

**EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL Y ACCIDENTALIDAD EN LA RUTA
2502 EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE PR 5+000 Y PR 28+000
(PASTO - CHACHAGUÍ DEPARTAMENTO DE NARIÑO)**

**WILLIAM ANDRÉS CUMBAL CHAVES
ROMMEL ALVEIRO CUASTUMAL RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2015**

**EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL Y ACCIDENTALIDAD EN LA RUTA
2502 EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE PR 5+000 Y PR 28+000
(PASTO - CHACHAGUÍ DEPARTAMENTO DE NARIÑO)**

**WILLIAM ANDRÉS CUMBAL CHAVES
ROMMEL ALVEIRO CUASTUMAL RODRÍGUEZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Asesor:
Ing. MSc. JORGE LUIS ARGOTY BURBANO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2015**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores.

Artículo 1^o del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

“La Universidad de Nariño no se hace responsable de las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las norma sobre el derecho de autor”.

Artículo 13, Acuerdo N. 005 de 2010 emanado del Honorable Consejo Académico.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma de presidente del jurado

Firma de jurado

Firma de jurado

San Juan de Pasto, agosto de 2015

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño, Alma Mater y centro de conocimiento, por permitir formarnos profesionalmente en la rama de la Ingeniería Civil.

Al Ingeniero MSc. Jorge Luis Argoty Burbano, Director de trabajo de grado, por brindarnos la oportunidad de desarrollar el presente proyecto, guiarnos respecto al desarrollo teórico y conceptual del mismo, su valioso tiempo aportado y las diferentes herramientas que como docente del área de Vías y Transporte nos aportó durante nuestra formación profesional.

A los Ingenieros Esp. Guillermo Muñoz Ricaurte y Esp. Luis Armando Merino Chamorro, quienes con sus sugerencias y recomendaciones respecto a la formulación del proyecto, dieron claridad referente al camino a seguir para desarrollar un trabajo exitoso, e igualmente como docentes en el área de Vías y Transporte nos aportó durante nuestra formación profesional

A los docentes, que compartieron sus enseñanzas y conocimientos para poder alcanzar objetivos cada vez más grandes.

RESUMEN

Siendo la Ruta 2502 entre el PR 5+000 y el PR 28+000 una vía sumamente transitada por vehículos pesados, vehículos particulares, motos, ciclistas y peatones, es inminente el riesgo de accidentalidad al interactuar en este medio, y muchas veces son eventos con resultados fatales, es así que este tramo vial, que hace parte de la Panamericana, por ser un medio de comunicación terrestre muy importante debe garantizar la mayor seguridad y comodidad a sus usuarios, teniendo en cuenta esto se ha visto la necesidad de proporcionar información para tomar medidas y reducir la mortalidad en carreteras.

Este trabajo de tipo investigativo busca identificar esas zonas críticas de accidentalidad, donde las condiciones de la vía y su contexto no son los más adecuados, generando eventos o posibles eventos con resultados fatales, pero que tomando las medidas adecuadas ese nivel de vulnerabilidad a los usuarios puede descender otorgando mayor seguridad y comodidad a conductores, pasajeros, peatones e interesados en general.

Este estudio se logra por medio de distintas herramientas, tales como planos del diseño en planta y perfil de la vía existente, donde se evaluó la geometría de la vía e identificar las características que influyen en la accidentalidad, y en ellos se dispuso toda información recolectada y analizada tal como el inventario de señalización de tránsito, datos de accidentalidad, e información complementaria. Se obtuvo información de accidentalidad aportada por Policía de Carreteras y la Secretaria de Tránsito y Transporte de Pasto y con ella se realizó un análisis estadístico donde se pudo determinar estas zonas críticas de accidentalidad. Es importante destacar el listado de chequeo diligenciado por kilómetro en el cual se identifica las características físicas, de seguridad comodidad y confiabilidad de la vía y su contexto, esta herramienta nos sirvió para identificar las zonas críticas y las características generadoras de accidentes y por último por medio de registro filmico se actualizó el inventario de señalización vial que se consignará en el plano existente, toda esta información necesaria con el fin de determinar las zonas críticas de accidentalidad, sus características y posibles soluciones.

ABSTRACT

Since the route 2502 between the PR 5+000 and the PR 28+000 is a highly trafficked highway by heavy vehicles, particular vehicles, motorcycles, bicycles and pedestrians, there is an imminent risk of accidents in the interaction inside this environment, and many times they are events with fatal results. So that this road stretch, which is part of the Panamericana highway, for being an important terrestrial communication mean should guarantee the greater security and comfort to its users. Taking into account this, it is notorious the need of providing information to take action and decrease the mortality on the roads

This research work is aimed to identify those critical areas of accidents, where the conditions of the highways and their context are not the most suitable, they can generate events or possible events with fatal results. But taking the appropriate measures, the vulnerability level of the users can decrease and it can provide greater safety and comfort for drivers, passengers, pedestrians and public in general.

This study is achieved by mean of several tools, such as design drawing plans and the profile of the existing road, where we could evaluate the geometry of the road and to identify the characteristics which influence the accidents, and on this tools, it is provided all the collected and analyzed information such as the inventory of traffic signals, accidents data and complementary information.

The obtained information of accidents was provided by the Highway Police and the Ministry of Traffic and Transportation of Pasto and with this we performed a statistical analyze where we could determine these hot spots of accidents. It is important to highlight the checked list that was filled out by kilometer in which we can identify the physical features, comfort, safety and reliability of the road and its context. This tool was useful to identify the critical zones and the characteristics which generate accidents, and finally, by mean of film recording, the inventory of signaling traffic was updated and this will be recorded in the existing plan, with all this necessary information, with the purpose of determining critical zones of accidents, features and possible solutions.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. LA ACCIDENTALIDAD Y SEGURIDAD VIAL EN COLOMBIA	16
1.1 INFORMACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL EN COLOMBIA.....	16
1.2 ESTADÍSTICAS DE LA SEGURIDAD VIAL EN COLOMBIA	18
1.3 AUDITORÍA EN SEGURIDAD VIAL.....	19
2. LOCALIZACIÓN DE LA VÍA PASTO – CHACHAGUI	21
2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	23
2.2 ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE SEÑALIZACIÓN VIAL....	26
2.3 GENERACIÓN DE LISTADO DE CHEQUEO.....	27
2.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ACCIDENTALIDAD.....	30
2.5 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	62
2.6 TABLA RESUMEN DE ANÁLISIS GEOMÉTRICO.....	66
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	73
3.1 ANÁLISIS DE PUNTOS Y ZONAS CRÍTICAS DE ACCIDENTALIDAD...	73
3.2 ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD	74
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diseño metodológico de la investigación	22
Tabla 2. Reporte de accidentes	25
Tabla 3. Inventario de señalización vial (Anexo 3).....	27
Tabla 4. Resumen listado de chequeo.....	29
Tabla 5. Listado de chequeo ruta 2502, tramo Pr 5+000 al Pr 28+000 vía Pasto – Chachagui.....	30
Tabla 6. Tipos de accidentes	33
Tabla 7. Causas probables de accidentes con heridos	34
Tabla 8. Causas probables de accidentes con muertos	36
Tabla 9. TPD años 1997 – 2011 del tramo Pasto – Chachagui	37
Tabla 10. TPD años 2009 – 2014 del tramo Pasto –Chachagui.....	38
Tabla 11. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2009	38
Tabla 12. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2010	39
Tabla 13. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2011	40
Tabla 14. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2012	41
Tabla 15. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2013	42
Tabla 16. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2014	43
Tabla 17. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui PR 5 – PR 28....	44
Tabla 18. Evaluación de índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui...	46
Tabla 19. Puntos críticos de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui.	47
Tabla 20. Información de causas de accidentes en puntos críticos	47
Tabla 21. Tipos de accidentes PR 8+000 – 9+000	48
Tabla 22. Causa probable de accidentes en PR 8+000_9+000.....	48
Tabla 23. Curvas horizontales PR 8+000 – 9+000	49
Tabla 24. Entretangencias horizontales PR 8+000 – 9+000.....	50

Tabla 25.	Tipos de accidentes PR 10+000 – 11+000	50
Tabla 26.	Causa probable de accidentes en PR 10+000 - 11+000	51
Tabla 27.	Curvas horizontales PR 10+000 – 11+000	52
Tabla 28.	Entretangencias horizontales PR 10+000 – 11+000.....	52
Tabla 29.	Tipos de accidentes PR 13+000 – 14+000	54
Tabla 30.	Causa probable de accidentes en PR 13+000 – 14+000.....	55
Tabla 31.	Curvas horizontales PR 13+000 – 14+000	56
Tabla 32.	Entre tangencias horizontales PR 13+000 – 14+000.....	56
Tabla 33.	Tipos de accidentes PR 27+000 – 28+000	57
Tabla 34.	Causa probable de accidentes en PR 27+000.....	58
Tabla 35.	Curvas horizontales PR 27+000 – 28+000	59
Tabla 36.	Entre tangencias horizontales PR 27+000 – 28+000.....	59
Tabla 37.	Información de causas de accidentes en puntos críticos	61
Tabla 38.	Curvas horizontales PR 8+000 – 9+000	61
Tabla 39.	Entre tangencias horizontales PR 8+000 – 9+000.....	61
Tabla 40.	Manual de diseño geométrico de carreteras (Colombia)	62
Tabla 41.	Manual de diseño geométrico de carreteras (Colombia)	64
Tabla 42.	Análisis velocidad de diseño y radios mínimos	67
Tabla 43.	Zonas críticas de accidentalidad (por análisis estadístico de accidentalidad).....	73
Tabla 44.	Puntos críticos de accidentalidad (por Tesis)	74
Tabla 45.	Tramos que son riesgo potencial	75

LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1. Puntuación IRAP	17
Imagen 2. IRAT Departamento de Nariño	17
Imagen 3. Localización general del tramo de vía Pasto – Chachagui	21
Imagen 4. Accidentes geográficos del tramo de vía vista dirección Pasto– Chachagui.....	21
Imagen 5. Listado de chequeo ASV Cali	23
Imagen 6. Plano <i>en planta</i> tramo Pasto – Chachagui.....	24
Imagen 7. Plano en perfil tramo Pasto - Chachagui	24
Imagen 8. Plano en planta señalización vial.....	26
Imagen 9. Listado de chequeo diligenciado.....	29
Imagen 10. PR 8+300 sentido Pasto – Chachagui.....	50
Imagen 11. PR 10+400.....	53
Imagen 12. PR 10+600 y 10+650	53
Imagen 13. PR 10+760 y 10+800	53
Imagen 14. PR 13+000.....	56
Imagen 15. PR 13+100 y 13+300 sentido Pasto - Chachagui	57
Imagen 16. PR 13+500 sentido Pasto – Chachagui	57
Imagen 17. PR 27+000PR 27+600.....	60
Imagen 18. PR 27+700PR 27+957.....	60
Imagen 19. Velocidad específica de una curva horizontal (vch)	63

LISTA DE GRAFICAS

Pág.

Grafica 1.	Tasa por 100.000 habitantes región de las américas datos 2007....	18
Grafica 2.	Muertes violentas en Colombia.....	18
Gráfica 3.	Muertes en accidentes de tránsito 1991 – 2010	19
Grafica 3b.	Participación de accidentes con muertos por departamentos.....	19
Grafica 4.	Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente	20
Grafica 5.	Accidentes por año tramo Pasto – Chachagui.....	32
Grafica 6.	Lesionados en accidentes de tránsito por año tramo Pasto – Chachagui.....	33
Grafica 7.	Muertes en accidentes de tránsito por año tramo Pasto – Chachagui.....	33
Grafica 8.	Tipos de accidentes tramo Pasto – Chachagui.....	34
Grafica 9.	Causas probables de accidentes tramo Pasto – Chachagui.....	35
Grafica 10.	Causas probables de accidentes con heridos tramo Pasto – Chachagui.....	35
Grafica 11.	Causas probables de accidentes con muertos tramo Pasto – Chachagui.....	36
Grafica 12.	Factores que inciden en accidentes con muertos tramo Pasto – Chachagui.....	37
Grafica 13.	Puntos de dispersión transito promedio diario (TPD) tramo pasto – Chachagui.....	37
Grafica 14.	Índice de peligrosidad tramo Pasto – Chachagui.....	45
Grafica 15.	Índice de severidad tramo Pasto – Chachagui	45
Grafica 16.	Índice de Morbilidad tramo Pasto – Chachagui	45
Grafica 17.	Índice de Mortalidad tramo Pasto – Chachagui	46
Grafica 18.	Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 8+000 – 9+000	48

Grafica 19.	Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 8+000 – 9+000.....	49
Grafica 20.	Tipo de victimas según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 8+000 – 9+000.....	49
Grafica 21.	Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 10+000 – 11+000.....	51
Grafica 22.	Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 10+000 – 11+000.....	51
Grafica 23.	Heridos según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 10+000 – 11+000.....	52
Grafica 24.	Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 13+000 – 14+000.....	54
Grafica 25.	Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 13+000 – 14+000.....	55
Grafica 26.	Heridos según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 13+000 – 14+000.....	55
Grafica 27.	Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 27+000 – 28+000.....	58
Grafica 28.	Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 27+000 – 28+000.....	58
Grafica 29.	Heridos según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 27+000 – 28+000.....	59
Grafica 30.	Velocidad de operación sentido Norte-sur	64
Grafica 31.	Velocidad de operación sentido Norte-sur	65
Grafica 32.	Velocidad de operación sentido Norte-sur	65
Grafica 33.	Velocidad de operación sentido Norte-sur	66
Grafica 34.	Radios de curvatura real Vs. radios de diseño	72

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Planos Ruta 2502 planta perfil PR5 a PR28 (medio magnético)
- Anexo B. Listado de Chequeo por PR (medio magnético)
- Anexo C. Inventario de señales de tránsito en Excel (medio magnético)
- Anexo D. Video descriptivos del tramo de vía entre Pasto – Chachagui (medio magnético)

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la palabra vías, es un término que hace pensar en la comunicación de distintos lugares de interés, y a los cuales se asocian los elementos físicos que la componen. Sin embargo, lo que en verdad interesa son los aspectos de seguridad y comodidad, que son fundamentales para el buen funcionamiento y que garantizan la llegada a los diferentes lugares de destino.

La seguridad vial es un aspecto vital que debe ofrecer una vía y que está intrínseca en sus condiciones físicas, geométricas y su contexto. Dependiendo del tipo de prevenciones implementadas se pueden salvar vidas buscando evitar sucesos de accidentalidad; también, se disminuyen las pérdidas económicas. Así pues, este tema se constituye durante años como una de las principales preocupaciones de los gobiernos, y por ello, se ha desarrollado las ASV (Auditorías de Seguridad Vial).

Las Auditorías de Seguridad Vial son una estrategia que buscan reducir los índices de accidentalidad en las vías a partir de mejoras que se deben realizar en los puntos que se determinan como críticos, mediante el análisis de las características del diseño geométrico de las carreteras, la estructura de pavimento, la señalización y demarcación vial, los comportamientos de los usuarios, los factores ambientales y el registro de accidentes.

La seguridad en las carreteras de Nariño es un factor que debe estar presente en todas y cada una de las acciones que realiza el sistema de administración del mantenimiento y mejoramiento de las carreteras, ligada a la implementación de suficientes elementos que garanticen las condiciones de seguridad mínima y las actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

En la presente investigación aplicada, se realizara la evaluación de la seguridad vial y accidentalidad en la ruta 2502, en el tramo comprendido entre el PR 5+000 al PR 28+000 que comunica a la ciudad de Pasto con el municipio de Chachagui y que en la actualidad es administrada por la concesión vial Desarrollo Vial de Nariño – DEVINAR.S.A.

1. LA ACCIDENTALIDAD Y SEGURIDAD VIAL EN COLOMBIA

Con el diseño geométrico de una carretera hay que intentar lograr todos los objetivos del mismo, que son: la funcionalidad, la comodidad, la integración ambiental, la armonía o estética, la economía, la elasticidad de la solución final pero sobre todo la seguridad de los usuarios.

La seguridad vial ha de ser la iniciativa básica en cualquier diseño viario, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños, para que sean fácilmente perceptibles por los conductores y así puedan adaptar gradualmente su comportamiento a lo largo de la carretera. La seguridad no se logra limitándose a cumplir las normas de diseño geométrico porque estas tienen en cuenta e incorporan, de forma explícita o implícita, el resto de los objetivos, especialmente el económico.

Los accidentes de tráfico se producen por la concurrencia de diferentes factores (humano, infraestructura y vehículo), siendo la infraestructura uno de los más importantes. Por ello, se debe lograr un diseño integral de la vía, que disponga de los elementos necesarios y sus características geométricas, contribuyendo a minimizar los errores del conductor, de modo que este perciba homogeneidad, seguridad y comodidad en el trazado sin sufrir eventos que puedan cobrarle la vida.

1.1 INFORMACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL EN COLOMBIA.

El Fondo de Prevención Vial por medio del IRAP (International Road Assessment Programme), Programa Internacional de Evaluación de Carreteras, con el que se analizó la seguridad de las carreteras en el país, se encontró la siguiente información, teniendo en cuenta que una carretera en excelentes condiciones tiene una clasificación de 0 puntos. Cada factor de riesgo añade puntos, entre más puntos, más riesgo, a mayor velocidad de operación, mayor riesgo, por lo tanto se le asignó un mayor puntaje. (Ver imagen 1-2)

Imagen 1. Puntuación IRAP

	DESDE	HASTA
★★★★★	0	2.5
★★★★	2.5	5
★★★	5	12.5
★★	12.5	22.5
★	22.5 EN ADELANTE	

Fuente: Corporación Fondo de Prevención Vial

Imagen 2. IRAT Departamento de Nariño



Fuente: Corporación Fondo de Prevención Vial

El departamento de Nariño con 355 kilómetros evaluados obtuvo el peor puntaje entre los departamentos evaluados (18,7).

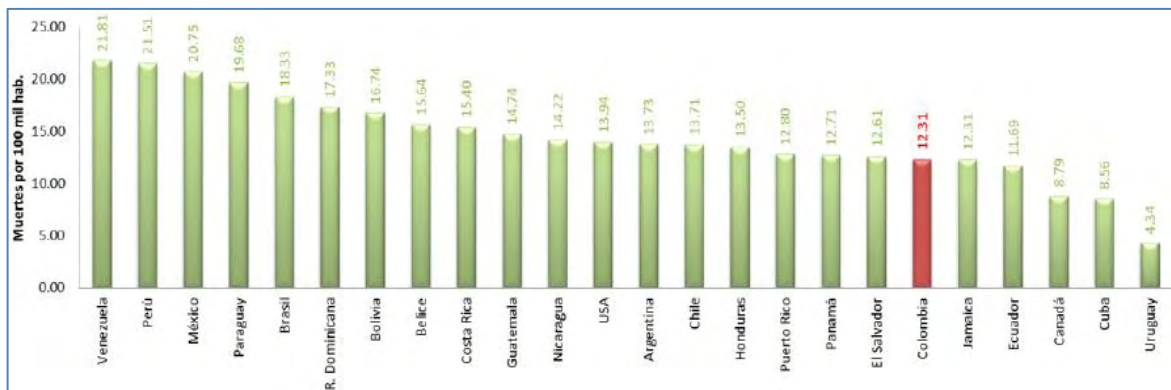
También se identificaron posibles medidas que podrían ejecutarse con el fin de contrarrestar el aumento de la accidentalidad, tales como la eliminación de obstáculos fijos a menos de 10 metros de la vía, la construcción de bermas, la construcción de infraestructura segregada para motociclistas, ciclistas y peatones, instalación de sistemas de contención para proteger contra abismos y objetos fijos, instalación de bandas alertadoras, entre otros.

Los peatones y los motociclistas resultan ser los actores del tránsito más vulnerables de la mortalidad derivada de los accidentes de tránsito. Sin embargo, hay que tener en cuenta las cifras en motociclistas, ya que el parque de motocicletas se incrementa progresivamente y la formación de sus conductores, como la certificación de su conocimiento y habilidades para conducir estos vehículos no tiene un control riguroso.

1.2 ESTADÍSTICAS DE LA SEGURIDAD VIAL EN COLOMBIA

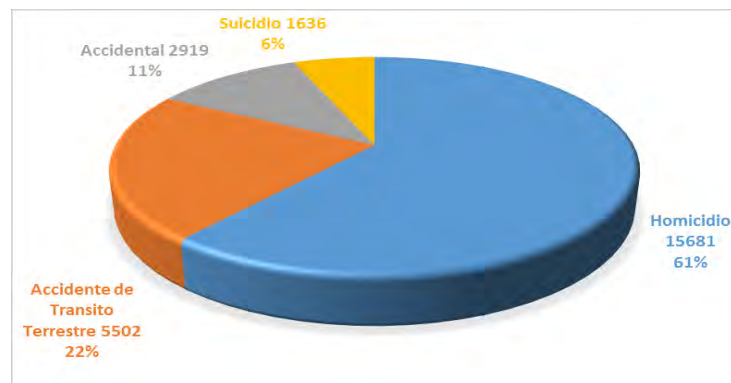
Las mortalidades en el tránsito, son evaluadas por medio del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, que considera los fallecidos hasta 30 días después de ocurrido el accidente, lo que coincide con el método internacional de los países que han desarrollado de manera sostenible políticas en seguridad vial. Así también, se establece una forma de recolección de datos en el “Informe sobre el estado de la seguridad vial en la región de las Américas”, de la Organización Panamericana de la Salud OPS, del año 2013. Tomando en consideración la tasa de fallecidos en accidentes de tránsito cada 100.000 habitantes, Colombia registra bajo ese indicador 11.7 fallecidos, por debajo de varios países de la región que en promedio tienen una tasa de mortalidades superior, que es de 16 personas fallecidas. (Ver grafica 1-2)

Grafica 1. Tasa por 100.000 habitantes región de las américas datos 2007



Fuente. Plan nacional de seguridad vial Colombia 2011 – 2016 (informe OMS 2009)

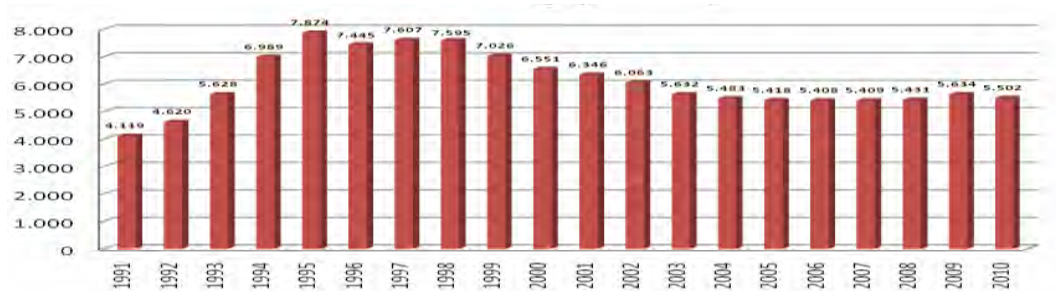
Grafica 2. Muertes violentas en Colombia



Fuente. Plan nacional de seguridad vial Colombia 2011 – 2016 (Datos de medicina legal y ciencias forenses Anuario 2010 UNIANDES)

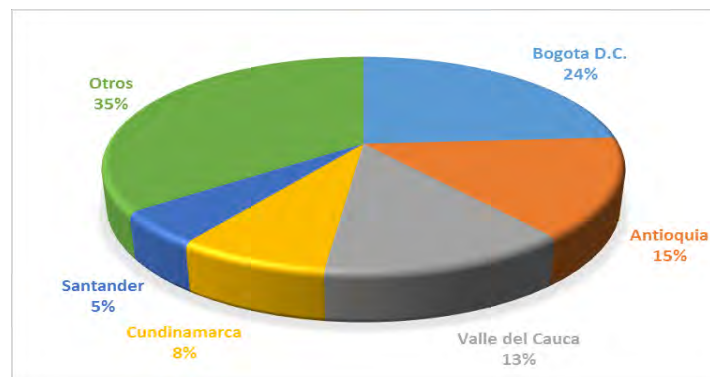
De acuerdo con la información procesada por la Corporación Fondo de Prevención Vial y que se muestra en la gráfica 3, las mortalidades en accidentes de tránsito entre los años 2003 y 2010, se han mantenido bajo cierto control, produciéndose respecto de ellas, una suerte de estancamiento, con un promedio entre esos años de 5.490 fallecidos. (Ver grafica 3) (Ver grafica 3b)

Gráfica 3. Muertes en accidentes de tránsito 1991 – 2010



Fuente. Plan nacional de seguridad vial Colombia 2011 – 2016 (Datos de medicina legal procesados por la CFPV)

Grafica 3b. Participación de accidentes con muertos por departamentos



Fuente. Plan nacional de seguridad vial Colombia 2011 – 2016 (Anuario estadístico de accidentalidad nacional Colombia, 2010)

1.3 AUDITORÍA EN SEGURIDAD VIAL

El proceso de la ASV se caracteriza por identificar los potenciales focos de accidentes de tránsito antes de que estos ocurran. Una característica fundamental es su aplicación rentable en cualquier etapa de un proyecto.

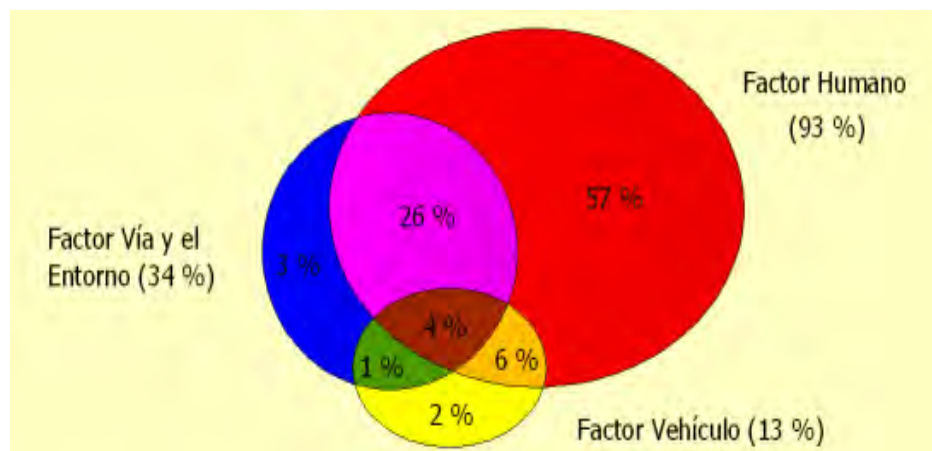
Desde el punto de vista accidentalológico, existen tres elementos principales que contribuyen, individual o conjuntamente, a la ocurrencia de cada accidente de tránsito: el factor humano, el vehículo, y la vía y el entorno. Estos factores, a menudo, se combinan en una cadena de acontecimientos que resultan en un accidente.

El mal comportamiento de un conductor puede combinarse con condiciones climáticas adversas, actitudes de otros usuarios de la vía, elementos peligrosos al borde de la vía o un tramo defectuoso, lo cuales pueden terminar en un accidente con consecuencias fatales.

Estudios internacionales han demostrado que estos tres factores, que contribuyen a la ocurrencia de los accidentes de tránsito, estadísticamente representan: (Ver grafica 4)

- Factor Humano (implicado en alrededor del 93% de los accidentes)
- Factor vehículo (implicado en alrededor del 13% de los accidentes)
- Factor vía y el entorno (implicado en el 34% de los accidentes)

Grafica 4. Factores que contribuyen a la ocurrencia de un accidente



Fuente: El problema de la inseguridad vial (Ing. Juan Carlos Dextre)

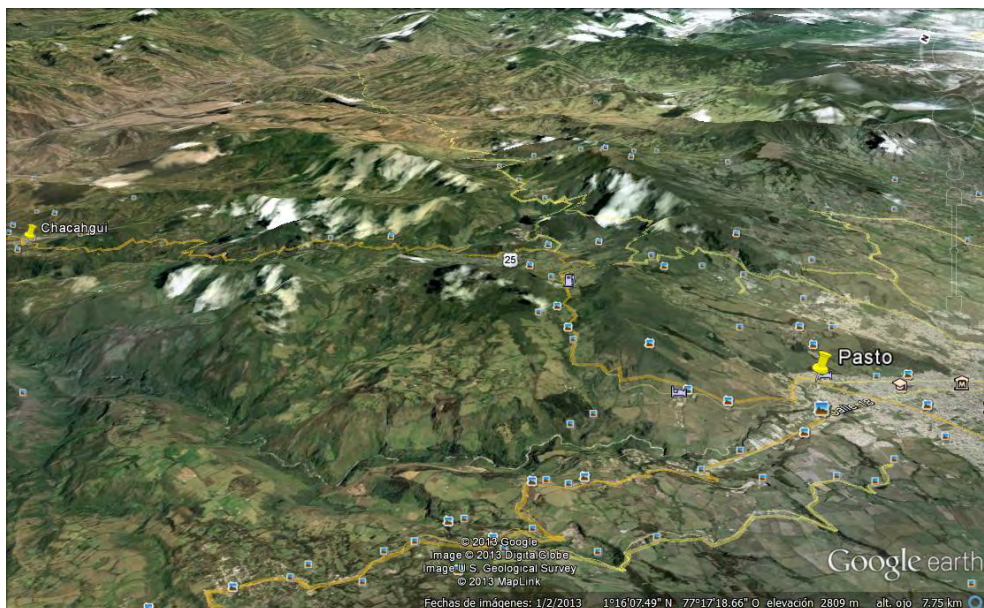
2. LOCALIZACIÓN DE LA VÍA PASTO – CHACHAGUI

Imagen 3. Localización general del tramo de vía Pasto – Chachagui



Fuente: google earth

Imagen 4. Accidentes geográficos del tramo de vía vista dirección Pasto–Chachagui



Fuente: google earth

Tabla 1. Diseño metodológico de la investigación

Objetivo	Meta	Actividad
Recopilación de información.	Obtener la información disponible para iniciar la investigación	Recolección de planos, estudios realizados, datos de accidentalidad y formatos necesarios.
Actualización de información sobre señalización vial.	Obtener información del estado de la señalización en la vía.	Inspección visual, documentación fílmica de los distintos tipos de señalización existente en el tramo realizando una actualización en planos y formato en Excel.
Generación de listado de chequeo	Detallar el estado de la vía por PR's de las diferentes condiciones en que se encuentra y factores que inciden en la seguridad vial.	Diligenciar formatos de listas de chequeo
Análisis de información de accidentalidad	Determinar la magnitud del problema a partir del análisis de los datos de accidentalidad y establecer puntos y zonas críticas de accidentalidad del tramo.	Calcular los indicadores de accidentalidad y compararlos en todo el tramo para determinar los puntos y zonas críticas de accidentalidad del tramo y ubicarlos en el plano de la vía
Análisis de información del diseño geométrico	Determinar aspectos de diseño de curvas y velocidad de diseño que genere incidencia en accidentalidad, identificando puntos de accidentalidad y posibles puntos críticos potenciales.	Realizar un cuadro comparativo entre radios de curvatura existente, velocidad de operación, velocidad de diseño y radios mínimos de curvatura de diseño
Análisis de puntos críticos de accidentalidad	Determinar las posibles causas de accidentalidad y proponer una alternativa de solución en los puntos críticos.	Realizar un análisis estadístico de las causas de accidentalidad y presentar una propuesta de mejoras para prevenir accidentes futuros.
Elaboración de memorias	Generar un informe final con la recopilación de los datos y conclusiones	Organizar la información total de la investigación en un documento físico y magnético

2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En cuanto a documentación se encontraron archivos correspondientes a auditorías de seguridad vial (ASV), para la elaboración del marco teórico y para guiar la forma de realizar los procesos investigativos, además de la descripción del uso de los listados de chequeo, su utilización, y como aplicarlos. De acuerdo a esto también se logró obtener un formato de listado de chequeo, que se logró modificar y aplicar los ítems de evaluación de acuerdo a nuestras necesidades.

El formato cuenta con 16 (dieciséis) ítems, en los que evalúa de forma visual características de Señalización Vertical, Señalización Horizontal, Delineación, Semáforos, Iluminación, Pavimentos, Bermas, Puentes, Túneles, Barreras, Velocidad Y Visibilidad, Alineación Y Sección, Intersección, Usuario Vulnerable, Estacionamiento, Varios. (Ver imagen 5)

Imagen 5. Listado de chequeo ASV Cali

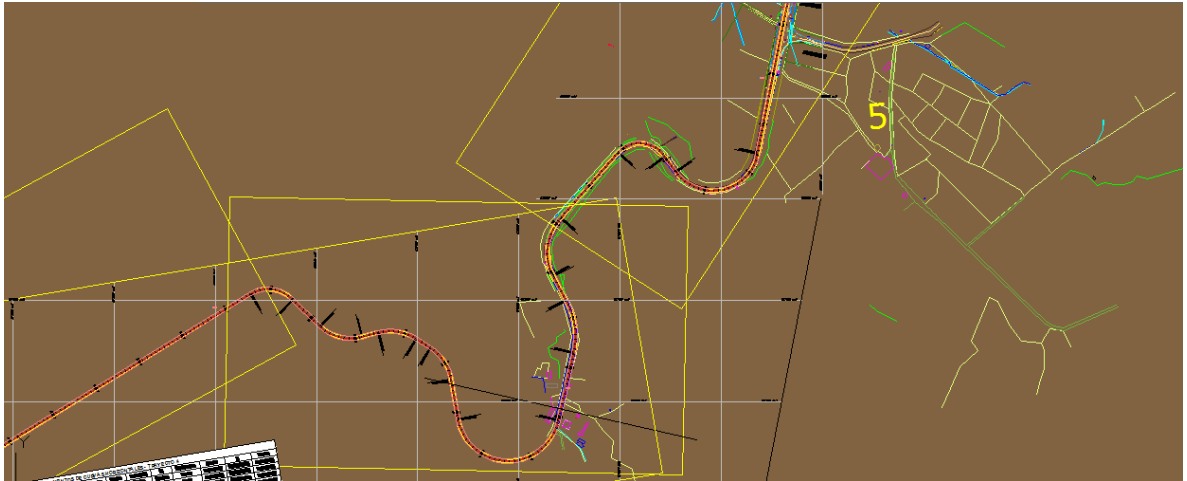
Lista de Chequeo, Auditoría de Seguridad Vial		XVI. Varios
Jefe del Equipo		
nombre		
Firma		
Fecha		
	Revisado	
1	Trabajos Temporales	
2	¿Existe una clara señalización en cuanto a la naturaleza, restricciones y el lugar de cada trabajo?	
3	¿Existe en la vía señalización y dispositivos de control temporal de tránsito que ya no se requieran o no se estén utilizando?	
4	¿Existen problemas de encandilamiento por obras temporales?	
5	Problemas de Encandilamiento	
6	¿Existen problemas de encandilamiento que puedan ser causados por los focos de otros vehículos?	
7	¿Existen problemas de encandilamiento por elemento de señalización de publicidad o similar?	
8	Actividades al Borde de la Vía	
9	¿Existen al borde de la vía actividades que puedan distraer a los conductores?	
10	¿La vía está libre de ramas y arbustos que sobresalgan hacia la calzada?	
<small> VII Bermas VIII Puentes IX Túneles X Barreras XI Visibilidad y Velocidad XII Aln - Sección XIII Intersección XIV Usuario Vul XV Estacionamiento XVI Va </small>		
		COMENTARIOS

Fuente: Auditorías Seguridad Vial del Valle del Cauca

Se consiguieron los planos usados en el proyecto “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS, GESTIÓN PREDIAL, GESTIÓN AMBIENTAL, FINANCIACIÓN, CONSTRUCCIÓN, MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO VIAL RUMICHACA–PASTO–CHACHAGUI-AEROPUERTO”, donde se encontró el diseño geométrico de la vía en planta y

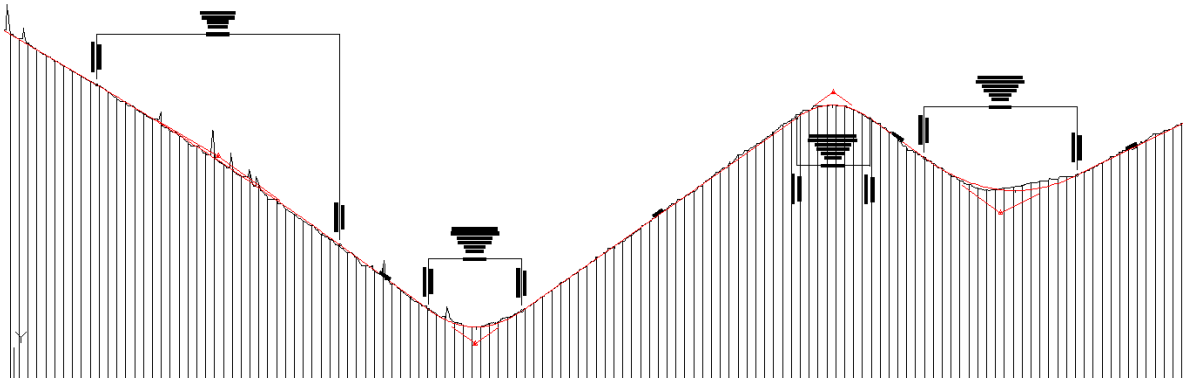
perfil, al igual que detalles como accesos a viviendas, vías terciarias, alcantarillas y datos geométricos de la vía. (Ver imagen 6-7)

Imagen 6. Plano en planta tramo Pasto – Chachagui



Fuente: Estudios y diseños definitivos tramo Pasto Aeropuerto. DEVINAR

Imagen 7. Plano en perfil tramo Pasto - Chachagui



Fuente: Estudios y diseños definitivos tramo Pasto Aeropuerto. DEVINAR

Se consiguieron los datos de accidentalidad suministrados por la Secretaria de Tránsito y Transporte – Pasto y la Policía de Carreteras, en los cuales se consignan datos como abscisa, clase de accidente, clasificación en heridos y/o muertos, fecha, hora, hipótesis de accidente y año en el cual ocurrió el evento. (Ver tabla 2)

Tabla 2. Reporte de accidentes

Pr	Clase	Fecha Hecho	Herid	Muert	Hipótesis
8+300	Volcamiento	02/05/2009	5	2	Superficie lisa
9+500	Choque	08/09/2009	1		Sin establecer
11+800	Choque	25/12/2009	3		falta de precaución por niebla, lluvia o humo
17+900	Choque	15/08/2009	1		Exceso de velocidad
25+800	Choque	21/05/2009		1	Adelantar en curva o pendientes.
6+850	Atropello	13/08/2010	1		Cruzar sin observar
7+600	Choque	19/02/2010	1		Falta de precaución por niebla, lluvia o humo
10+650	Atropello	13/11/2010	2		Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
10+760	Choque	21/06/2010	1		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
12+550	Choque	05/12/2010		1	Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
14+900	Choque	24/01/2010	2		Superficie húmeda
25+900	Choque	23/07/2010	1		Embriaguez o droga
5+700	Choque	22/03/2011	1		Embriaguez o droga
6+200	Choque	12/08/2011	2		Exceso de velocidad
6+900	Choque	03/04/2011	2		Embriaguez o droga
15+900	Choque	13/03/2011	2		Fallas en los frenos
7+000	Choque	11/07/2012		1	Fallas en los frenos
7+800	Choque	08/10/2012	2		Adelantar en zona prohibida
10+600	Choque	15/11/2012	1		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
13+000	Choque	06/06/2012	1		Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
14+700	Choque	16/01/2012	2		Superficie lisa
17+450	Choque	17/09/2012	2		Realizar giro en "u"
19+600	Choque	20/02/2012	4		Superficie húmeda
21+000	Choque	09/06/2012	2		Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
27+000	Atropello	08/07/2012	1		Exceso de velocidad
27+957	Choque	14/10/2012	1		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
5+800	Choque	07/04/2013	1	1	Embriaguez o droga
6+700	Choque	01/01/2013	2		Embriaguez aparente
7+000	Choque	05/03/2013	1		Adelantar por la derecha.
10+400	Atropello	03/12/2013	1		Transitar sin los dispositivos luminosos de detención.
10+800	Choque	08/08/2013	2		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
12+900	Volcamiento	31/03/2013	1		Superficie lisa
13+000	Choque	16/06/2013	2		Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
13+500	Choque	27/01/2013		1	Exceso de velocidad
15+000	Choque	05/03/2013		1	Fallas en las llantas

Tabla 2. (Continuación).

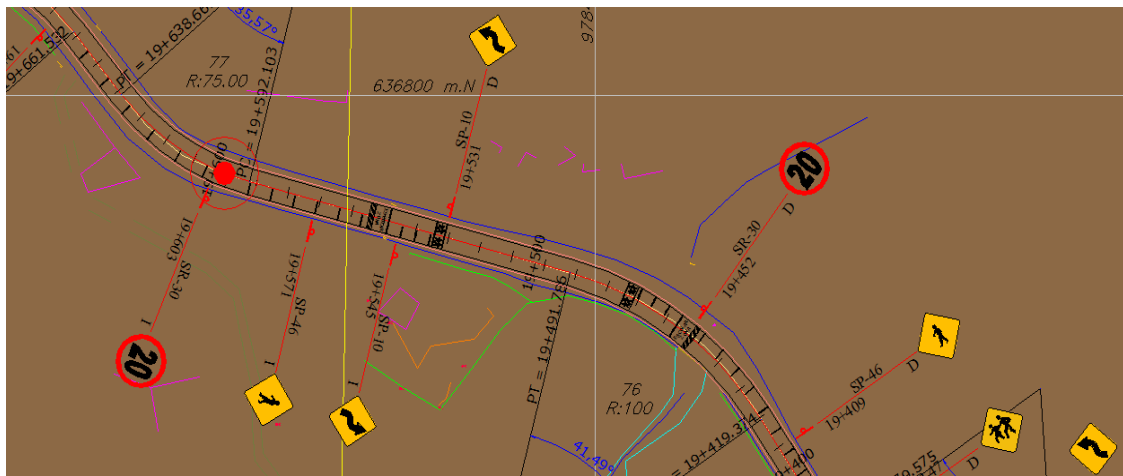
Pr	Clase	Fecha Hecho	Herid	Muert	Hipótesis
19+200	Choque	31/05/2013	2	1	Superficie húmeda
22+000	Volcamiento	17/11/2013	2		Superficie húmeda
24+000	Atropello	19/01/2013	1		Transitar por la calzada
26+950	Choque	28/07/2013	1	1	Adelantar por la derecha.
28+070	Atropello	22/11/2013		1	Transitar por la calzada
6+800	Atropello	27/04/2014	1		Cruzar en estado de embriaguez
13+100	Caída ocupante	15/04/2014	1		Superficie húmeda
13+200	Choque	07/01/2014		1	Sin establecer
22+000	Choque	18/03/2014	5		Embriaguez o droga
22+900	Caída ocupante	30/03/2014	1		Obstáculos en la vía
26+500	Choque	06/04/2014	1		Sin establecer
27+600	Atropello	13/02/2014		1	Transitar por la calzada
27+700	Choque	29/03/2014	1		Sin establecer

Fuente. Policía de carreteras

2.2 ACTUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN SOBRE SEÑALIZACIÓN VIAL

Se elaboró un inventario vial de señales de tránsito verticales y horizontales del tramo de vía, se tomó como guía el registro fílmico y las abscisa de los planos, este inventario fue consignado en el mismo plano de accidentalidad, ubicando cada señal correspondiente de la vía en la abscisa sobre el plano. El procedimiento que se realizó fue el determinar la abscisa de la señal de tránsito, ubicar los datos de referencia de acuerdo al manual de señalización de tránsito, margen de la vía y acompañarla con el logo correspondiente, al igual que los colores (Anexo A). (Ver imagen 8)

Imagen 8. Plano en planta señalización vial



También se elaboró un formato en Excel con la información consignada en el plano sobre señalización horizontal y vertical ubicando la abscisa, el nombre de la señal, la referencia de acuerdo al Manual de Señales de Tránsito, la figura representativa de la señal, el sentido izquierda o derecha, en dirección Pasto – Chachagui. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Inventario de señalización vial (Anexo 3)

N	ABSCISA	NOMBRE	REFERENCIA	IMAGEN	MARGEN	ESTADO
1	5+032	CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA	SP-04		IZQUIERDA	EN BUEN ESTADO
2	5+113	PEATONES EN LA VÍA	SP-46		IZQUIERDA	EN BUEN ESTADO
3	5+223	PEATONES EN LA VÍA	SP-46		DERECHA	EN REGULAR ESTADO
4	5+348	VELOCIDAD MAXIMA 30Km/h	SR-30		IZQUIERDA	EN BUEN ESTADO
5	5+350	CURVA PELIGROSA A LA IZQUIERDA	SP-01		DERECHA	EN BUEN ESTADO
6	5+488	CURVA PELIGROSA A LA DERECHA	SP-02		DERECHA	EN BUEN ESTADO
7	5+499	CURVA PELIGROSA A LA DERECHA	SP-02		IZQUIERDA	EN BUEN ESTADO
8	5+685	PEATONES EN LA VÍA	SP-46		IZQUIERDA	EN BUEN ESTADO

2.3 GENERACIÓN DE LISTADO DE CHEQUEO

Su propósito es ayudar al auditor a identificar cualquier deficiencia de seguridad, de una forma ordenada y sistemática.

Es importante entender que las listas de chequeo son un medio y no el fin de las ASV. El auditor debe decidir qué y cómo utilizar las listas de chequeo.

Los auditores con mayor experiencia utilizan las listas de chequeo generales, por su mayor conocimiento. Otros auditores, dependiendo del proyecto a auditar, adecuan las listas de chequeo existentes. En muchos casos, antes de analizar la documentación del proyecto y realizar las inspecciones de terreno, una revisión de

las listas de chequeo comprenderá la eliminación de ítems que no corresponden o que resultan repetitivos. Así, también pueden incorporarse otros aspectos adicionales.

Por último, los diseñadores perfectamente pueden utilizar estas listas de chequeo para identificar potenciales problemas de seguridad en sus diseños y como una forma de conocer los aspectos de seguridad en los que se centra el auditor. En primer lugar, se debe decidir cuáles son las listas de chequeo que se utilizarán para la etapa que se está auditando.

En segundo, se recomienda utilizar inicialmente una lista de chequeo general para tener una visión más amplia de los tópicos que deben incorporarse en la ASV de un determinado proyecto. Esto permite al equipo auditor tener una rápida referencia en terreno, o en la oficina, de lo que pretende revisarse.

El auditor se debe interiorizar muy bien del proyecto a auditar, y luego preparar las listas de chequeo tomando como referencia la que se incluyen en esta Guía. La lista de chequeo general debe animar al auditor a pensar la ASV y le ayuda a identificar eventualmente otros aspectos adicionales que no se incluyan en dicha lista.

Los contenidos de las listas de chequeo no son exhaustivos, los auditores deben ser los encargados de, con su conocimiento y experiencia, enriquecerlas para mejorar su análisis.

Las listas de chequeo, siendo una herramienta que se elabora como guía para el análisis de los estados de las vías y sus usuarios, detallan las condiciones presentes y la influencia de cada una, en el tránsito vehicular, de ciclistas y peatones, consignando en ellas la información de un análisis visual donde se establece qué elementos de la vía o comportamientos generarían peligro, con ellas es menos probable pasar por alto los problemas. Una de las principales ventajas de las listas de chequeo es la recopilación de datos que sirve como base en la evaluación de una vía existente o como ayuda para el diseño de una vía nueva.

También es fundamental que el procedimiento de diligenciamiento de las listas de chequeo comprenda visitas al lugar, en cualquier fase que concierna, ya que inevitablemente habrá factores presentes e identificables en el lugar, no evidentes en los planos. (Ver tabla 4-5)

Tabla 4. Resumen listado de chequeo

ÍTEMES PARA EL LISTADO DE CHEQUEO					
No	ÍTEM	No. PREGUNT	No	ÍTEM	No. PREGUN
1	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	36	9	TÚNELES	0
2	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	24	10	BARRERAS	25
3	DELINEACIÓN	8	11	VISIBILIDAD VELOCIDAD	24
4	SEMAFORIZACIÓN	0	12	ALINEAMIENTO SECCIÓN	31
5	ILUMINACIÓN	18	13	INTERSECCIÓN	1
6	PAVIMENTO	15	14	USUARIO VULNERABLE	21
7	BERMAS	13	15	ESTACIONAMIENTO	7
8	PUNTES	0	16	VARIOS	34

Imagen 9. Listado de chequeo diligenciado

Lista de Chequeo, Auditoría de Seguridad Vial		I. Señales Verticales	
Jefe del Equipo		Revisado	
Nombre			
Firma			
Fecha			COMENTARIOS
1	Generalidades de las Señales Verticales		
2	¿Son visibles y entendibles con sólo una mirada todas las señales verticales, incluyendo las señales variables?		Sí, son visibles todas las señales y entendibles. No existen señales variables
3	¿Existen señales verticales que puedan confundir?		No, no existen señales verticales que se puedan confundir
4	¿Entregan mensajes claros y sencillos a todos los usuarios? Ej. iconos en vez de textos.		Sí, las señales verticales entregan un mensaje claro con iconos alusivos a la situación.
5	¿Existen señales verticales que no son necesarias?		No, todas las señales verticales existentes son necesarias
6	¿Existe concordancia entre las señales verticales y las señales horizontales?		Sí, existes buena relacion entre las señales verticales y las señales horizontales en la vía.
7	¿Existen obstáculos (árboles, luminarias, señales, paraderos, etc.), que impidan la visión de las señales verticales?		No, todas las señales verticales existentes son facilmente visibles, sin obstrucciones de objetos.
8	¿Existe evidencia de vandalismo o pintado de graffitis?		No, todas las señales verticales se encuentran en condiciones aceptables de funcionamiento.
9	¿Existe evidencia de robo de señales verticales?		No, no hay señal de robo de posibles señales verticales.
			Sí, no hay ningun tipo de señal vertical especial para motociclistas, ciclistas ni
I Señ Vert II Señ Hor III Delineación V Iluminación VI Pavimento VII Bermas VIII Puentes X Barreras XI Visibilidad y Velocidad XII Aln			

Tabla 5. Listado de chequeo ruta 2502, tramo Pr 5+000 al Pr 28+000 vía Pasto – Chachagui

PR	Señalización Vertical	Señalización Horizontal	Delineación	Semaforización	Iluminación	Pavimento	Bermas	Puentes	Túneles	Barreras	Visibilidad y Velocidad	Alineamiento y Sección	Intersección	Usuario Vulnerable	Estacionamiento	Varios
PR5 – PR6	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR6 – PR7	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR7 – PR8	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR8 – PR9	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR9 – PR10	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR10 – PR11	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR11 – PR12	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR12 – PR13	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR13 – PR14	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
PR14 – PR15	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR15 – PR16	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR16 – PR17	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR17 – PR18	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR18 – PR19	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR19 – PR20	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR20 – PR21	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR21 – PR22	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR22 – PR23	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR23 – PR24	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR24 – PR25	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR25 – PR26	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR26 – PR27	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X
PR27 – PR28	X	X	X		X	X	X			X	X	X		X	X	X

Una vez diligenciadas cada una de las listas de chequeo se obtuvo un total de 5888 datos para un promedio de 256 datos por kilómetro.

2.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ACCIDENTALIDAD

ORGANIZACIÓN DE LOS REPORTES DE ACCIDENTES POR PR Y POR FECHA: se revisa la información del registro de accidentes y se la clasifica por abscisado y por año de ocurrencia.

ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES: se procesa la información de la totalidad de accidentes y se presenta gráficas de las estadísticas por cada año y PR.

ASIGNACIÓN DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO (TPD): la información de los TPD se presenta en la página Web de INVIAS, para los años 2009, 2010 y 2011 y los años 2012, 2013 y 2014 se obtiene de la extrapolación con datos de años anteriores.

CALCULO DE LOS INDICADORES BÁSICOS (I_p , I_s) para PR: se calculan los índices básicos de accidentalidad; Índice de Peligrosidad (I_p) e Índice de Severidad (I_s), para cada PR y para cada año de análisis.

A continuación, se muestra la forma de cálculo para cada uno de estos índices.

Índice de peligrosidad (I_p):

$$I_p = \frac{Nat * 10^6}{TPD * 365 * L}$$

Donde Nat es el número de accidentes totales registrados en un año, TPD el transito promedio diario y L la longitud del tramo. Se expresa en veh/km.

Índice de severidad (I_s):

$$I_s = \frac{(M * 18 + H * 2 + S * 1) * 10^6}{TPD * 365 * L}$$

Donde M es el número de accidentes con muertos, H el número de accidentes con heridos, S el número de accidentes con daños a propiedades, TPD el transito promedio diario y L la longitud del tramo. Se expresa en veh/km.

CALCULO DE LOS INDICADORES ADICIONALES (I_{morb} , I_{mort}) para cada PR
Se calculan los índices adicionales de accidentalidad; Índice de morbilidad (I_p) e Índice de mortalidad (I_s), para cada PR y para cada año de análisis.

A continuación se muestra la forma de cálculo para cada uno de estos Índices.

Índice de morbilidad (I_{morb}):

$$I_{morb} = \frac{Nah}{L}$$

Donde Nah es el número de accidentes que registran heridos en cada un año y L la longitud del tramo.

Índice de mortalidad (I_{mort}):

$$I_{mort} = \frac{Nam}{L}$$

Donde Nam es el número de accidentes que registran muertes en cada un año y L la longitud del tramo.

Cálculo de la media y desviación estándar de cada indicador:

Se hace el cálculo, la media y la desviación estándar para cada uno de los indicadores de los datos de todos los analizados mediante las fórmulas:

Media:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Desviación estándar:

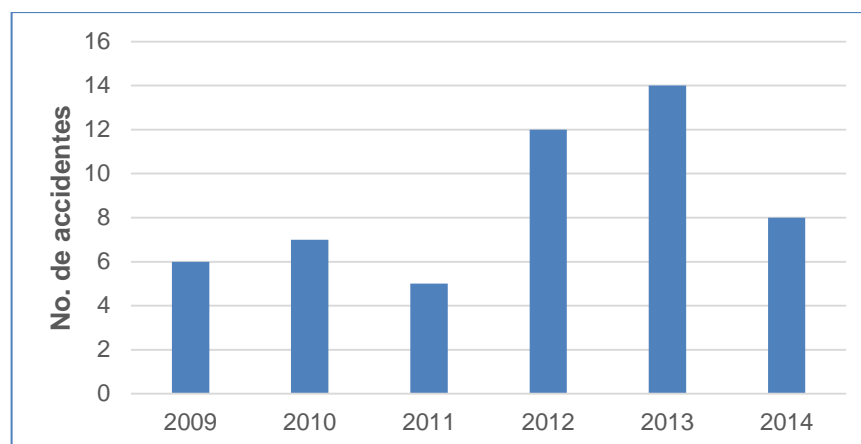
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Siendo Xi el valor del indicador de accidentalidad para cada año y n el número de años analizados

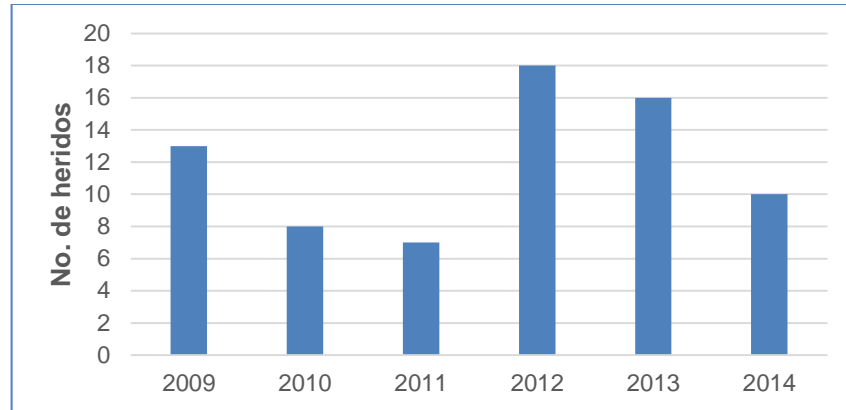
Determinación de puntos críticos: se seleccionan con el criterio de que al menos un indicador de accidentalidad sea mayor o igual a la suma de la media, más la desviación estándar. (Ver grafica 5-13) (Ver tabla 6-16)

Estadística de accidentes:

Grafica 5. Accidentes por año tramo Pasto – Chachagui.



Grafica 6. Lesionados en accidentes de tránsito por año tramo Pasto – Chachagui.



Grafica 7. Muertes en accidentes de tránsito por año tramo Pasto – Chachagui.

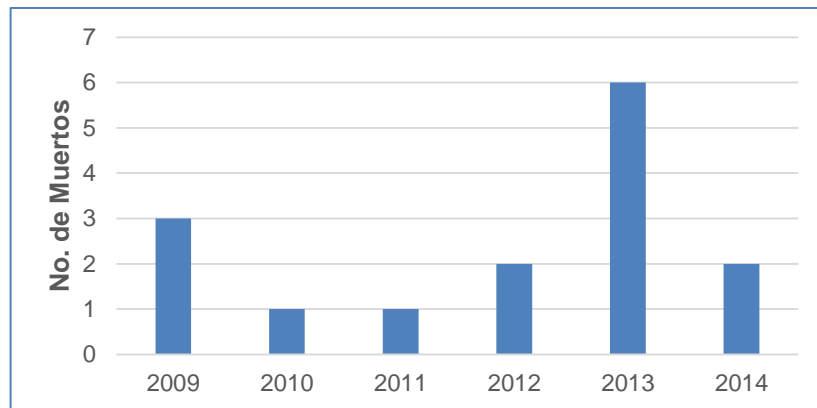


Tabla 6. Tipos de accidentes

Tipo Accidente	No. Accidentes	% Accidentes
Volcamiento	3	6.3%
Choque	35	72.9%
Atropello	8	16.7%
Caída ocupante	2	4.2%
Total	48	

Grafica 8. Tipos de accidentes tramo Pasto – Chachagui

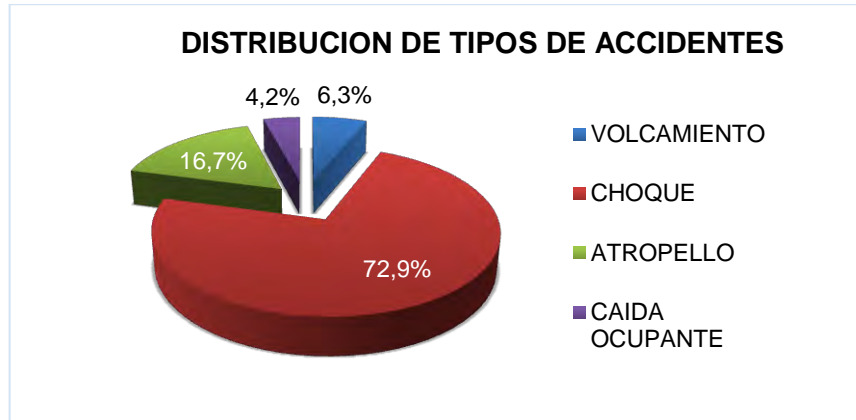


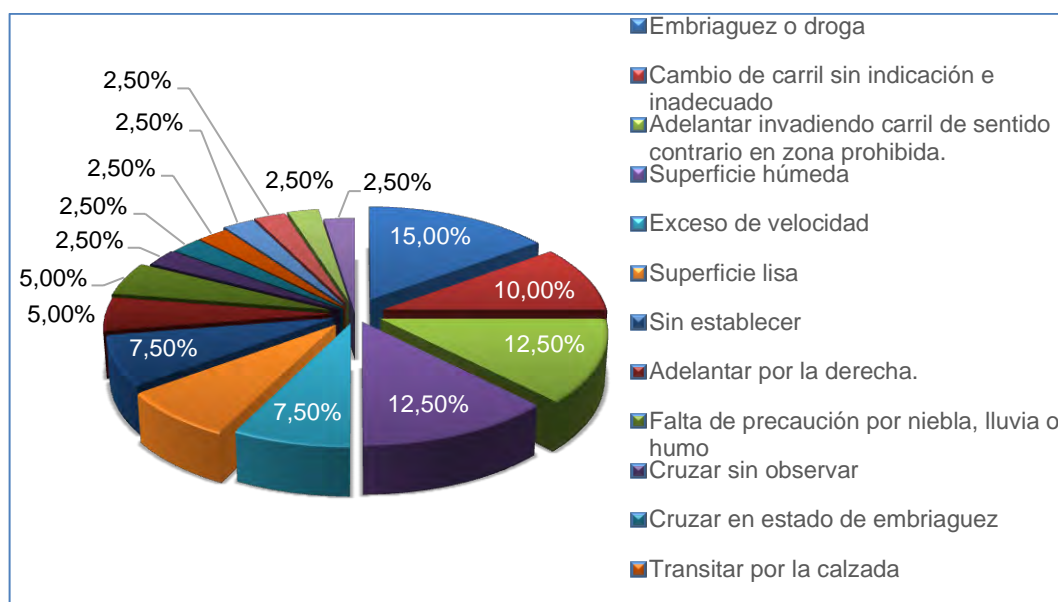
Tabla 7. Causas probables de accidentes con heridos

Factor	Causa probable	No. Accidentes	% Accidentes	% grupo	No. Heridos	% Heridos	% grupo
Peatón	Cruzar sin observar	1	2.50	7.50	1	1.49	4.48
	Cruzar en estado de embriaguez	1	2.50		1	1.49	
	Transitar por la calzada	1	2.50		1	1.49	
Conductor	Cambio de carril sin indicación e inadecuado	4	10.00	55.00	5	7.46	52.24
	Exceso de velocidad	3	7.50		4	5.97	
	Adelantar invadiendo carril de sentido contrario en zona prohibida	5	12.50		9	13.43	
	Embriaguez o droga	6	15.00		12	17.91	
	Realizar giro en "u"	1	2.50		2	2.99	
	Transitar sin los dispositivos luminosos de detención.	1	2.50		1	1.49	
	Adelantar por la derecha.	2	5.00		2	2.99	
Carretera	Superficie lisa	3	7.50	22.50	8	11.94	29.85
	Superficie húmeda	5	12.50		11	16.42	
	Obstáculos en la	1	2.50		1	1.49	

Tabla 7. (Continuación).

Factor	Causa probable	No. Accidentes	% Accidentes	% grupo	No. Heridos	% Heridos	% grupo
	vía						
Agentes naturales	Falta de precaución por niebla, lluvia o humo	2	5.00	5.00	4	5.97	5.97
Falla del vehículo	Fallas en los frenos	1	2.50	2.50	2	2.99	2.99
	Sin establecer	3	7.50	7.50	3	4.48	4.48
Total		40			67		

Grafica 9. Causas probables de accidentes tramo Pasto – Chachagui



Grafica 10. Causas probables de accidentes con heridos tramo Pasto – Chachagui

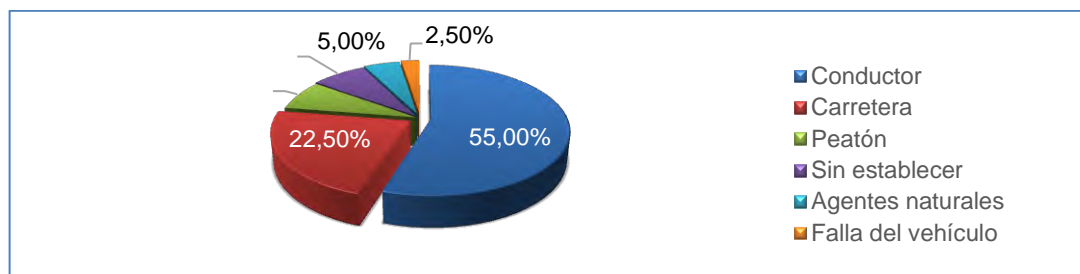
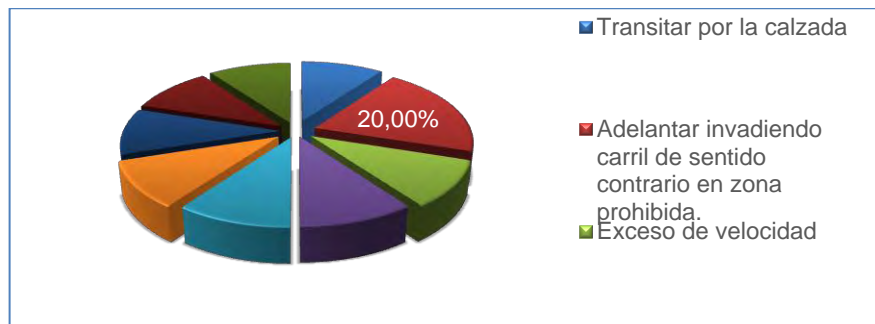


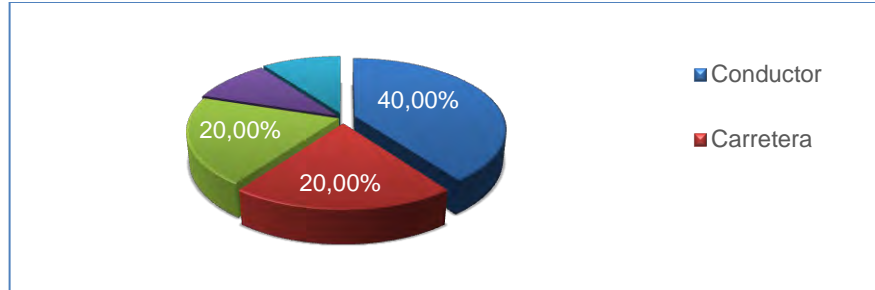
Tabla 8. Causas probables de accidentes con muertos

Factor	Causa probable	No. Accidentes	% Accidentes	% grupo	No. Muertos	% Muertos	% grupo
Peatón	Transitar por la calzada	1	10.00	10.00	1	10.00	10.00
Conductor	Exceso de velocidad	1	10.00	40.00	1	10.00	40.00
	Adelantar invadiendo carril de sentido contrario en zona prohibida.	2	20.00		2	20.00	
	Embriaguez o droga	1	10.00		1	10.00	
Carretera	Superficie lisa	1	10.00	20.00	2	10.00	20.00
	Superficie húmeda	1	10.00		1	10.00	
Falla del vehículo	Fallas en los frenos	1	10.00	20.00	2	10.00	20.00
	Fallas en las llantas	1	10.00		1	10.00	
	Sin establecer	1	10.00	8.33	1	10.00	10.00
Total		12			13		

Grafica 11. Causas probables de accidentes con muertos tramo Pasto – Chachagui



Grafica 12. Factores que inciden en accidentes con muertos tramo Pasto – Chachagui



Transito promedio diario:

Tabla 9. TPD años 1997 – 2011 del tramo Pasto – Chachagui

AÑO	TPD	AÑO	TPD
1997	3466	2004	4436
1998	4222	2005	4398
1999	2736	2006	5381
2000	3724	2008	5190
2001	2905	2009	5692
2002	4262	2010	4490
2003	3153	2011	4888

Fuente. INVIAS

Se calcula los datos de los años de los que no se tiene información mediante la extrapolación de la gráfica de tendencia lineal que es la que tiene mayor correlación.

Grafica 13. Puntos de dispersión transito promedio diario (TPD) tramo Pasto – Chachagui

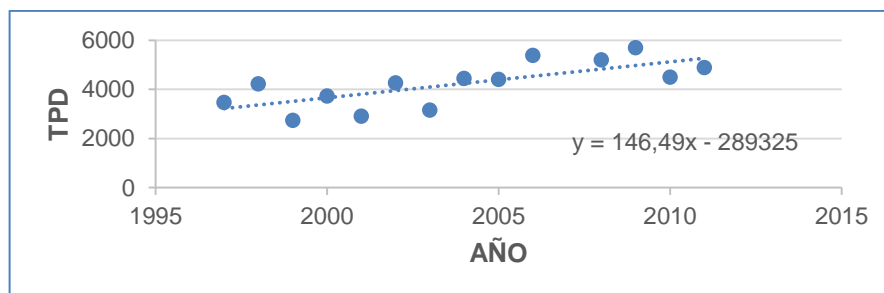


Tabla 10. TPD años 2009 – 2014 del tramo Pasto –Chachagui

AÑO	TPD	AÑO	TPD	AÑO	TPD
2009	5692	2011	4888	2013	5559
2010	4490	2012	5413	2014	5706

Cálculo de índices de accidentalidad por año para CADA PR, Año 2009:

Tabla 11. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2009

PR	Número de accidentes			Número de víctimas		Índices			
	Total	Con muertos	Con heridos	Heridos	Muertos	Ip	Is	Imorb	Imort
5– 6	0	0	0	0	0	-	-	-	-
6– 7	0	0	0	0	0	-	-	-	-
7– 8	1	0	1	3	0	0.48	0.96	3.00	-
8– 9	1	1	0	5	2	0.48	8.66	5.00	2.00
9– 10	1	0	1	1	0	0.48	0.96	1.00	-
10– 11	0	0	0	0	0	-	-	-	-
11– 12	1	0	1	3	0	0.48	0.96	3.00	-
12– 13	0	0	0	0	0	-	-	-	-
13 – 14	0	0	0	0	0	-	-	-	-
14 – 15	0	0	0	0	0	-	-	-	-
15 – 16	0	0	0	0	0	-	-	-	-
16 – 17	0	0	0	0	0	-	-	-	-
17 – 18	1	0	1	1	0	0.48	0.96	1.00	-
18– 19	0	0	0	0	0	-	-	-	-
19 – 20	0	0	0	0	0	-	-	-	-
20 – 21	0	0	0	0	0	-	-	-	-
21 – 22	0	0	0	0	0	-	-	-	-
22 – 23	0	0	0	0	0	-	-	-	-
23 – 24	0	0	0	0	0	-	-	-	-
24 – 25	0	0	0	0	0	-	-	-	-
25 – 26	1	1	0	0	1	0.48	8.66	-	1.00
26 – 27	0	0	0	0	0	-	-	-	-
27 – 28	0	0	0	0	0	-	-	-	-

Tabla 12. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2010

PR	Número de accidentes			Número de víctimas		Índices			
	Total	Con muertos	Con heridos	Heridos	Muertos	Ip	Is	Imorb	Imort
5– 6	0	0	0	0	0	-	-	1.00	-
6– 7	1	0	1	1	0	0.61	1.22	4.00	-
7– 8	1	0	1	1	0	0.61	1.22	-	-
8– 9	0	0	0	0	0	-	-	-	-
9– 10	0	0	0	0	0	-	-	-	-
10– 11	2	0	2	3	0	1.22	2.44	-	-
11– 12	0	0	0	0	0	-	-	-	-
12– 13	1	1	0	0	1	0.61	10.98	-	1.00
13 – 14	0	0	0	0	0	-	-	-	-
14 – 15	1	0	1	2	0	0.61	1.22	-	-
15 – 16	0	0	0	0	0	-	-	2.00	-
16 – 17	0	0	0	0	0	-	-	-	-
17 – 18	0	0	0	0	0	-	-	-	-
18– 19	0	0	0	0	0	-	-	-	-
19 – 20	0	0	0	0	0	-	-	-	-
20 – 21	0	0	0	0	0	-	-	-	-
21 – 22	0	0	0	0	0	-	-	-	-
22 – 23	0	0	0	0	0	-	-	-	-
23 – 24	0	0	0	0	0	-	-	-	-
24 – 25	0	0	0	0	0	-	-	-	-
25 – 26	1	0	1	1	0	0.61	1.22	-	-
26 – 27	0	0	0	0	0	-	-	-	-
27 – 28	0	0	0	0	0	-	-	-	-

Tabla 13. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2011

PR	Número de accidentes			Número de víctimas		Índices			
	Total	Con muertos	Con heridos	Heridos	Muertos	Ip	Is	Imorb	Imort
5- 6	1	0	1	1	0	0.56	1.12	1.00	-
6- 7	2	0	2	4	0	1.12	2.24	4.00	-
7- 8	0	0	0	0	0	-	-	-	-
8- 9	0	0	0	0	0	-	-	-	-
9- 10	0	0	0	0	0	-	-	-	-
10- 11	0	0	0	0	0	-	-	-	-
11- 12	0	0	0	0	0	-	-	-	-
12- 13	0	0	0	0	0	-	-	-	-
13 - 14	0	0	0	0	0	-	-	-	-
14 - 15	0	0	0	0	0	-	-	-	-
15 - 16	1	0	1	2	0	0.56	1.12	2.00	-
16 - 17	0	0	0	0	0	-	-	-	-
17 - 18	0	0	0	0	0	-	-	-	-
18- 19	0	0	0	0	0	-	-	-	-
19 - 20	0	0	0	0	0	-	-	-	-
20 - 21	0	0	0	0	0	-	-	-	-
21 - 22	0	0	0	0	0	-	-	-	-
22 - 23	0	0	0	0	0	-	-	-	-
23 - 24	0	0	0	0	0	-	-	-	-
24 - 25	0	0	0	0	0	-	-	-	-
25 - 26	0	0	0	0	0	-	-	-	-
26 - 27	0	0	0	0	0	-	-	-	-
27 - 28	0	0	0	0	0	-	-	-	-
28+250				0	1				

Tabla 14. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2012

PR	Número de accidentes			Número de víctimas		Índices			
	Total	Con muertos	Con heridos	Heridos	Muertos	Ip	Is	Imorb	Imort
5- 6	0	0	0	0	0	-	-	-	-
6- 7	0	0	0	0	0	-	-	-	-
7- 8	2	1	1	2	1	1.01	10.12	2.00	1.00
8- 9	0	0	0	0	0	-	-	-	-
9- 10	0	0	0	0	0	-	-	-	-
10- 11	1	0	1	1	0	0.51	1.01	1.00	-
11- 12	0	0	0	0	0	-	-	-	-
12- 13	0	0	0	1	0	-	-	1.00	-
13 - 14	1	0	1	1	0	0.51	1.01	1.00	-
14 - 15	1	0	1	2	0	0.51	1.01	2.00	-
15 - 16	0	0	0	0	0	-	-	-	-
16 - 17	0	0	0	0	0	-	-	-	-
17 - 18	1	0	1	2	0	0.51	1.01	2.00	-
18- 19	0	0	0	0	0	-	-	-	-
19 - 20	1	0	1	4	0	0.51	1.01	4.00	-
20 - 21	0	0	0	0	0	-	-	-	-
21 - 22	1	0	1	2	0	0.51	1.01	2.00	-
22 - 23	0	0	0	0	0	-	-	-	-
23 - 24	0	0	0	0	0	-	-	-	-
24 - 25	0	0	0	0	0	-	-	-	-
25 - 26	0	0	0	0	0	-	-	-	-
26 - 27	0	0	0	0	0	-	-	-	-
27 - 28	2	0	2	1	0	1.01	2.02	1.00	-
				0	1	0.25	4.56	-	1.00

Tabla 15. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2013

PR	Número de accidentes			Número de víctimas		Índices			
	Total	Con muertos	Con heridos	Heridos	Muertos	Ip	Is	Imorb	Imort
5- 6	1	1	0	1	1	0.49	4.44	1.00	1.00
6- 7	1	0	1	2	0	0.49	0.25	2.00	-
7- 8	1	0	1	1	0	0.49	0.25	1.00	-
8- 9	0	0	0	0	0	-	-	-	-
9- 10	0	0	0	0	0	-	-	-	-
10- 11	2	0	2	3	0	0.99	0.49	3.00	-
11- 12	0	0	0	0	0	-	-	-	-
12- 13	1	0	1	1	0	0.49	0.25	1.00	-
13 - 14	2	1	1	2	1	0.99	4.68	2.00	1.00
14 - 15	0	0	0	0	0	-	-	-	-
15 - 16	1	1	0	0	1	0.49	4.44	-	1.00
16 - 17	0	0	0	0	0	-	-	-	-
17 - 18	0	0	0	0	0	-	-	-	-
18- 19	0	0	0	0	0	-	-	-	-
19 - 20	1	1	0	2	1	0.49	4.44	2.00	1.00
20 - 21	0	0	0	0	0	-	-	-	-
21 - 22	0	0	0	0	0	-	-	-	-
22 - 23	1	0	1	2	0	0.49	0.25	2.00	-
23 - 24	0	0	0	0	0	-	-	-	-
24 - 25	1	0	1	1	0	0.49	0.25	1.00	-
25 - 26	0	0	0	0	0	-	-	-	-
26 - 27	1	1	0	1	1	0.49	4.44	1.00	1.00
27 - 28	0	0	0	0	0	-	-	-	-

Tabla 16. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui 2014

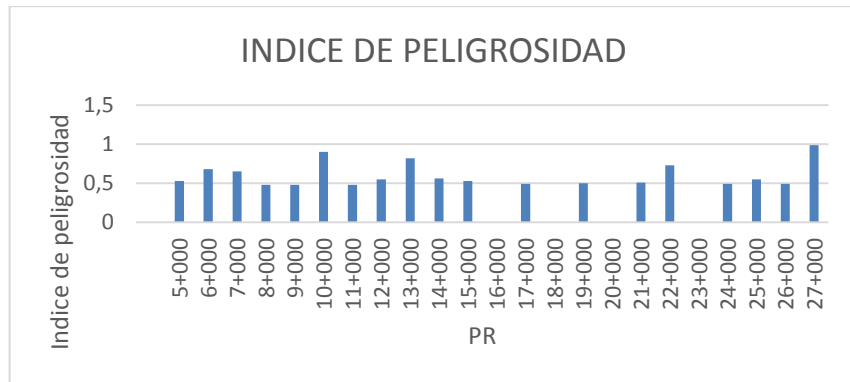
PR	Número de accidentes			Número de víctimas		Índices			
	Total	Con muertos	Con heridos	Heridos	Muertos	Ip	Is	Imorb	Imort
5- 6	0	0	0	0	0	-	-	-	-
6- 7	1	0	1	1	0	0.48	0.96	1.00	-
7- 8	0	0	0	0	0	-	-	-	-
8- 9	0	0	0	0	0	-	-	-	-
9- 10	0	0	0	0	0	-	-	-	-
10- 11	0	0	0	0	0	-	-	-	-
11- 12	0	0	0	0	0	-	-	-	-
12- 13	0	0	0	0	0	-	-	-	-
13 - 14	2	1	1	1	1	0.96	9.60	1.00	1.00
14 - 15	0	0	0	0	0	-	-	-	-
15 - 16	0	0	0	0	0	-	-	-	-
16 - 17	0	0	0	0	0	-	-	-	-
17 - 18	0	0	0	0	0	-	-	-	-
18- 19	0	0	0	0	0	-	-	-	-
19 - 20	0	0	0	0	0	-	-	-	-
20 - 21	0	0	0	0	0	-	-	-	-
21 - 22	0	0	0	0	0	-	-	-	-
22 - 23	2	0	2	6	0	0.96	1.92	6.00	-
23 - 24	0	0	0	0	0	-	-	-	-
24 - 25	0	0	0	0	0	-	-	-	-
25 - 26	0	0	0	0	0	-	-	-	-
26 - 27	1	0	1	1	0	0.48	0.96	1.00	-
27 - 28	2	1	1	1	1	0.96	9.60	1.00	1.00

Índices de accidentalidad promedio para cada PR:

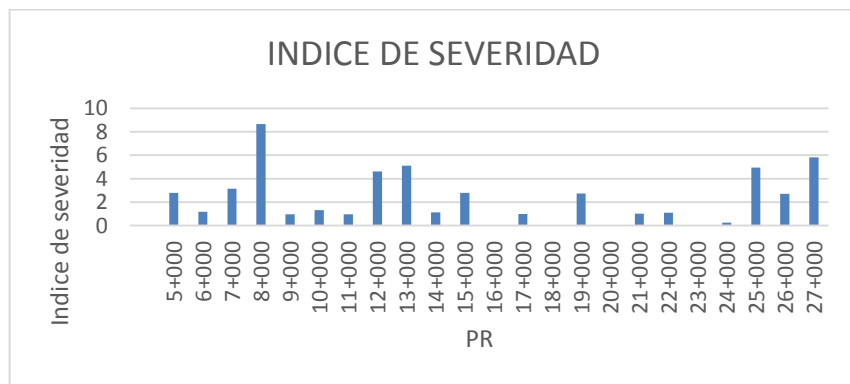
Tabla 17. Índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui PR 5 – PR 28.

PR	Índices			
	Ip	Is	Imorb	Imort
5– 6	0.53	2.78	1.00	1.00
6– 7	0.68	1.17	2.75	-
7– 8	0.65	3.14	2.00	1.00
8– 9	0.48	8.66	5.00	2.00
9– 10	0.48	0.96	1.00	-
10– 11	0.90	1.32	2.00	-
11– 12	0.48	0.96	3.00	-
12– 13	0.55	4.61	1.00	1.00
13 – 14	0.82	5.10	1.33	1.00
14 – 15	0.56	1.12	2.00	-
15 – 16	0.53	2.78	2.00	1.00
16 – 17	-	-	-	-
17 – 18	0.49	0.99	1.50	-
18– 19	-	-	-	-
19 – 20	0.50	2.72	3.00	1.00
20 – 21	-	-	-	-
21 – 22	0.51	1.01	2.00	-
22 – 23	0.73	1.08	3.00	-
23 – 24	-	-	-	-
24 – 25	0.49	0.25	1.00	-
25 – 26	0.55	4.94	-	1.00
26 – 27	0.49	2.70	1.00	1.00
27 – 28	0.99	5.81	1.00	1.00
Promedio	0.60	2.79	2.03	1.10
Σ	0.15	2.1981	1.1115	0.3
σ +promedio	0.75	4.99	3.14	1.40

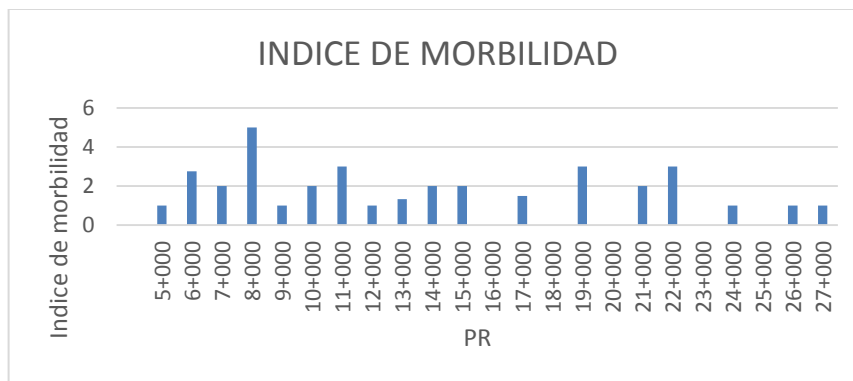
Grafica 14. Índice de peligrosidad tramo Pasto – Chachagui



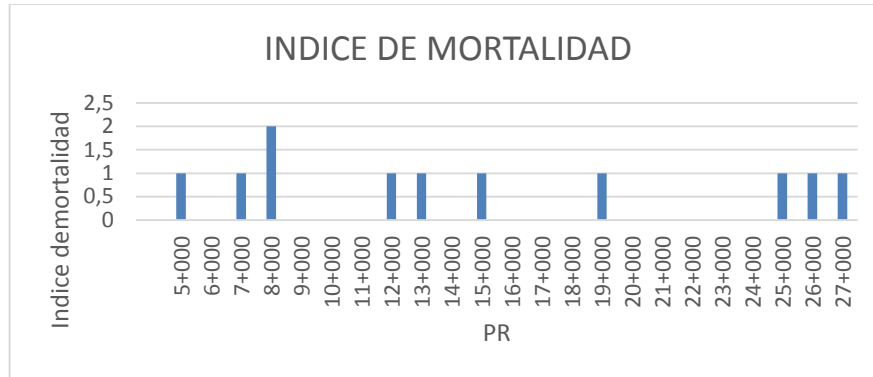
Grafica 15. Índice de severidad tramo Pasto – Chachagui



Grafica 16. Índice de Morbilidad tramo Pasto – Chachagui



Grafica 17. Índice de Mortalidad tramo Pasto – Chachagui



Determinación de puntos críticos: se seleccionan con el criterio de que al menos un indicador de accidentalidad sea mayor o igual a la suma de la media más la desviación estándar. (Ver tabla 18)

Tabla 18. Evaluación de índices de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui.

PR	Índices			
	Ip	Is	Imorb	Imort
5– 6	0.53	2.78	1.00	1.00
6– 7	0.68	1.17	2.75	-
7– 8	0.65	3.14	2.00	1.00
8– 9	0.48	8.66	5.00	2.00
9– 10	0.48	0.96	1.00	-
10– 11	0.90	1.32	2.00	-
11– 12	0.48	0.96	3.00	-
12– 13	0.55	4.61	1.00	1.00
13 – 14	0.82	5.10	1.33	1.00
14 – 15	0.56	1.12	2.00	-
15 – 16	0.53	2.78	2.00	1.00
16 – 17	-	-	-	-
17 – 18	0.49	0.99	1.50	-
18– 19	-	-	-	-
19 – 20	0.50	2.72	3.00	1.00
20 – 21	-	-	-	-

Tabla 18. (Continuación).

21 – 22	0.51	1.01	2.00	-
22 – 23	0.73	1.08	3.00	-
23 – 24	-	-	-	-
24 – 25	0.49	0.25	1.00	-
25 – 26	0.55	4.94	-	1.00
26 – 27	0.49	2.70	1.00	1.00
27 – 28	0.99	5.81	1.00	1.00
Promedio	0.60	2.79	2.03	1.10
σ	0.15	2.1981	1.1115	0.3
σ +promedio	0.75	4.99	3.14	1.40

A continuación se presentan los puntos críticos a los que se debe realizar el análisis y planteamiento de medidas. (Ver tabla 19)

Tabla 19. Puntos críticos de accidentalidad tramo Pasto – Chachagui.

8+000 – 9+000
10+000 – 11+000
13+000 – 14+000
27+000 – 28+000

Análisis de puntos críticos de accidentalidad:

Tabla 20. Información de causas de accidentes en puntos críticos

PR	Clase accidente	Fecha evento	Heridos	Muertos	Hipótesis
8+300	Volcamiento	02/05/2009	5	2	Superficie lisa
10+650	Atropello	13/11/2010	2		Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
10+760	Choque	21/06/2010	1		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
10+600	Choque	15/11/2012	1		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
10+400	Atropello	03/12/2013	1		Transitar sin los dispositivos luminosos de detención.
10+800	Choque	08/08/2013	2		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
13+000	Choque	06/06/2012	1		Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.

Tabla 20. (Continuación).

13+000	Choque	16/06/2013	2		Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
13+500	Choque	27/01/2013		1	Exceso de velocidad
13+100	Caída ocupante	15/04/2014	1		Superficie húmeda
13+200	Choque	07/01/2014		1	Sin establecer
27+000	Atropello	08/07/2012	1		Exceso de velocidad
27+957	Choque	14/10/2012	1		Cambio de carril sin indicación e inadecuado
27+600	Atropello	13/02/2014		1	Transitar por la calzada
27+700	Choque	29/03/2014	1		Sin establecer

Análisis PR 8+000 – 9+000:

Tabla 21. Tipos de accidentes PR 8+000 – 9+000

Tipo Accidente	No. Accidentes	% Accidentes
Volcamiento	1	100.0%
Total	1	100.00%

Grafica 18. Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 8+000 – 9+000

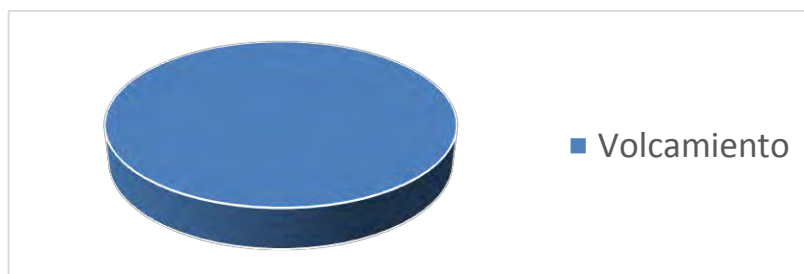
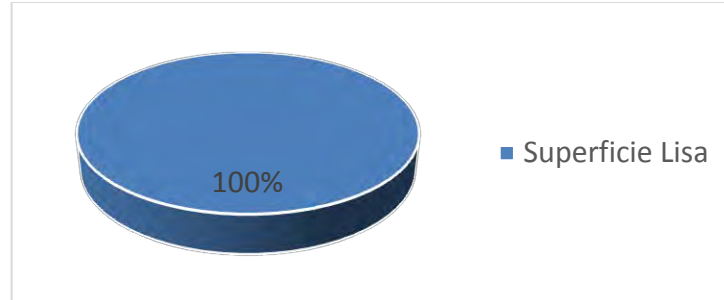


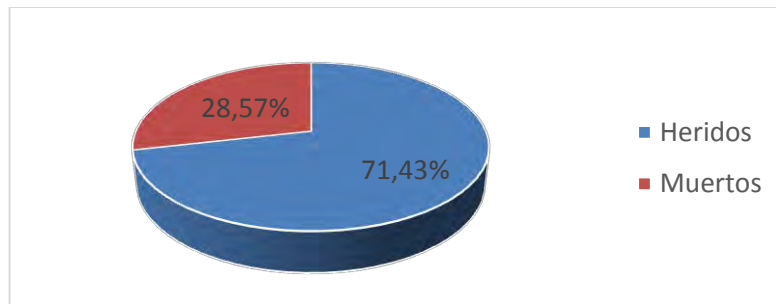
Tabla 22. Causa probable de accidentes en PR 8+000_9+000

Causa Probable	No. Accidentes	% Accidentes	No. Heridos	% Heridos	No. Muertos	% Muertos
Superficie lisa	1	100.0%	5	71.43%	2	28.57%
Total	1		5		2	

Grafica 19. Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 8+000 – 9+000



Grafica 20. Tipo de víctimas según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 8+000 – 9+000



Elementos geométricos PR 8+000 – 9+000:

Tabla 23. Curvas horizontales PR 8+000 – 9+000

Abscisa PC	Abscisa PI	Abscisa PT	Deflexión	Radio (m)	Longitud (m)	Tangente (m)	Externa (m)
8+021	8+061	8+092	66°38'49"D	60.7	70.64	39.9	12.0
8+123	8+188	8+241	56°55'45"l	118.8	118.1	64.4	16.3
8+345	8+372	8+398	15°44'31"l	193.2	53.1	26.7	1.8
8+484	8+539	8+582	65°36'00"D	85.9	98.4	55.4	16.3
8+622	8+671	8+717	34°52'25"D	155.0	94.4	48.7	7.5

Tabla 24. Entretangencias horizontales PR 8+000 – 9+000

Abscisa PT	Abscisa PI	Longitud (m)	Abscisa PT	Abscisa PI	Longitud (m)
7+966	8+021	55	8+398	8+484	86
8+092	8+123	31	8+582	8+622	40
8+241	8+345	104	8+717	9+141	424

Registró fotográfico ubicación de accidentes PR 8+000 – 9+000:

Imagen 10. PR 8+300 sentido Pasto – Chachagui



Análisis PR 10+000 – 11+000:

Tabla 25. Tipos de accidentes PR 10+000 – 11+000

Tipo Accidente	No. Accidentes	% Accidentes
Atropello	2	40.0%
Choque	3	60.0%
Total	5	100.00%

Grafica 21. Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 10+000 – 11+000

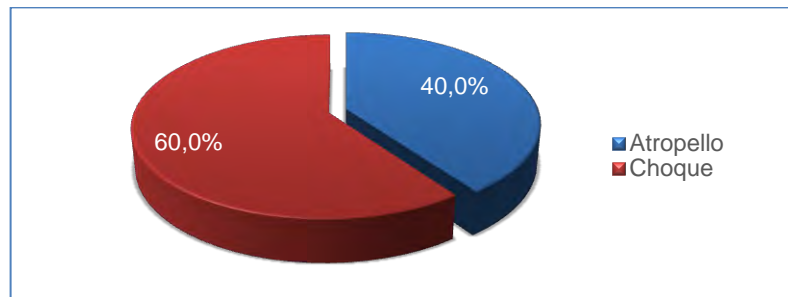
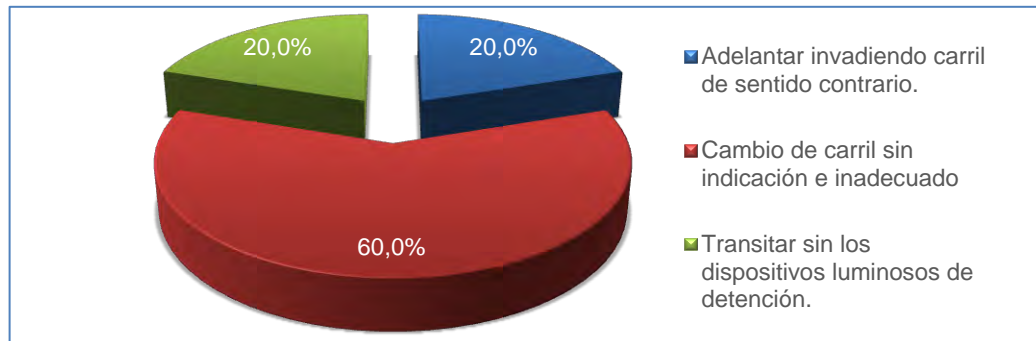


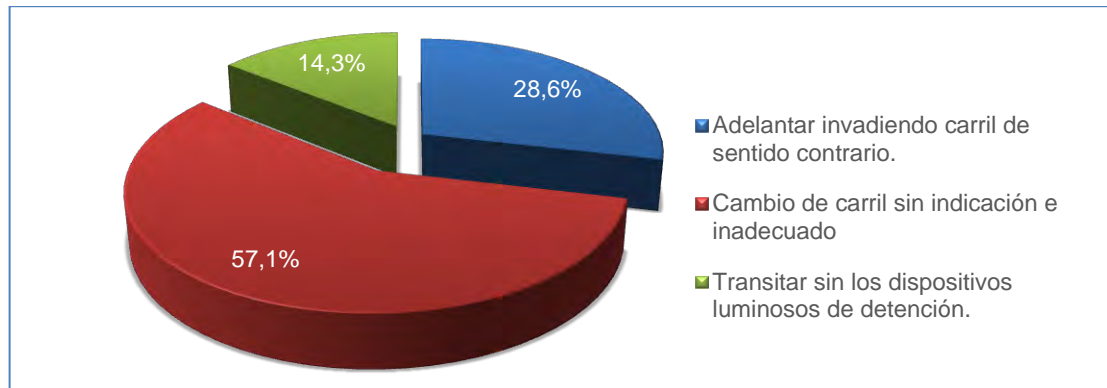
Tabla 26. Causa probable de accidentes en PR 10+000 - 11+000

Causa probable	No. Accidentes	% Accidentes	No. Heridos	% Heridos
Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.	1	20.0%	2	28.6%
Cambio de carril sin indicación e inadecuado	3	60.0%	4	57.1%
Transitar sin los dispositivos luminosos de detención.	1	20.0%	1	14.3%
Total	5		7	

Grafica 22. Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 10+000 – 11+000



Grafica 23. Heridos según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 10+000 – 11+000



Elementos geométricos PR 10+000 – 11+000:

Tabla 27. Curvas horizontales PR 10+000 – 11+000

Abscisa PC	Abscisa PI	Abscisa PT	Deflexión	Radio (m)	Longitud (m)	Tangente (m)	Externa (m)
9+938	9+973	10+008	22°40'19"i	177	70.1	35.5	3.5
10+106	10+176	10+228	68°59'15"D	101	122.1	69.7	21.6
10+309	10+365	10+416	41°34'52"l	147	106.4	55.7	10.2

Tabla 28. Entretangencias horizontales PR 10+000 – 11+000.

Abscisa PT	Abscisa PI	Longitud (m)
10+008	10+106	98
10+228	10+309	81
10+416	11+259	843

Registro fotográfico ubicación de accidentes PR 10+000 – 11+000:

Imagen 11. PR 10+400



Imagen 12. PR 10+600 y 10+650



Imagen 13. PR 10+760 y 10+800



A partir de la información anterior, se puede determinar que cuenta con una buena señalización vertical, en el momento que se tomó el registro fílmico, se puede observar que el pavimento está en malas condiciones y por lo tanto la señalización horizontal está muy deteriorada. Después de analizar todos los datos se puede concluir que este es un punto crítico de accidentalidad porque esta entretangencia es muy extensa, lo que hace que los conductores eleven la velocidad y generalmente usan este tramo para adelantar a otros vehículos. Aquí existe una estación de gasolina y un cruce de vehículos, razón por la cual se presentan choques, además, es una zona donde se presenta mayor concentración de peatones y aunque hay la respectiva señalización hace que se presenten atropellos. (Ver tabla 29-30) (Ver grafica 24-26)

Análisis PR 13+000 – 14+000:

Tabla 29. Tipos de accidentes PR 13+000 – 14+000

Tipo Accidente	No. Accidentes	% Accidentes
Atropello	4	80.0%
Choque	1	20.0%
Total	5	100.00%

Grafica 24. Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 13+000 – 14+000

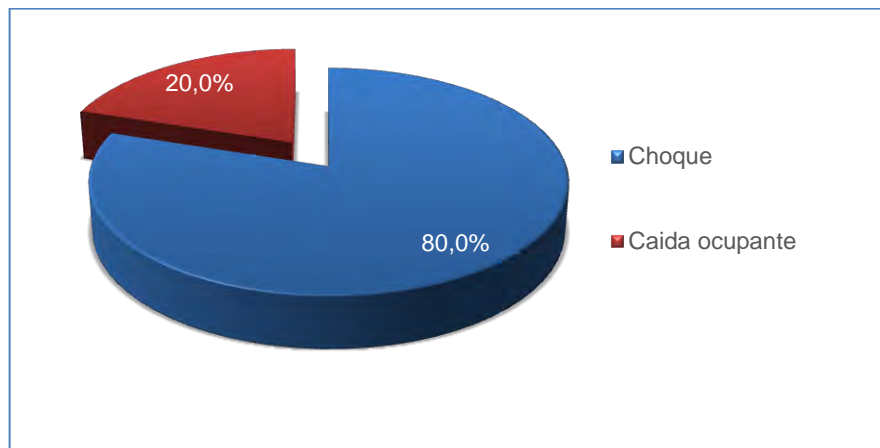
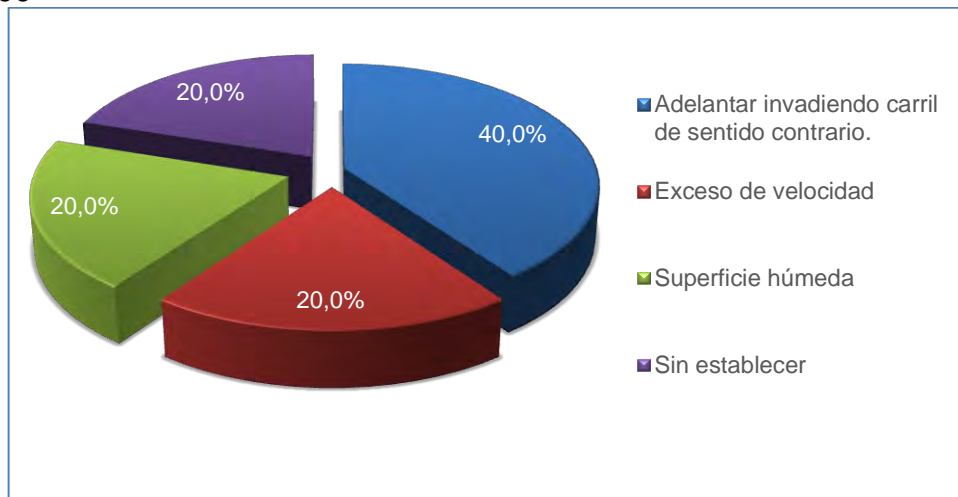


Tabla 30. Causa probable de accidentes en PR 13+000 – 14+000

Posible Causa	No Accidentes	% Accidentes	No Heridos	% Heridos
Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.	2	40.0%	3	60.0%
Exceso de velocidad	1	20.0%	0	0.0%
Superficie húmeda	1	20.0%	1	20.0%
Sin establecer	1	20.0%	1	20.0%
Total	5		5	

Grafica 25. Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 13+000 – 14+000



Grafica 26. Heridos según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 13+000 – 14+000



Elementos geométricos PR 13+000 – 14+000:

Tabla 31. Curvas horizontales PR 13+000 – 14+000

Abscisa PC	Abscisa PI	Abscisa PT	Deflexión	Radio (m)	Longitud (m)	Tangente (m)	Externa (m)
12+832	13+043	13+043	133°31'54"l	91	211.0	210.9	139.0
13+428	13+511	13+566	79°24'17"l	100	138.6	83.0	30.0
13+598	13+668	13+725	60°38'25"D	120	127.0	70.2	19.0
13+811	13+847	13+878	54°25'24"l	70	66.5	36.0	8.6
13+919	13+941	13+962	24°54'41"D	100	43.1	21.7	2.4

Tabla 32. Entre tangencias horizontales PR 13+000 – 14+000

Abscisa PT	Abscisa PI	Longitud (m)
13+043	13+428	385
13+566	13+598	32
13+725	13+811	86
13+878	13+919	41
13+962	14+027	65

Registro fotográfico ubicación de accidentes PR 13+000 – 14+000:

Imagen 14. PR 13+000



Imagen 15. PR 13+100 y 13+300 sentido Pasto - Chachagui



Imagen 16. PR 13+500 sentido Pasto – Chachagui



Del registro fílmico y fotográfico de este tramo se puede afirmar que es una zona que necesita mayor señalización vertical. Actualmente, aquí existe una intersección con la vía a Buesaco, hacia el túnel, que requiere señalización de los destinos. Además el PR 13+500 existe una curva horizontal y una vertical donde la distancia de visibilidad para el conductor no es la adecuada. (Ver tabla 33-36) (Ver grafica 27-29)

Análisis PR 27+000 – 28+000:

Tabla 33. Tipos de accidentes PR 27+000 – 28+000

Tipo Accidente	No. Accidentes	% Accidentes
Atropello	2	40.0%
Choque	2	40.0%
Total	4	

Grafica 27. Tipo de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 27+000 – 28+000

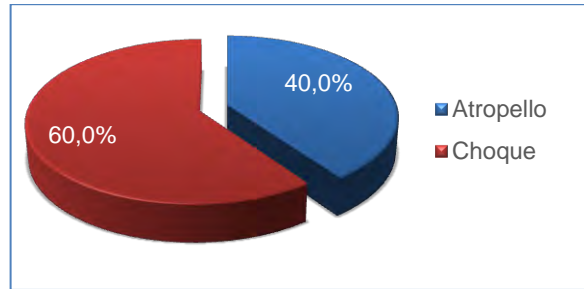
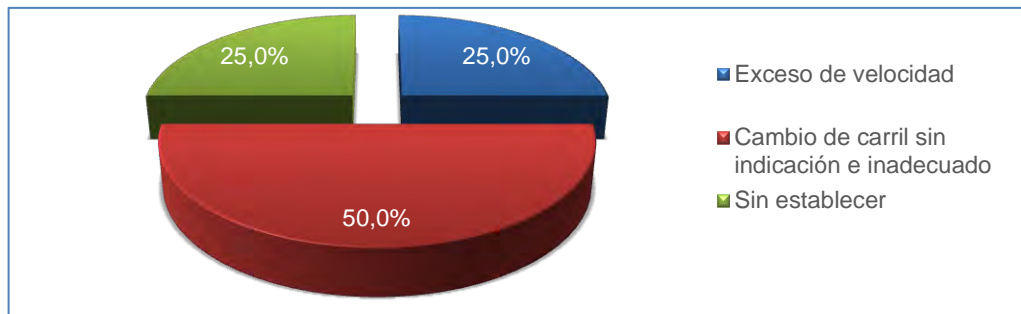


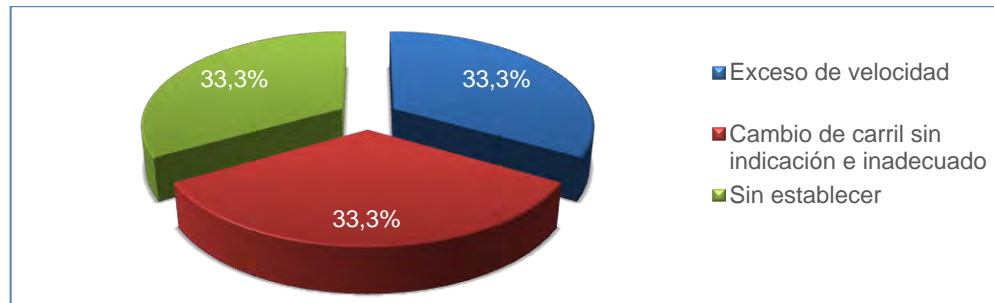
Tabla 34. Causa probable de accidentes en PR 27+000

Causa Probable de accidente	No. Accidentes	% Accidentes	No. Heridos	% Heridos
Exceso de velocidad	1	25.0%	1	33.3%
Cambio de carril sin indicación e inadecuado	2	50.0%	1	33.3%
Sin establecer	1	25.0%	1	33.3%
Total	4		3	

Grafica 28. Causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 27+000 – 28+000



Grafica 29. Heridos según causa probable de accidente tramo Pasto – Chachagui PR 27+000 – 28+000



Elementos geométricos PR 27+000 – 28+000:

Tabla 35. Curvas horizontales PR 27+000 – 28+000

Abscisa PC	Abscisa PI	Abscisa PT	Deflexión	Radio (m)	Long (m)	Tan (m)	Externa (m)
26+981	27+010	27+039	16°28'22"D	200	57.5	28.9	2.1
27+131	27+155	27+177	32°30'40"I	80	45.4	23.3	3.3
27+197	27+257	27+270	119°7'31"D	70	72.8	59.6	34.1
27+313	27+352	27+374	87°33'14"I	40	61.1	38.3	15.4
27+443	27.479	27+506	72°24'17"D	50	63.3	36.6	12.0
27+536	27+870	27+639	168°05'2"I	35	102.1	333.7	300.7
27+673	27+696	27+715	59°35'22"D	40	41.6	22.9	6.1
27+759	27+769	27+781	19°38'16"I	65	22.3	11.2	1.0
27+813	27+883	27+893	89°51'14"D	51	80.0	50.9	21.0

Tabla 36. Entre tangencias horizontales PR 27+000 – 28+000

Abscisa PT	Abscisa PI	Longitud (m)
27+039	27+131	92
27+177	27+197	20
27+270	27+313	43
27+374	27+443	69
27+506	27+536	30
27+639	27+673	34
27+715	27+759	44
27+781	27+813	32
27+893	28+201	308

Registro fotográfico:

Imagen 17. PR 27+000PR 27+600



Imagen 18. PR 27+700PR 27+957



A partir del registro fílmico y fotográfico de este tramo y del plano es notable que es un sector con curvas consecutivas, con radios de curva y entre tangencias muy pequeños, lo que incrementa la probabilidad de accidentes. Igualmente, este tramo está muy cerca del municipio de Chachagui, por lo que hay un alto número de peatones y es esta la razón del alto porcentaje de atropellos. (Ver tabla 37)

Análisis de los puntos donde ocurrieron accidentes con muertos:

Tabla 37. Información de causas de accidentes en puntos críticos

PR	Clase Accidente	Fecha Hecho	Muertos	Hipótesis
5+800	Choque	07/04/2013	1	Embriaguez o droga
7+000	Choque	11/07/2012	1	Fallas en los frenos
12+550	Choque	05/12/2010	1	Adelantar invadiendo carril de sentido contrario.
15+000	Choque	05/03/2013	1	Fallas en las llantas
19+200	Choque	31/05/2013	1	Superficie húmeda
25+800	Choque	21/05/2009	1	Adelantar en curva o pendientes.
26+950	Choque	28/07/2013	1	Adelantar por la derecha.

Análisis PR 8+000: elementos geométricos PR 8+000 – 9+000:

Tabla 38. Curvas horizontales PR 8+000 – 9+000

Abscisa PC	Abscisa PI	Abscisa PT	Deflexión	Radio (m)	Long (m)	Tang (m)	Externa (m)
8+021	8+061	8+092	66°38'49"D	60.7	70.64	39.9	12.0
8+123	8+188	8+241	56°55'45"l	118.8	118.1	64.4	16.3
8+345	8+372	8+398	15°44'31"l	193.2	53.1	26.7	1.8
8+484	8+539	8+582	65°36'00"D	85.9	98.4	55.4	16.3
8+622	8+671	8+717	34°52'25"D	155.0	94.4	48.7	7.5

Tabla 39. Entre tangencias horizontales PR 8+000 – 9+000

Abscisa PT	Abscisa PI	Longitud (m)	Abscisa PT	Abscisa PI	Longitud (m)
7+966	8+021	55	8+398	8+484	86
8+092	8+123	31	8+582	8+622	40
8+241	8+345	104	8+717	9+141	424

2.5 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

Se prosigue a realizar una análisis en diseño geométrico y de relación de velocidades en cuanto a elementos correspondientes a las curvas, que las determinaremos por medio del plano en planta suministrado por el Ministerio de Transporte y la entidad DEVINAR de los “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS, GESTIÓN PREDIAL, GESTIÓN AMBIENTAL, FINANCIACIÓN, CONSTRUCCIÓN, MEJORAMIENTO, REHABILITACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO VIAL RUMICHACA–PASTO–CHACHAGUI-AEROPUERTO” este análisis se lo realiza por medio del procedimiento estipulado en el Manual de Diseño de Carreteras (Colombia).

Determinando el tipo de vía se la sitúa como vía de orden primario, de acuerdo al terreno que está entre Montañoso y escarpado, así se le asigna la velocidad diseño del tramo homogéneo (V_{tr}), con relación a la tabla 40, del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia)

Tabla 40. Manual de diseño geométrico de carreteras (Colombia)

Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (V_{tr}) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

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

Fuente. Manual de diseño geométrico de carreteras (Colombia)

Se toma la velocidad de diseño de tramo homogéneo (V_{tr}) como 70 Km/h.

Posteriormente, se asigna las velocidades específicas de los elementos (curvas) de la vía por medio de la tabla 2.2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia) y se conforma una tabla con los datos y diseño consignado (Tabla 41). (Ver imagen 19)

Imagen 19. Velocidad específica de una curva horizontal (vch)

Tabla 2.2.
Velocidad Específica de una curva horizontal (V_{CH}) incluida en un tramo homogéneo con Velocidad de Diseño V_{TR}

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior V_{CH} (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) ≤ 50 km/h				Velocidad de Diseño del Tramo (V_{TR}) > 50 km/h					
	Longitud del Segmento recto anterior (m)				Longitud del Segmento recto anterior (m)					
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$	$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$	$400 < L \leq 600$	$L > 600$		
V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	V_{TR}	V_{TR}	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	
$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 10$	V_{TR}	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	
$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 20$	$V_{TR} + 10$	$V_{TR} + 20$	
CASO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia)

Otros datos que se analizaran son los radios reales y los radios de diseño de acuerdo a las velocidades específicas calculadas por medio de la tabla 3.2 de Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia)

Tabla 41. Manual de diseño geométrico de carreteras (Colombia)

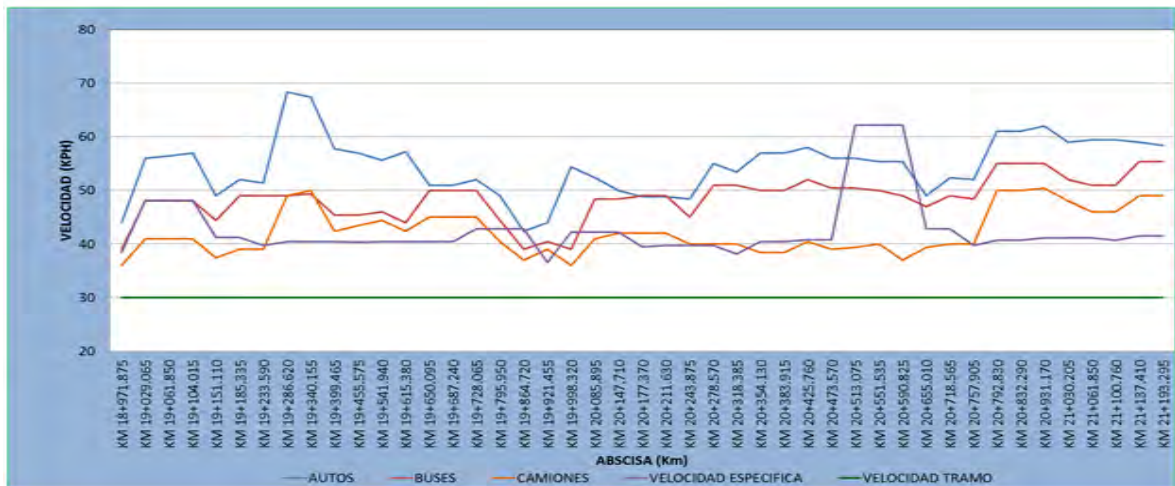
Radios mínimos para peralte máximo $e_{m\acute{a}x} = 8 \%$ y fricción máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tm\acute{a}x}$	TOTAL $e_{m\acute{a}x} + f_{Tm\acute{a}x}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia)

De, GÓMEZ CHAMORRO JEISSON ALEXANDER - PAZ VILLOTA DIEGO FERNANDO, ESTUDIO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y ANÁLISIS DEL PERFIL DE VELOCIDADES DEL TRAYECTO PASTO – CHACHAGUI (AEROPUERTO) KM 19+000 – KM 32+500 MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE RADAR, se obtuvo la velocidad de operación del tramo comprendido entre PR 19+000 y 28+000, para realizar la comparación de velocidades de diseño y de operación. (Ver grafica 30-33)

Grafica 30. Velocidad de operación sentido Norte-sur



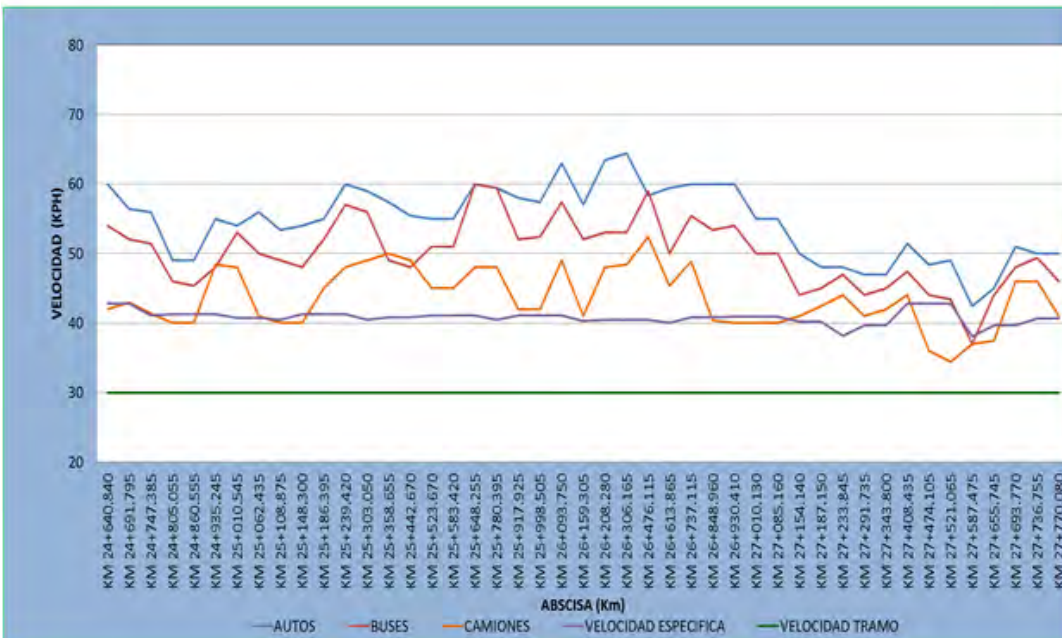
Fuente: Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de velocidades del trayecto Pasto – Chachagui (aeropuerto) km 19+000 – km 32+500 mediante la utilización de radar.

Grafica 31. Velocidad de operación sentido Norte-sur



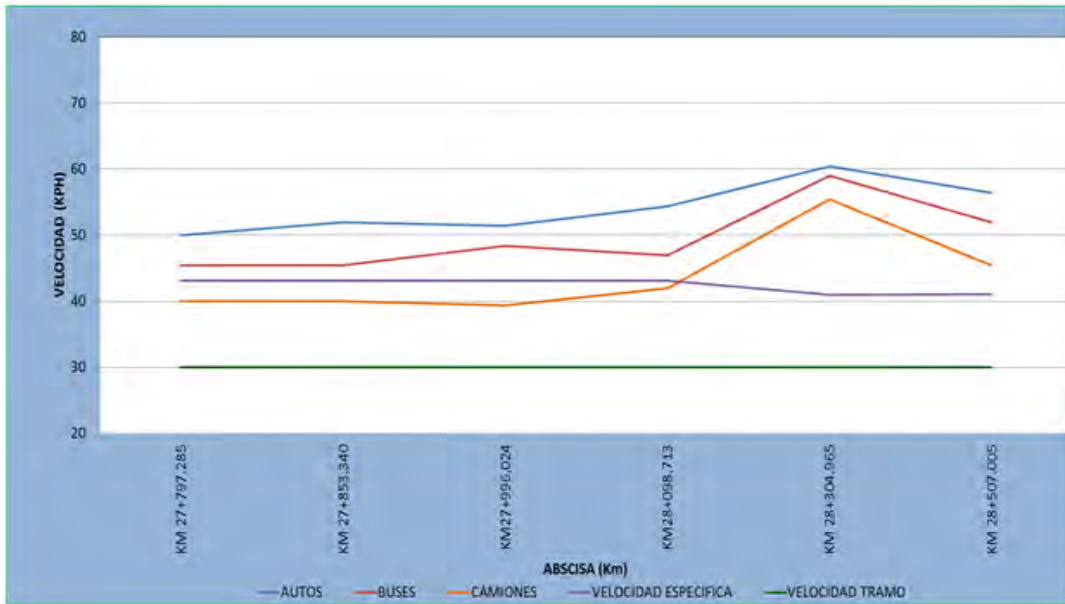
Fuente: Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de velocidades del trayecto Pasto – Chachagui (aeropuerto) km 19+000 – km 32+500 mediante la utilización de radar.

Grafica 32. Velocidad de operación sentido Norte-sur



Fuente: Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de velocidades del trayecto Pasto – Chachagui (aeropuerto) km 19+000 – km 32+500 mediante la utilización de radar.

Grafica 33. Velocidad de operación sentido Norte-sur



Fuente: Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de velocidades del trayecto Pasto – Chachagui (aeropuerto) km 19+000 – km 32+500 mediante la utilización de radar.

2.6 TABLA RESUMEN DE ANÁLISIS GEOMÉTRICO

A continuación, se presenta una tabla donde se consigna en resumen las características de elementos de la vía como entre tangentes, radios de las curvas además, velocidad de operación, de flexión del diseño de la curva. Con estos datos se determinó la velocidad de diseño de la vía, radios mínimos, y se comparó con los datos de la vía existente.

Velocidad específica de las curvas: el análisis de este punto es comparar la velocidad específica generada por el cálculo de la velocidad de diseño, de acuerdo con las entre tangentes y con la tabla 2.2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia), correspondiente a la **columna 7 y columna 8**, con la velocidad específica de las curvas de acuerdo a los radios de la vía existente correspondiente a la **columna 10** y la Velocidad de Operación correspondiente a las **columna 5**.

Teniendo en cuenta que existen datos de velocidad de operación de 69 curvas en el tramo evaluado, a partir del kilómetro 19.

- a. Solo el 5.04% (7 curvas) de las curvas reales su velocidad específica de diseño es superior a la velocidad de operación.

- b. El 44.60% (62 curvas) de las curvas reales su velocidad especifica de diseño están por debajo de la velocidad de operación, pero no están por encima de 20 km/h.

A partir del kilómetro 19 se determina que el 44.60 de este tramo de la vía, se transita con exceso de velocidad, y que no está diseñado para asumir las velocidades promedio de operación de los usuarios de la vía, generando por ende problemas de accidentalidad, descontrol, inseguridad e incomodidad hacia los usuarios de la vía.

Radios mínimos de diseño: con las velocidad de diseño **Columnas 7 y 8** se determinó por medio de la tabla 3.2 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (Colombia) los radios mínimos **Columna 9**, que deberían asumirse en el trazado de la vía, y se comparó con los Radios reales de la vía existente **Columna 4**.

Teniendo en cuenta que existen 139 curvas en el tramo evaluado:

- a. Solo el 10.07% (14 curvas) de las curvas reales están por encima del radio mínimo de diseño
 b. El 89.93% (125 curvas) de las curvas reales están por debajo del radio mínimo de diseño

Esto indica que en el 89.93% de la vía presenta incomodidad e inseguridad al usuario al transitarla, ya que los radios de la vía son muy cerrados de acuerdo a la importancia de la misma y la percepción del conductor al conducir sobre ella, pretendiendo velocidades superiores a las que debería transitarse. (Ver tabla 42)

Tabla 41. Análisis velocidad de diseño y radios mínimos

VELOCIDAD DE DISEÑO Y RADIOS MÍNIMOS									
1	3	2	4	5	6	7	8	9	10
CURV	PR (PC)	ENTRETANG (m) entrada	RADIO (m)	OPERACIÓN (m/s)	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	V.Especifica (m/s) P-C	V.Especifica (m/s) C-P	RADIO MIN (m)	VELOCID. SEGÚN RADIO (km/s)
1	K5+390	390.23	60.75 (I)		81.71	70	70	168	40
2	K5+511	34.34	50.84 (D)		158.77	70	70	168	30
3	K5+734	81.97	94.83 (I)		32.05	70	70	168	50
4	K5+980	193.83	208.86 (I)		16.69	70	70	168	70
5	K6+191	149.69	138.16 (D)		20.24	70	70	168	60
6	K6+447	206.79	94.84(D)		50.03	70	70	168	50

VELOCIDAD DE DISEÑO Y RADIOS MÍNIMOS									
1	3	2	4	5	6	7	8	9	10
CURV	PR (PC)	ENTRETANG (m) entrada	RADIO (m)	OPERACIÓN (m/s)	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	V.Específica (m/s) P-C	V.Específica (m/s) C-P	RADIO MIN (m)	VELOCID. SEGÚN RADIO (km/s)
7	K6+715	185.68	551.48 (I)		39.42	70	70	168	110
8	K7+171	285.60	116.70 (D)		40.33	70	70	168	60
9	K7+357	103.77	101.55 (I)		48,92	70	70	168	50
10	K7+670	225.91	65.63 (D)		100.17	70	70	168	40
11	K7+892	106.42	51.47 (I)		83.16	70	80	229	40
12	K8+021	54.74	60.73 (D)		66.65	70	80	229	40
13	K8+123	31.75	118.83 (I)		56.93	70	80	229	60
14	K8+345	103.90	193.19 (I)		15.74	70	80	229	70
15	K8+484	85.34	85.93 (D)		65.6	70	80	229	50
16	K8+623	40.51	155.02(D)		34.87	70	80	229	60
17	K9+141	423.78	87.23 (I)		61.74	80	80	229	50
18	K9+276	40.70	111.16 (D)		44,31	80	90	304	50
19	K9+503	141.44	138.13 (D)		43.21	80	90	304	60
20	K9+677	69.47	102.19(I)		52.38	80	90	304	50
21	K9+938	167.66	177.03 (I)		22.67	80	90	304	70
22	K10+106	98.51	101.45 (D)		68.99	80	90	304	50
23	K10+309	80.98	146.64 (I)		41.58	80	90	304	60
24	K11+259	843.15	68.32 (D)		75.97	90	70	304	40
25	K11+425	75.16	87.63 (I)		59.26	90	70	304	50
26	K11+548	32.47	96.12 (D)		46.58	90	70	304	50
27	K11+659	33.33	91.36 (D)		48.33	90	70	304	50
28	K11+816	79.98	101.27 (I)		157.37	90	70	304	50
29	K12+231	136.69	149.55 (I)		40.93	90	70	304	60
30	K12+393	54.78	100.94 (D)		69.37	90	70	304	50
31	K12+687	171.98	59.34 (D)		103.48	80	70	229	40
32	K12+832	37.94	90.55 (I)		133.53	80	70	229	50
33	K13+428	38.56	100.00 (I)		79.4	80	70	229	50
34	K13+598	31.46	120.00 (D)		60.64	80	70	229	60
35	K13+811	86.17	70.00(I)		54.42	80	70	229	40
36	K13+919	41.55	99.17 (D)		24.91	80	70	229	50
37	K14+027	64.17	145.00 (D)		30.71	80	70	229	60
38	K14+139	34.95	75.00(I)		82.10	80	70	229	50

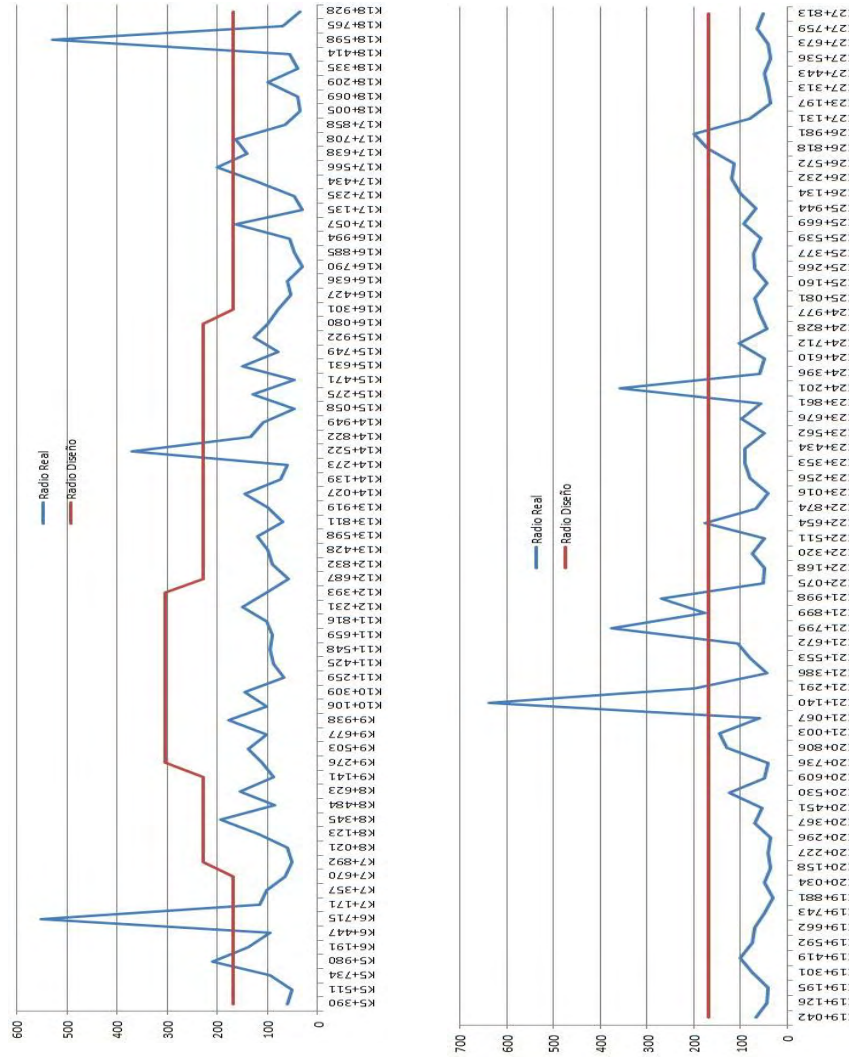
VELOCIDAD DE DISEÑO Y RADIOS MÍNIMOS									
1	3	2	4	5	6	7	8	9	10
CUR V	PR (PC)	ENTRETANG (m) entrada	RADIO (m)	OPERACIÓN (m/s)	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	V.Especifica (m/s) P- C	V.Especifica (m/s) C-P	RADIO MIN (m)	VELOCID. SEGÚN RADIO (km/s)
39	K14+273	26.78	60.00 (D)		77.61	80	70	229	40
40	K14+522	167.18	370.00 (D)		14,47	80	70	229	90
41	K14+822	206.49	135.00 (I)		37.95	80	70	229	60
42	K14+949	37.49	110.00 (D)		27.54	80	70	229	50
43	K15+058	56.83	46.00 (D)		138.34	80	70	229	40
44	K15+275	105.51	130.00 (I)		42.76	80	70	229	60
45	K15+471	99.64	48.00 (I)		154.62	80	70	229	40
46	K15+631	30.22	150.00 (D)		22.20	80	70	229	60
47	K15+749	59.13	78.00 (D)		69.48	80	70	229	50
48	K15+922	78.30	127.00 (I)		28.59	80	70	229	60
49	K16+080	95.34	100.00(I)		41.72	80	70	229	50
50	K16+301	147.40	80.00 (D)		67.03	70	70	168	50
51	K16+427	32.91	55.00 (I)		72.48	70	70	168	40
52	K16+636	138.71	60.00 (D)		116.67	70	70	168	40
53	K16+790	32.27	30.00 (I)		103.63	70	70	168	30
54	K16+885	40.93	48.00 (D)		106.67	70	70	168	40
55	K16+994	19.81	57.00 (I)		47.12	70	70	168	40
56	K17+057	16.14	165.00 (I)		14.08	70	70	168	60
57	K17+135	36.67	32.00 (I)		128.68	70	70	168	30
58	K17+235	28.14	47.00 (D)		89.63	70	70	168	40
59	K17+434	126.27	120.00 (D)		45.71	70	70	168	60
60	K17+566	35.78	200.00 (I)		14.23	70	70	168	70
61	K17+638	22.79	140.00 (I)		20.71	70	70	168	60
62	K17+708	18.87	165.00 (D)		21,22	70	70	168	60
63	K17+858	89.17	64.65 (D)		104.23	70	70	168	40
64	K18+005	27.66	35.45 (I)		97.1	70	70	168	30
65	K18+069	0.00	40.00 (I)		87.94	70	70	168	30
66	K18+209	79.29	100.00 (D)		42,05	70	70	168	60
67	K18+335	52.53	40.00 (D)		90.05	70	70	168	60
68	K18+414	15.90	56.12 (D)		48.04	70	70	168	40
69	K18+598	137.24	530.00 (I)		5.40	70	70	168	110
70	K18+765	117.13	70.00 (D)		60.01	70	70	168	40

VELOCIDAD DE DISEÑO Y RADIOS MÍNIMOS									
1	3	2	4	5	6	7	8	9	10
CUR V	PR (PC)	ENTRETANG (m) entrada	RADIO (m)	OPERACIÓN (m/s)	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	V.Especifica (m/s) P- C	V.Especifica (m/s) C-P	RADIO MIN (m)	VELOCID. SEGÚN RADIO (km/s)
71	K18+928	88.82	36.00 (I)	45	141.14	70	70	168	30
72	K19+042	25.69	67.00 (D)	56.4	34.1	70	70	168	40
73	K19+126	44.46	45.00 (D)	49	63.32	70	70	168	40
74	K19+195	18.71	40.00 (I)	51.4	111.44	70	70	168	30
75	K19+301	28.27	75.00 (D)	67.4	60.21	70	70	168	50
76	K19+419	39.80	100.00 (I)	57	41.49	70	70	168	50
77	K19+592	100.32	75.00 (D)	57.2	35.57	70	70	168	50
78	K19+662	22.87	70.00 (I)	64	42.09	70	70	168	40
79	K19+743	30.23	50.00 (D)	50	120.94	70	70	168	40
80	K19+881	32.00	30.00 (I)	44	155.61	70	70	168	30
81	K20+034	72.26	48.00 (D)	52.4	122.82	70	70	168	40
82	K20+158	20.74	36.00 (I)	50	65.2	70	70	168	30
83	K20+227	29.94	40.00 (D)	48.4	49.49	70	70	168	30
84	K20+296	34.84	35.00 (I)	53.4	73.32	70	70	168	30
85	K20+367	26.70	70.00 (D)	57	26.91	70	70	168	40
86	K20+451	50.82	55.00 (I)	56	46.67	70	70	168	40
87	K20+530	34.22	125.00 (D)	55.4	19.58	70	70	168	60
88	K20+609	35.86	50.00 (D)	49	106.00	70	70	168	40
89	K20+736	34.61	40.00 (I)	53	63.12	70	70	168	30
90	K20+806	25.79	130.00 (D)	68	23.42	70	70	168	60
91	K21+003	144.62	145.00 (I)	66	21.12	70	70	168	60
92	K21+067	9.84	60.00 (D)	59.4	64.92	70	70	168	40
93	K21+140	5.32	637.75 (I)	67.4	9.56	70	70	168	110
94	K21+291	44.70	200.00 (D)	65.4	18.95	70	70	168	70
95	K21+386	28.83	45.00 (I)	52.4	71.02	70	70	168	40
96	K21+553	110.63	80.00 (D)	64	65.7	70	70	168	50
97	K21+672	27.67	105.57 (I)	62	48.3	70	70	168	50
98	K21+799	39.73	375.00 (D)	69.4	7.89	70	70	168	90
99	K21+899	48.45	175.00 (I)	72	23.49	70	70	168	70
100	K21+998	26.54	269.35 (D)	63.4	47.29	70	70	168	80
101	K22+075	20.06	52.12 (D)	61.4	67.28	70	70	168	40
102	K22+168	31.52	48.00 (I)	50.4	121.93	70	70	168	40

VELOCIDAD DE DISEÑO Y RADIOS MÍNIMOS									
1	3	2	4	5	6	7	8	9	10
CURV	PR (PC)	ENTRETANG (m) entrada	RADIO (m)	OPERACIÓN (m/s)	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	V.Específica (m/s) P-C	V.Específica (m/s) C-P	RADIO MIN (m)	VELOCID. SEGÚN RADIO (km/s)
103	K22+320	50.46	75.00 (D)	63	52.92	70	70	168	50
104	K22+511	121.39	50.00 (D)	54	99.04	70	70	168	40
105	K22+654	56.37	176.57 (I)	59.4	18.64	70	70	168	70
106	K22+874	162.72	67.41 (D)	58.4	89.22	70	70	168	40
107	K23+016	38.61	40.00 (I)	51	176.38	70	70	168	30
108	K23+256	117.09	80.00 (I)	60	54.18	70	70	168	50
109	K23+353	21.44	90.00 (D)	63	28.19	70	70	168	50
110	K23+434	35.86	90.00 (I)	63.4	53.09	70	70	168	50
111	K23+562	44.65	50.00 (D)	60	84.01	70	70	168	40
112	K23+676	41.12	98.00 (I)	62	81.06	70	70	168	50
113	K23+861	46.65	58.00 (D)	55	103.17	70	70	168	40
114	K24+201	235.40	358.00 (I)	57	128.01	70	70	168	90
115	K24+396	64.96	60.00 (D)	57	98.76	70	70	168	40
116	K24+610	111.11	50.00 (I)	60	69.79	70	70	168	40
117	K24+712	41.00	104.77 (D)	56	38.37	70	70	168	50
118	K24+828	45.17	45.00 (I)	50	83.82	70	70	168	40
119	K24+977	83.55	60.00 (D)	57	64.03	70	70	168	40
120	K25+081	36.73	70.00 (I)	57	45.96	70	70	168	40
121	K25+160	22.70	45.00 (D)	55	68.11	70	70	168	40
122	K25+266	52.55	70.00 (I)	59	61.15	70	70	168	40
123	K25+377	36.51	72.00 (D)	55.4	104.66	70	70	168	50
124	K25+539	30.48	56.00 (I)	55	91.08	70	70	168	40
125	K25+669	40.65	94.00 (D)	59.4	136.31	70	70	168	50
126	K25+944	51.43	67.00 (I)	58.4	93.83	70	70	168	40
127	K26+134	80.76	100.00 (I)	59	28.85	70	70	168	50
128	K26+232	47.61	118.00 (D)	64.4	71.94	70	70	168	60
129	K26+572	191.73	115.00 (I)	62	41.74	70	70	168	60
130	K26+818	162.74	170.00 (D)	72.8	20.55	70	70	168	70
131	K26+981	101.94	200.00 (D)	72	16.47	70	70	168	70
132	K27+131	92.57	80.00 (I)	62	32.51	70	70	168	50
133	K23+197	20.62	35.00 (D)	48	119.13	70	70	168	30
134	K27+313	43.00	40.00 (I)	49	87.55	70	70	168	30

VELOCIDAD DE DISEÑO Y RADIOS MÍNIMOS									
1	3	2	4	5	6	7	8	9	10
CURV	PR (PC)	ENTRETANG (m) entrada	RADIO (m)	OPERACIÓN (m/s)	ANGULO DE DEFLEXIÓN Δ	V.Especifica (m/s) P-C	V.Especifica (m/s) C-P	RADIO MIN (m)	VELOCID. SEGÚN RADIO (km/s)
135	K27+443	68.15	50.00 (D)	57	72.4	70	70	168	40
136	K27+536	30.73	34.80 (I)	45	168.09	70	70	168	30
137	K27+673	34.45	40.00 (D)	51	59.59	70	70	168	30
138	K27+759	44.37	65.00 (I)	50	19.64	70	70	168	40
139	K27+813	32.13	51.00 (D)	53	89.85	70	70	168	40

Grafica 34. Radios de curvatura real Vs. radios de diseño



3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la elaboración del listado de chequeo se tomaron dieciséis ítems por cada kilómetro, tomando un total de 5888 datos de las condiciones generales de la vía, de forma visual un promedio de casi 256 datos por kilómetro, suficientes para determinar patrones de inseguridad, de estos datos se puede determinar; los 23 km cuentan con bermas menores a 1.5 m; ninguna curva cuentan con sobre ancho; 139 curvas en un tramo muy corto aproximadamente 6 curvas por kilómetro, 1 curva cada 150 m de radios muy pequeños, 139 entre tangentes de la cuales 81 (58.28%) son menores a 50 m de longitud, y solo 15 (10.8%) su longitud es mayor de 150 m; en todo el tramo no existe una buena iluminación de la vía en horas nocturnas, ni señalización horizontal reflectiva; no existen tramos adecuados para estacionamiento de vehículos en caso de incidentes; casi todas las señales verticales están en buenas condiciones, pero empieza a notarse el mal estado de algunas, y además hay un déficit de ellas por excesos de velocidad, zonas peatonales; no existen estructuras eficientes para peatones, y no existen sistemas para motociclistas, ciclistas y peatones; el estado del pavimento es bueno por su rehabilitación; existen objetos fijos en la vía como muros de contención, cabezales de alcantarillado que no tienen una adecuada señalización y sobresalen demás, acercándose a centímetros del carril; los canales son inadecuados en todo el tramo generando riesgos letales en caso de accidente; en todo el tramo es problema la distancia de visibilidad en curvas horizontales; existen varias zonas de derrumbos y desprendimiento de material; en todo el tramo no existen zonas laterales despejadas para el frenado de vehículos en caso de salirse de control; el 100% de las barreras tienen terminación inadecuada que generan más peligro a los usuarios.

3.1 ANÁLISIS DE PUNTOS Y ZONAS CRÍTICAS DE ACCIDENTALIDAD

Las zonas críticas de accidentalidad según análisis estadístico de accidentalidad por datos obtenidos parte de Policía de Carreteras y STTP son:

Tabla 42. Zonas críticas de accidentalidad (por análisis estadístico de accidentalidad)

8+000 – 9+000	10+000 – 11+000	13+000 – 14+000	27+000 – 28+000
---------------	-----------------	-----------------	-----------------

Para evaluar la consistencia del diseño geométrico se han desarrollado diferentes criterios y metodologías, fuertemente relacionados con el nivel de siniestralidad. Los más empleados se basan en el análisis de las evoluciones de las velocidades de operación. Para ello, se emplea el perfil de velocidades de operación. Cuanto mayor sea la dispersión de las velocidades de operación más probabilidad hay que ese tramo sea más peligroso. Además, las reducciones bruscas de velocidad de operación suponen una mayor probabilidad de que en esa zona se concentren los accidentes

Establecieron dos criterios de consistencia relacionados con la velocidad de operación, que incluyen la diferencia entre la velocidad de operación y la de diseño (criterio I) y la diferencia de velocidad de operación entre elementos geométricos consecutivos (criterio II).

Las abscisas que se toman a continuación son de una evaluación hecha por el criterio I y II de Lamm

De, Gómez Chamorro Jeisson Alexander - Paz Villota Diego Fernando, Estudio de velocidad de operación y análisis del perfil de velocidades del trayecto Pasto – Chachagui (aeropuerto) km 19+000 – km 32+500 mediante la utilización de radar, se obtuvieron los siguientes tramos críticos: (Ver tabla 44)

Tabla 43. Puntos críticos de accidentalidad (por Tesis)

19+272 -19+379	19+661 - 19+712	20+779 - 21+003	21+441 - 21+759
21+759 - 21+799	21+850 - 21+971	21+997 - 22+054	22+320 - 22+510
22+597 - 22+653	22+711 - 22+977	23+139 - 23+256	23+331 - 23+561
23+634 - 23+814	23+814 - 23+861	23+965 - 24+201	26+053 - 26+134
26+184 - 26+380	26+232 - 27+176		

3.2 ANÁLISIS DE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTALIDAD

8+000 – 9+000:

- Causas de accidentalidad: los índices de accidentalidad de este tramo están asociados a causas relacionadas a choque entre vehículos por adelantamiento en curvas o pendientes, adelantar en sentido contrario, exceso de velocidad, cuyos factores o deficiencias se relacionan con el desarrollo de la velocidad de los vehículos debido a las excesivas pendientes longitudinales de la vía, especialmente en el carril de descenso y los cambios bruscos del alineamiento, cuyos valores de velocidad de operación superan ampliamente del diseño geométrico de la vía.

10+000 – 11+000

- Causas de accidentalidad: los índices de accidentalidad de este tramo están asociados a causas relacionadas a choque entre vehículos por adelantamiento en curvas o pendientes, adelantar en sentido contrario, exceso de velocidad, cuyos factores o deficiencias se relacionan con el desarrollo de la velocidad de los vehículos debido a las excesivas pendientes longitudinales de la vía, especialmente en el carril de descenso y los cambios bruscos del alineamiento, cuyos valores de velocidad de operación superan ampliamente el diseño geométrico de la vía

13+000 – 14+000

- Causas de accidentalidad: los índices de accidentalidad de este tramo están asociados a causas relacionadas a choque entre vehículos por adelantamiento en curvas o pendientes, adelantar en sentido contrario, exceso de velocidad, cuyos factores o deficiencias se relacionan con el desarrollo de la velocidad de los vehículos debido a las excesivas pendientes longitudinales de la vía especialmente en el carril de descenso y los cambios bruscos del alineamiento, cuyos valores de velocidad de operación superan ampliamente del diseño geométrico de la vía.

27+000 – 28+000

- Causas de accidentalidad: los índices de accidentalidad de este tramo están asociados a causas relacionadas a choque entre vehículos por adelantamiento en curvas o pendientes, adelantar en sentido contrario, exceso de velocidad, cuyos factores o deficiencias se relacionan con el desarrollo de la velocidad de los vehículos debido a las excesivas pendientes longitudinales de la vía, especialmente en el carril de descenso y los cambios bruscos del alineamiento, cuyos valores de velocidad de operación superan ampliamente el diseño geométrico de la vía

Tabla 44. Tramos que son riesgo potencial

19+272 -19+379	19+661 - 19+712	20+779 - 21+003	21+441 - 21+759
21+759 - 21+799	21+850 - 21+971	21+997 - 22+054	22+320 - 22+510
22+597 - 22+653	22+711 - 22+977	23+139 - 23+256	23+331 - 23+561
23+634 - 23+814	23+814 - 23+861	23+965 - 24+201	26+053 - 26+134
26+184 - 26+380	26+232 - 27+176		

Estos son los tramos que son un riesgo potencial de accidentalidad de acuerdo a la evaluación hecha por el criterio I y II de Lamm. Este criterio es el que permite comparar los cambios de velocidad entre elementos consecutivos y por tanto determinar las zonas donde los conductores tienen que cambiar de velocidad de manera brusca, lo que da al conductor una sensación de inseguridad e incomodidad perceptible. Aquí se debe realizar una intervención modificando las características geométricas de los elementos con el fin de homogenizar el recorrido y no tener cambios drásticos de velocidades, sino más bien que tenga un aspecto fluido, además de adecuar las zonas laterales para generar zonas de frenado y mejor visibilidad.

CONCLUSIONES

De 23 kilómetros evaluados en el tramo de la ruta 2502 en la vía Pasto - Chachagui se identificó: 4 zonas críticas de accidentalidad por medio del análisis estadístico, por medio de indicadores de accidentalidad, correspondiente a 4 km de carretera; 18 zonas críticas de accidentalidad por fallo de consistencia de la vía en un total de 3.461 km; dando la suma de zonas y puntos críticos de accidentalidad un total de 7.461km equivalente al 32.44% del tramo evaluado, que tiene riesgo inminente de accidentalidad con probabilidad de fatalidad en los usuarios.

En el análisis geométrico se determinaron los siguientes datos: de 139 curvas existentes en este tramo de las cuales el 94.96% (129 Curvas) se transita en exceso de velocidad por mal diseño geométrico, ya que la percepción de los usuarios por ser una vía de primer orden los induce a tomar estas velocidades, aunque ninguna supera el rango de 20k/h; a partir del kilómetro 19 solo el 5.04% (7 curvas) concuerda o son menores su velocidad de operación a la velocidad específica real; el 44.60% (62 curvas) la velocidad de operación supera a la velocidad específica real;

Realizando un análisis y asumiendo un diseño oportuno en cuanto a curvas y velocidad de diseño (70 km/h) teniendo en cuenta el orden de la vía y el terreno determinando el radio mínimo de curvatura se tiene que de 139 curvas, 10.07% (14 curvas) estarían adecuadas dentro del diseño en radio mínimo de curvatura; el 89.93% (125 curvas) están por debajo del diseño en radio mínimo de curvatura; por lo que habría que hacer intervención en casi a todo el tramo.

Los tipos de accidentes en esta vía están relacionados a choque entre vehículos por adelantamiento en curvas o pendientes, adelantar en sentido contrario, exceso de velocidad, cuyos factores o deficiencias se relacionan con el desarrollo de la velocidad de los vehículos debido a las excesivas pendientes longitudinales de la vía, especialmente en el carril de descenso y los cambios bruscos del alineamiento, cuyos valores de velocidad de operación superan ampliamente el diseño geométrico de la vía y el mal estado de la misma en cuanto a cunetas, zonas laterales, cabezales de alcantarilla y falta visibilidad por taludes verticales.

En todo el trayecto las actividades de intervención son similares, las cuales constan de la mejora de las características geométricas de la vía, en cuanto a radios de curvatura, generar en curvas cerradas el máximo peraltado posible con respectivos sobre anchos, la mejora en la parte de señalización y restricción de velocidad en este tramo incluyendo estructuras adecuadas para ello, mecanismos que controlen el adelantamiento inoportuno y proporcionar carriles adecuados

para el adelantamiento seguro, iluminación nocturna y mejorar la demarcación horizontal con pintura y tachas reflectoras.

Es necesario implementar estructuras peatonales y para ciclistas en las zonas laterales de la vía, igualmente mejorar las condiciones de las zonas laterales para frenado de vehículos, y con las situaciones planteadas en el anterior punto tomar intervención.

Se identificaron zonas y puntos críticos de accidentalidad con el fin de minimizar el riesgo y la gravedad de los accidentes si se toman los correctivos oportunos, ya que no se puede plantear un sistema utópico que elimine estos eventos inherentes al tránsito.

Uno de los métodos más importantes para la construcción de vías es la implementación de Auditorias de Seguridad Vial (ASV) la cuales buscan eliminar o reducir la necesidad de desarrollar trabajos correctivos, incluyendo a todos los usuarios de la vía, en especial a los más vulnerables. Al realizar este análisis en vías existentes se puede medir estadísticamente la efectividad analizando el antes y después de las intervenciones o medidas tomadas. Hay que tener en cuenta que casi el 15% de las muertes inorgánicas en Colombia son dadas por accidentes de tránsito, y el 70% de estas son peatones y motociclistas

RECOMENDACIONES

Implementar Auditorias de Seguridad Vial (ASV) para eliminar o reducir la necesidad de desarrollar trabajos correctivos, incluyendo a todos los usuarios de la vía, en especial a los más vulnerables.

Implementar estructuras peatonales y para ciclistas en las zonas laterales de la vía, en especial en el tramo comprendido entre PR 27+000 y PR 28+000 debido al alto porcentaje de atropellos ocurridos en este tramo.

Generar en curvas cerradas el máximo peraltado posible con los respectivos sobre anchos.

Mejorar la parte de señalización y restricción de velocidad incluyendo estructuras adecuadas para ello.

Mejorar las condiciones de las zonas laterales para frenado de vehículos.

Mejorar las características geométricas de la vía, en cuanto a radios de curvatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE CARRETERAS, Manual de Dispositivos Uniformes Para el Control del Tránsito, Estados Unidos de América.

ANDREW, P O. Brien and Deborah Donald Road Safety Audit “Nitti Gritty” – Design Stage Audit.

COMISIÓN DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO, Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Zonas Urbanas y Suburbanas, México D.F.

DOURTHÉ CASTRILLÓN, Antonio. Jaime Salamanca Candia, Guía Para Realizar una Auditoría de Seguridad Vial.

MERINO, Luis Armando. Propuesta del Modelo de Evaluación para la inspección visual de los dispositivos de Seguridad Vial y su incidencia en la accidentalidad en el tramo Vial Ruta 2501 de la troncal de Occidente desde el PR 5+00 AL PR 83+00 Sector Ipiales Pasto, Ingeniería Civil - Universidad de Nariño – 2010.

MINISTERIO DE TRANSPORTE, Fondo de prevención Vial, Accidentalidad Vial en Colombia 2007.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras Bogotá D.C.2008. 277 p.

MINISTERIO DE TRANSPORTE, Manual de Señalización Vial, Dispositivos para la regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclo rutas de Colombia Mayo de 2004.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2011-2016. 72 p.

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS Y MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (Venezuela). Manual interamericano de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras 2^{da} edición