (Km/h)
1	PR 49+500- 51+000	33*	--	70
2	PR 51+000- 52+500	40	73	70
3	PR 52+500- 54+000	40*	71	70
4	PR 54+000- 55+500	60	68	70
5	PR 55+500- 56+800	60	74	70

Fuente: Elaboración propia

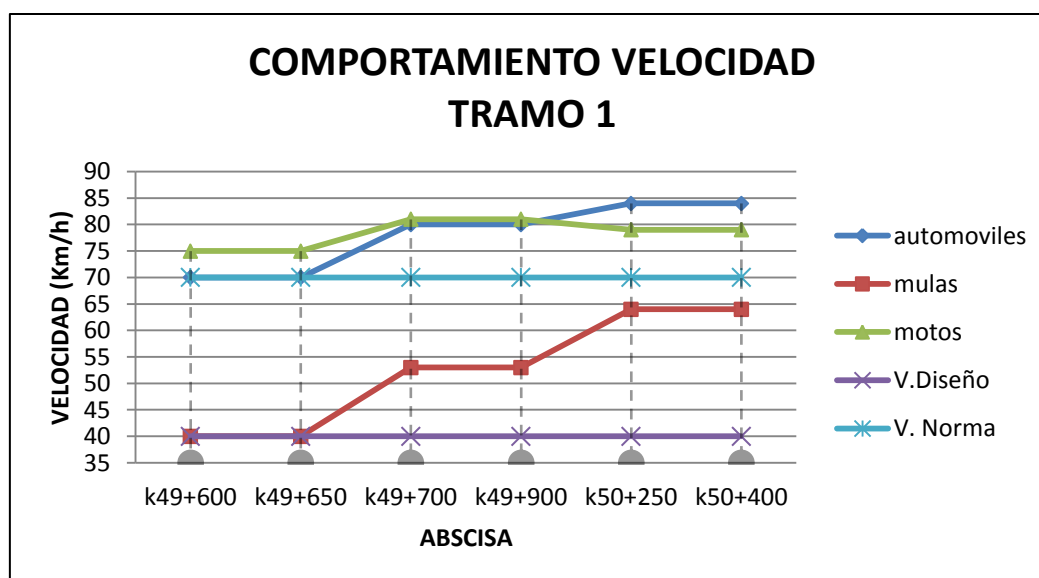
*El tramo presenta diferentes valores de velocidad los cuales se promediaron con el fin de dar un único valor general de la misma.

De acuerdo a lo obtenido en el cuadro 30 las velocidades de operación en la totalidad de los tramos no cumplen con lo especificado en la velocidad de diseño.

8.6.1. Velocidades sentido Bogotá- Girardot

8.6.1.1. Análisis de velocidad tramo 1 PR 49+500 a PR 51+000

Figura 24. Comportamiento de la velocidad tramo 1 sentido Bogotá- Girardot



Fuente elaboración propia

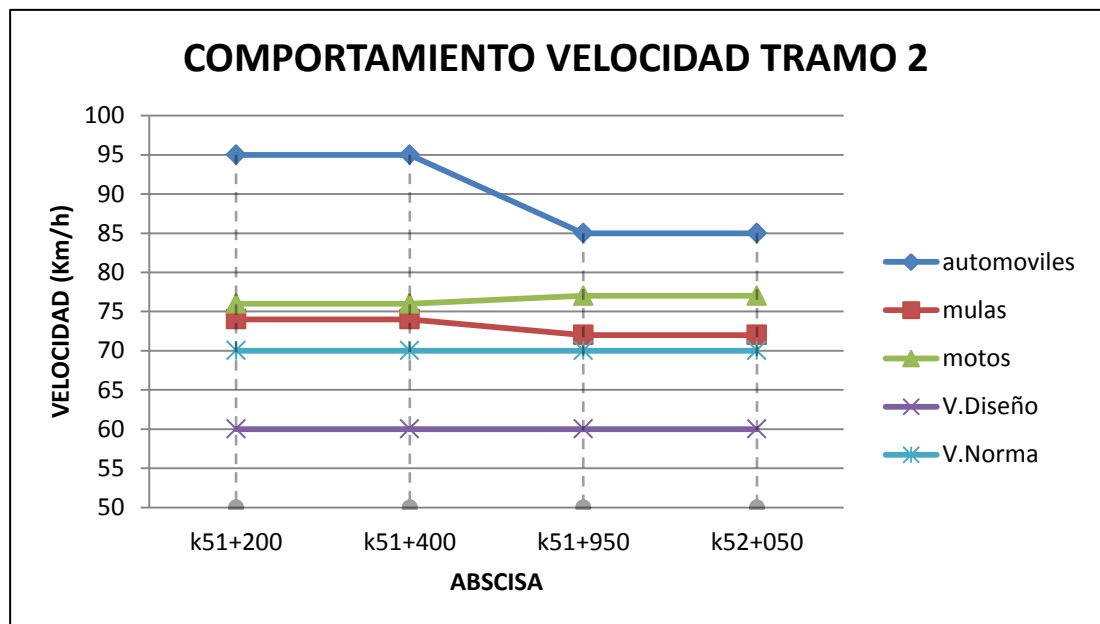
La figura 24 representa el comportamiento de las velocidades tomadas en el tramo 1, se evidencian las velocidades de operación y la velocidad de diseño.

Los tres tipos de vehículo (automóviles, vehículos pesados y motos) a los cuales se les midió la velocidad, transitan con una velocidad mayor a la de diseño en dicho tramo correspondiente a 40 km/h. Dichos niveles en la velocidad pueden ser consecuencia de que las pendientes en este tramo no tienen un cambio significativo.

En los valores concernientes a automóviles se evidencia un aumento progresivo en la velocidad, donde sobrepasa la velocidad que se especifica en la norma correspondiente a 70 km/h (por ser un terreno montañoso). De igual manera los valores de velocidad correspondiente a las motos exceden lo establecido en el manual de diseño geométrico.

8.6.1.2. Análisis de velocidad tramo 2 PR 51+000 a PR 52+500

Figura 25. Comportamiento de la velocidad tramo 2 sentido Bogotá- Girardot



Fuente elaboración propia

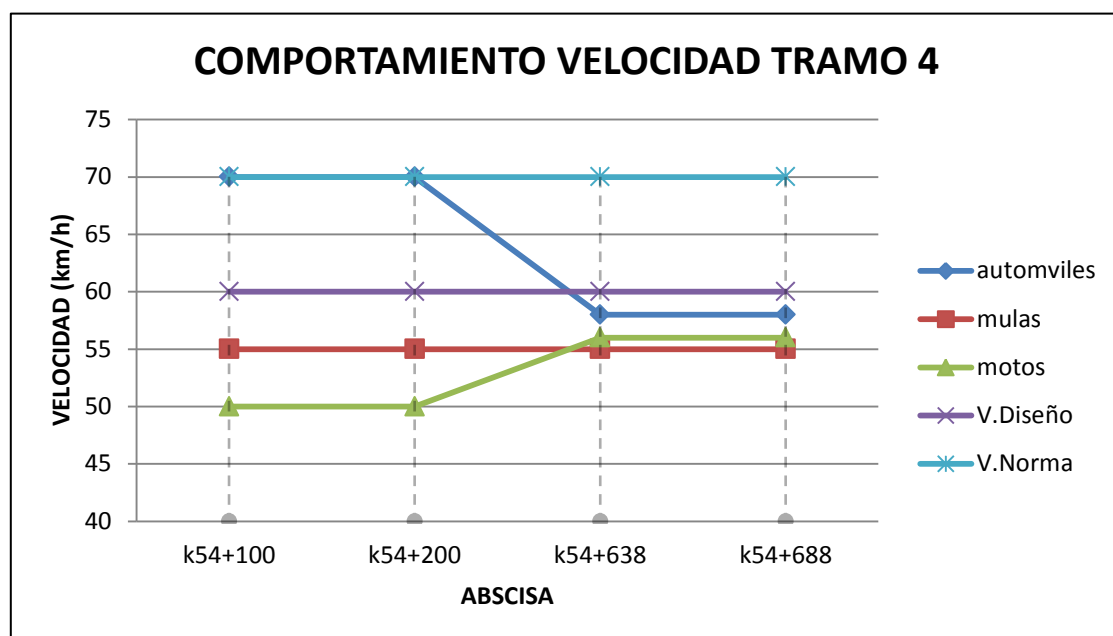
Como lo evidencia la figura 25 se presentan velocidades elevadas por parte de los usuarios de los automóviles, velocidades que exceden las estipuladas en la norma

y la de diseño, dichas velocidades correspondientes a 95 km/h solo descienden a 85km/h debido a la topografía presente en el tramo, donde hay pendientes descendientes de hasta -5,10% y en el PR 51+950 empieza una ascendente de hasta 8,69% por lo que disminuyen la velocidad.

De igual manera las motos y mulas, transitan con velocidades superiores a las estipuladas con un valor entre 73 y 78 km/h.

8.6.1.3. Análisis de velocidad tramo 4 PR 54+000 a PR 55+500

Figura 26. Comportamiento de la velocidad tramo 4 sentido Bogotá- Girardot



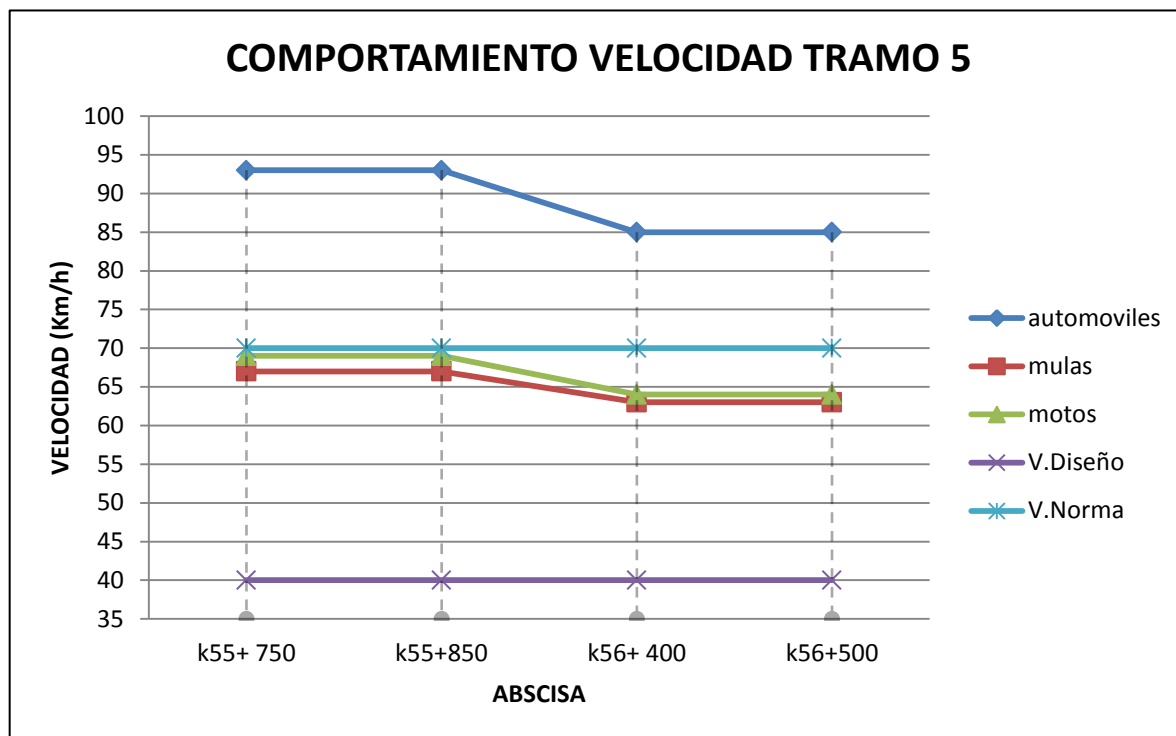
Fuente elaboración propia

A diferencia de los comportamientos anteriores, con lo observado en la figura 26 se puede determinar que las velocidades de los tres tipos de vehículo son inferiores a la velocidad establecida por la norma y solo en un tramo es igual, las motos y mulas transitan a velocidades que se encuentran por debajo de las velocidades de diseño.

Esto debido a las pendientes presentes en este tramo, las cuales oscilan entre 7,46 y -5,39% lo que impide que los vehículos alcancen velocidades altas, de igual manera las curvas verticales con pendientes elevadas hacen que los valores de velocidad permanezcan sin una variación significativa.

8.6.1.4. Análisis de velocidad tramo 5 PR 55+500 a PR 56+800

Figura 27. Comportamiento de la velocidad tramo 5 sentido Bogotá- Girardot



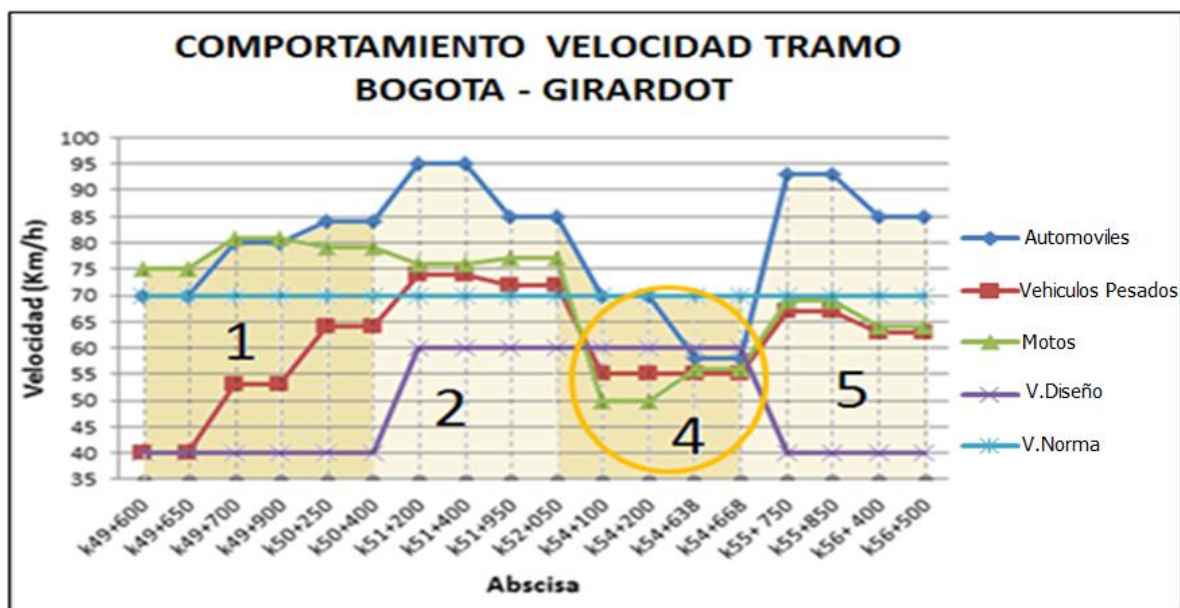
Fuente elaboración propia.

Según lo evidenciado en la figura 27, el comportamiento de las velocidades es similar al del tramo 2, donde las altas velocidades se presentan en lugares donde la pendiente del terreno es baja en este caso de -2,12%, sumado a esto secciones de la vía donde las rectas son extensas. Sin embargo es evidente el repentino crecimiento de las pendientes de hasta 8,39% lo que produce desaceleraciones constantes de los vehículos a lo largo del tramo de estudio.

De igual manera cabe resaltar que las velocidades de los tres tipos de vehículos siguen siendo superior a la de diseño y solo en el caso de las mulas y motos transitan por debajo de la velocidad que estipula la norma.

8.6.1.5. Análisis de velocidad tramo de estudio PR 49+500 a PR 56+800

Figura 28. Comportamiento de la velocidad tramo de estudio sentido Bogotá- Girardot



Fuente elaboración propia.

La figura 28 hace una recopilación del tramo general donde se midieron las respectivas velocidades de punto (Distancia/Tiempo), no se evidencia información del tramo 3, debido a que las velocidades en dicho sector fueron inferiores a los 55 km/h para los diferentes vehículos que transitaban, esto debido a las altas pendientes en este tramo, por ende cumplía con las velocidades de diseño y las establecidas por la norma, lo que no causaba peligro alguno para los usuarios de la vía.

Como se mencionó anteriormente, en el tramo 1 debido a las altas pendientes presentes en el, las velocidades de los vehículos presentan un nivel elevado en comparación a las estipuladas por la norma y diseño en la vía, sin embargo uno de los factores predominantes en esta vía en general son las crecientes y decrecientes repentinas en las pendientes, es por ello que en el tramo 2 se alcanzan velocidades elevadas de 95 km/h siendo este el más crítico entre el PR 51+200 al PR 51+400 y a 500 metros dicha velocidad se reduce a 85 km/h.

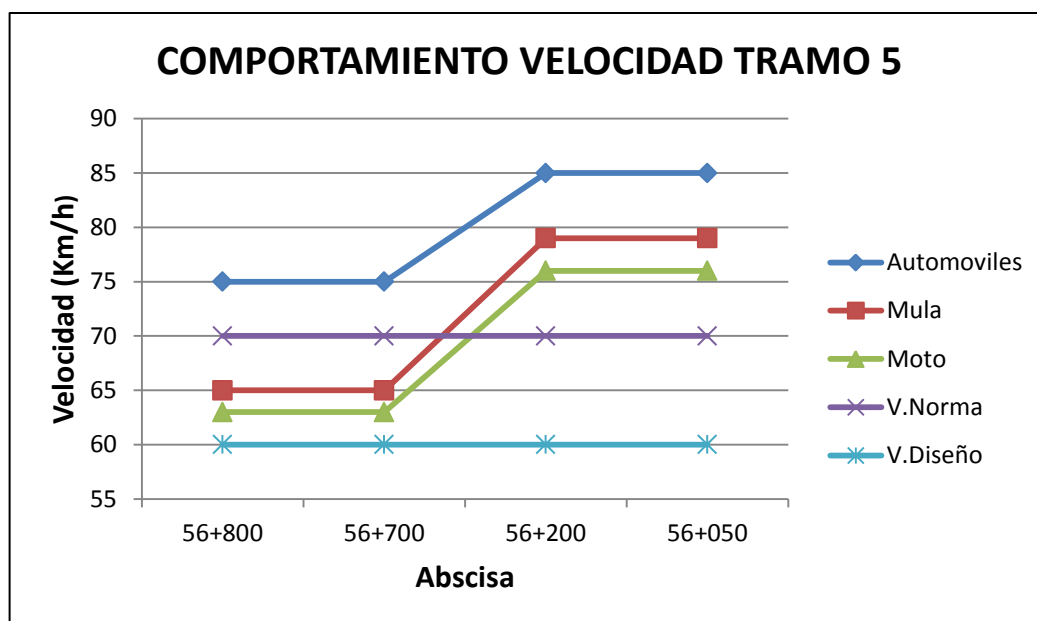
La desaceleración que se evidencian en el tramo 4, es una unión de pendientes elevadas con curvas verticales cerradas, acompañada de curvas consecutivas, lo que hace que las velocidades en este punto descendan más de lo normal, hasta

tal punto de ser el único punto de la vía donde las velocidades son menores a las de diseño.

8.6.2. Velocidades sentido Girardot- Bogotá

8.6.2.1. Análisis de velocidad tramo 5 PR 56+800 a PR 55+500

Figura 29. Comportamiento de la velocidad tramo 5 sentido Girardot- Bogotá



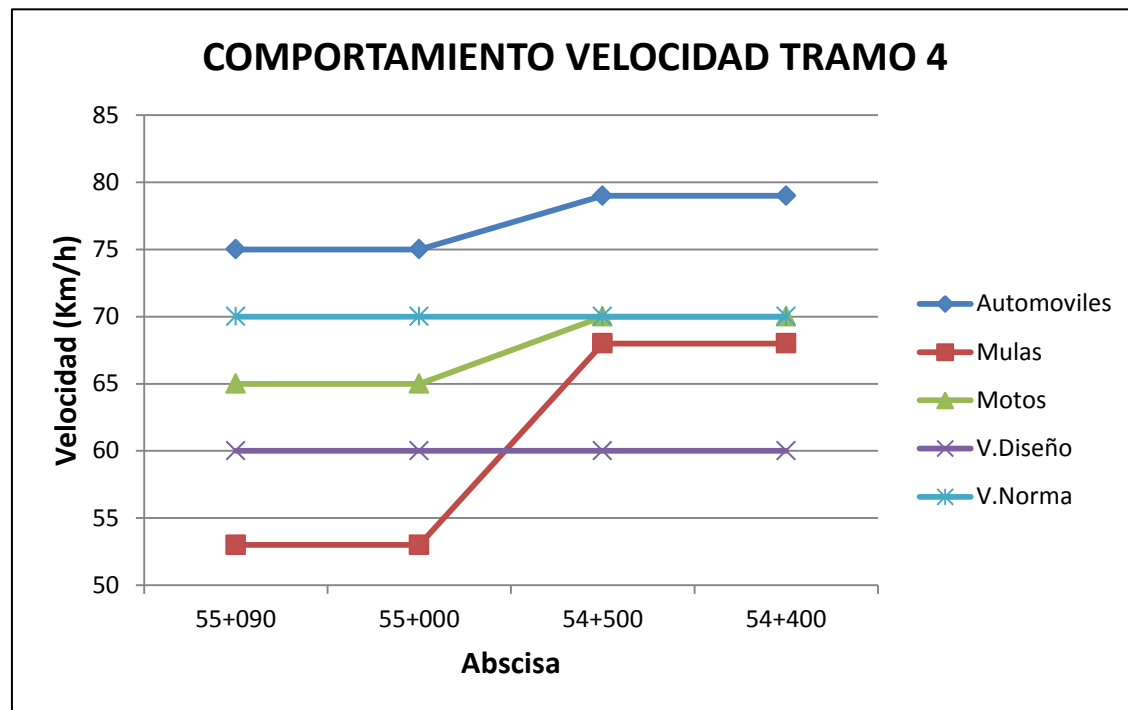
Fuente elaboración propia.

En la figura 29, del PR 56+800 al PR 56+700 se evidencia una velocidad relativamente moderada en comparación a la estipulada por la norma y a la de diseño en la vía, esta velocidad se debe a que en dicha abscisa se presenta una curva cerrada con pendiente descendiente, lo que obliga a los usuarios a bajar la velocidad.

En el siguiente segmento de vía entre el PR56+200 a PR56+050, las velocidades aumentan de forma significativa debido a una pendiente descendiente presente de -5,56%, lo que origina un aumento significativo de la velocidad, de acuerdo a la estipulada por la norma y la de diseño de la vía.

8.6.2.2. Análisis de velocidad tramo 4 PR 55+500 a PR 54+000

Figura 30. Comportamiento de la velocidad tramo 4 sentido Girardot- Bogotá



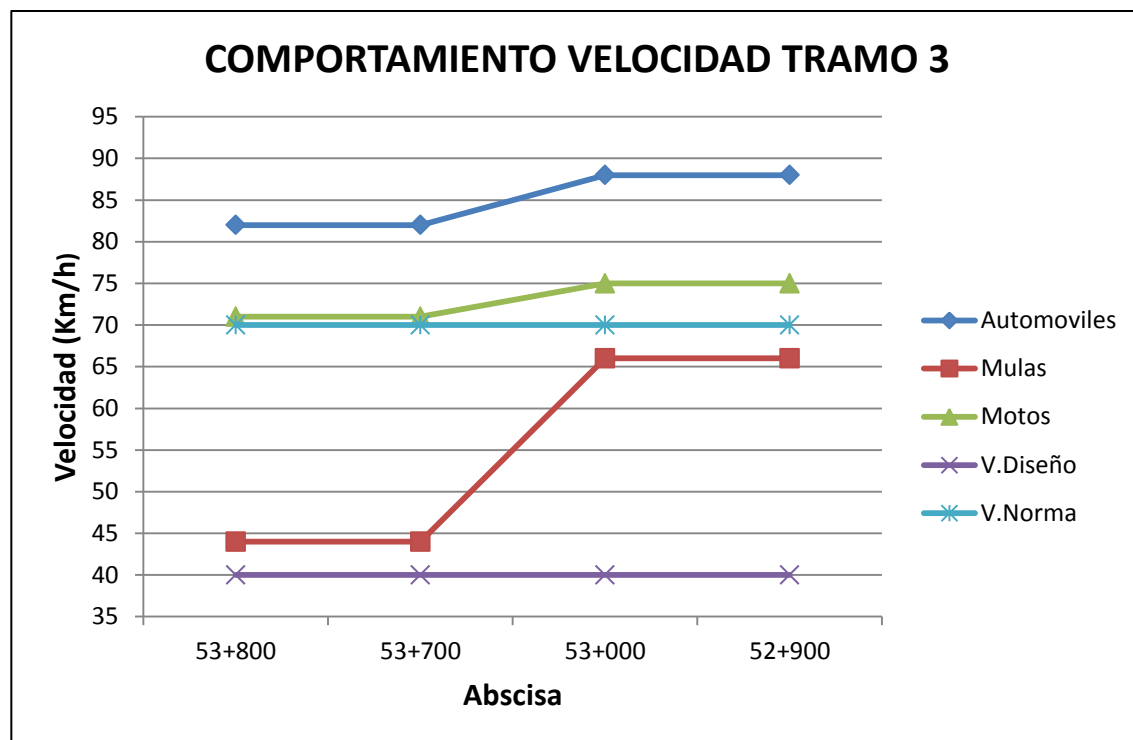
Fuente elaboración propia

El comportamiento de la velocidad de los vehículos en la figura 30, indica que del PR 55+090 al PR 55+000 las velocidades no fueron elevadas debido a que este segmento se encuentra sobre una curva, impidiendo el aumento de las velocidades por parte de los usuarios, sin embargo el tramo comprendido entre el PR 54+500 al PR 54+400 se evidencia un aumento por ser una recta con pendientes de hasta -5,07 %.

De igual manera cabe resaltar que los automóviles en ningún momento mantuvieron velocidades por debajo de las de la norma y las de diseño.

8.6.2.3. Análisis de velocidad tramo 3 PR 54+000 a PR 52+500

Figura 31. Comportamiento de la velocidad tramo 3 sentido Girardot- Bogotá



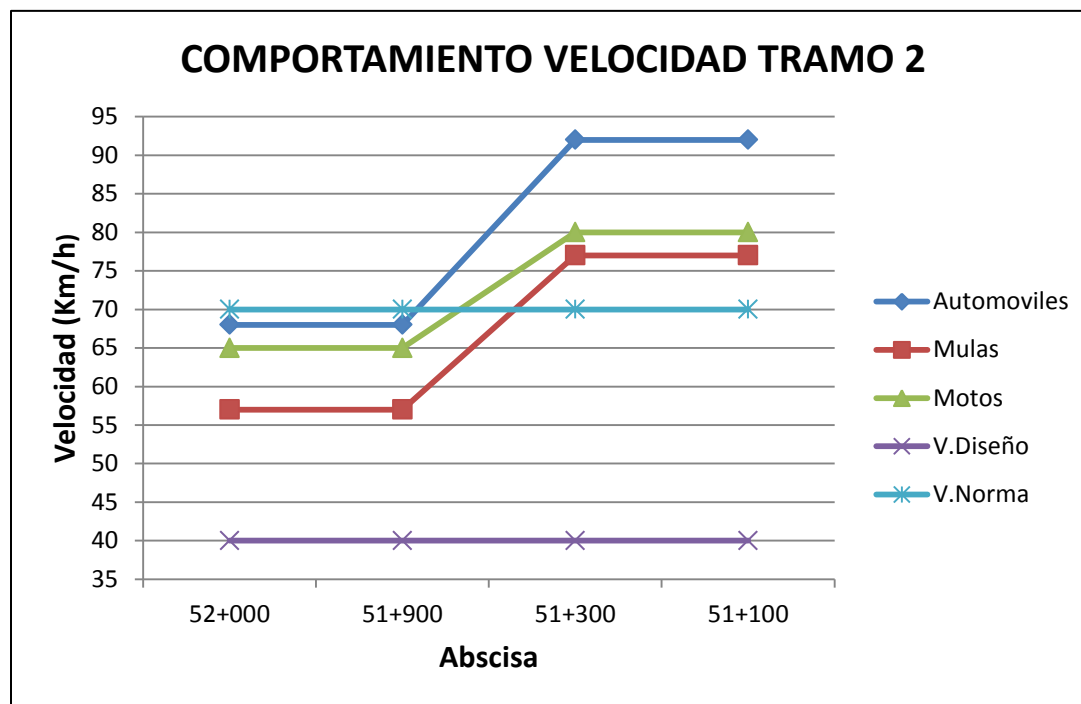
Fuente elaboración propia

El comportamiento de las velocidades de la figura 31, en el primer sector da evidencia de las altas velocidades de los automóviles, a pesar de estar en una curva la cual se encuentra en descenso y es por ello que los vehículos pesados en este sector si presentan una velocidad moderada y mucho menor a la estipulada por la norma.

En el segundo sector de la gráfica, se observa como las velocidades de los automóviles, mulas y motos aumenta, pues se encuentra en una recta con pendientes moderadas, lo que posibilita el aumento de esta velocidad por encima de lo reglamentado.

8.6.2.4. Análisis de velocidad tramo 2 PR 52+500 a PR 51+000

Figura 32. Comportamiento de la velocidad tramo 2 sentido Girardot- Bogotá



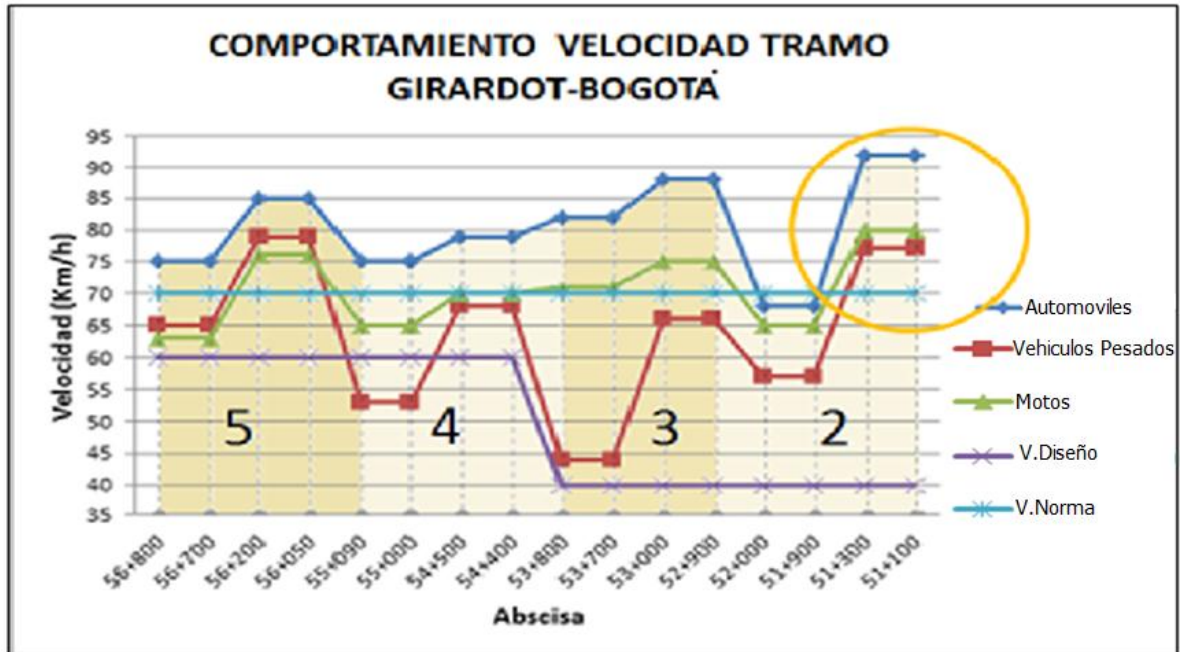
Fuente elaboración propia

La figura 32 muestra el comportamiento de la velocidad en el tramo 2 de la ruta e estudio, donde las velocidades son superiores a las estipuladas por la norma y a las de operación de la vía.

Es evidente que del PR 51+300 al PR51+100 las velocidades aumentaron significativamente con respecto al anterior segmento de vía, esto se debe a que en dicho segmento se encuentra una pendiente descendente de 4,63% en línea recta, lo que hace que las velocidades de los tres vehículos se aumenten de forma significativa.

8.6.2.5. Análisis de velocidad tramo de estudio PR 56+800 a PR 49+500

Figura 33. Comportamiento de la velocidad tramo de estudio sentido Girardot- Bogotá



Fuente elaboración propia

La figura 33 recopila los tramos donde se midieron las respectivas velocidades, no se evidencia información del tramo 1, debido a que se tomaron dichos valores cuando se encontraba la policía de carreteras a lo largo del tramo haciendo controles de velocidad, lo que impidió que se tomara una buena lectura de las velocidades.

Es evidente la variación de la velocidad a lo largo del tramo de estudio por parte de los vehículos, de igual manera es notorio que las velocidades con la que transitan los usuarios es superior a la establecida por la norma en muchos segmentos del tramo y a la de diseño en la vía.

En el tramo 2 se presenta un elevado incremento en la velocidad de los vehículos siendo este el punto crítico entre el PR 51+300 al PR 51+100, alcanzando velocidades hasta de 90km/h, pues las pendientes descendentes junto con las rectas extensas hacen que los usuarios aumenten su velocidad significativamente.

8.7. ANÁLISIS DATOS DE CAMPO

Se tomaron datos geométricos en campo, para realizar la evaluación con los datos en plano y según el manual de diseño geométrico 2008

8.7.1. Datos de campo sentido Bogotá- Girardot

8.7.1.1. Características tramo 1 del PR 49+000 al PR 51+000

Cuadro 31. Análisis datos de campo del PR 49+500 al PR 51+000

Tramo 1 PR 50+530				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1,60m	1,77m	1,8m	No cumple. No existe concordancia entre las medidas. De acuerdo a las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,8m	3,68m	3,65m	A pesar de no presentar concordancia entre las medidas de plano y campo, estas cumplen con lo establecido por el manual de diseño geométrico de carreteras.
Ancho de calzada	7,60m	7,30m	7,30m	El valor no corresponde a lo diseñado sin embargo cumple con lo establecido por el INVIAS, brindando seguridad a los usuarios.

Berma interna	0,55m	0,60m	0,5m	No hay coherencia entre la medida de diseño y las de campo, pero las medidas de campo si cumplen con las de la norma.
Ancho de corona	9,75m	9,65m	9,60m	Los valores de la medida son diferentes para campo y diseño, sin embargo el ancho de la corona suple el valor mínimo establecido por la norma.
Ancho de Separador	1m	1 m	4m	No cumple. Los valores de diseño y campo son concordantes, a pesar de ello no cumplen con lo mínimo sugerido por la norma para separadores de carreteras primarias de dos calzadas.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 1 en campo:

- De acuerdo al cuadro 31 de los parámetros analizados en campo el 33,3% de estos no cumple con lo requerido por el INVIAS, el ancho de berma externa y el ancho de separador son angostos.
- El ancho de berma externa tanto en el tramo como en los retornos no cumple siendo este un factor de riesgo para los usuarios debido a posibles obstáculos como vehículos que afecten el transito normal de esta.
- Acceso de vehículos no controlado: en el PR49+600 se presenta una incorporación de vehículos a la derecha sin señalizar lo cual puede ser causa de accidente entre los vehículos que transitan por la vía normalmente y los que se va a incorporar a esta.
- Retorno sin carril de desaceleración lo cual aumenta la probabilidad de un accidente debido a un cambio de velocidad repentina por parte de los vehículos que están ingresando al retorno.

- Grietas en pavimento y bandas alertadoras difusas en proximidad a colegio en el PR 50+400.

8.7.1.1.1. Análisis señalización

Cuadro 32. Análisis de señalización del PR 49+500 al PR 51+000 Sentido Bogotá-Girardot

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR49+640 entrada y salida de vehículos sin señalizar; en PR49+580 puente peatonal sin señal de límite de altura.
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	En PR50+800 y PR49+640 demarcación antigua; en PR55+510 bandas alertadoras desvanecidas
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	El estado en general es bueno. En el recorrido se identificaron baches y grietas en algunos puntos.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 32:

- Entrada y salida de vehículos sin carril de desaceleración ni señal preventiva (SP-22), de acuerdo al manual se deben disponer a no menos de 100 y 50 metros.
- La existencia de demarcación antigua en el PR50+800 y PR49+640 es un factor de confusión en los usuarios; de acuerdo al manual la demarcación debe ser clara con el fin de regular la circulación y guiar a los usuarios de la vía.

- En PR 50+400 que corresponde a una zona escolar las bandas alertadoras no cumplen, ya que según el manual deben ser 10 líneas transversales espaciadas a 50 o 100 cm dispuestas con el fin de reducir la velocidad de los vehículos y advertir una zona de flujo peatonal.
- Se presentan algunas grietas en el pavimento que tienen efecto en el control del vehículo.

8.7.1.2. Características tramo 2 del PR 51+000 al PR 52+500

Cuadro 33. Análisis datos de campo del PR 51+000 al PR 52+500

Tramo 2 PR 51+300				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1,50m	1,80m	1,8m	No cumple. No existe concordancia entre las medidas. De acuerdo a las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,50m	3,64m	3,65m	No cumple. Los valores de diseño y de norma son similares, pero el valor medido en campo está por debajo de lo establecido por el manual lo que limitaría el espacio para maniobra de vehículos ocasionando probables choques laterales.

Ancho de calzada	7,30m	7,30m	7,30m	Cumple a pesar de la inequidad en la longitud de los carriles.
Berma interna	0,40m	0,57m	0,5m	El ancho de berma interna no cumple de acuerdo a lo establecido en el manual, impidiendo a los usuarios mantener una distancia segura entre el separador y el carril de la vía, limitando así la capacidad de reacción de los vehículos frente a obstáculos a borde de vía.
Ancho de corona	9,20m	9,69m	9,60m	No cumple. Los valores de la medida son diferentes para campo y diseño, se evidencia que en campo el valor es menor al estipulado por la norma, lo que podría ocasionar incidentes en este punto de la vía,
Ancho de Separador	4,20m	3,72m	4m	Cumple. El valor del separador es superior al valor mínimo establecido por la norma, sin embargo se aclara que este valor no es concordante con el estipulado en el diseño.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 2 en campo:

- En el cuadro 33 de los seis parámetros del tramo analizados en campo, el 66,7% de estos no cumple con lo especificado por el INVIAS, siendo el ancho de berma interna, ancho de berma externa y ancho de carril los parámetros que no cumplen y que aumentan la probabilidad de un accidente.

- Agrietamientos en la superficie de rodadura en el PR 51+120 que influyen en la inestabilidad y pérdida de control del vehículo y por consiguiente ocasionar un accidente. También se observaron marcas de frenado en el mismo PR51+120.
- Puente sin señalización de altura PR 51+520 lo cual puede ser factor de riesgo para los vehículos de tráfico pesado con un altura cercana a la altura del puente
- Demarcación antigua PR 51+585 al 51+70, que genera confusión en el transito correcto de los usuarios y así mismo aumenta la probabilidad de accidente en la vía,
- Baches en PR 52+050 los cuales pueden provocar pérdida de control en el vehículo y ocasionar un accidente.
- No hay continuidad en el separador en el PR 52+500, permitiendo el acceso a vehículos sin ninguna señalización.
- No hay delineadores de curva en el PR 52+680, los cuales son de primera necesidad para demarcar la curvas pronunciadas y brindar seguridad en el tramo de estudio

8.7.1.2.1. Análisis de señalización

Cuadro 34. Análisis de señalización del PR 51+000 al PR 52+500 Sentido Bogotá-Girardot

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR 51+390 desvío a carretera Silvania-Tibacuy sin señalizar, en PR 52+680 falta de delineadores de curva a la derecha
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	En PR 51+585 al 51+700 demarcación antigua

SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	En PR 51+120 agrietamientos y PR52+050 baches

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 34:

- En acceso a variante Tibacuy no existe señal de bifurcación a la derecha (SP-17) de acuerdo al manual se debe disponer una señal a mínimo 50 m.
- En curva pronunciada a la derecha (PR52+680) no hay delineadores de curva señal (SP-75) de acuerdo al manual se deben disponer al menos 3 en el borde externo.
- Debido a la existencia de demarcación antigua en el tramo PR 51+585 al 51+700, se presenta confusión en los usuarios; y de acuerdo al manual la demarcación debe ser clara con el fin de regular la circulación y guiar a los usuarios de la vía.
- Los cambios en la superficie sin señal preventiva de acuerdo al manual, pueden poner en riesgo la seguridad de los usuarios por pérdidas de control en los vehículos.
- En PR52+100 puente sin señalizar: no existe la señal de prevención para informar a los usuarios la existencia de un puente o demás estructuras que varíen el tránsito normal en la vía.

8.7.1.3. Características tramo 3 del PR 52+500 al PR 54+000

Cuadro 35. Análisis datos de campo del PR 52+500 al PR 54+000

Tramo 3 PR 52+910				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	0,90m	1,8m	1,8m	No cumple. No existe concordancia entre las medidas. De acuerdo a las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,60m	3,61m	3,65m	No cumple. Se evidencia que la medida dada en el diseño si cumple con lo establecido por la norma, sin embargo lo que se encontró en campo no cumple por poco a la medida dada por la norma.
Ancho de calzada	7,30m	7,30m	7,30m	Cumple a pesar de la inequidad en la longitud de los carriles.
Berma interna	0,90m	0,60m	0,5m	Cumple, el valor tomado en campo satisface lo establecido por la norma, lo que disminuye el riesgo de incidentes de choques laterales con los separadores.

Ancho de corona	9,10m	9,72m	9,40m	No cumple. Según los planos de diseño geométrico el valor debería cumplir con lo establecido en la norma sin embargo en campo se evidencia que la medida no es la adecuada.
Ancho de Separador	4m	3,9m	4m	Cumple con lo especificado en el manual.

Fuente: Elaboracion propia

Evaluación general del tramo 3 en campo:

- De acuerdo a lo obtenido en el cuadro 35, de la información analizada en campo, el 50% de los parámetros no cumple con lo establecido en el manual de diseño geométrico del INVIAS, donde el ancho de berma externa y el ancho de carril son factores que pueden aumentar la probabilidad de accidentes debido al poco espacio entre vehículos o elementos a borde vía.
- En los PR 53+100 y 53+200 se presentan hundimientos que pueden ocasionar la pérdida de control de los vehículo, siendo este un aspecto negativo para el transito seguro y cómodo de los usuarios que transitan la vía.
- Acceso a la vía antigua en el PR 53+281: en el PI#123 la doble calzada presenta un desvío perteneciente a la vía antigua sin ningún tipo de señalización, lo cual puede generar confusión en los usuarios provocando un descarrilamiento y por consiguiente un accidente.
- Demarcación vía antigua PR 53+400: la presencia de demarcación antigua es un factor de confusión importante que afecta directamente a los usuarios aumentando la probabilidad de accidente en este tramo.
- No hay continuidad en barrera de contención en el separador en la curva PR 53+750, permitiendo el paso a vehículos a la otra calzada.

- Puente peatonal sin señalización de límite de altura en el PR 53+870 lo cual puede ser factor de riesgo para los vehículos de tráfico pesado con un altura cercana a la altura del puente

8.7.1.3.1. Análisis de señalización

Cuadro 36. Análisis de señalización del PR 52+500 al PR 54+000 Sentido Bogotá-Girardot

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR53+281 desvío sin señalización
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	En PR53+400 demarcación antigua
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	En PR53+100 y PR53+200 se presentan hundimientos y reparcheo

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 36:

- Acceso sin señal preventiva (SP-22) en donde no se advierte a los usuarios la incorporación de nuevos vehículos a la vía.
- Debido a la existencia de demarcación antigua en el PR53+400, se presenta confusión en los usuarios; y de acuerdo al manual la demarcación debe ser clara con el fin de regular la circulación y guiar a los usuarios de la vía.
- En PR53+100 y PR53+200 existen cambios en la superficie sin señal preventiva de acuerdo al manual, estos pueden poner en riesgo la seguridad de los usuarios por pérdidas de control en los vehículos.

8.7.1.4. Características tramo 4 del PR 54+000 al PR 55+500

Cuadro 37. Análisis datos de campo del PR 54+000 al PR 55+500

Tramo 4 PR 54+190				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	0,90m	1,8m	1,8m	No cumple. No existe concordancia entre las medidas. De acuerdo a las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,60m	3,61m	3,65m	No cumple. Se evidencia que la medida que se encontró en campo no cumple por poco a la medida dada por la norma pero si una similitud con la de diseño.
Ancho de calzada	7,90m	7,26m	7,30m	Cumple, el ancho de calzada en este tramo cumple por encima de lo establecido permitiendo mayor espacio a los usuarios para los desplazamientos y movimientos preventivos.

Berma interna	No tiene	0,56m	0,5m	No presenta berma interna, en este punto la vegetación invadió la berma dificultando su medida y su ubicación.
Ancho de corona	8,80m	9,74m	9,40m	No cumple. Al no existir berma interna el valor del ancho de la corona disminuye drásticamente.
Ancho de Separador	4,40m	3,9m	4m	Cumple con lo especificado por la norma.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 4 en campo:

- De acuerdo a lo obtenido en el cuadro 37, de la información analizada en campo, el 33,3 % de los parámetros no cumple con lo establecido en el manual de diseño geométrico del INVIAS, berma externa, ancho de carril, berma interna y ancho de corona angostos.
- Altas velocidades por pendiente -5.1% el descenso en este tramo hace que los vehículos aumenten su velocidad, teniendo en cuenta que se cruzan una curva horizontal con una vertical, siendo este un punto de riesgo para los usuarios.
- Tramo de alta velocidad sin señal R-103. En este tramo no existe ningún tipo de señalización que regule la velocidad, convirtiéndose en un tramo donde la velocidad promedio se encuentra alrededor de los 70 km/h. velocidad que excede la velocidad de diseño de la vía.

8.7.1.4.1. Análisis de señalización

Cuadro 38. Análisis de señalización del PR 54+000 al PR 55+500 Sentido Bogotá-Girardot

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	Salida de vehículos sin señalizar en PR54+810; curva a la derecha (SP-04) sin señalizar en PR54+305
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	PR54+010 bandas alertadoras desvanecidas en zona de peatones
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	Reparqueo y marcas de frenado en PR54+012

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 38:

- En PR54+810 no existe señalización preventiva de acuerdo al manual se debe disponer una señal (SP-22) en donde se advierta la incorporación de vehículos a la vía.
- En PR54+010 que corresponde a una zona de flujo peatonal las bandas alertadoras no cumplen, ya que según el manual deben ser 10 líneas transversales espaciadas a 50 o 100 cm dispuestas con el fin de reducir la velocidad de los vehículos y advertir una zona de flujo peatonal.
- Se evidencia en el PR54+012 reparqueo en donde las probabilidades de perder el control del vehículo aumenta siendo un factor de accidentes y se argumenta con marcas de frenado en esta misma abscisa

- Señalización SP-06 no visible en el PR 54+200: en curva a la izquierda PI#125 la visibilidad de la señal es nula por obstáculos a borde vía como vehículos estacionados u otros obstáculos.
- Falta de señalización en el PR 54+950 al 55+200: en este tramo se presentan dos curvas la cuales presentan falencias en cuanto a delineadores de curva y señal preventiva SP-06 para advertir al usuario de una curva pronunciada.

8.7.1.5. Características tramo 5 del PR 55+500 al PR 56+800

Cuadro 39. Análisis datos de campo del PR 55+500 al PR 56+800

Tramo 5 PR 55+920				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1,50m	1,78m	1,8m	No cumple. No existe concordancia entre las medidas. De acuerdo a las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,50m	3,67m	3,65m	No cumple. Los valores de diseño y de norma son similares, pero el valor medido en campo está por debajo de lo establecido por el manual lo que limitaría el espacio para maniobra de vehículos ocasionando probables choques laterales.

Ancho de calzada	7,20m	7,36m	7,30m	No cumple. Se evidencia que la medida dada en el diseño si cumple con lo establecido por la norma, sin embargo lo que se encontró en campo no cumple por poco a la medida dada por la norma
Berma interna	0,70m	0,60m	0,5m	El valor de la berma interna cumple con lo establecido por la norma, lo que garantiza seguridad a la hora de evitar accidentes por choques laterales en los separadores.
Ancho de corona	9,40m	9,74m	9,40m	Cumple. el valor de campo cumple con el valor establecido por la norma, son embargo se evidencia una diferencia entre los valores de campo y de diseño geométrico de la vía.
Ancho de Separador	6m	3,98m	4m	Cumple, el separador cumple con lo establecido por la norma.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 5 en campo:

- De acuerdo a lo mostrado en el cuadro 39 el 50% de los aspectos evaluados no cumplen con los aspectos óptimos para garantizar la seguridad en la carretera.
- En ancho de berma externa no cumple, ni con lo establecido por el INVIAS ni con lo medido en planos, siendo este un parámetro que puede aumentar la probabilidad de accidente debido a obstáculos, ya sean carros con fallas mecánicas y demás obstáculos que alteren el transito normal de la vía

- El Ancho de carril medido en campo no cumple, con lo especificado en la norma ni con lo medido en los planos, el cual tiene un ancho de 3,50 m donde limita el espacio de tránsito y aumenta la probabilidad de que se generen choques laterales.
- Debido al incumplimiento de anchos de bermas y carriles, el ancho de calzada medida en campo esta 10 cm por debajo de lo establecido en el manual del INVIAS, siendo este un factor que limita el espacio propio de los usuarios afectando directamente la comodidad y seguridad de los mismos.

8.7.1.5.1. Análisis de señalización

Cuadro 40. Análisis de señalización del PR 55+500 al PR 56+800 Sentido Bogotá-Girardot

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR56+580 señal informativa con poca visibilidad,
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	Bandas alertadoras difusas en PR56+750
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	En PR56+650 Hundimiento y presencia de baches

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 40:

- Las señales informativas (SI-05) según el manual deben ser visibles y consistentes, para brindar a los usuarios información clara de la vía, En PR56+580 la señal de intersección no es visible debido a obstáculos (árboles) a borde de vía.
- En el PR56+750 que corresponde a una zona de comercio las bandas alertadoras no cumplen, ya que según el manual deben ser 10 líneas

trasversales completamente visibles que adviertan a los usuarios y disminuyan la velocidad de estos.

- De acuerdo al manual del INVIAS la superficie de la vía debe ser uniforme y confortable con el fin de ofrecer seguridad a los usuarios, en el PR56+650 existen defectos en el pavimento que pueden causar una pérdida de control en los vehículos y así mismo un accidente.

8.7.2. Datos de campo sentido Girardot- Bogotá

8.7.2.1. Características tramo 5 del PR 56+800 al PR 55+500

Cuadro 41. Análisis datos de campo del PR 56+800 al PR 55+500

Tramo 5 PR 56+700				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1,20m	1,8m	1,8m	No cumple. No existe concordancia entre las medidas. De acuerdo a las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,40m	3,62m	3,65m	Se evidencia que el carril es mucho menor al estipulado por la norma, lo que limita la movilidad de los vehículos en caso de maniobras repentinas.
Ancho de calzada	7,10m	7,19m	7,30m	No cumple. Se evidencia que la medida dada en el

				diseño si cumple con lo establecido por la norma, sin embargo lo que se encontró en campo no cumple por poco a la medida dada por la norma
Berma interna	1m	0,55m	0,5m	Se evidencia un aumento del doble de lo estipulado por la norma en campo, esto debido a una disminución del separador en este punto.
Ancho de corona	9,30m	9,73m	9,40m	No cumple, el ancho de la corona es mucho menor al establecido por la norma.
Ancho de Separador	4m	4,28m	4m	Cumple con lo estipulado en el manual.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 5 en campo:

- De acuerdo a lo mostrado en el cuadro 41 el 66,7% de los aspectos evaluados no cumplen con los aspectos óptimos para garantizar la seguridad en la carretera.
- El ancho de berma externa medida en campo no cumple con lo establecido en el manual de diseño, siendo 60 cm menor al valor reglamentado, en consecuencia se aumenta la probabilidad de accidente por obstáculos, ya sean carros con fallas mecánicas y demás que alteren el transito normal de la vía.
- El ancho de carril de 3,40 m se considera angosto de acuerdo a lo reglamentado en el manual del INVIAS siendo este un factor que puede provocar un accidente debido a la limitación del espacio en el transito normal de los usuarios.

8.7.2.1.1. Análisis de señalización

Cuadro 42. Análisis de señalización del PR 56+800 al PR 55+500 Sentido Girardot-Bogotá

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR56+700 se presenta una barrera discontinua en curva hacia la izquierda.
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	En PR56+800 se presentan demarcación difusa.
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	En PR56+800 y PR56+300 reparcheo. En 55+750 bache en carril derecho

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 42:

- En PR58+700 la falta de continuidad en barrera metálica afecta directamente la seguridad de los usuarios, debido a que en caso de una pérdida de control en la curva por parte de un usuario se puede producir un accidente grave.
- La falta de claridad en la demarcación puede ser causa directa del aumento de accidentes debido a que los usuarios presentan confusión al momento de elegir la ruta correcta.

8.7.2.2. Características tramo 4 del PR 55+500 al PR 54+000

Cuadro 43. Análisis datos de campo del PR 55+500 al PR 54+000

Tramo 4 PR 55+440				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1,90m	1,77m	1,8m	El ancho de berma medido en este tramo es consistente con lo establecido en el manual de diseño geométrico, siendo este lo suficiente ancho para que un vehículo no obstaculice el tránsito normal en caso de una falla mecánica, o se presente algún obstáculo que afecte el tránsito y así mismo ocasionar un accidente.
Ancho de carril	3,50m	3,6m	3,65m	No cumple. Los valores de diseño y de norma son similares, pero el valor medido en campo está por debajo de lo establecido por el manual lo que limitaría el espacio para maniobra de vehículos ocasionando probables choques laterales.
Ancho de calzada	7,20m	7,28m	7,30m	No cumple. Se evidencia que ni la medida de diseño ni la campo cumplen con la estipulada por la norma.
Berma interna	No tiene	0,60m	0,5m	No presenta berma interna, en este punto la vegetación invadió la berma dificultando su

				medida y su ubicación.
Ancho de corona	9,10m	9,6m	9,40m	No cumple, el ancho de la corona es mucho menor al establecido por la norma.
Ancho de Separador	4m	3,8m	4m	Cumple con lo especificado en el INVIAS.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 4 en campo:

- De acuerdo a lo mostrado en el cuadro 43 el 66,7% de los aspectos evaluados no cumplen con los aspectos óptimos para garantizar la seguridad en la carretera.
- El Ancho de carril medido en campo no cumple, con lo especificado en la norma ni con lo medido en los planos, el cual tiene un ancho de 3,50 m donde limita el espacio de tránsito y aumenta la probabilidad de que se generen choques laterales.
- En el PR55+440 no existe berma interna debido a que la vegetación del separador consumió por completo este elemento, siendo este un factor de riesgo directo por falta de fricción entre el pavimento y la rueda o por posible choque con elementos a borde de separador repentinamente.
- Debido al incumplimiento de anchos de bermas y carriles, el ancho de calzada medida en campo esta 10 cm por debajo de lo establecido en el manual del INVIAS, siendo este un factor que limita el espacio propio de los usuarios afectando directamente la comodidad y seguridad de los mismos.

8.7.2.2.1. Análisis de señalización

Cuadro 44. Análisis de señalización del PR 55+500 al PR 54+000 Sentido Girardot-Bogotá

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR55+200 y en 55+000 no existe señal de curva a la derecha.
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	En PR55+220 existencia de demarcación antigua. En PR54+080 bandas alertadoras difusas en proximidad a zona escolar y demarcación antigua.
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	En PR54+940 ahuellamiento en la capa de rodadura y en PR54+800 marcas de frenado en pavimento.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 44:

- En PR55+200 y PR55+000 no se observa señal de curva a la derecha (SP-04) siendo esta causa directa a posibles salidas de la vía por parte de los usuarios, los cuales no se previenen debido a la falta de la señal.
- En PR54+080, que corresponde a una zona escolar, las bandas alertadoras no cumplen, ya que según el manual deben ser 10 líneas transversales espaciadas a 50 o 100 cm dispuestas con el fin de reducir la velocidad de los vehículos y advertir una zona de flujo peatonal.

- En PR54+940 se evidencian ahuellamientos, donde las probabilidades de perder el control del vehículo aumenta siendo un factor de accidentes

8.7.2.3. Características tramo 3 del PR 54+000 al PR 52+500

Cuadro 45. Análisis datos de campo del PR 54+000 al PR 52+500

Tramo 3 PR 53+610				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1,8m	1,8m	1,8m	Cumple. Se evidencia que el valor de las tres categorías (campo, plano y norma).
Ancho de carril	3,50m	3,6m	3,65m	No cumple. Se evidencia que la medida dada en el diseño y la de campo no cumplen con lo establecido por la norma.
Ancho de calzada	7,20m	7,32m	7,30m	No cumple. Se evidencia que la medida dada en el diseño si cumple con lo establecido por la norma, sin embargo lo que se encontró en campo no cumple por poco a la medida dada por la norma
Berma interna	0,70m	0,60m	0,5m	No hay coherencia entre la medida de diseño y las de campo, pero las medidas de campo si cumplen con las de la norma.
Ancho de corona	9,70m	9,72m	9,40m	Cumple a pasar de la diferencia de valores entres el diseño y campo.

Ancho de Separador	4m	4,02m	4m	Cumple con lo especificado en los planos y en el manual.
--------------------	----	-------	----	--

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 3 en campo:

- De acuerdo a lo mostrado en el cuadro 45 el 33,3% de los aspectos evaluados no cumplen con los aspectos óptimos para garantizar la seguridad en la carretera.
- El Ancho de carril medido en campo no cumple, con lo especificado en la norma ni con lo medido en los planos, el cual tiene un ancho de 3,50 m donde limita el espacio de tránsito y aumenta la probabilidad de que se generen choques laterales.
- Debido al incumplimiento de anchos de carriles, el ancho de calzada medida en campo esta 10 cm por debajo de lo establecido en el manual del INVIAS, siendo este un factor que limita el espacio propio de los usuarios afectando directamente la comodidad y seguridad de los mismos.

8.7.2.3.1. Análisis de señalización

Cuadro 46. Análisis de señalización del PR 54+000 al PR 52+500 Sentido Girardot-Bogotá

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR53+870 puente peatonal sin señal de altura limite. En 53+610 salida y entrada de vehículos sin señalizar. En PR52+510 entrada y salida de vehículos sin señalizar.
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	Desde PR52+750 a PR52+700 se presenta demarcación antigua. En

	PR52+680 demarcación difusa de división de carril.
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	En PR53+800 marcas de frenado en pavimento. Desde PR53+400 a PR53+200 reparcho y agrietamiento existente en curva a la derecha. En 53+100 baches en la vía.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 46:

- En PR53+870 no existe señal SR-32 que limita la altura máxima del puente peatonal, siendo esta posible causa de colisión al paso de vehículos con alturas mayores a la del puente peatonal.
- Entrada y salida de vehículos sin carril de desaceleración ni señal preventiva (SP-22), de acuerdo al manual se deben disponer a no menos de 100 y 50 metros
- Debido a la existencia de demarcación antigua del PR52+750 al PR52+700, se presenta confusión en los usuarios; y de acuerdo al manual la demarcación debe ser clara con el fin de regular la circulación y guiar a los usuarios de la vía.
- Los cambios en la superficie sin señal preventiva de acuerdo al manual, pueden poner en riesgo la seguridad de los usuarios por pérdidas de control en los vehículos.

8.7.2.4. Características tramo 2 del PR 52+500 al PR 51+000

Cuadro 47. Análisis datos de campo del PR 52+500 al PR 51+000

Tramo 2 PR 52+400				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1m	1,7m	1,8m	No cumple. No existe concordancia entre las medidas. De acuerdo a las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,7m	3,7m	3,65m	Se presenta concordancia entre los valores de diseño y campo, de igual manera cumple con lo estipulado en la norma.
Ancho de calzada	7,60m	7,12m	7,30m	El ancho de calzada cumple con lo dicho por la norma, sin embargo cabe resaltar que los Anchos de carril son dispares lo que se evidencia en la longitud del ancho de la calzada.
Berma interna	1,10m	0,59m	0,5m	Se evidencia un aumento de más del doble de lo estipulado por la norma en campo, esto debido a una disminución del separador en este punto.

Ancho de corona	9,70m	9,74m	9,40m	El ancho de la corona es más de lo reglamentado por la norma, cumpliendo a pesar de la diferencia de valores entre el diseño y campo.
Ancho de Separador	3m	4,05m	4m	El separador no cumple con la mínima reglamentada por la norma, da evidencia de el gran valor de la berma interna en dicho tramo.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 2 en campo:

- De acuerdo a lo mostrado en el cuadro 47 el 33,3% de los aspectos evaluados no cumplen con los aspectos óptimos para garantizar la seguridad en la carretera.
- El ancho de berma externa no cumple con lo establecido en el manual del INVIAS, ya que esta 80 cm menor al valor reglamentado siendo esto un factor que puede aumentar la probabilidad de accidentes por elementos a borde vía.
- El ancho del separador no cumple con los mínimos 4 metros establecidos en el manual de diseño siendo esta una causa de posible accidente por ser una vía primaria de alto flujo vehicular en ambos sentidos.

8.7.2.4.1. Análisis de señalización

Cuadro 48. Análisis de señalización del PR 52+500 al PR 51+000 Sentido Girardot-Bogotá

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR51+800 no hay señal preventiva de curva a la derecha. En PR51+560 en puente peatonal no se observa señal de altura límite.
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	En PR51+800 bandas alertadoras desvanecidas en proximidad a curva a la derecha y zona escolar.
SUPERFICIE DE RODADURA	
Estado de la superficie	En PR52+100 ahuellamiento en puente vehicular. En PR51+820 y PR51+590 marcas de frenado anterior a curva a la derecha y pendiente descendiente respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 48:

- En PR51+800 no se observa señal de curva a la derecha (SP-04) siendo esta causa directa a posibles salidas de la vía por parte de los usuarios, los cuales no se previenen debido a la falta de la señal.
- En PR51+560 no existe señal SR-32 en puente peatonal siendo este un factor de riesgo para los vehículos

8.7.2.5. Características tramo 1 del PR 51+000 al PR 49+500

Cuadro 49. Análisis datos de campo del PR 51+000 al PR 49+500

Tramo 1 PR 49+580				
Elementos	Campo	Plano	Especificaciones INVIAS	Observaciones
Berma externa	1,30m	1,78m	1,8m	En las especificaciones del INVIAS la berma debe tener como mínimo un ancho de 1,8 m, con el fin de prevenir un accidente por obstáculos a borde vía ya sean, arboles, vehículos, varados, y demás objetos que puedan provocar un choque.
Ancho de carril	3,50m	3,62m	3,65m	No cumple. Se evidencia que la medida dada en el diseño y la de campo no cumplen con lo establecido por la norma.
Ancho de calzada	7,20m	7,27m	7,30m	No cumple. Se evidencia que ni la medida de diseño ni la campo cumplen con la estipulada por la norma.
Berma interna	0,5m	0,65m	0,5m	Cumple. el valor de campo es concordante con lo establecido por la norma sin embargo los valores de diseño no coinciden con los de campo.
Ancho de corona	9,0m	9,71m	9,40m	No cumple, el ancho de la corona es mucho menos al establecido por la norma.
Ancho de Separador	0,90m	3,97m	4m	No cumple, el ancho de separador es menos de un metro, generando inseguridad a los usuarios de la vía al ser un punto vulnerable a choques frontales.

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general del tramo 1 en campo:

- De acuerdo a lo mostrado en el cuadro 49 el 83,3% de los aspectos evaluados no cumplen con los aspectos óptimos para garantizar la seguridad en la carretera.
- El Ancho de carril medido en campo no cumple, con lo especificado en la norma ni con lo medido en los planos, el cual tiene un ancho de 3,50 m donde limita el espacio de tránsito y aumenta la probabilidad de que se generen choques laterales.
- El ancho de separador medido en campo no cumple con los establecido en el manual de diseño, el cual tiene 0,9 metros de ancho siendo este un factor de riesgo para un vía primaria de alto flujo debido a que los vehículos transitan a altas velocidades y se debe garantizar la seguridad teniendo separadores lo suficientemente anchos para separar los dos sentidos.

8.7.2.5.1. Análisis de señalización

Cuadro 50. Análisis de señalización del PR 51+000 al PR 49+500 Sentido Girardot-Bogotá

SEÑALIZACIÓN VERTICAL	
Consistencia	En PR49+940 falta de señal preventiva de curva a la derecha. En PR49+550 puente peatonal sin señal de límite de altura.
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	
Demarcación	En PR49+700 demarcación antigua existente
SUPERFICIE DE RODADURA	

Estado de la superficie	En PR50+015 marcas de frenado
-------------------------	-------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Evaluación general en el tramo de acuerdo a lo obtenido en el cuadro 50:

- En PR49+940 no existe señal preventiva SP-04 que advierta a los usuarios de la existencia de una curva pronunciada a la derecha siendo un factor que puede aumentar la probabilidad de accidente en la vía.
- En PR49+500 no existe señal SR-32 que limita la altura máxima del puente peatonal, siendo esta posible causa de colisión al paso de vehículos con alturas mayores a la del puente peatonal.
- En PR49+700 se observa demarcación antigua la cual es causante de confusión en los usuarios debido a que pueden aumentar la probabilidad de accidente por cambios de rutas repentinas.

9. CONCLUSIONES

- Se identificó que la ruta Bogotá-Girardot en el tramo comprendido entre Silvania y Fusagasugá en ambos sentidos no está cumpliendo con los parámetros estipulados en los planos de diseño geométrico otorgados por la concesión Autopista Bogotá- Girardot ni con la normatividad del INVIAS, en el cual se presentan puntos críticos que pueden ser ocasionados por elementos que no cumplen como lo son: ancho de bermas, ancho de separador, ancho de calzada y de carriles, de igual manera radios de curvatura pequeños y peraltes que afectan la estabilidad de los vehículos; igualmente La inconsistencia en la falta de señalización, es uno de los factores con mayor incidencia en la seguridad de los usuarios de la vía. En el tramo de estudio se evidencia la falta de señalización vertical y demarcación horizontal, los cuales son causas directas de confusión a los usuarios generando accidentes en la vía.
- Se determinaron los puntos críticos en el tramo de estudio, en el sentido Bogotá- Girardot del PR 50+250 al PR 50+400, PR 51+200 al PR 51+400, PR 55+750 al PR 55+850. En sentido Girardot- Bogotá del PR 56+200 al PR 56+050 y del PR 51+300 al PR 51+100. Los cuales ocasionan que los vehículos en dichos puntos presenten alta accidentalidad.
- Se analizó que el incremento en la accidentalidad en el tramo de estudio se dio a partir del año 2013, fecha en la que se puso en operación la vía doble calzada, teniéndose una variación de los accidentes del 30 %, esto debido a factores que no se ven estipulados en los datos estadísticos entregados. De igual manera cuando se puso en operación la doble calzada se disminuyeron tiempos de viaje, incrementando las velocidades con la que transitan los usuarios, es por este factor e inconsistencias en el diseño geométrico que ocurrieron la mayoría de siniestros, aumentando los índices de accidentalidad y peligrosidad en esta vía.

10. RECOMENDACIONES

Tipo de tratamiento	Ejemplo
Separador de carril de desaceleración del retorno ° <i>Delineadores tubulares simples.</i> Retorno PR 50+000	Los delineadores pueden ser utilizados para limitar a los usuarios sobre la opción de giro para los vehículos. Ayudan al conductor en la visualización de bifurcaciones. 
Reducción de peligros laterales en la vía ° <i>Delineador de corona (hitos de arista).</i> ° <i>Señal delineador de curva horizontal SP-75.</i> PR 50+690; PR 52+680; PR 54+270; PR 54+700; PR 55+000	Los delineadores de corona es un poste dotado de varios elementos retrorreflectivos. Cuando no se utiliza este se puede utilizar los delineadores de curva horizontal, estos con el fin de guiar al conductor en la curva. 
Mejora en la señalización ° <i>Implementación de señal SR-32 y SR-31.</i> PR 49+550; PR 50+460; PR 51+520; PR 53+870	Se hace indispensable implantar las señales de altura permitida y peso máximo bruto permitido con el fin de notificar al conductor y conductora sobre la altura máxima total permitida a los vehículos y su carga máxima para el tránsito por la vía. 

Tipo de tratamiento	Ejemplo
° <i>Bifurcación a la derecha SP-17.</i> ° <i>Hito de vértice.</i> ° <i>Marcador de obstáculos verticales.</i> PR 51+390	Se hace necesario la implementación de la señal SP-17 advirtiendo al conductor sobre la proximidad a una bifurcación de la vía por el costado derecho de la misma. De igual manera se debe complementar con elementos retrorreflectantes. 
° <i>Demarcación de tránsito convergente.</i> PR 51+430; PR 56+677,04	Ocurre en salidas en enlaces, cuando se presentan bifurcaciones se genera un área neutra con el fin no generar conflicto con el carril de aceleración. 
° <i>Implementación señal SP-26 depresión.</i> ° <i>Implementacion señal SP-06 curva y contra curva cerrada primera a la derecha .</i> PR 53+100; PR 53+200 PR 54+200	Se presenta tramos de la vía donde existen hundimientos sin demarcación lo que podría ocasionar pérdida de control del vehículo. De igual manera se evidencia la no existencia de señales que alerten contra curva a los usuarios. 

Tipo de tratamiento	Ejemplo
Señalización antigua ° <i>Ocultar demarcación horizontal antigua</i> . PR49+640;PR49+700; PR50+800;(PR 51+585 al PR51+700);PR53+400;PR56+800;PR55+220	Se presenta señal antigua, causando confusión a los usuarios, existen lugares donde da la apariencia de recta cuando en realidad es una curva. 
Separadores de calzada ° <i>Barreras de seguridad</i>.	Los separadores de las calzadas pueden ser zonas verdes o duras, son embargo cuando el separador separa los 4 metros, se puede pensar en colocar barreras de seguridad donde la velocidades son elevadas. 
VELOCIDADES ° <i>Control de velocidad</i>. Tramo 2	En el tramo dos de estudio se presentan los mayores niveles de velocidad, por lo que se recomienda hacer mayor control por parte de las autoridades competentes y con ello revisar la consistencia de las señales SR-30 presentes en el tramo de estudio. 

Tipo de tratamiento	Ejemplo
Zonas despejadas <i>°Habilitación de zonas despejadas.</i> PR 55+040; PR 56+700	El tramo de estudio no presenta zonas despejadas, es necesario implementar un diseño de estas zonas que ayude a controlar los riesgos de accidentalidad cuando el vehiculo pierda el control. Los PR 55+040 y PR 56+700 presentan espacio para su construcción 

REFERENCIAS

Agencia Nacional de Seguridad Vial Observatorio de Seguridad Vial. Relevamiento de indicadores estadísticos en materia de Seguridad Vial en Argentina, consignando autor y entes que utilizan cada uno. [En línea]. Disponible en <<http://observatoriovial.seguridadvial.gov.ar/documentos/ops/relevamiento-de-indicadores-estadisticos-en-materia-de-seguridad-vial-en-argentina.pdf>>. [Consultado 05 Dic. 2015]

AGUDELO, Jhons Jairo. Diseño geométrico de vías ajustado al manual colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Vías y Transporte. Medellín.: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de minas, 2012, .80 p.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. Ley 769 del 6 de agosto del 2012. [Consultado el 7 de octubre de 2015]. Disponible en internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5557>>

CÁRDENAS GRISALES James. Diseño Geométrico de Carreteras. Bogotá: Ecoe. 2005.

CIFUENTES, Nancy. Estudio de seguridad vial para determinar la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá-Villavicencio a partir de la salida del túnel de boquerón a puente Quetáme. Tesis para optar al Grado de Magíster en Ingeniería Civil Con énfasis en Tránsito y Transporte. Bogotá.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Énfasis en tránsito y transporte. Profundización, 2014. 59 p

COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley 769 (7, Agosto, 2002). Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: El Congreso, 2012 1 p.

CONGRESO DE COLOMBIA. Ley No. 1702 del 27 de Diciembre del 2013. [Consultado el 16 de octubre del 2015] Disponible en internet <<http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/2013/LEY%201702%20DEL%2027%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202013.pdf>>

CONCESION AUTOPISTA BOGOTA-GIRARDOT. Descripción del proyecto [en línea]. [Consultado 25 de enero del 2016]. Disponible en <<http://www.bogotagirardot.com/?funcion=seccion&mod=3>>

FAJARDO, Luis. Los países con las mejores y las peores carreteras en A. Latina. En: BBC mundo. [En línea]. [Consultado 9 sep. 2015]. Disponible en <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150609_economia_mejores_peores_carreteras_lf>

GUEVARA, Carlos. Las 10 carreteras con más accidentes en el país: La lista la encabezan las vías que conectan a Bogotá con otros municipios. En: El Tiempo. [En línea]. (17, Ago., 2014). [Consultado 10 sep. 2015]. Disponible en <<http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/las-carreteras-con-mas-accidentes-de-colombia/14395645>>

INGENIERIA DE TRANSPORTES. Factores de los accidentes de tránsito. En: Ingeniería de transportes. [En línea]. (2009). [Consultado 20 Oct. 2015]. Disponible en <<http://ingenierodetransporte.blogspot.com/2009/09/factores-en-los-accidentes-de-transito.html>>

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. INVIAS. Manual De Diseño Geométrico de carreteras. Bogotá: Invias, 2008

Ley 1450 de 2011(Junio 16). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. Bogotá D.C.: Diario Oficial. 48102 de junio 18 de 2011

Manual de auditorías en seguridad vial. Bogotá: 2005 [Consultado el 11 de Septiembre de 2015]. <Disponible Internet: <http://transito.worldtrainingcolombia.com/pdf/MASV.pdf>>

MARTINEZ, Ricardo y OLIVARES, Elber Ramiro. Metodología para la atención de puntos críticos para garantizar la seguridad vial en carreteras. Monografía presentada como requisito de grado para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería Civil, 2012. 65 p.

Manual de señalización Vial, 2004. [Consultado el 15 de Octubre de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/01_general/documentos/27102008/manual_senalizacion.pdf>

MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Manual de Diseño Geométrico 2008. [Consultado el 15 de Octubre de 2015]. Disponible en Internet: http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/informacion_institucional/20122007/documento_tecnico.jsp

MINISTERIO DEL TRANSPORTE. Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2016. [Consultado el 15 de Octubre de 2015]. Disponible en Internet: <<http://www.ani.gov.co/sites/default/f>>

MCMAHON, K. y DAHDAH, S. el verdadero costo de las colisiones viales: el valor de una vida y el costo de una lesión grave. En: IRAP [en línea]. Disponible en <<http://www.irap.net/about-irap-3/research-and-technical-papers?download=46:el-verdadero-costo-de-las-colisiones-viales-el-valor-de-una-vida-y-el-costo-de-una-lesion-grave>> [consultado el 10 de noviembre de 2015].

COLOMBIA. CONGRESO DE COLOMBIA. Ley No 1702 (27, Diciembre, 2013). Por la cual se crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial y se dictan otras disposiciones. Bogotá D, C.: El Congreso, 2013. 15 p.

OBSERVATORIO EMPRESARIAL Y DE COMPETITIVIDAD DEL VALLE DEL CAUCA. Importancia estratégica del sistema doble calzada corredor vial Buga – Buenaventura. [En línea]. [Consultado el 19 de abril de 2016]. Disponible en <<http://www.observatoriovalle.org.co/wp-content/uploads/2012/05/Conpes-34225.pdf>>.

OLIMPIADAS NACIONALES DE CONTENIDOS EDUCATIVOS EN INTERNET La señalización vial. [En línea]. [Consultado el 10 de Diciembre de 2015]. Disponible en <<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi99/interolimpicos/transito/espaniol/senializ.htm>>

TRANSPORTE 1UJCV. El transito promedio anual. [En línea]. Disponible en internet <<http://transpote1ujcv.blogspot.com.co/2011/02/el-transito-promedio-diario-anual-tpda.html>>. [Consultado el 10 de noviembre de 2015]

ANEXOS