

**CÁMARAS DE FOTO-COMPAREANDO Y RADARES CON TABLERO
ELECTRÓNICO COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR LA ACCIDENTALIDAD
VIAL EN EL TRAYECTO TOCANCIPÁ – GACHANCIPÁ**

**OMAR GEOVANNY FONSECA PARRA
SERGIO STEVEN RAIRÁN VEGA**



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D.C
2016**

**CÁMARAS DE FOTO-COMPAREANDO Y RADARES CON TABLERO
ELECTRÓNICO COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR LA ACCIDENTALIDAD
VIAL EN EL TRAYECTO TOCANCIPÁ – GACHANCIPÁ**

**OMAR G. FONSECA PARRA
SERGIO STEVEN RAIRAN VEGA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Civil**

**IC, MSc Daniella Rodriguez Urrego
Asesor Disciplinar**

**Licenciado Roy Morales Pérez
Asesor Metodológico**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ, D.C
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto es el resultado del esfuerzo de un gran trabajo en equipo de trabajo quienes con sus aportes y colaboración contribuyeron en la culminación de nuestro ciclo de formación académica. Por esto agradecemos principalmente a Dios, a nuestros padres quienes nos han apoyado y motivado en todo momento dándonos fortaleza, a nuestra asesor disciplinar y apoyo incondicional, Ingeniera Daniella Rodriguez Urrego, al asesor metodológico Licenciado Roy Morales, a nuestra mentor Ingeniera Gloria Báez, la Universidad la Gran Colombia, así como a la concesión Sabana de Occidente y a la ANI.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRAFICOS	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. OBJETIVO GENERAL:	14
2.1.1. Evaluar el efecto de las cámaras de foto-comparendo y los radares de velocidad como alternativas de solución para mitigar la accidentalidad en el trayecto Tocancipá – Gachancipá.	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	14
2.2.1. Identificar las principales causas de accidentalidad vehicular y sus tipologías, así como los puntos críticos dentro del trayecto Briceño - Gachancipá en la concesión BTS.....	14
2.2.2. Realizar un comparativo en zonas de igual o similares características a la zona de estudio que contengan las alternativas planteadas.	14
2.2.3. Modelar las estrategias planteadas a partir de los volúmenes adquiridos para mitigar la accidentalidad vehicular en los sectores identificados como críticos.....	14
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. ANTECEDENTES	17
5. MARCO DE REFERENCIA.....	23
5.1. MARCO CONCEPTUAL.....	23
5.1.1. Seguridad vial	26
5.1.1.1. Seguridad vial activa.....	27
5.1.1.2. Seguridad vial pasiva.....	27
5.1.2. Accidentes de transito.....	27
5.1.2.2. Choque.....	29
5.1.2.3. Atropello.....	30
5.1.2.4. Volcamiento.....	30
5.1.2.5. Caída de Ocupante	30
5.1.2.6. Incendio	30
5.1.2.7. Otro.....	30

5.1.3.	Cámaras de foto-comparendo	32
5.1.3.1.	Sensores de sistemas de tráfico preferente	33
5.1.3.2.	Cámara de velocidad (speed camera)	34
5.1.3.3.	Radares de velocidad (speed cameras)	35
5.1.3.4.	Cámaras de tráfico	35
5.1.3.5.	Cámaras de semáforo (red light cameras)	36
5.1.3.6.	Señal de velocidad	37
5.1.4.	Colocación de las cámaras o radares	38
5.2.	MARCO GEOGRÁFICO	39
5.3.	MARCO LEGAL	40
6.	DISEÑO METODOLÓGICO	42
6.1.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.	42
6.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
6.3.	FASES DEL PROYECTO	42
6.3.1.	Fase I	42
6.3.1.1.	Actividades	42
6.3.2.	Fase II	43
6.3.2.1.	Actividades	43
6.3.3.	Fase III	43
6.3.3.1.	Actividades	43
6.4.	INSTRUMENTOS.	44
7.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.	45
7.1.	IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES PUNTOS DE ACCIDENTALIDAD	45
7.1.1.	Análisis de índices de accidentalidad para el trayecto 1 y 2 de la concesión B.T.S.	48
7.1.2.	Puntos críticos de alta accidentalidad en los tramos 1 y 2 de la concesión BRICEÑO – TUNJA – SOGAMOSO.	53
7.1.2.1.	Punto crítico 1M análisis y gráficos.	58
7.1.2.2.	Punto crítico 1a análisis y gráficos.	61
7.1.2.3.	Punto crítico 1b análisis y gráficos.	64
7.1.2.4.	Punto crítico 2M análisis y gráficos.	66

7.1.2.5. Punto crítico 3M análisis y gráficos.....	69
7.2. CARACTERIZACION Y ZONAS EN SIMILARES CONDICIONES.	73
7.2.1. Medición de velocidades en la concesión BTS	82
7.2.2. Medición de velocidades en la concesión sabana de occidente	84
7.3. CALIFICACION Y ANALISIS DE PUNTOS CRITICOS.....	86
7.4. MODELACION DE ESTADO ACTUAL.	90
CONCLUSIONES.....	96
BIBLIOGRAFÍA.....	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de muertes por accidentalidad vial a nivel mundial.	24
Tabla 2 Relación de víctimas fatales por accidentalidad vial en Colombia.	25
Tabla 3 Normatividad y leyes	40
Tabla 4 Distribución de Trayectos Concesión BTS	45
Tabla 5 Datos accidentalidad puntos críticos.	53
Tabla 6 Calificación puntos críticos y orden de priorización.	57
Tabla 7 Registro de incidentes en la concesión.....	75
Tabla 8 Accidentalidad en el 2013.	76
Tabla 9 Accidentalidad en el 2014.	76
Tabla 10 Accidentalidad en el 2015.	77
Tabla 11 Analisis de Accidentalidad e Indices	79
Tabla 12 Porcentajes.....	86
Tabla 13 Calificación de nivel de servicio	87
Tabla 14 Análisis y nivel de servicio en puntos críticos.	88
Tabla 15 resultados de modelacion situacion actual.....	92
Tabla 16 resultados de modelacion situacion propuesta.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Clases de accidentes de tránsito	29
Figura 2 Tipos de choque	29
Figura 3 Choque con objeto fijo	30
Figura 4 Características del lugar del accidente	31
Figura 5 Ejemplo de cámaras de foto - comparendo	33
Figura 6 Cámaras de Tráfico Preferente	34
Figura 7 Cámaras de Tráfico Preferente	34
Figura 8 Cámaras y Radares en pórtico.....	35
Figura 9 Cámaras de Tráfico Preferente	35
Figura 10 Radar de semáforo	36
Figura 11 cámaras con armario electrónico.....	36
Figura 12 Señal de Velocidad de Radar.....	37
Figura 13 Localización espacial del proyecto.....	39
Figura 14 Recorrido tramo de vía analizado	40
Figura 15 Distribución de Trayectos Concesión BTS.....	47
Figura 16 PC1M Tránsito a altas velocidades en zona de cruce peatonal.....	61
Figura 17 PC1a Tránsito a altas velocidades en zona de cruce peatonal.....	61
Figura 18 PC1b Tránsito a altas velocidades en zona de mantenimiento en la vía.....	64
Figura 19 PC2M Tránsito a altas velocidades, entrada y salida de vehículos.....	67
Figura 20 PC3M Transito a altas velocidades, mantenimiento de la vía, entrada y salida de vehículos.	70
Figura 21 Localización de Concesión Sabana de Occidente.....	73
Figura 22 Señal Informativa SI-27 ZONA DE FOTOCOMPARENDO	74
Figura 23 Cámara de Fotocomparendo instalada	74
Figura 24 Velocidad de operación de un vehículo particular	82
Figura 25 Velocidad de circulación de una Aero-Van de transporte público	82
Figura 26 Velocidad de circulación de Camioneta.....	83
Figura 27 Velocidad de circulación de Bus Intermunicipal	83
Figura 28 Velocidad de circulación de Camioneta.....	83
Figura 29 Velocidad de circulación de vehículo sedan	84
Figura 30 Velocidad de circulación de vehículo sedan	84
Figura 31 Velocidad de circulación de vehículo sedan	85
Figura 32 Velocidad de circulación de vehículo sedan	85
Figura 33 Velocidad de circulación de vehículo sedan	85
Figura 34 Velocidad de circulación de vehículo sedan	86
Figura 35 Caracterización de vehículos para modelación.....	90
Figura 36 Modelación en puntos críticos.....	91
Figura 37 Modelación en puntos críticos situación actual	91
Figura 38 Modelación en puntos críticos situación propuesta	93

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 Registro número de accidentes año 2014-2015 por Trayectos	48
Gráfico 2 Registro promedio mes de accidentes año 2014-2015 por Trayectos.....	49
Gráfico 3 Registro número de accidentes año 2014-2015 por Trayectos	50
Gráfico 4 Registro general de accidentalidad según el tipo de novedad.....	51
Gráfico 5 Registro de accidentalidad general según la causa.....	51
Gráfico 6 Registro de accidentalidad general según presencia de daños, lesionados y muertos.....	52
Gráfico 7 Puntos críticos Promedio accidentes por mes 2014-2015.....	54
Gráfico 8 Registro de accidentalidad y puntos críticos Trayecto 2 según el tipo de novedad.....	55
Gráfico 9 Registro de accidentalidad Puntos críticos Trayecto 2 según la causa.....	55
Gráfico 10 Registro de accidentalidad general Puntos críticos Trayecto 2 según presencia de daños, lesionados y muertos.....	56
Gráfico 11 Puntos críticos Trayecto 2 conteo de accidentes periodo 2014-2015.	58
Gráfico 12 Registro de accidentalidad punto crítico 1M según el tipo de novedad.....	59
Gráfico 13 Registro de accidentalidad Punto crítico 1M según la causa.....	59
Gráfico 14 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1M según presencia de daños, lesionados y muertos.....	60
Gráfico 15 Registro de accidentalidad Punto crítico 1a según el tipo de novedad.	62
Gráfico 16 Registro de accidentalidad Punto crítico 1a según la causa.....	63
Gráfico 17 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1a según presencia de daños, lesionados y muertos.....	63
Gráfico 18 Registro de accidentalidad Punto crítico 1b según el tipo de novedad.	65
Gráfico 19 Registro de accidentalidad Punto crítico 1b según la causa.....	65
Gráfico 20 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1b según presencia de daños, lesionados y muertos.....	66
Gráfico 21 Registro de accidentalidad Punto crítico 2M según el tipo de novedad.	68
Gráfico 22 Registro de accidentalidad Punto crítico 2M según la causa.....	68
Gráfico 23 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1b según presencia de daños, lesionados y muertos.....	69
Gráfico 24 Registro de accidentalidad, punto crítico 3M según el tipo de novedad.....	71
Gráfico 25 Registro de accidentalidad Punto crítico 2M según la causa.....	71
Gráfico 26 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1b según presencia de daños, lesionados y muertos.....	72
Gráfico 27 Infraestructura.....	89
Gráfico 28 Señalización.....	89

INTRODUCCIÓN

Dada la importancia de la seguridad vial a nivel mundial hoy en día, resalta la necesidad de generar investigaciones dedicadas a analizar posibles soluciones que contribuyan a mitigar el alto índice de mortalidad existente, que abarquen no solo medidas ejecutadas y enfocadas a mejorar la seguridad dentro del vehículo, sino también a generar cambio a partir de métodos dirigidos a optimizar la seguridad en el entorno del vehículo y los usuarios de a pie.

La investigación detallada en el presente documento tiene como referente el alto índice de accidentalidad en los últimos años en nuestro país, donde cada vez es más necesario implementar nuevas políticas de seguridad vial que se enfoquen en la reducción de accidentes de tránsito presentados en las principales vías y carreteras, donde se observa que las herramientas y dispositivos utilizados no están generando el choque mediático necesario para mitigar los altos índices presentados de acuerdo a los informes de medicina legal presentados en los últimos años.

Esta gran problemática se ha venido incrementando a partir de las nuevas tecnologías vehiculares utilizadas tanto en automóviles como en infraestructura vial que a pesar de tener diseños que permiten transitar a mayores velocidades, se estipulan topes de velocidad que influyen en la buena circulación de los usuarios mejorando la calidad y servicio de la vía, teniendo así como resultado reducir los tiempos de viaje origen-destino.

No obstante la impericia y desconocimiento de la normatividad vial existente, por parte de los usuarios, y el constante abuso y violación de las señales de tránsito, hace que las velocidades de circulación sean altas, tanto así que afectan la integridad no solo del infractor sino también de los demás usuarios (peatones, conductores, ciclistas y semovientes) aumentando el riesgo de lesiones y en casos extremos eventos fatales.

De ahí que esta investigación a través de la ingeniería civil con base en la seguridad vial se llega a tratar nuevos lineamientos y tecnologías que pueden llegar a beneficiar la disminución de los altos índices de accidentalidad presentes en el sector de estudio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Sobre la vía Bogotá – Tunja, muy concurrida por viajeros y transportadores, se encuentran diversos destinos turísticos, culturales, y de entretenimiento, así como, fábricas, bodegas de almacenamiento de alimentos, y nuevos centros empresariales. En el tramo Tocancipá – Gachancipá perteneciente a la concesión B.T.S. (Briceño-Tunja-Sogamoso), sobre el poblado de Briceño se observa un crecimiento empresarial y poblacional, lo que genera una mayor afluencia de peatones y vehículos de carga pesada, llegando a convertirse en uno de los tramos más congestionados sobre la vía gracias a su cercanía con la capital del Colombia, y vuelve el sector en un criterio de estudio importante para la movilidad.

Igualmente se observa que la calidad de vida de los habitantes del sector rural, quienes han manifestado con el transcurso del tiempo, el malestar e incomodidad en el crecimiento empresarial, flujo vehicular, y el aumento de accidentes de todo tipo, que se han presentado en la última década, ocasiona falencias y al mismo tiempo migración por parte de los habitantes del sector que viven el día a día transitando en esta zona. La creación de nuevos restaurantes circundantes a la vía, hace que los transportadores y usuarios de esta, realicen paradas sobre estos puntos, generando nuevas zonas de servicio informales y de esta manera los habitantes que han dejado la agricultura busquen oportunidades económicas en el comercio ambulante, tanto en comida como en materia prima importante, llamativa y de gusto para algunos usuarios de esta autopista.

Esto lleva a analizar de manera minuciosa cada uno de estos aspectos en la afectación de la movilidad, pero aún más allá, observar el factor seguridad de los usuarios de la vía, (peatones, semovientes, y conductores de vehículos) que día a día se enfrentan a posibles accidentes que pueden terminar en lesiones graves y en casos extremos hasta la muerte.

Ahora bien, si se observan las estadísticas de accidentalidad sobre este sector, se encuentra un alto índice de la misma, generando inconformidad y desagrado por parte de los habitantes, que se han pronunciado frente a este tema exigiendo soluciones y alternativas para mitigar la accidentalidad en este punto tan utilizado por una gran cantidad de usuarios.

A partir de esto, se genera un trabajo de investigación sobre las nuevas tecnologías y lineamientos que se han venido aplicando a lo largo de los años en seguridad vial,

con el mismo fin de mitigar y llegar al mínimo porcentaje de accidentes viales generados por los diferentes factores presentes en las vías.

Uno de tantos factores presentes en la accidentalidad vial es el exceso de velocidad en carreteras de cualquier tipo, para este se han generado algunas soluciones tales como radares de velocidad, cámaras de foto comparendo, asfaltófonos, y en países más desarrollados dispositivos bluetooth, sensores de sueño y dispositivos de control de velocidad crucero.

Observando la problemática mundial sobre la accidentalidad y evaluando los dispositivos y diferentes normatividades y leyes creadas para la seguridad vial se observa que uno de los dispositivos más usados por los entes gubernamentales en todo el mundo, son las cámaras de foto-comparendo y radares de velocidad, con resultados óptimos y de gran eficiencia en la disminución de siniestros en un gran porcentaje.

Ahora bien y teniendo en cuenta la gran cantidad de inconvenientes presentes en este sector, es necesario plantearnos y evaluar la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo mitigar la accidentalidad vial en el tramo Tocancipá – Gachancipá, a partir de dispositivos electrónicos como cámaras de foto-comparendo y radares de velocidad enfocados en seguridad vial?

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL:

- 2.1.1.** Evaluar el efecto de las cámaras de foto-comparendo y los radares de velocidad como alternativas de solución para mitigar la accidentalidad en el trayecto Tocancipá – Gachancipá.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 2.2.1.** Identificar las principales causas de accidentalidad vehicular y sus tipologías, así como los puntos críticos dentro del trayecto Briceño - Gachancipá en la concesión BTS.
- 2.2.2.** Realizar un comparativo en zonas de igual o similares características a la zona de estudio que contengan las alternativas planteadas.
- 2.2.3.** Modelar las estrategias planteadas a partir de los volúmenes adquiridos para mitigar la accidentalidad vehicular en los sectores identificados como críticos.

3. JUSTIFICACIÓN

La seguridad vial en Colombia se ha convertido en uno de los puntos más importantes a tratar en la agenda de los entes organizadores del país, generando así nuevas leyes, modificando el manual de diseño de tránsito y transporte agregando nuevos sistemas de señalización y control.

Es así como a través de las estadísticas e informes entregados por Medicina Legal y la O.M.S. (Organización Mundial de la Salud) se determina que las muertes causadas por accidentes de tránsito se han convertido en la segunda causa de muerte en Colombia, en este se muestra que el último informe entregado en el 2014, se reportaron 50.574 casos de accidentes de tránsito durante este año, de los cuales 12.66% de estos corresponden a casos de fatales y el 87.34% restante corresponde a lesiones no fatales.

Se observa que estos datos no se presentaban desde el año 2001, donde las cifras de casos fatales sobrepasaban los 6000 en mayor parte hombres, y las principales causas de accidentalidad vial son: Impericia del conductor, exceso de velocidad, consumir bebidas alcohólicas, excesos de confianza, no mantener distancia entre vehículos, fallas mecánicas, no respetar las señales de tránsito, distracciones, cansancio o sueño, adelantos indebidos, malas condiciones de la vía, maniobras peligrosas e irresponsables.

Al observar y analizar las causas más comunes en los accidentes viales, se puede determinar que el conductor es principal responsable en todas las tragedias, pues este tiene las capacidades y facultades para evitar un accidente, en la mayoría de los casos las malas decisiones, afanes e irresponsabilidad de los mismos hacen que se presentes casos fatídicos y de lesiones.

De esta manera es como algunos organismos y ciudades preocupadas por este aumento de casos fatídicos, han optado por tomar medidas drásticas frente a este tema, organizando campañas de conciencia, puestos de control policial, cámaras de foto comparendo, radares electrónicos de velocidad y aumento en el castigo tanto monetario como judicial con el fin de disminuir en una gran proporción la tasa de accidentalidad vial.

Al identificar estas estadísticas presentadas en los últimos años, se ha observado que en algunas de las principales ciudades como Bogotá, Medellín y Cali, así como en vías 4G tales como Ruta del Sol y Autopistas del Pacífico, se han empezado a

implementar cámaras de foto comparendo y radares electrónicos informativos que muestran la velocidad de los vehículos advirtiéndolos los posibles peligros, en el caso de las cámaras de foto comparendo toman el registro de velocidad y una fotografía del vehículo infractor enviando el reporte a los propietarios de los vehículos que sobrepasan los límites permitidos de velocidad.

Es así como a partir de sistemas I.T.S. (Sistemas de Transporte Inteligente) se proporciona un medio de advertencia y por consiguiente de seguridad, en este proyecto se analiza los aspectos técnicos y de diseño, la viabilidad de instalar cámaras en el sector a estudio a partir del análisis de tráfico vehicular y peatonal en la vía de estudio, se identificarán los datos estadísticos de accidentalidad indicando los puntos críticos en los tramos de estudio, todo lo anterior con el fin de determinar si la instalación de estas cámaras influyen de una manera subjetiva al sector regulando el manejo en los puntos a presentar su instalación.

Por esta razón los casos de observación sobre el tema serán trazados mediante metodologías enfocadas a normas extranjeras que están en un nivel de investigación mucho más avanzada, y deben ser analizados para determinar si la medida recomendada podrá dar solución al caso de estudio propuesto.

4. ANTECEDENTES

Seguridad Vial definido como el conjunto de elementos, acciones y normativas, contribuyentes al buen funcionamiento y correcto uso de las secciones viales y de tránsito involucradas, teniendo así como resultado un esquema que contribuye positivamente al índice de accidentalidad, por tal razón es importante identificar los factores que influyen en el tema esto enfocado a nivel tanto urbano como interurbano, presentando metodologías, indicadores que aplican al desarrollo investigativo en el área.

Por ejemplo según Torres¹, argumenta una metodología para la evaluación de la seguridad vial en intersecciones vehiculares basada en análisis cuantitativo de conflicto entre los usuarios en la cual resume una metodología aplicativa para el análisis de tramos viales en cuanto a la seguridad vial existente en la zona, ya que es un método aplicado a zonas inter urbanas. Se considera importante tenerlo en cuenta en zonas que coincidan con poblaciones aledañas.

A su vez Torres² afirma que; “Se pudo determinar que los valores más altos del índice de riesgo están relacionados a un mayor riesgo de que un conflicto termine en accidente.” Es así que en el desarrollo de la investigación se encuentra que la única variable que hace un aporte directo a la accidentalidad es la velocidad de aproximación, esto debido a que el aumento de velocidad se refleja como un factor potenciador de todos los fallos humanos.

Con la intención de definir los índices relacionados con la seguridad y los estudios del tema el Instituto Mexicano del Transporte³ presenta una metodología que permite detectar los índices de seguridad vial en función del tipo de carretera, número de carriles, del tránsito vehicular y de los eventos con víctimas registrados,

¹ TORRES FLORES, José Alejandro. Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en análisis cuantitativo de conflicto entre vehículos. Tesis Doctoral. España: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil 2012 – Transportes, 142h.

² TORRES FLORES, José Alejandro. Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en análisis cuantitativo de conflicto entre vehículos. Tesis Doctoral. España: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil 2012 – Transportes, 142h.

³ INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, CUEVAS Ana; MAYORAL Emilio; MENDOZA Alberto, Definición de indicadores de seguridad vial en la red carretera federal, Publicación técnica No. 345, Sanfandila, Qro. 2011

En esta metodología se expone la forma de no solo analizar un trayecto de vía si no también dirigirse puntualmente a un sector detectado como vulnerable, se rescata la manera en que influye con las formulas dirigidas a calificar cada uno de los aspectos influyentes para la detección de los puntos de mayor accidentalidad, construyendo así un modelo de siniestralidad efectivo dado basado en valores Z asignados por una matriz de sensibilidad diseñada por la propia metodología.

Es necesario resaltar que las investigaciones sobre el tema pueden ser encaminadas hacia diferentes aspectos como lo son los tipos de señalización existente, senderos peatonales, diseño geométrico de la vía, estructuras existentes en la zona de influencia, tipo y estado de la estructura del pavimento, tecnologías enfocadas en la educación del usuario y a fines etc.

De igual forma Quing YU & CIA⁴, exponen en su investigación un sistema para la toma de decisiones basado en una estrategia dirigida netamente a mejorar la seguridad vial, donde se propone la unificación de las medidas tomadas de manera nacional y no departamental o por concesionario encargado de las vías, es decir las estrategias o planes de acción de manera uniforme deben ser ejecutados en cada una de las vías, así el usuario estará siendo educado para cumplir las mismas normas en todo el país o zona pues una respuesta recurrente de los usuarios que transgreden las normas dispuestas en el sitio de la infracción es el desconocimiento o ignorancia de las mismas.

Para esto se plantea la unificación de los estatutos y organizaciones encargadas de la regulación referente a normas de tránsito y transporte, como análisis final demostrando así que las metodologías empleadas afectan positivamente en la accidentalidad pues arrojan como resultado una reducción en el número de accidentes con fatalidad con cifras representativas en 2013 de 70,000 muertes y para 2015 una disminución de 6%.

A nivel nacional la accidentalidad asciende, identificando que en las principales ciudades de Colombia ha reducido la misma por la instalación de cámaras, así lo han presentado algunos reportes “La accidentalidad en los puntos donde se encuentran instaladas las 40 cámaras fijas de foto detección en Cali, para controlar

⁴ YU, Quing; GUO, Zhongyin; ZHANG, Zhizhong; WANG, Jinhui. Assistant Decision-Making System for Road Safety Strategy. 13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013).

a los conductores infractores, se ha reducido en un 53% desde el 2010”⁵. En ciudades como Medellín, las cámaras de foto comparendo además de controlar el exceso de velocidad, sirven para controlar el tráfico y además sirve de apoyo a la policía en la recuperación de vehículos robados.

De otra parte el Instituto Nacional de Medicina Legal en el 2014⁶ asegura fueron reportados 50.574 eventos relacionados con accidentes de tránsito; las lesiones fatales corresponden a 6.402 personas fallecidas y las lesiones no fatales ascienden a 44.172 personas lesionadas. El reporte muestra que para este año el número de accidentes fatales ha sido el mayor de la última década, y enfatiza que estas cifras con tan alto índice no se presentaban desde el año 2001, con respecto a otros años refleja un aumento considerable por ejemplo con relación al 2014 refleja un incremento de 2,94% y con relación al 2013 un aumento de 18,16%.

En comparación, las estadísticas de las víctimas no fatales presentan un incremento mayor pues para el año 2013 es de 5,62% y de 14,65% para el año 2005, evidenciando así la importancia de ejecutar planes de contingencia para el aumento de los índices de accidentalidad en todo el país.

En cuanto a la movilidad y la accidentalidad en la capital del país en el año 2014 la disminución en un 2% con relación a las cifras del año 2013 demuestra que los planes de acción implementados por la secretaria de movilidad han sido efectivos pues de tener 34.326 eventos por año se pasó a tener 33.669, en cuanto a los planes de acción han sido combinaciones entre estrategias y campañas educativas.

Por su parte la secretaria distrital de movilidad⁷ presenta un registro de 10.596 eventos de accidentes con heridos que en comparación ha sido el registro más bajo en los últimos 10 años con excepción al año 2008 que tuvo el registro más bajo de accidentes con heridos con 9.714 eventos; los eventos representativos de accidentes fatales tuvieron un aumento con relación a las cifras del año anterior,

⁵ SANCHEZ, Julio. Baja la accidentalidad en Cali por cámaras de fotocomparendo. En: Diario El Pais.com.co, 23 de Febrero de 2014.

⁶ INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES. Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia. FORENSIS 2014 DATOS PARA LA VIDA Herramienta para la interpretación, intervención y Prevención de lesiones de causa externa en Colombia. 2014

⁷ SECRETARÍA DISTRITAL DE MOVILIDAD. Documento público, Movilidad en cifras 2014. De 2015

pasando de 283 eventos en el año 2013 a 383 para el año 2014, lo que refleja un descuido en relación a las víctimas de los accidentes viales en Bogotá.

En esta investigación se resalta la importancia del control electrónico y con ayuda de las nuevas tecnologías así como presentan Laurent & Etienne⁸ quienes en su investigación exponen los resultados de una evaluación del programa de cámaras de velocidad implementado en Francia en noviembre de 2003. Demostrando así el nivel de efectividad que tienen los dispositivos electrónicos en este caso las cámaras de foto comparendo, los efectos de este programa sobre la accidentalidad en los sectores se analizaron en diferentes combinaciones variando parámetros como la ubicación, señalización adyacente y tipos de cámara, se intentaron con el fin de captar los cambios en la accidentalidad y la incidencia de los eventos con lesión y eventos con muerte.

Los resultados del estudio revelan una disminución significativa en los dos casos accidentes de tránsito fatales y no fatales en toda la red vial que se evaluó con la metodología en la que se incluye el programa de cámaras de foto comparendo. El resultado que se obtuvo indico que el índice de mortalidad por cada 100.000 vehículos se redujo en un 21%, mientras que la disminución de los accidentes de tránsito no fatales muestra una reducción del 26,2% solo en el primer mes, pero se redujo a 0,8% para la última observación del estudio⁹.

La efectividad de este tipo de dispositivos, se consigue acompañándola de un sistema de control de tráfico eficiente, ya que además de la policía de carreteras, los entes encargados de recopilar la información, deben hacer llegar el comparendo a la dirección de registro del vehículo, y además debe llevar registro del número de

⁸ LAURENT Carnisa, ETIENNE Blais b. An assessment of the safety effects of the French speed camera program. IFSTTAR – French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks, Department of Economics and Sociology of Transports. Le Descartes 2, 2 rue de la Butte Verte, 93166, Noisy-le-Grand Cedex, France b Université de Montréal, School of Criminology, Pavillon Lionel-Groulx, 3150, rue Jean-Brillant Room C-4121, Montréal, Québec, Canada H3T 1N8. 2012

⁹ LAURENT Carnisa, ETIENNE Blais b. An assessment of the safety effects of the French speed camera program. IFSTTAR – French Institute of Science and Technology for Transport, Development and Networks, Department of Economics and Sociology of Transports. Le Descartes 2, 2 rue de la Butte Verte, 93166, Noisy-le-Grand Cedex, France b Université de Montréal, School of Criminology, Pavillon Lionel-Groulx, 3150, rue Jean-Brillant Room C-4121, Montréal, Québec, Canada H3T 1N8. 2012

infracciones cometidas por el mismo y tomar acciones correctivas ante una posible conducta reiterativa por parte del conductor de dicho vehículo.

Evaluando aspectos como la velocidad en un recorrido se pueden reducir los índices de accidentalidad en un sector típico influenciado con estos controles, es así que Retting, Kyrychenko & MnCartt¹⁰ exponen los beneficios y contribuciones de un programa de seguridad vial basado en cámaras de velocidad, permitiendo reducir el exceso de velocidad y los accidentes ubicados en el sector de estudio. En 2006 la ciudad de Scottsdale, Arizona, puso en marcha un programa piloto de 9 meses para evaluar la viabilidad y los efectos de la ubicación de una cámara de velocidad muy visible en una autopista con alto índice de tráfico. Este fue el primer uso de radares fijos en una carretera importante de Estados Unidos.

La implementación de seis cámaras a lo largo de un corredor de 8 millas vio relacionado con la disminución de la velocidad media y un detrimento del 88% en el índice de accidentalidad en el sector para los vehículos que operaban a 11 mph o más por encima del límite de 65 mph. Después de la suspensión del programa las velocidades de recorrido aumentaron. Como resultado se expone la reducción de velocidad en lo que el programa experimental fue ejecutado, las cámaras de velocidad se asociaron con una importante reducción en el índice de accidentalidad en la misma carretera pero hasta un radio de 25 millas de distancia de los puntos en los que se instaló el dispositivo. Las encuestas encontraron que a los usuarios les preocupaba el exceso de velocidad en la autopista Loop 101 por la efectividad para capturar a los infractores de la cámara de velocidad utilizada en el programa piloto.

En consecuencia los programas basados en controles automáticos de velocidad a menudo son evaluados en todo el mundo para determinar la eficacia de dichos programas y su contribución directa con los índices de accidentalidad. A diferencia de las referencias anteriores sobre este tema, Thomas, Srinivasan, Decina & Staplin¹¹ exponen una evaluación crítica para determinar los diferentes efectos de

¹⁰ RETTING Richard A, KYRYCHENKO Sergey Y, and MCCARTT Anne T. Evaluation of automated speed enforcement on Loop 101 freeway in Scottsdale, Arizona. Article history: Received 2 November 2007 Received in revised form 29 February 2008 Accepted 26 March 2008

¹¹ LIBBY J. Thomas, RAGHAVAN Srinivasan, LAWRENCE E. Decina, and STAPLIN Loren. Safety Effects of Automated Speed Enforcement Programs. Critical Review of International Literature.

las metodologías utilizadas enfocadas en cámaras de velocidad o controles automáticos de velocidad fijos y móviles.

En 90 estudios realizados en 16 países identificados por poseer estrategias enfocadas a la utilización de estos dispositivos de control electrónico para controlar la seguridad, 13 cumplieron los criterios para la revisión metodológica detallada. La reducción de accidentes cuando el sitio cumplía con los criterios de calificación estuvo en el rango de 20% a 25%, este rango es una estimación presentada por el estudio en los que principalmente se ejecutó la utilización de cámaras de velocidad, y los programas automatizados de control de velocidad.

Los programas de control de la velocidad se basaron en diferentes subconjuntos de procedimientos que incluían medidas enfocadas a las nuevas tecnologías para la seguridad vial relacionando así la velocidad con la accidentalidad en la vía.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. MARCO CONCEPTUAL

En Colombia existen normatividades para la construcción, mantenimiento y señalización vial, pero esto no ha sido suficiente para mitigar eficazmente la accidentalidad en las vías de nuestro país.

Los accidentes viales, han existido desde antes de los automóviles, este tipo de accidentes sucedían muy frecuentemente entre trenes, vehículos de tracción animal, ciclistas y otro tipo de vehículo no automotor.

Luego de finalizar la Segunda Guerra Mundial, el uso del automóvil se globalizó alcanzando un alto número de usuarios del automóvil, en los años 90, se elevó la producción y el uso de motocicletas, elevando así el riesgo de accidentalidad. Es así como en el siglo XXI los vehículos de motor se convierten en artículos de uso masivo a nivel mundial.

Desafortunadamente el crecimiento y desarrollo de las mallas viales, la cultura y la educación ciudadana, no acompañaron el proceso de evolución vehicular, convirtiendo así los vehículos motorizados en una de las principales causas de muertes y lesiones a nivel mundial.

Desde 1962, la Organización Mundial de la Salud (OMS), pone como una de sus prioridades la prevención de accidentalidad, aun así esta cobro un estimado de 25'000.000 de muertes hasta 1997.

Anualmente mueren 1.2 millones de personas en accidentes de tránsito y se lesionan alrededor de 50'000.000. El costo de estos eventos en países de bajos ingresos, consume del (1 al 2) % de su Producto Interno Bruto (PIB), casi que la mitad de las víctimas que pierden la vida en accidentes viales en el mundo, son peatones.

El 90% de muertes, el 92% de años de vida perdidos por discapacidad y el 95% de muertes en personas menores de 18 años, se presentan en países de medios y bajos ingresos como son; (África, Asia, América Latina y el Caribe), la mayoría de muertes suceden entre peatones, ciclistas, motociclistas y pasajeros de bus.

En países de altos ingresos, se han tomado medidas para disminuir la accidentalidad tales como; establecer leyes que regulen el comportamiento en las vías y llevar a cabo estrategias integrales, en conjunto con la fabricación de vehículos para hacer de estos un medio de transporte más seguro y así contribuir en el siglo XX a reducir significativamente los eventos de accidentes viales.

Desde los años 60 y 70, disminuyó notablemente la tasa de letalidad en países como Alemania, Austria, Canadá, Holanda, Suecia, Reino Unido, y Estados Unidos.

Tabla 1. Relación de muertes por accidentalidad vial a nivel mundial.

EDAD	NUMERO DE MUERTES
5 a 14 Años	130.835
15 a 29 Años	302.208
30 a 44 Años	285.457

Fuente: Compilación propia tomada de "Seguridad vial, un desafío de salud pública en la Colombia del siglo XXI" {base de datos en línea}, Redalyc.org.

En países de Europa se ha implementado desde hace un tiempo, una filosofía llamada visión cero, que reduce ampliamente el índice de accidentalidad en las vías, gracias a un sistema de monitoreo inteligente, y a una alta calidad de fabricación de vehículos, esta tecnología permite que el vehículo se enlace con dicho sistema de monitoreo, para corregir los errores de los conductores, además de eso crea conciencia para el respeto de las señales de tránsito y el respeto por la vida, puesto que Colombia no cuenta con vehículos tecnológicamente eficientes, ni con este tipo de sistemas de control de tránsito altamente sofisticados, se deben implementar sistemas que fácilmente puedan adaptarse a nuestros sistemas de control existentes, al tipo de vías y al tipo de vehículos que circulan por el territorio nacional.

Países como Argentina, han disminuido sus estadísticas de accidentalidad, instalando cámaras de foto comparendo y haciendo efectivas las multas impuestas, estas cámaras se han instalado en ciudades como Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe entre otras, disminuyendo los índices de accidentalidad en casi un 70%

En los países desarrollados, se proyecta a 2020 una gran disminución de accidentalidad, por otro lado para este mismo año en los países en vías de desarrollo se proyecta un aumento en los índices de accidentalidad si no se toman las medidas necesarias por ejemplo en Colombia, la Fiscalía General de la Nación,

organizo un Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Lesiones de Causa Externa (SIVELCE), estudios hechos por este sistema arrojan información que determina que los accidentes de tránsito en el 2015, ocupan el segundo lugar en lesiones fatales en Colombia con 5846 muertes, el 20% de muertes en el país.

Tabla 2 Relación de víctimas fatales por accidentalidad vial en Colombia.

PORCENTAJE	TIPO
44%	Peatones
19%	Motociclistas
18%	Pasajeros de vehículos particulares o públicos

Fuente: Compilación propia tomada de “Seguridad vial, un desafío de salud pública en la Colombia del siglo XXI” {base de datos en línea}, Redalyc.org.

Entre 1990 y 2006 en Colombia, hubo un aumento significativo de personas lesionadas en accidentes viales, de los 16086 registrados en 1990, se elevaron a 52547 lesionados en 1995, un incremento del 327%, a partir de entonces y hasta el año 2000, los lesionados no fatales se mantuvieron por encima de 50000 por año, de 2001 en adelante disminuyó y luego se estabilizó en alrededor de 35000 lesionados anuales. Cada año, el total de afectados en eventos viales equivale a la población de las 5 ciudades más grandes del planeta. *“En el año 2010 hubo 1,24 millones de víctimas mortales en las carreteras del mundo y entre veinte y cincuenta millones de personas más sufrieron traumatismos por accidentes de tránsito en ese mismo año; quedando una parte importante de estas últimas en situación de discapacidad (World Health Organization, 2011).”*¹²

Implementaciones de cámaras de foto - comparendo en ciudades como Cali, el número de accidentes ha tenido una disminución de gran importancia. *“La accidentalidad en los puntos donde se encuentran instaladas las 40 cámaras fijas de foto detección en Cali, para controlar a los conductores infractores, se ha reducido en un 53% desde el 2010”*¹³. En ciudades como Medellín, las cámaras de

¹² ALVAREZ, Restrepo Juliana. Evaluación de impacto de las cámaras de foto detección en la ciudad de Medellín. Trabajo de grado presentado para optar al título de Magíster en Economía. UNIVERSIDAD EAFIT ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS MEDELLÍN 2014.

¹³ SANCHEZ, Julio. Baja la accidentalidad en Cali por cámaras de fotocomparendo. En: Diario El Pais.com.co, 23 de Febrero de 2014.

foto comparendo además de controlar el exceso de velocidad, sirven para controlar el tráfico y además sirve de apoyo a la policía en la recuperación de vehículos robados.

Las cámaras de foto comparendo registran videos y fotografías de los vehículos que cometan las infracciones para las que dichas cámaras estén programadas, en el caso de las cámaras de control de velocidad, estas viene equipadas con radares de velocidad, estas cámaras son programadas con cierta velocidad, dependiendo del tipo de zona en la que estén instaladas, si son zonas de alto flujo peatonal, la velocidad máxima debe ser de 30km/h, así mismo esta velocidad debe mantenerse cuando la visibilidad se haya disminuido por lluvia, cuando se está próximo a zonas escolares, la restricción de velocidad en puntos diferentes a los mencionados anteriormente se determinan dependiendo del riesgo que exista en dicho sitio.

Las cámaras no reemplazan al agente de tránsito, ya que este debe estar acompañando todo el proceso de imposición del comparendo al infractor, la secretaria de transito tiene 3 días hábiles para hacerle llegar este al infractor, y este debe acercarse a no más de 11 días hábiles ya sea, para acogerse a pagarlo completo, pagar el 50% del comparendo luego de hacer un curso de 2 horas, o para apelar la misma.

Teniendo en cuenta los estupendos resultados obtenidos en ciudades tanto de Colombia como de otros países se estudiara la posibilidad de instalar este tipo de cámaras para mitigar el porcentaje de accidentalidad en el tramo de la vía (Tocancipá – Gachancipá) se sabe que este tipo de cámaras acompañados con señalización adecuada, causa un efecto positivo en el conductor induciéndolo a disminuir la velocidad del vehículo a una velocidad adecuada para transitar en ciertos puntos críticos identificados anteriormente en los cuales se presenta el mayor número de accidentes garantizando de esta manera el bienestar de caminantes, ciclistas y conductores.

5.1.1. Seguridad vial

La seguridad vial está definida como el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito, mediante la

utilización de conocimientos tales como leyes, reglamentos, manuales y disposiciones así como normas de conducta, bien sea como Peatón, Pasajero o Conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito, así mismo esta se encarga de prevenir y/o minimizar los daños y efectos provocados por los accidentes viales, de esta manera su principal objetivo es salvaguardar la integridad física de las personas que transitan por la vía pública eliminando y/o disminuyendo los factores de riesgo. Dentro de la seguridad vial existen dos tipos; la seguridad vial activa y seguridad vial pasiva.

5.1.1.1. Seguridad vial activa

La seguridad vial activa también llamada primaria tiene como objetivo principal evitar que el accidente suceda, esta se aplica al factor humano, a los vehículos y a las vías. Por ejemplo un elemento de seguridad vial activa en las vías son las señales de tránsito dentro de las cuales se tienen las señales verticales y las horizontales (demarcación de piso), en el vehículo sería los frenos, en el factor humano la velocidad adecuada a la que se conduce y el conocimiento de las zonas peatonales de paso.

5.1.1.2. Seguridad vial pasiva

La seguridad pasiva o secundaria comprende una serie de dispositivos cuya misión consiste en tratar de disminuir al máximo la gravedad de las lesiones producidas a las víctimas de un accidente una vez que éste se ha producido, al igual que la seguridad vial activa, ésta se puede aplicar en el factor humano, en los vehículos y en las vías. Por ejemplo, el cinturón de seguridad es un elemento de seguridad vial pasiva aplicada al vehículo.¹⁴

5.1.2. Accidentes de tránsito

“Evento, generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente

¹⁴ Disponible en internet: <<http://culturavial.com/seguridad-vial/que-es-seguridad-vial.html>>

afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho”¹⁵

El accidente de tránsito, al ser un acontecimiento presuntamente involuntario, deja víctimas del mismo, es importante llegar al sitio del accidente a colaborar y auxiliar los heridos, sin entrar a juzgar la culpabilidad o inocencia de los involucrados, también es de gran importancia llegar al sitio del accidente y ser ágil en la asistencia a los heridos, ya que de estas acciones podría depender su vida, en caso tal de no poder colaborar en este tipo de acciones, es mejor retirarse y dejar trabajar a las personas capacitadas en este tipo de actividades.

5.1.2.1. Tipos de accidentes de tránsito

Los niveles de gravedad están clasificados en tres, según el manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado en la resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004.

- **TIPO 1** Si el accidente presenta muertos y heridos, o los anteriores combinados con daños materiales, la gravedad quedará definida con muertos.
- **TIPO 2** Si el accidente presenta heridos, o heridos y daños materiales, la gravedad quedará definida con heridos.
- **TIPO 3** Si sólo se presentaron daños materiales, la gravedad quedará definida sólo daños. Es pertinente anotar que se genera un fuerte sub-registro debido a que este tipo de accidentes no son reportados cuando las partes involucradas concilian sin la presencia de un agente de tránsito.

¹⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE “Manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005”.

Figura 1 Clases de accidentes de tránsito

3. CLASE DE ACCIDENTE			
CHOQUE	1	CAIDA OCUPANTE	4
ATROPELLO	2	INCENDIO	5
VOLCAMIENTO	3	OTRO	6

Fuente: Manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005.

5.1.2.2. Choque

Este es un evento en el cual dos vehículos se encuentran violentamente, también puede ser el encuentro violento entre un vehículo y un objeto fijo y dentro de estos tenemos los siguientes tipos de choque:

Figura 2 Tipos de choque

3.1 CHOQUE CON			
VEHÍCULO	1	SEMOVIENTE	3
TREN	2	OBJETO FIJO	4

Fuente: Manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005.

Los choques pueden suceder entre dos o más vehículos, entre un automóvil y un tren, entre un automóvil y un semoviente (ganado) y entre un automóvil y un objeto fijo, ya sea un poste, una edificación, el pilar de un puente, entre otros.¹⁶

- **Objeto fijo** Los choques con objetos fijos pueden suceder con cualquier elemento que se encuentre tanto fuera como dentro de la vía. Estos también se clasifican dependiendo del lugar en el que ocurra el accidente siendo esta área rural o área urbana.

¹⁶ MINISTERIO DE TRANSPORTE “Manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005”.

Figura 3 Choque con objeto fijo

3.2 OBJETO FIJO			
MURO	01	INMUEBLE	06
POSTE	02	HIDRANTE	07
ARBOL	03	VALLA, SEÑAL	08
BARANDA	04	TARIMA, CASETA	09
SEMÁFORO	05	VEHÍCULO ESTACIONADO	10

Fuente: Manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005.

5.1.2.3. Atropello

Este se presenta en caso de que un peatón sea impactado por un vehículo.

5.1.2.4. Volcamiento

En este caso el vehículo pierde su posición normal en la vía, además las llantas pierden todo contacto con el piso.

5.1.2.5. Caída de Ocupante

Este tipo de accidente, refiere a la caída de un pasajero que le cause lesiones leves o graves, ya sea al interior o exterior del vehículo, si la caída del pasajero sucede por choque o volcamiento, ya no clasifica como “Caída del ocupante”.

5.1.2.6. Incendio

Este tipo de accidente, refiere al incendio de un vehículo que no se haya chocado ni volcado previamente.

5.1.2.7. Otro

Este tipo de accidente, sucede cuando no existe ninguna de las situaciones nombradas anteriormente, este puede suceder por colapso del vehículo con objetos que no son otros automóviles, ni objetos fijos, podrían relacionarse este tipo de accidentes con caída de objetos, averías del vehículo por huecos en la vía, u otras situaciones similares.

Figura 4 Características del lugar del accidente

6. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR					
6.1 AREA		MILITAR	2	GLORIETA	07
URBANA	1	DEPORTIVA	3	PUENTE	08
RURAL	2	6.4 DISEÑO		VIA TRONCAL	09
6.2 SECTOR		TRAMO DE VIA	01	LOTE O PREDIO	10
RESIDENCIAL	1	INTERSECCIÓN	02	CICLORRUTA	11
INDUSTRIAL	2	VIA PEATONAL	03	6.5 TIEMPO	
COMERCIAL	3	PASO ELEVADO	04	NORMAL	1
6.3 ZONA		PASO INFERIOR	05	LLUVIA	2
ESCOLAR	1	PASO A NIVEL	06	VIENTO	3
				NIEBLA	4

Fuente: Manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005.

El accidente también puede ser clasificado dependiendo del lugar en el que ocurrió, si fue en un área rural o urbana, si sucedió en un sitio residencial, comercial o industrial, en qué lugar de la vía sucedió, y en qué condiciones climáticas se desarrolló el incidente.¹⁷

- **Tramo de vía** Localización exacta del accidente sobre la vía, en zona rural se especifica el segmento de la carretera en la cual ocurrió el accidente, en zona urbana se especifica el punto de ocurrencia del accidente entre dos intersecciones.
- **Intersección** Cruce a nivel de dos vías formando un ángulo.
- **Vía peatonal** Es un tramo destinado para la circulación de peatones.
- **Paso elevado** Sitio en el que la vía pierde el nivel de la rasante, elevándose ya sea sobre otra vía, ríos, quebradas, u otro tipo de accidentes geográficos.
- **Paso a nivel** Sitio en el que se intercepta a un mismo nivel una carretera con una vía férrea.

¹⁷ MINISTERIO DE TRANSPORTE “Manual para el diligenciamiento del formato del informe policial de accidentes de tránsito adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005”.

- **Glorieta** “Intercepción donde no hay cruces directos, sino maniobras de entrecruzamientos y movimientos alrededor de una isleta o plazoleta central.”¹⁸
- **Puente** Es una estructura utilizada para pasar río, quebradas y otro tipo de accidentes geográficos, esta estructura mantiene el nivel de la rasante.
- **Vía troncal** Es una vía que tiene dos calzadas con ocho o más carriles, la cual tiene destinados los carriles interiores, para la circulación y operación del transporte público masivo.
- **Ciclo ruta** Es una sección de la vía, que está habilitada para la circulación exclusiva de bicicletas.

5.1.3. Cámaras de foto-comparendo

A nivel mundial existen diferentes dispositivos de control de tráfico ubicados en diferentes puntos ya sea de una ciudad como en alguna avenida o autopista, el fin último de ellas es reducir al máximo los problemas presentados en la circulación vial, muchos de los problemas presentados son los parqueos inapropiados, cruces y/o giros prohibidos, adelantamientos inseguros, no respetar las señales y dispositivos de control, excesos de velocidad, etc.¹⁹

Para el control de estos actos inseguros en las vías se han empezado a implementar las cámaras de fotocomparendo y los radares electrónicos con sensores de velocidad, los cuales permiten un control visual tanto de los entes de control como los mismos usuarios que observan la velocidad en la cual se están dirigiendo a su lugar de destino.

Dentro de las cámaras de fotocomparendo existen diferentes tipos realizan escaneos logarítmicos a partir del número de placa y la reflectividad de las mismas (figura 5), están identifican las placas de los vehículos a una distancia no mayor a

¹⁸ MANUAL PARA EL DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO DEL INFORME POLICIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO adoptado según resolución 004040 del 28 de diciembre de 2004 modificada por la resolución 1814 del 13 de julio de 2005.

¹⁹ Disponible en internet: < <https://www.vitronic.com/traffic-technology/applications/traffic-enforcement.html>>

500 mts para una mayor efectividad en la medición, a continuación se presentan algunos tipos de cámaras que permiten la regulación y mejoramiento del tráfico.²⁰

Figura 5 Ejemplo de cámaras de foto - comparendo



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

5.1.3.1. Sensores de sistemas de tráfico preferente

Este tipo de dispositivos no son comunes en Latinoamérica, los sensores de Sistemas de Tráfico Preferente son dispositivos montados en postes de semáforos que permiten que el ciclo normal del semáforo sea interrumpido a propósito para dejar pasar a vehículos de emergencia, en caso de encontrar algún tipo de obstáculo o accidentes presentados en la intersección donde se encuentra el dispositivo.

Las características de estos dispositivos dependen de la ubicación y funcionamiento pero en general tienden a tener ciertas características en común estas son:

- Pequeños y compactos.
- Montados en la misma dirección vial que activan.
- Normalmente montados en la señalización que interrumpen (Figura 6).

²⁰ Disponible en Internet: < https://wiki.waze.com/wiki/C%C3%A1maras_y_radares>

Figura 6 Cámaras de Tráfico Preferente



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

5.1.3.2. Cámara de velocidad (speed camera)

Las Cámaras de Velocidad, son un equipo que fotografía y registro de comparendo a los vehículos que exceden una velocidad máxima instantánea o una velocidad media en un tramo (radar de tramo). La detección se realiza con radar o con bobinas bajo el asfalto, pueden ser de instalación fija o móvil, los móviles pueden ser radares de trípode, ocultos en vehículos de la policía o radares de mano.

Los radares fijos son equipos similares a los Radares de Semáforo, normalmente se detectan por ser similares a los de las siguientes imágenes:

- Radar en arcén o mediana, estos son tipo armario con dos o más lentes

Figura 7 Cámaras de Tráfico Preferente



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

- Radar en pórtico, caja con dos o más lentes acompañados normalmente de cámara de tráfico.

Figura 8 Cámaras y Radares en pórtico.



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

5.1.3.3. Radares de velocidad (speed cameras)

Estos son las que detectan los excesos de velocidad, registran la velocidad por medio de un láser que se envía desde unos sensores magnéticos que están ubicados en la vía.²¹

5.1.3.4. Cámaras de tráfico

Las cámaras de tráfico sirven para monitorizar el flujo vehicular en intersecciones, y son utilizadas para optimizar los ciclos de los semáforos, monitoreando en tiempo real para la policía de tránsito y fuentes públicas, para el público e internet, estas cámaras pueden ser video cámaras, radares o combinación de ambos, es importante aclarar que no todo equipo de radar es para multar por lo que en ocasiones son pasadas por alto por parte de los usuarios de la vía.

Las cámaras de tráfico tienen algunas cosas en común, son compactas, pueden apuntar a cualquier dirección dependiendo de qué tipo de control esté realizando, y pueden ser instaladas en cualquier punto que desee tener control permanente, así mismo pueden ser instaladas junto a una radar de semáforo rojo para una visión adicional de infracciones.

Figura 9 Cámaras de Tráfico Preferente

²¹ Disponible en internet: https://wiki.waze.com/wiki/C%C3%A1maras_y_radares



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

5.1.3.5. Cámaras de semáforo (red light cameras)

Las cámaras de semáforo monitorean el tráfico y saltan cuando se atraviesa el semáforo cuando está en rojo. Una o más aproximaciones a la intersección pueden ser registradas. En ocasiones, la propia instalación de Radar de Semáforo monitoriza igualmente las infracciones de velocidad.

Los radares de semáforo tienen algunas cosas en común: Tienen varias lentes, suelen ser grandes, tienen un flash externo (y posiblemente varias unidades de flash montadas en varios soportes) figura 10 y 11

Figura 10 Radar de semáforo



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

Figura 11 cámaras con armario electrónico



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

5.1.3.6. Señal de velocidad

Una señal de velocidad de radar es una señal luminosa que indica al conductor a la velocidad a la que pasa por dicho punto, puede haber un cámara de velocidad instalado junto a la Señal de Velocidad de Radar, pero esta última por sí sola no es un radar de velocidad.

Estos radares por lo general están instalados en vías de alto flujo vehicular y con más de dos carriles de circulación en un solo sentido generalmente (Figura 12), con el fin de evitar los altos picos de velocidad presentados en los sectores, esos están siendo instalados en las principales ciudades de Colombia tales como Bogotá en sus principales autopistas, Medellín en el sector de envigado y otras de mayor flujo vehicular.

Figura 12 Señal de Velocidad de Radar



Fuente <https://goo.gl/FlkJpe>

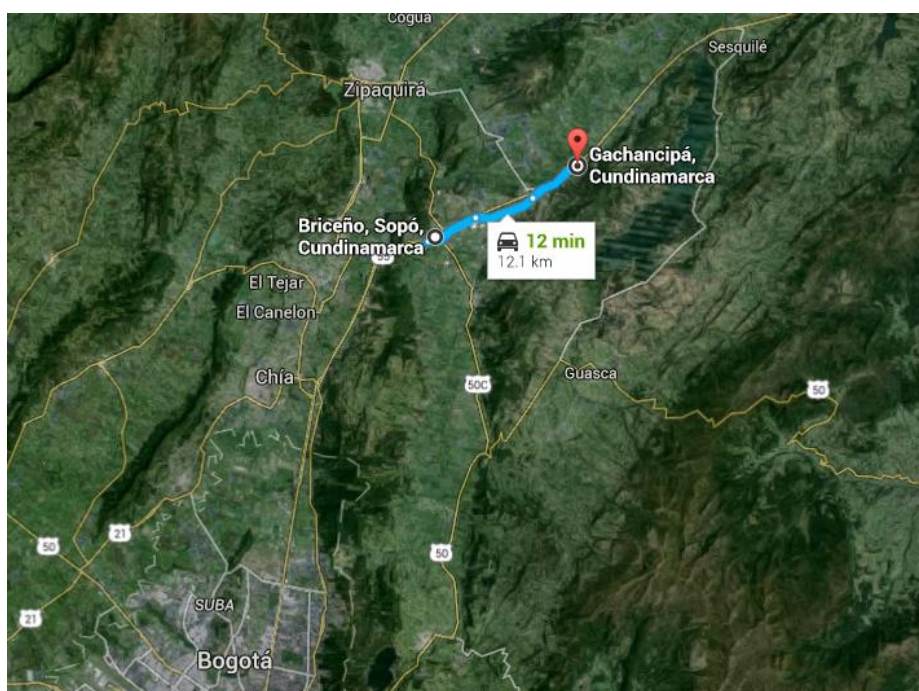
5.1.4. Colocación de las cámaras o radares

Las cámaras deben estar ubicadas sobre la calle o carrera en las cual se vaya a realizar la medición de velocidad, en caso de las cámaras de velocidad, deben estar situadas exactamente alineadas con el sensor magnético que está ubicado en el piso. En el caso de las cámaras de semáforo, deben estar situadas sobre la vía y de 3 a 6m de la línea de detención, si la cámara registra un carril de un solo sentido, se colocara una sola cámara, pero si el semáforo registra un carril de doble sentido, se deberán colocar dos cámaras. Las cámaras deben estar colocadas en el sentido del flujo vehicular.

5.2. MARCO GEOGRÁFICO

El trayecto de estudio se encuentra localizado en el departamento de Cundinamarca, específicamente entre los Municipios de Briceño y Gachancipá. La figura 13 muestra la localización espacial del proyecto, destacándose así la cercanía con la ciudad de Bogotá, al norte con Nemocón, Chocontá y Sesquilé, al oriente con el embalse del Sisga y al occidente con Zipaquirá. El tramo de vía analizado esta entregado por contrato de mantenimiento y administración a la concesión Briceño-Tunja-Sogamoso, esta se encarga de adelantar tareas de logística para el buen y correcto funcionamiento de la vía. Figura 13.

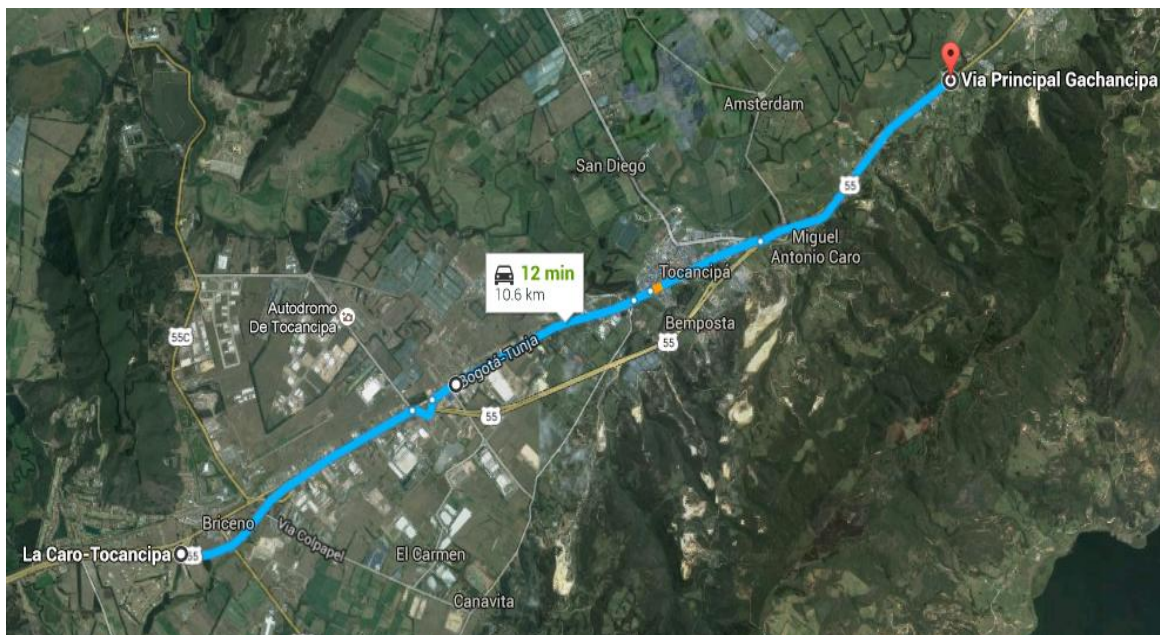
Figura 13 Localización espacial del proyecto.



Fuente: Google Maps, Imagen satelital.

La zona proyectada para el análisis hace parte de la vía concesionada que conduce desde Briceño a Sogamoso, más específicamente se reduce a 16 kilómetros entre los municipios de Briceño y Gachancipá, relacionados como el K0+900 y K16+210 la figura 14 muestra el recorrido del tramo de vía seleccionado para la aplicación de la investigación. La altitud media del sector es 2605 m.s.n.m y su temperatura promedio día es de 16°C. Figura 14

Figura 14 Recorrido tramo de vía analizado



Fuente: Google Maps Imagen de satelital.

5.3. MARCO LEGAL

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, cada año fallecen 1.3 millones de personas en accidentes de tránsito y entre 20 y 50 millones sufren traumas debido a estos hechos. Por eso, en las comunidades, establecimientos educativos y empresas del país, la seguridad vial debe estar presente para generar conciencia sobre las prácticas seguras a la hora de transitar por la vía. En la tabla 3, se especifica los tipos de documentos relacionados a la Seguridad Vial.

Tabla 3 Normatividad y leyes

DOCUMENTO	ARTICULO	RESOLUCIÓN	DESCRIPCIÓN
Plan Nacional de Seguridad Vial		4101 del 28 de diciembre de 2004	Política nacional en materia de seguridad vial
Código Nacional de Tránsito	7		Las autoridades de tránsito velarán por la seguridad de las personas y las cosas en

			la vía pública y privadas abiertas al público.
Manual de Seguridad Vial		Ley 1503 de 2011	Se deben promover la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía.
	3	Ley 1383 de 2010	Corresponde al Ministerio de Transporte, reglamentar las características técnicas de la demarcación y señalización de toda la infraestructura vial.
Constitución Política	29	Sentencia C-980/10	COMPARENDO E INFRACCION DE TRANSITO-Notificación por correo no vulnera el debido proceso ni la igualdad/COMPARENDO E INFRACCION DE TRANSITO-Notificación por correo no implica responsabilidad objetiva para el propietario del vehículo
CODIGO NACIONAL DE TRANSITO	22	1383 de 2010	AYUDA TECNOLÓGICA EN PROCESOS SANCIONATORIOS- Jurisprudencia constitucional

Fuente: Propia.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo se encuentra el enfoque de la investigación para la realización de este proyecto, así mismo las características que se tuvieron en cuenta para la modelación y análisis de los resultados del proyecto.

6.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación realizada es de enfoque mixto, se utilizaron variables cuantitativas y cualitativas sobre el diseño de infraestructura vial y peatonal

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para realizar este proyecto investigativo se determinó que es de tipo evaluativo, ya que se tienen en cuenta variables numéricas a partir de aforos de vehiculares realizados en el sector de estudio, y con los cuales se pretende modelar, evaluar y comprobar la viabilidad que tienen las cámaras de foto-comparendo y los radares con tablero electrónico, como alternativa de solución para mitigar la accidentalidad vial

6.3. FASES DEL PROYECTO

A partir de las fases expuestas es posible identificar el orden cronológico en el que se desarrolla el trabajo realizado, con el fin de cumplir el objetivo general del proyecto que es; evaluar el efecto de las cámaras de foto-comparendo y los radares de velocidad como alternativas de solución para mitigar la accidentalidad en el trayecto Tocancipá – Gachancipá.

6.3.1. Fase I

Identificar las principales causas de accidentalidad vehicular y sus tipologías, así como los puntos críticos dentro del trayecto Briceño - Gachancipá en la concesión BTS.

6.3.1.1. Actividades

- Consultar a partir de las estadísticas suministradas por la ANI y la concesión BTS los índices de accidentalidad en el tramo 1 y 2.

- Observar los tipos de accidentes presentes en el sector así como sus seguimientos.
- Identificar los puntos críticos de alta accidentalidad en los tramos 1 y 2 de la concesión Briceño – Tunja – Sogamoso.
- Identificar la velocidad de operación de los tramos 1 y 2 así como la velocidad de diseño de la vía.

6.3.2. Fase II

Realizar un comparativo en zonas de igual o similares características a la zona de estudio que contengan las alternativas planteadas.

6.3.2.1. Actividades

- Identificar zonas de similares condiciones a la zona de estudio que cuente con los dispositivos de control de velocidad.
- Identificar los volúmenes de tránsito de las zonas de estudio.
- Observar los índices de accidentalidad de estos sectores antes y después de la instalación de los dispositivos de control de velocidad.
- Analizar la efectividad de los dispositivos de control en las zonas a partir de los índices de accidentalidad suministrados.

6.3.3. Fase III

Modelar el transito actual y el tránsito con la metodología planteada para mitigar la accidentalidad vehicular en los sectores identificados como críticos.

6.3.3.1. Actividades

- Generar la modelación de la velocidad a partir de los volúmenes de tránsito adquiridos.
- Modelar la reducción de velocidad en los puntos críticos de estudio.

- Analizar el comportamiento vehicular a partir de la reducción de velocidad con base en los resultados arrojados por la modelación.

6.4. INSTRUMENTOS.

Una vez finalizado el proyecto toda la información recolectada como aforos de vehículos, encuestas de socialización y modelaciones de cambios de velocidad, los resultados podrán ser utilizadas por cualquier entidad del distrito o del estado, para ser tenida en cuenta como posible solución de la zona en estudio y de más regiones del país, más aun cuando se plantea mejorar la seguridad vial en Colombia.

Para la ejecución del proyecto se utilizaron las siguientes combinaciones de softwares.

- Software Word 2013
- Software Excel 2013
- Software AutoCAD 2015
- Software Aimsun
- Speed Gun

7. ANÁLISIS Y RESULTADOS.

7.1. IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES PUNTOS DE ACCIDENTALIDAD

Para la identificación de los eventos relacionados con la accidentalidad en el sector mencionado anteriormente se cuenta con información suministrada por la A.N.I (Agencia Nacional de Infraestructura), entre la que se encuentra un informe detallado de una auditoria de seguridad vial realizado para toda la concesión Briceño-Tunja-Sogamoso en el año 2015, localizando así información detallada sobre los tipos de accidentes recurrentes en el sector clasificada por tipo de novedad y numero promedio de accidentes, teniendo una clasificación de los diferentes tramos basado en tres criterios: grado de amenaza, grado de peligrosidad y grado de repercusión.

En la figura 8 y la tabla 4 muestra la distribución con la que trabaja la concesión Briceño-Tunja-Sogamoso para controlar ubicaciones y sectorización definida por trayectos dividida en 18 tramos, permitiendo así controlar de una manera más efectiva los procedimientos adelantados por la concesión. En la Figura 15 se identifica los trayectos mencionados en la tabla dicha.

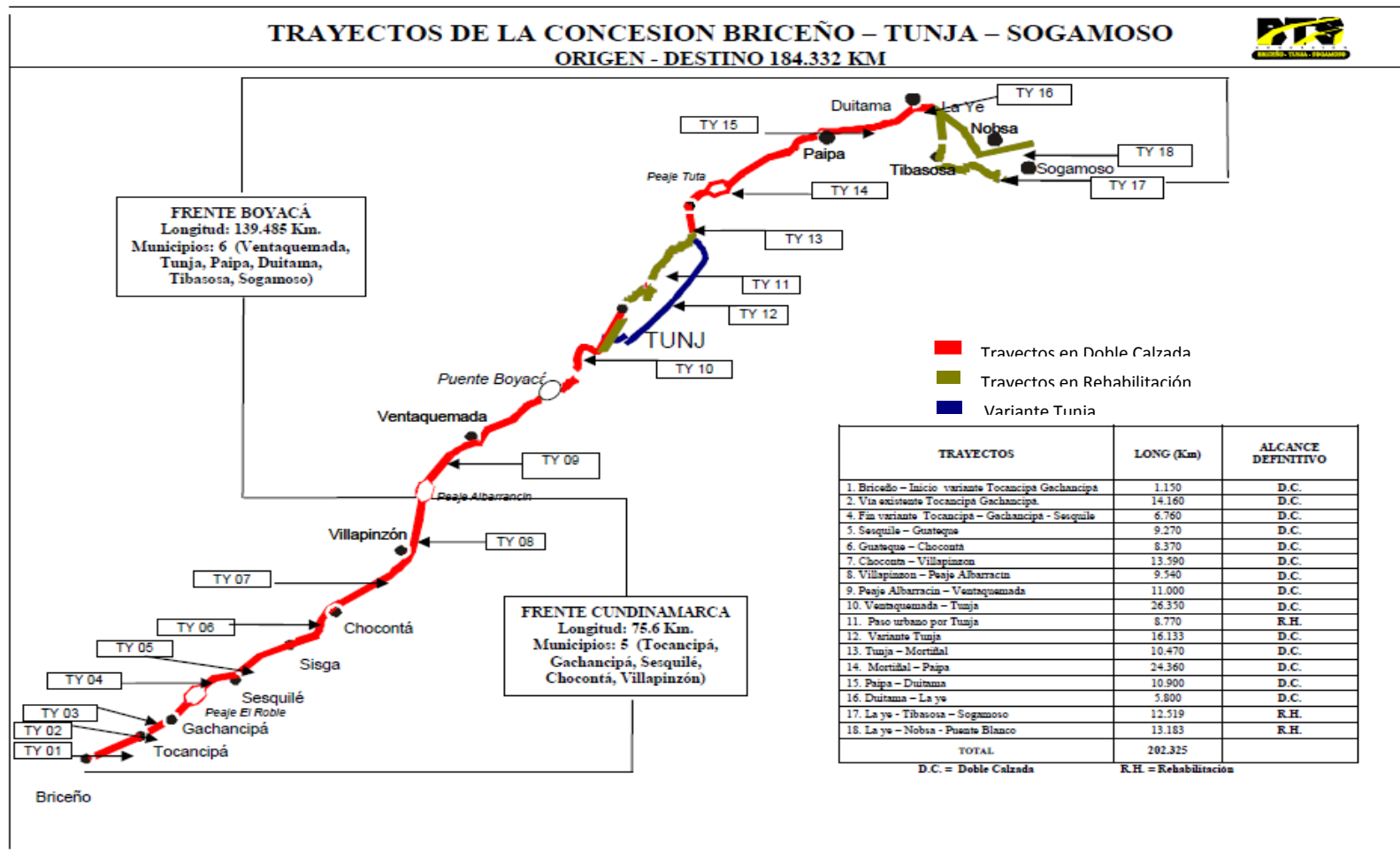
Tabla 4 Distribución de Trayectos Concesión BTS

Depto.	No	Trayecto (Alcance Definitivo)	Inicio	Fin	Alcance Definitivo	**Longitud (km)
CUNDINAMARCA	1	Briceño – Inicio Variante Tocancipá-Gachancipá	K0+900	K2+050	DC	1.15
	2	Vía existente Tocancipá-Gachancipá	K2+050	K16+210	DC	14.16
	3	Variante Tocancipá Gachancipá***				
	4	Final Variante Tocancipá-Gachancipá –Sesquilé	K14+620	K21+380	DC	6.76
	5	Sesquilé – Cruce de Salida a Guateque	K21+380	K30+650	DC	9.27
	6	Cruce de Salida a Guateque – Chocontá	K30+650	K39+020	DC	8.37
	7	Chocontá – Villapinzón	K39+020	K52+610	DC	13.59
	8	Villapinzón – Peaje Albarracín	K52+610	K62+150	DC	9.54
BOYACÁ	9	Peaje Albarracín – Ventaquemada	K62+150	K73+070	DC	10.92
	10	Ventaquemada –Tunja	K76+250	K102+600	DC- RE	26.35
	11	Paso Urbano por Tunja	K102+600	K111+370	RE	8.77

Depto.	No	Trayecto (Alcance Definitivo)	Inicio	Fin	Alcance Definitivo	**Longitud (km)
	12	Variante Tunja	K0+000	K16+133	DC	16.133
	13	Tunja – El Mortiñal	K111+370	K121+840	DC- RE	10.47
	14	El Mortiñal-Paipa	K121+840	K146+200	DC	24.36
	15	Paipa – Duitama	K146+200	K157+100	DC	10.90
	16	Duitama - La Ye	K157+100	K162+900	DC	5.80
	17	La Ye – Tibasosa – Sogamoso	K163+050	K175+538	RE	12.488
	18	La Ye – Nobsa – Sogamoso (Puente Blanco)	K163+200	K176+383	RE	13.183
TOTAL						202.214

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

Figura 15 Distribución de Trayectos Concesión BTS

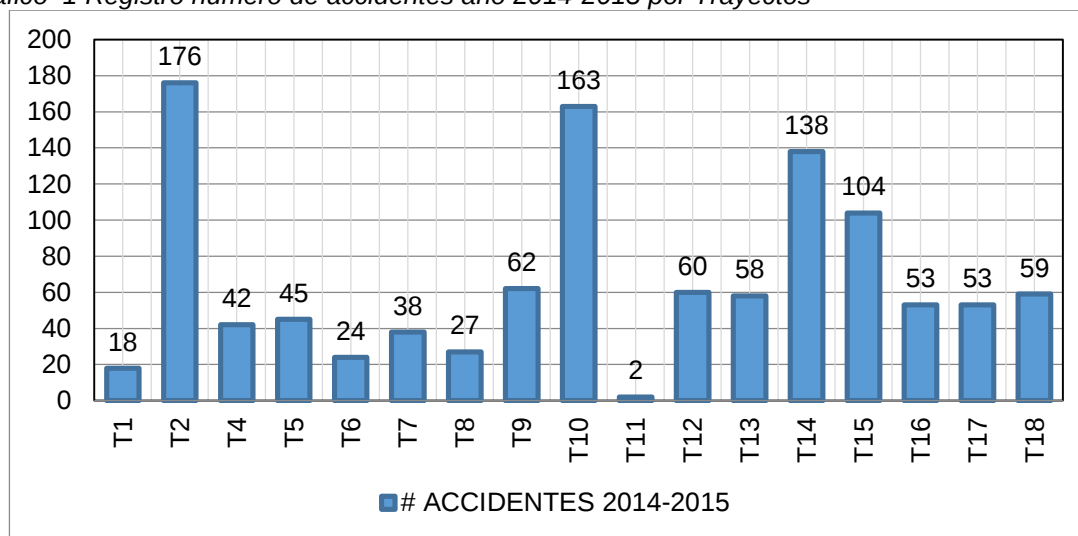


Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

7.1.1. Análisis de índices de accidentalidad para el trayecto 1 y 2 de la concesión B.T.S.

En el gráfico 1 se referencia la accidentalidad para cada uno de los 18 trayectos pertenecientes a la concesión B.T.S. dejando en evidencia que el trayecto 2, el trayecto 10, el trayecto 14 y el trayecto 15 son los más involucrados en la accidentalidad en ese orden respectivo, indicando un promedio de 176 accidentes el periodo comprendido entre enero de 2014 y enero de 2015 el trayecto 2 presenta el mayor índice de accidentalidad, por esto se decide enfocar el alcance de esta investigación a evaluar las metodologías propuestas en el trayecto de más accidentalidad. Además se cuenta con información del registro de eventos en los sectores identificados como trayecto 1 y trayecto 2, clasificado por tipo de novedad e identificando número de lesionados, daños y fatalidad.

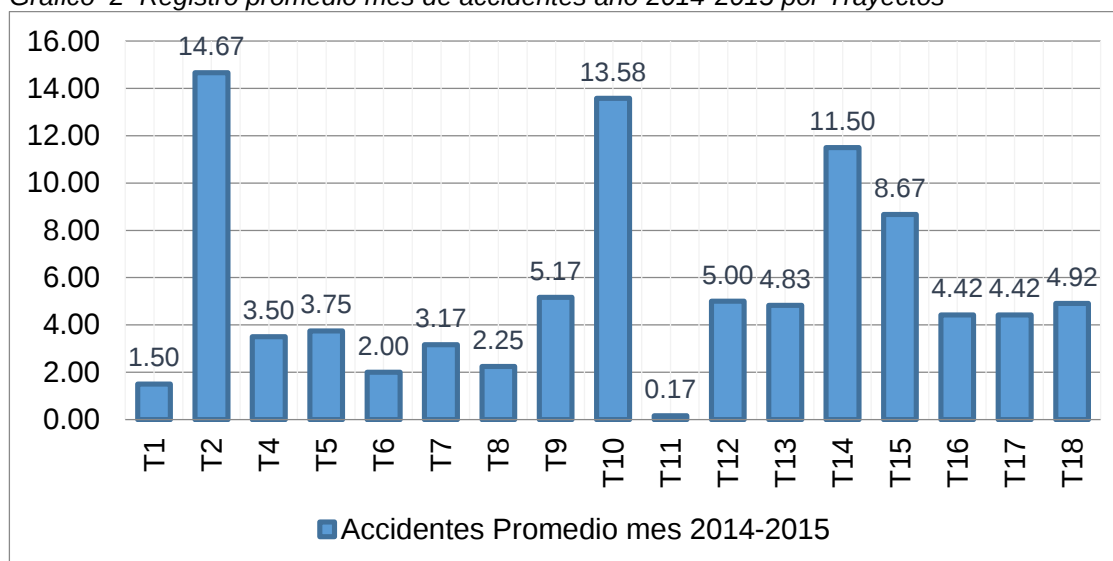
Gráfico 1 Registro número de accidentes año 2014-2015 por Trayectos



Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

En el gráfico 2 se presenta un análisis más detallado sobre el comportamiento de la accidentalidad en los trayectos relacionados en el informe de seguridad vial de la concesión B.T.S. ya acercándonos más al índice real de accidentalidad pues presenta el número de accidentes promedio mes como indicador principal, desarrollando así la idea de un trayecto 2 con un índice de accidentalidad mayor al de los demás tramos.

Gráfico 2 Registro promedio mes de accidentes año 2014-2015 por Trayectos

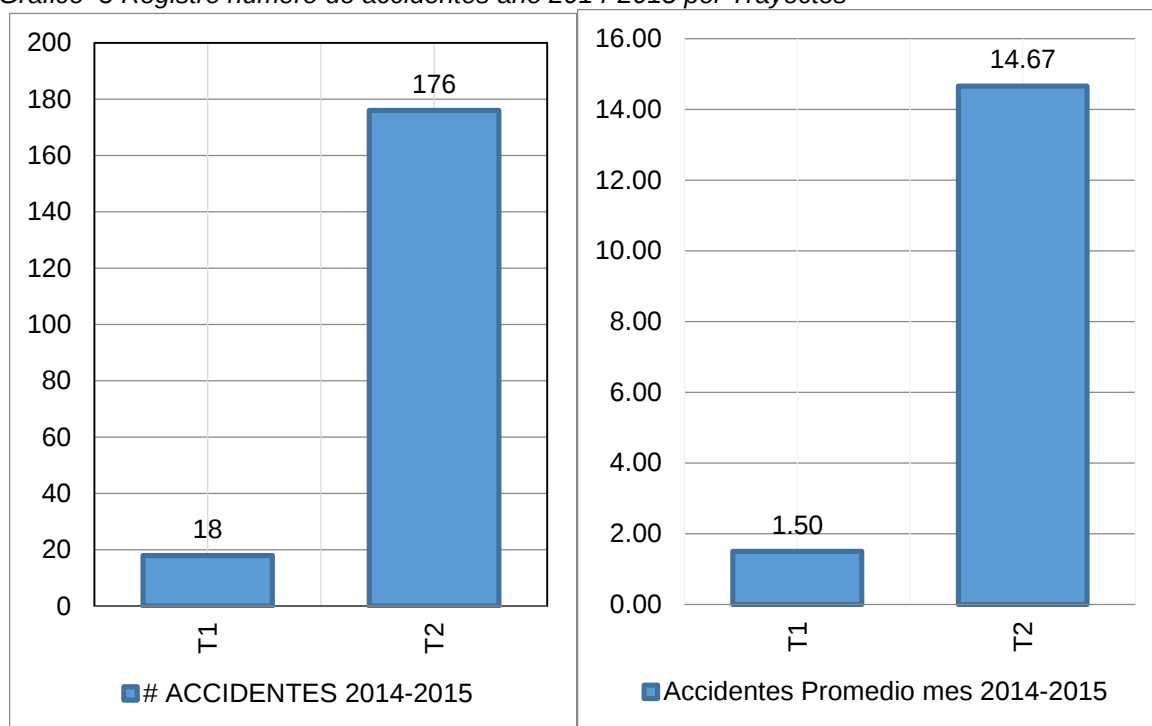


Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

Para el presente trabajo de investigación únicamente se trabajará en el trayecto 1 y 2, en relación a la mayor accidentalidad presentada durante el año 2014-2015. El trayecto 1 tiene 1.15 kilómetros de recorrido el cual inicia en el K0+900 exactamente en el empalme de la vía con la concesión Devinorte y encuentra su final cerca de la entrada al autódromo de Tocancipá, el trayecto tiene un ancho de vía de 9.90m por calzada en ambos sentidos, bermas de 1.8m y 0.80m respectivamente y un separador de 4 metros; el trayecto 2 inicia en el K2+050 y finaliza en el K16+420 donde se conecta con el trayecto 4 teniendo así una longitud aproximada de 14.16 kilómetros, en este trayecto se destacan 2 puntos de vital importancia pues son centros poblados atravesados por una vía de alta capacidad con velocidades de recorrido altas, estos son Tocancipá y Gachancipá.

Los índices de accidentalidad para el trayecto 1 y el trayecto 2 son presentados de 2 formas, una por número de eventos registrados en el año y la segunda por accidentes promedio mes calculado por trayecto. Teniendo como resultado en el año 2014 194 eventos entre los dos, lo que implica un alto índice de accidentalidad que ronda los 14 accidentes en promedio mes, como lo muestra el gráfico 3.

Gráfico 3 Registro número de accidentes año 2014-2015 por Trayectos

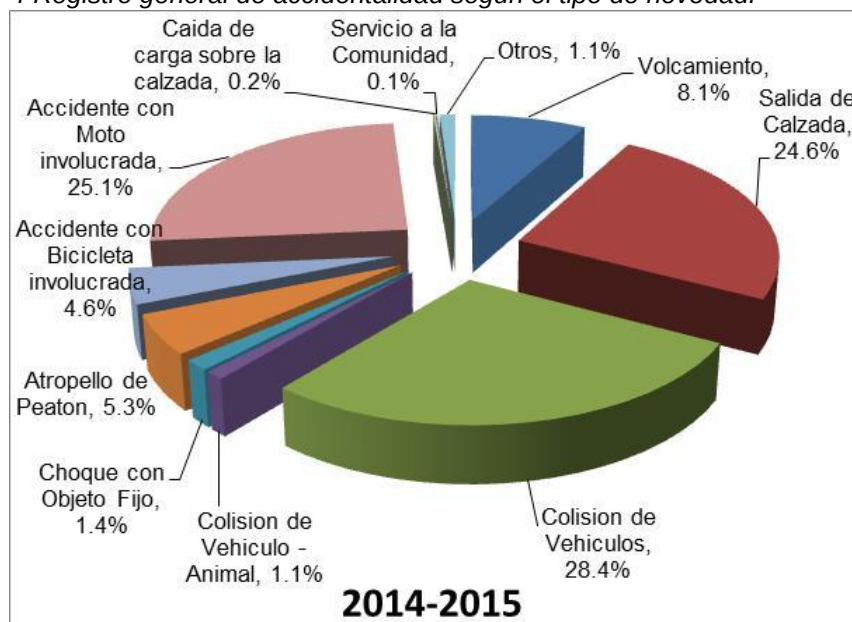


Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

Con relación a la accidentalidad en el recorrido general de la vía se cuenta con un registro en el que se describen los porcentajes representativos con base en la accidentalidad relacionando dichas cifras por tipo de novedad, causas y lesionados o muertos. De esta manera es posible darse una idea de la distribución que se da con relación a cada una de las gráficas anexadas a continuación.

En el gráfico 4 se presenta la distribución en porcentaje según el tipo de novedad para el recorrido en general resaltando inmediatamente tres tópicos que deberán ser tenidos en cuenta para la calificación y el índice de severidad, los aspectos que resaltan son accidente con moto involucrada, colisión de vehículos y salida de calzada, pues son los porcentajes más altos en la distribución.

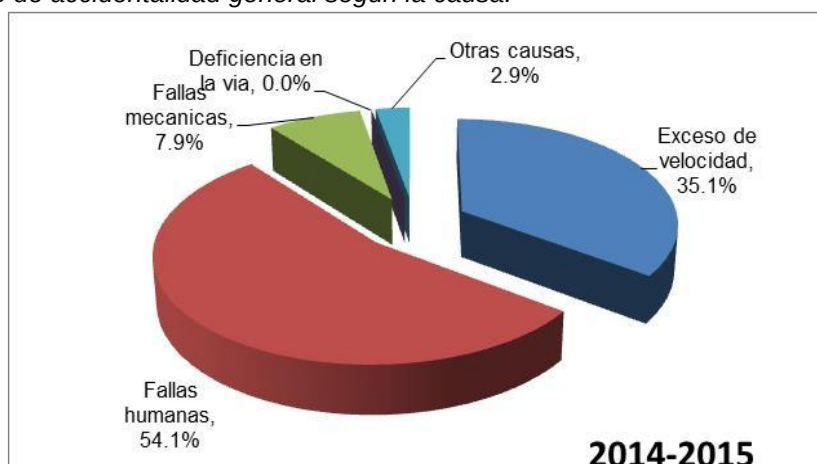
Gráfico 4 Registro general de accidentalidad según el tipo de novedad.



Fuente: Propia.

Dada la distribución en el trazado general se presenta en el gráfico 5 la representación en porcentajes según la clasificación por causa, dando a conocer dos problemas reiterativos que generan una gran parte de los accidentes en el sector de estudio, resaltando así los accidentes relacionados con fallas humanas y excesos de velocidad.

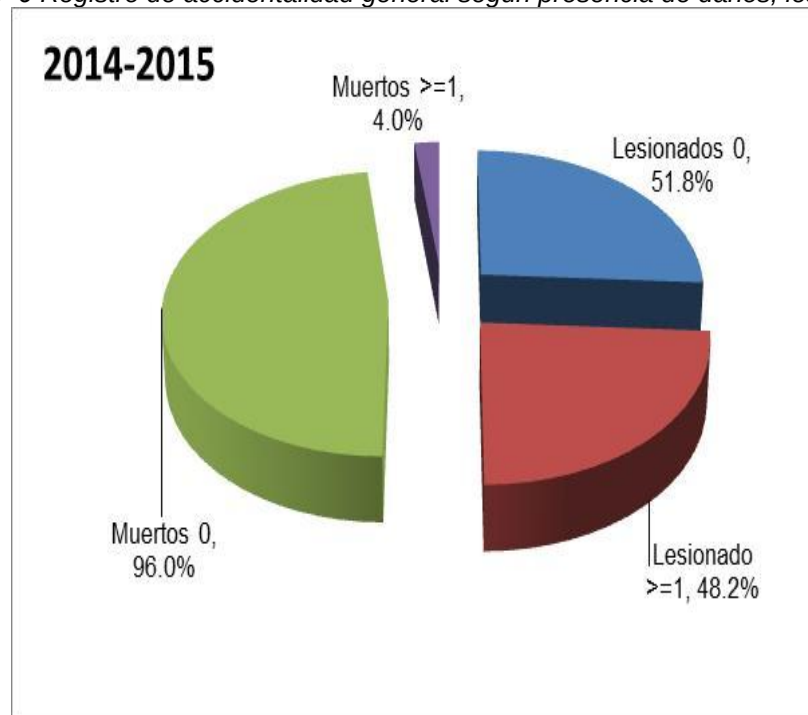
Gráfico 5 Registro de accidentalidad general según la causa.



Fuente: Propia.

En el gráfico 6 el análisis presenta la clasificación perteneciente a las categorías lesionados cero, lesionados iguales o mayores a uno, muertos cero y muertos iguales o mayores a uno. Se presentan en una sola grafica pues las estadísticas se relacionan directamente en la forma en que se procesó la información, dejando ver que el 4% de los accidentes que terminaron con uno o más lesionados tuvo eventualidad de muerte, con relación a los lesionados se puede ver que en el caso general de toda la ruta tenemos un 48.2% para eventos con 1 o más afectados, dejando ver así la gran afectación que genera la accidentalidad en todo el recorrido de la concesión.

Gráfico 6 Registro de accidentalidad general según presencia de daños, lesionados y muertos.



Fuente: Propia.

7.1.2. Puntos críticos de alta accidentalidad en los tramos 1 y 2 de la concesión BRICEÑO – TUNJA – SOGAMOSO.

Para hablar de accidentalidad representativa en el trayecto 2 de la concesión B.T.S. se tiene que analizar específicamente desde la vista de los puntos críticos identificados en el recorrido reconocido anteriormente como total de la vía, estos puntos críticos fueron evaluados con base a encuestas, análisis de estadísticas y de nuevo particularmente para cada uno de los puntos se presenta la distribución por criterios descritos como tipo de novedad, causas y lesionados o muertos.

En el gráfico 7 se identifica visualmente los puntos representativos descritos como puntos críticos en todo el recorrido, ya que el objetivo se centra en contribuir de forma positiva al alto índice de accidentalidad en la concesión B.T.S. se plantea enfocarse en los puntos críticos incluidos en el trayecto 2 ya que es el sector con índices de accidentalidad más altos.

En la Tabla 5 se interpreta el orden en que se organizan los puntos críticos según el número promedio de accidentes por mes, dejando entrever que el sitio 2M es el más crítico del trayecto pues presenta 3.54 accidentes por mes es así que en segundo lugar se encuentra el punto 3M con 2.46 accidentes por mes y en tercer lugar al sitio 1M con 2.23, con respecto a los puntos 1a y 1b tienen una accidentalidad de 1.85 y 1.46 respectivamente lo que los pone en el mapa como puntos críticos pero les da una calificación de prioridad menor o secundaria pues la diferencia con los otros es importante.

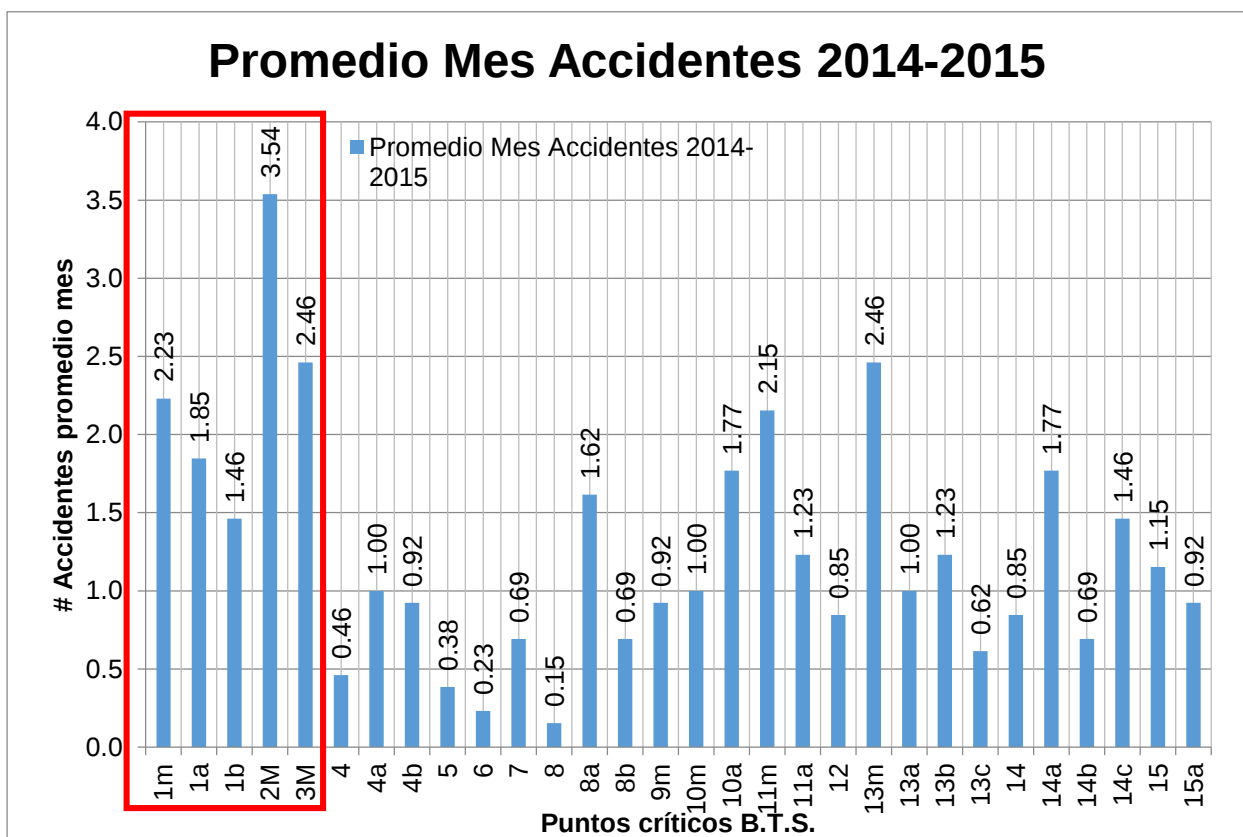
Tabla 5 Datos accidentalidad puntos críticos.

No. de Orden	Sector Crítico No.	Trayecto donde se localiza	Abscisa		Descripción	Total Accidentes Periodo	Accidentes promedio Mes
			Inicio	Final			
1	1m	2	K1+000	K2+600	Sector Bavaria - Leona	29	2.23
2	1a	2	K6+000	K7+500	Tocancipá	24	1.85
3	1b	2	K8+300	K9+500	Inicio Gachancipá	19	1.46
4	2m	2	K10+500	K12+400	Gachancipá	46	3.54
5	3m	2	K13+000	K14+600	La Mancha – El Roble	32	2.46

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

En el recuadro rojo ubicado en el gráfico 7 se ubican los puntos que pertenecen al trayecto 2 así que, los puntos analizados específicamente son 5 nombrados en los informes técnicos como 1M, 1a, 1b, 2M, 3M, resumidos en la tabla 5 en donde se podrá ver la ubicación según el abscisado de la vía, la descripción o referencia de la ubicación del punto, total de accidentes en el periodo descrito y el número promedio de accidentes por mes teniendo en cuenta esta tabla se puede ubicar espacial, numérica y de forma organizada cada una de las estadísticas relacionadas anteriormente.

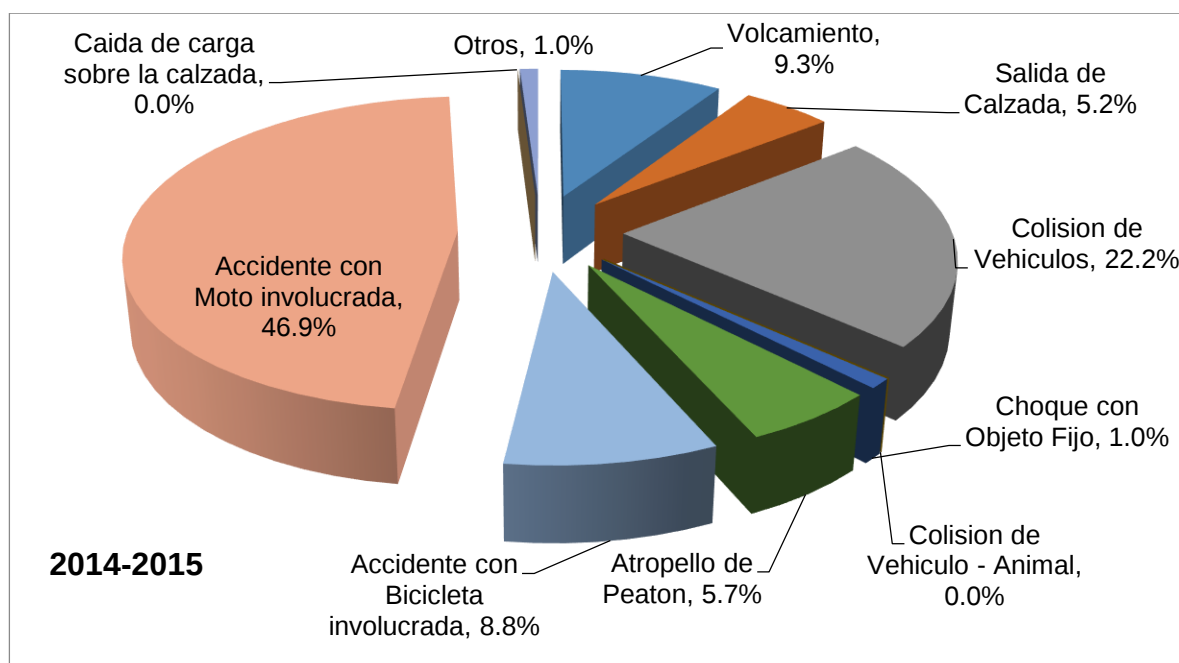
Gráfico 7 Puntos críticos Promedio accidentes por mes 2014-2015.



Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

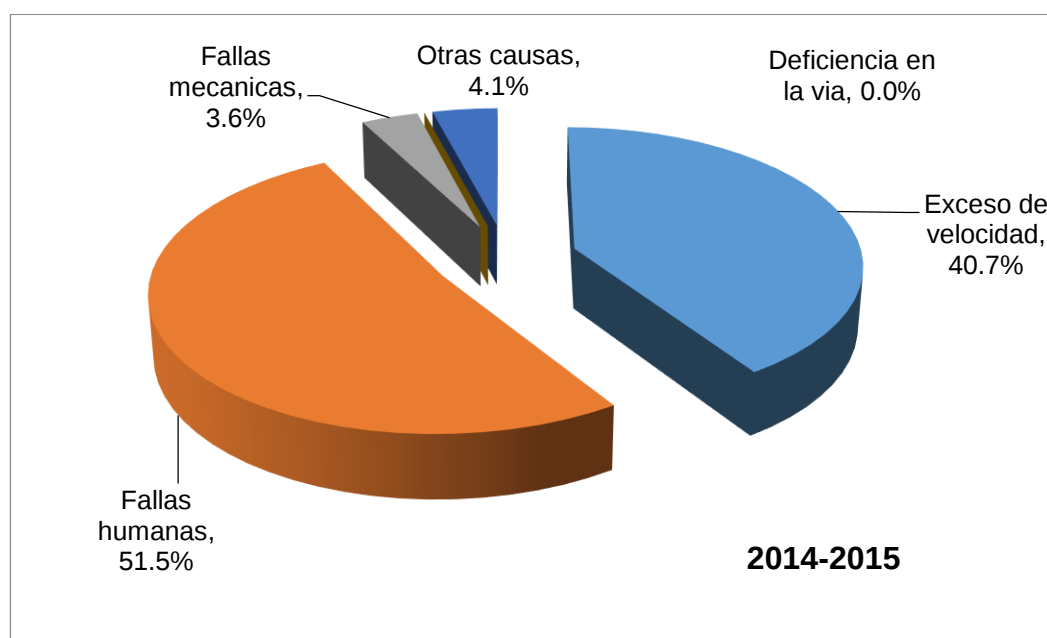
Como parte del análisis encontrado en el estudio de la auditoría de seguridad vial se presentan la distribución en porcentaje para la tipología de accidentes encontrada en los puntos críticos, en los gráficos 8, 9 y 10 se muestra la distribución según los criterios aplicados para la evaluación de la auditoría que ya fueron expuestos anteriormente.

Gráfico 8 Registro de accidentalidad y puntos críticos Trayecto 2 según el tipo de novedad.



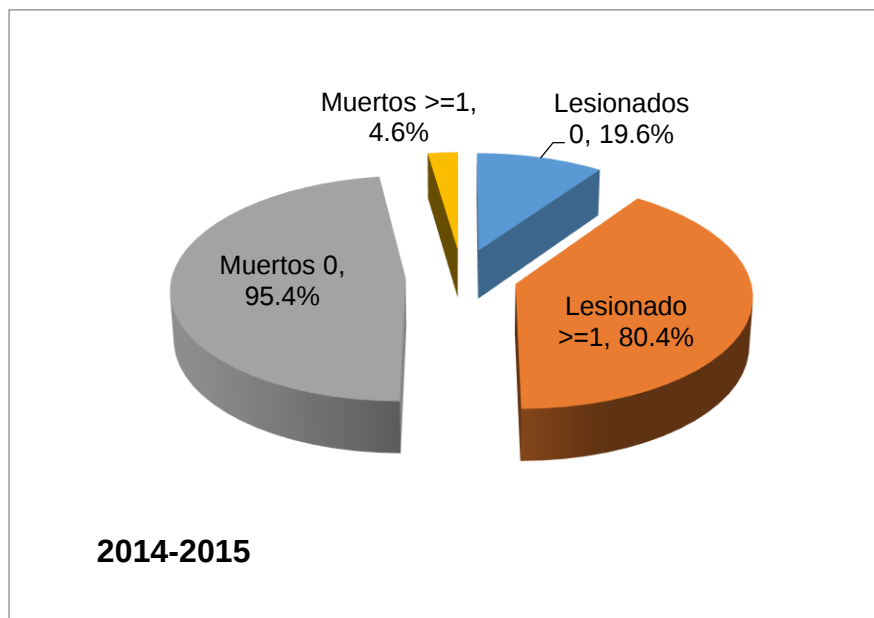
Fuente: Propia.

Gráfico 9 Registro de accidentalidad Puntos críticos Trayecto 2 según la causa.



Fuente: Propia.

Gráfico 10 Registro de accidentalidad general Puntos críticos Trayecto 2 según presencia de daños, lesionados y muertos.



Fuente: Propia.

Ya enfocados en la accidentalidad puntual de los sitios identificados como críticos se presenta la evaluación conjunta obtenida por la auditoría de seguridad vial realizada en el año 2015. En la tabla 6 se presenta la calificación obtenida para cada uno de los puntos críticos ubicados en el trayecto 2 para así darse una idea de la relación entre los factores vulnerabilidad, peligrosidad y repercusión.

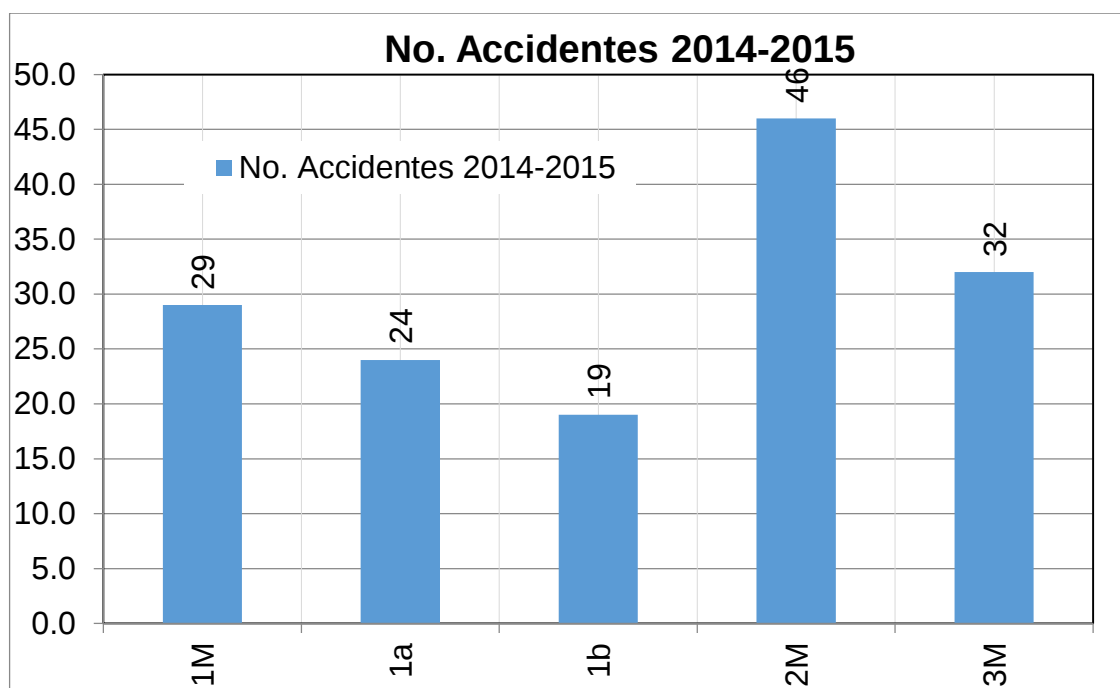
Tabla 6 Calificación puntos críticos y orden de priorización.

Sector Crítico No.	Trayecto donde se localiza	Descripción	Accidentes promedio Mes	Análisis de Riesgo por Punto Crítico			RIESGO	Orden de Priorización
				Amenaza y Vulnerabilidad	Peligrosidad	Repercusión		
1M	2	Sector Bavaria - Leona	2.23	ALTO	ALTO	MEDIO	Intolerable	2
1a	2	Tocancipá	1.85	ALTO	ALTO	MEDIO	Intolerable	3
1b	2	Inicio Gachancipá	1.46	MEDIO	MEDIO	MEDIO	Medio	5
2M	2	Gachancipá	3.54	ALTO	ALTO	MEDIO	Intolerable	1
3M	2	La Mancha – El Roble	2.46	MEDIO	ALTO	MEDIO	Medio	4

Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

Para una descripción más adecuada de la situación actual en cada uno de los puntos críticos se organizó el gráfico 11 con la información sobre los sitios del trayecto 2 mostrando así el número de accidentes en el periodo analizado poniendo de nuevo en la mira de la investigación los puntos 1M, 2M y 3M, por sus altos índices de accidentalidad.

Gráfico 11 Puntos críticos Trayecto 2 conteo de accidentes periodo 2014-2015.



Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura A.N.I Auditoria de seguridad vial número 2 año 2015.

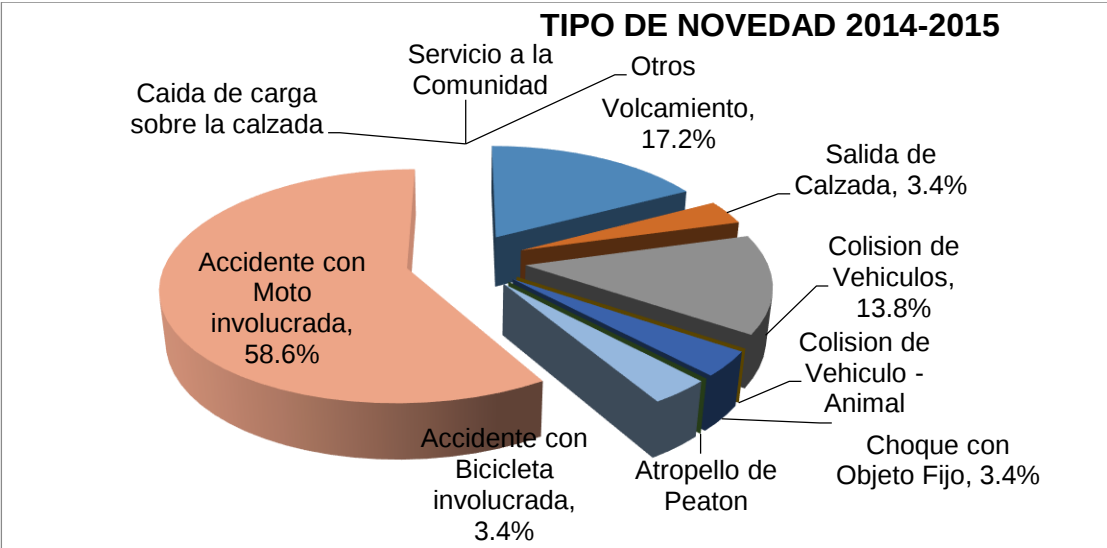
Ejecutando uno de los objetivos de la presente investigación se hizo el pertinente análisis para las cifras representativas que se encontraron en cada sector crítico en el trayecto 2, la interpretación se dio con base en los porcentajes de la distribución por tipo de novedad, causa del evento y lesionados o muertos.

7.1.2.1. Punto crítico 1M análisis y gráficos.

Para el punto 1M la constante son los accidentes por excesos de velocidad y las fallas humanas, los tipos de accidentes más repetitivos fueron con moto involucrada, volcamiento y colisión entre vehículos.

En el gráfico 12 se encuentra la distribución por tipo de novedad para el punto 1M dejando en evidencia que los actores más involucrados son los que transitan por la vía en el sentido automotor.

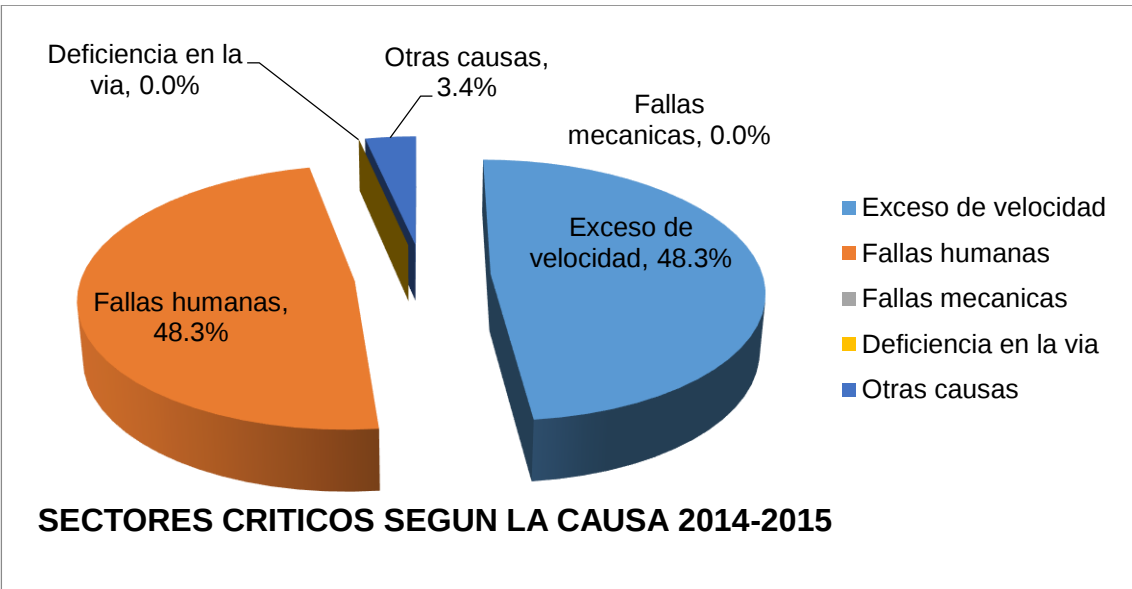
Gráfico 12 Registro de accidentalidad punto crítico 1M según el tipo de novedad.



Fuente: Propia.

La mayor influencia en la parte de accidentalidad se encuentra en los sectores de fallas humanas y exceso de velocidad dejando entrever el riesgo potencial generado por la parte automotor.

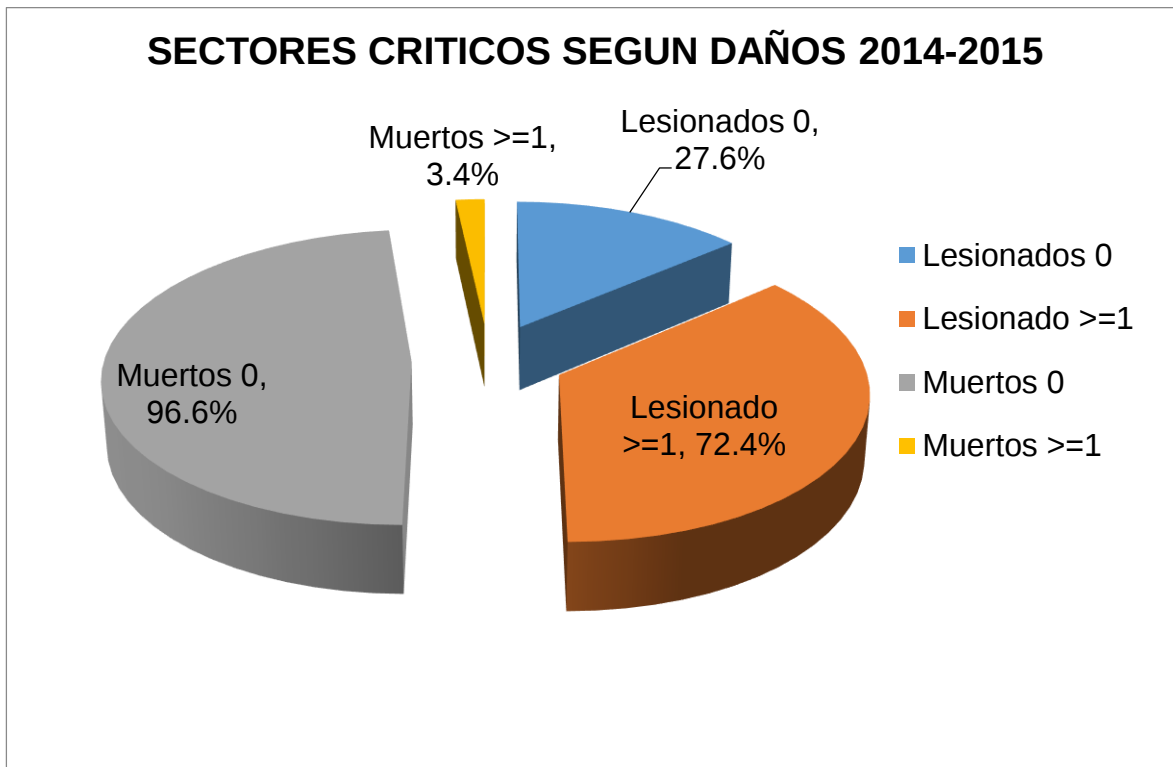
Gráfico 13 Registro de accidentalidad Punto crítico 1M según la causa.



Fuente: Propia.

En cuestión de lesionados y muertos se muestra que los eventos fatales siguen rondando el 4% que es la cifra mostrada como general para los trayectos, traicionando así las intenciones de reducir a cero la mortalidad en cuestión de seguridad vial establecido por los entes de control nacional.

Gráfico 14 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1M según presencia de daños, lesionados y muertos.



Fuente: Propia.

En la figura 16 se muestra la identificación del sector relacionado como 1M para dar una idea de las características espaciales relacionadas con tránsito y cultura.

Figura 16 PC1M Tránsito a altas velocidades en zona de cruce peatonal.



Fuente: Propia.

7.1.2.2. Punto crítico 1a análisis y gráficos.

En el punto 1a la se encuentra una diferencia pues se involucra como nuevo actor a los peatones teniendo un aumento considerable con accidentes de bicicleta involucrada y atropello a peatones sin embargo los excesos de velocidad y las fallas humanas, siguen siendo los tipos de accidentes más repetitivos. En la Figura 17 se observa el punto de estudio.

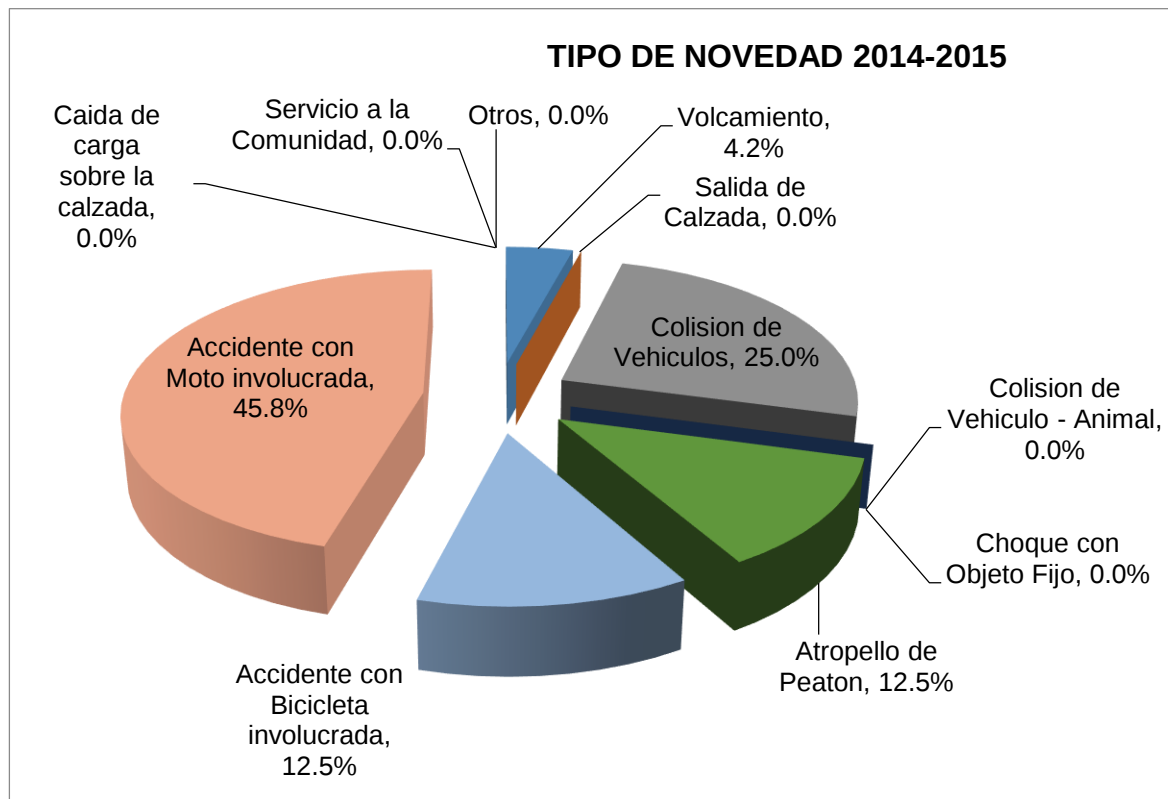
Figura 17 PC1a Tránsito a altas velocidades en zona de cruce peatonal.



Fuente: Propia.

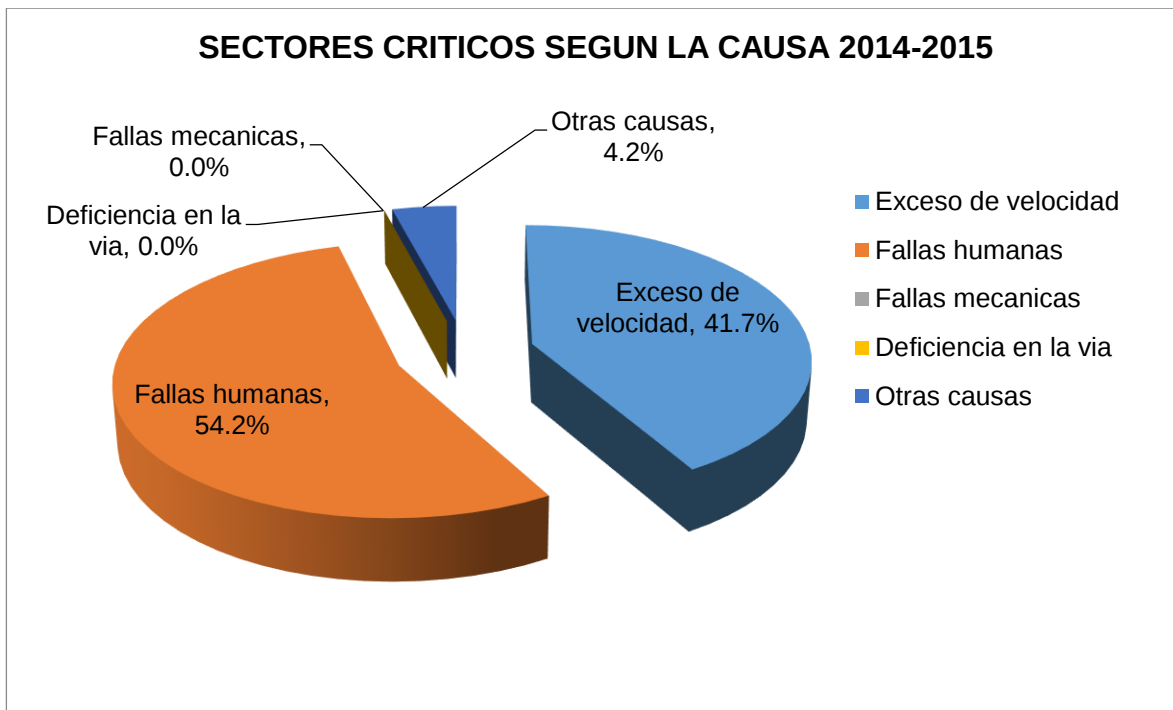
En los gráficos 15, 16, y 17 se muestra el análisis específico para el sector mencionado en este numeral evidenciando así que las fallas humanas y el exceso de velocidad es un factor constante e influyente para el trayecto 2 de la concesión.

Gráfico 15 Registro de accidentalidad Punto crítico 1a según el tipo de novedad.



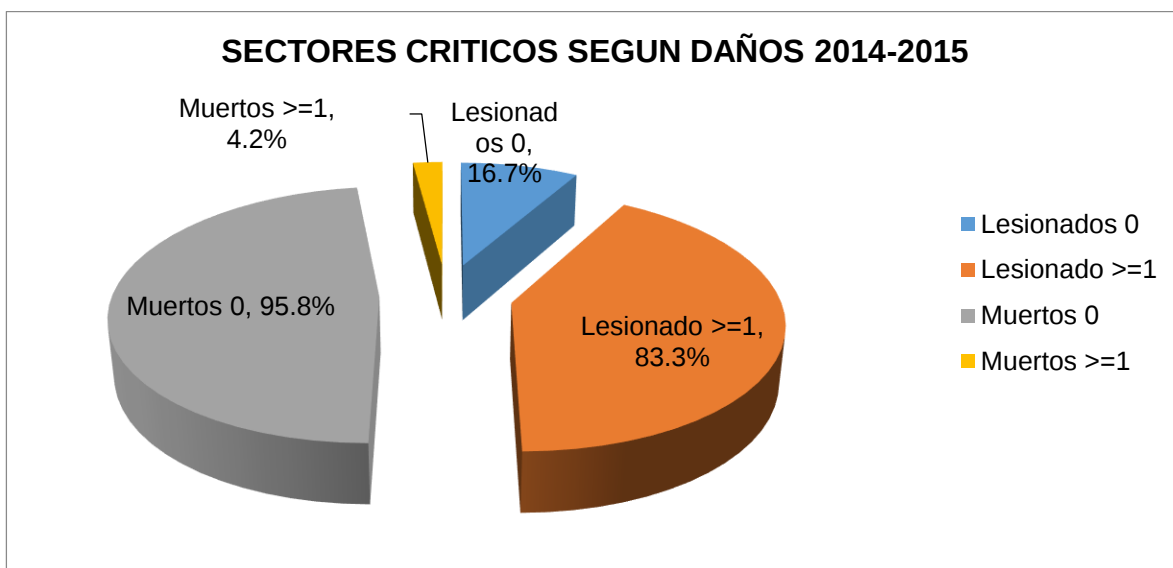
Fuente: Propia.

Gráfico 16 Registro de accidentalidad Punto crítico 1a según la causa.



Fuente: Propia.

Gráfico 17 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1a según presencia de daños, lesionados y muertos.



Fuente: Propia.

7.1.2.3. Punto crítico 1b análisis y gráficos.

En el punto 1b la se encuentra una diferencia pues se involucra como nuevo actor a los peatones teniendo un aumento considerable con accidentes de bicicleta involucrada y atropello a peatones sin embargo los excesos de velocidad y las fallas humanas, siguen siendo los tipos de accidentes más repetitivos.

En la figura 18 se muestra la identificación del sector relacionado como 1b para dar una idea de las características espaciales relacionadas con tránsito y cultura.

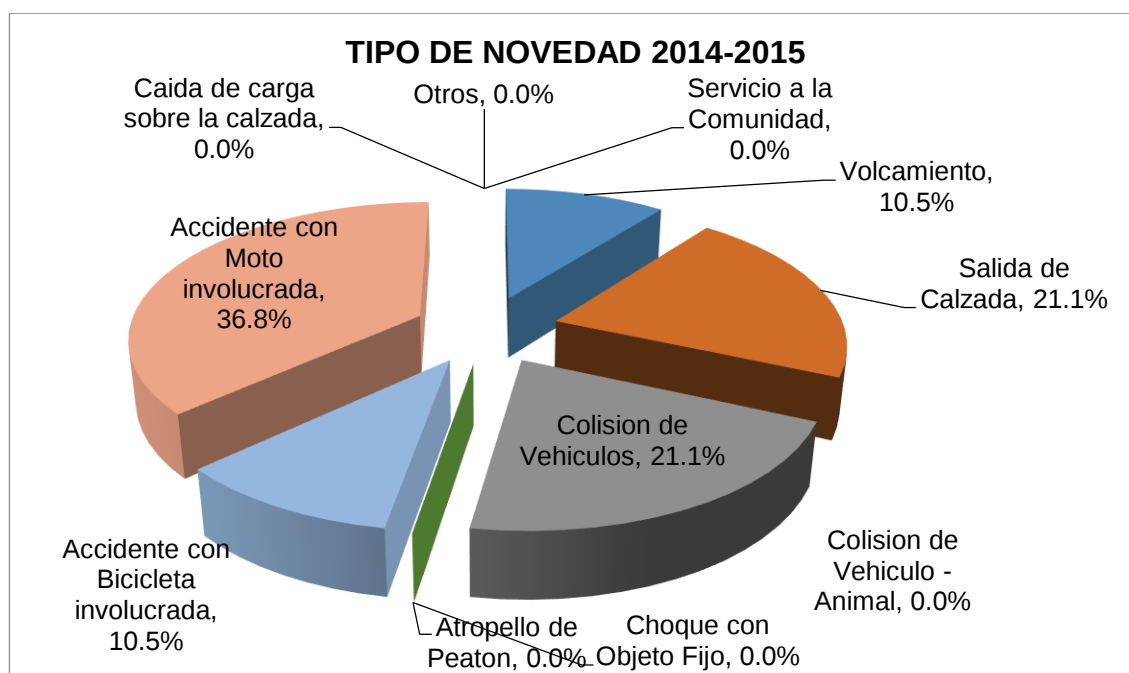
Figura 18 PC1b Tránsito a altas velocidades en zona de mantenimiento en la vía.



Fuente: Propia.

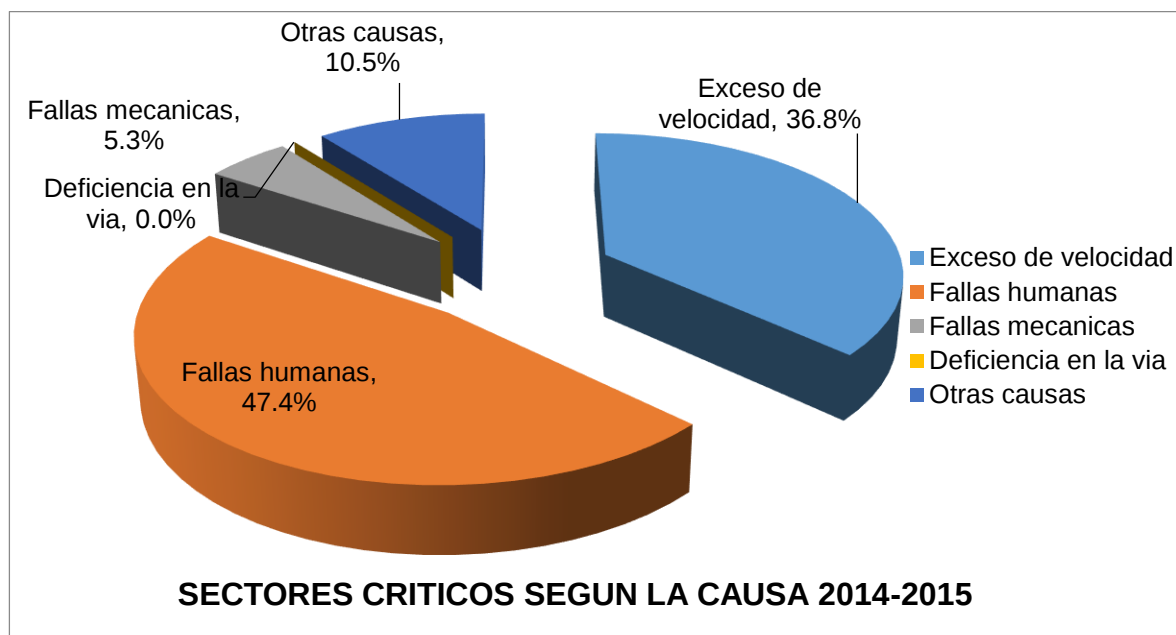
En los gráficos 18, 19 y 20 se muestra la distribución con relación a la clasificación de los accidentes y su división porcentual según tipo de novedad, causa y lesionados o muertos, el análisis específico para el sector mencionado en este numeral evidencia que los eventos fatales son cero; aun así se involucran volcamientos, accidente con moto, colisión entre vehículos y salida de calzada.

Gráfico 18 Registro de accidentalidad Punto crítico 1b según el tipo de novedad.



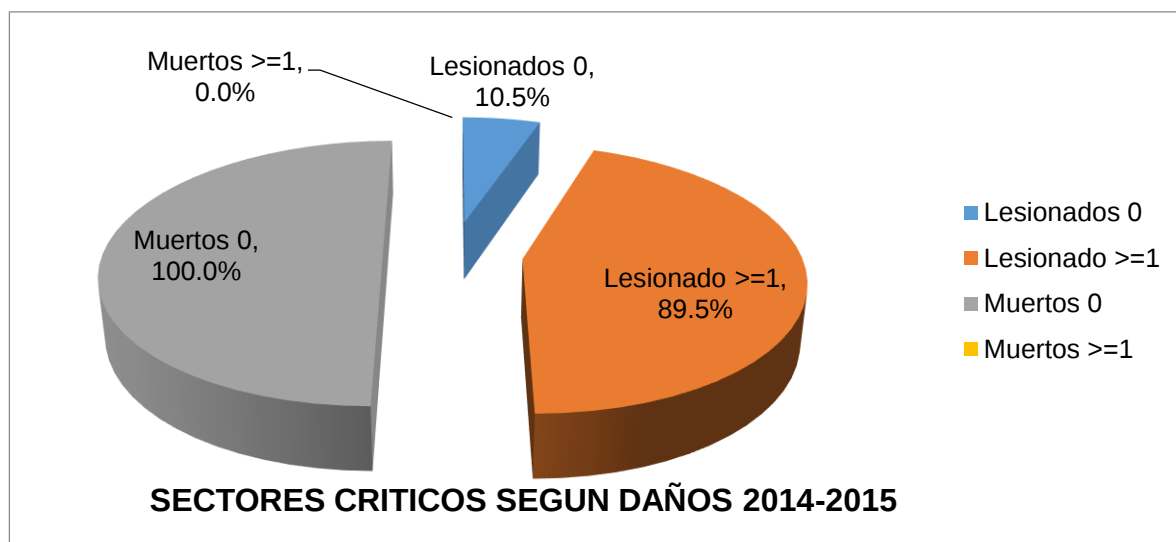
Fuente: Propia.

Gráfico 19 Registro de accidentalidad Punto crítico 1b según la causa.



Fuente: Propia.

Gráfico 20 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1b según presencia de daños, lesionados y muertos.



Fuente: Propia.

7.1.2.4. Punto crítico 2M análisis y gráficos.

Para el punto 2M se encuentra los excesos de velocidad y las fallas humanas, siguen siendo los tipos de accidentes más repetitivos teniendo así una mortalidad alta del 10.9% lo que supera la tasa media que fue mostrada anteriormente la cual está entre el 4%-5% con base en esta aproximación se puede decir que el sector es el de mayor vulnerabilidad pues presenta un incremento en los eventos con víctimas considerable.

En la figura 19 se muestra la identificación del sector relacionado como 2M para dar una idea de las características espaciales relacionadas con tránsito y cultura.

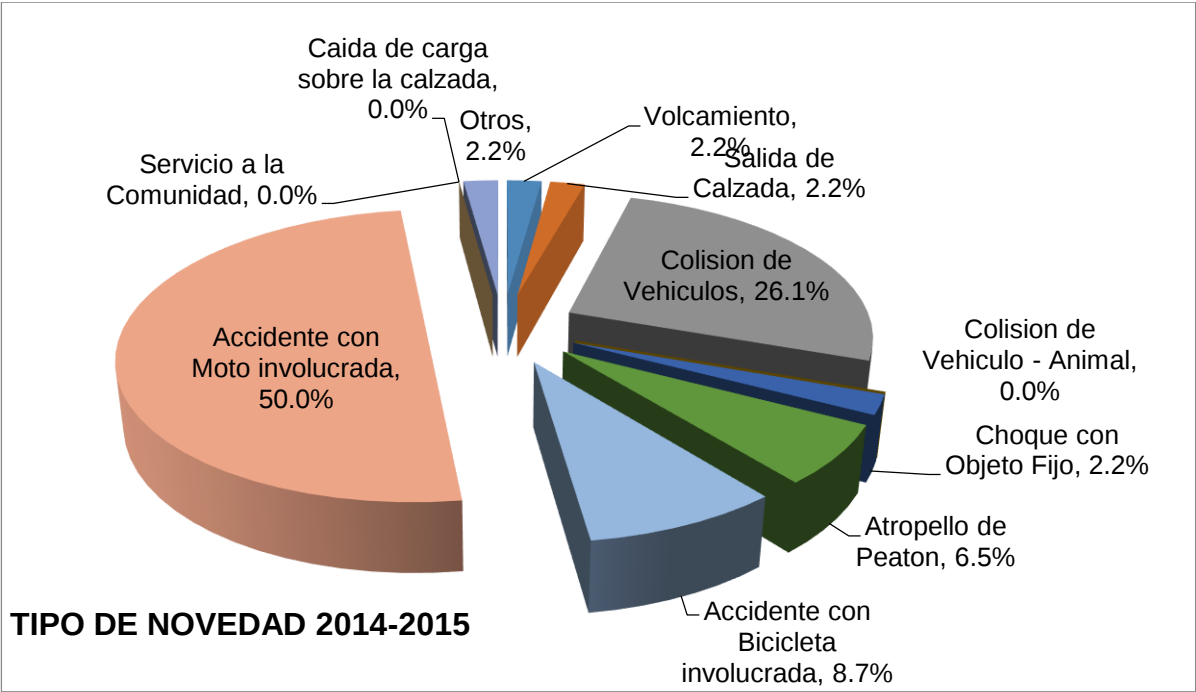
Figura 19 PC2M Tránsito a altas velocidades, entrada y salida de vehículos.



Fuente: Propia.

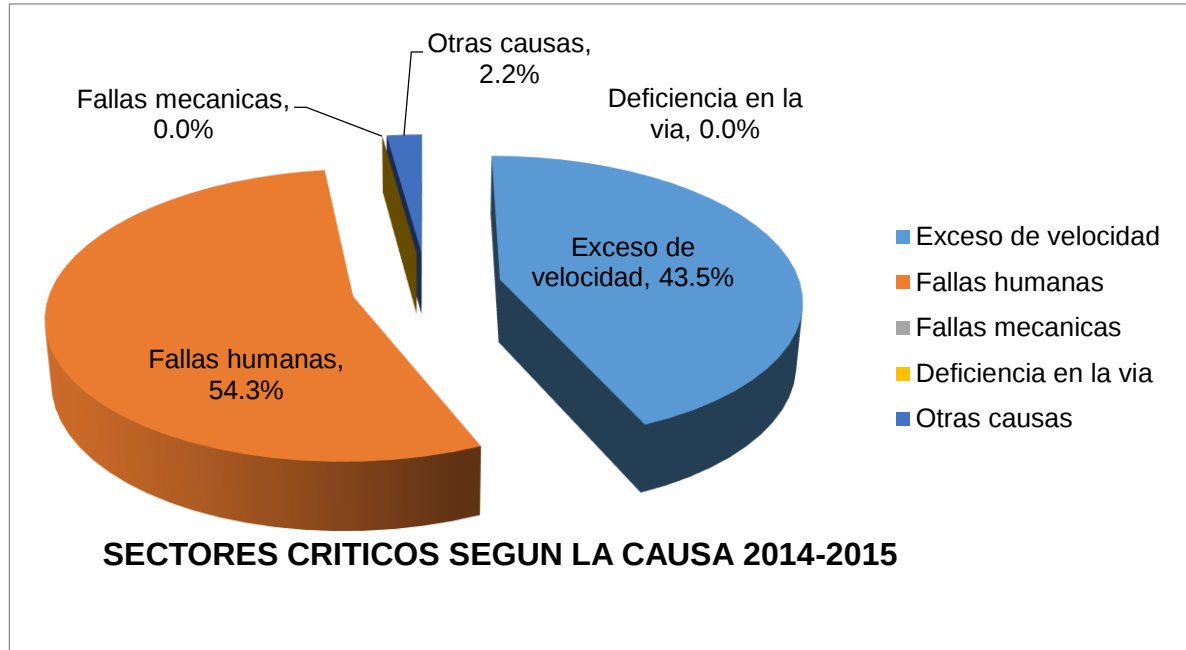
En los gráficos 21, 22 y 23 se relaciona la división porcentual según los ítems de clasificación expuestos anteriormente, tipo de novedad, causa y lesionados y muertos, con relación al análisis se evidencia una similitud a los casos expuestos en los demás puntos críticos, las novedades dominantes son accidente con moto involucrada y colisión de vehículos los que demuestra que hay una relación directa entre el exceso de velocidad y las fallas humanas en los sectores del trayecto 2.

Gráfico 21 Registro de accidentalidad Punto crítico 2M según el tipo de novedad.



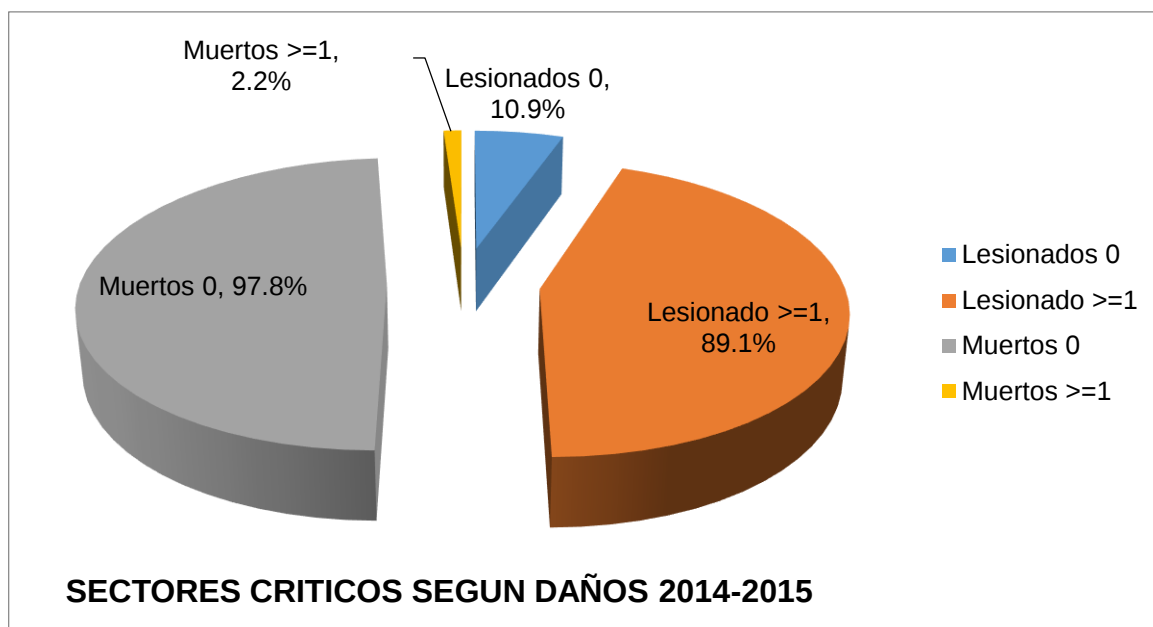
Fuente: Propia.

Gráfico 22 Registro de accidentalidad Punto crítico 2M según la causa.



Fuente: Propia.

Gráfico 23 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1b según presencia de daños, lesionados y muertos.



Fuente: Propia.

7.1.2.5. Punto crítico 3M análisis y gráficos.

En el punto 3M se involucra la colisión entre vehículos teniendo un aumento considerable con eventos fatales sin embargo las causas más representativas en el sector siguen siendo los excesos de velocidad y las fallas humanas.

En la figura 20 se muestra la identificación para el sector relacionado como 3M dando así una idea de las características espaciales relacionadas con tránsito y cultura.

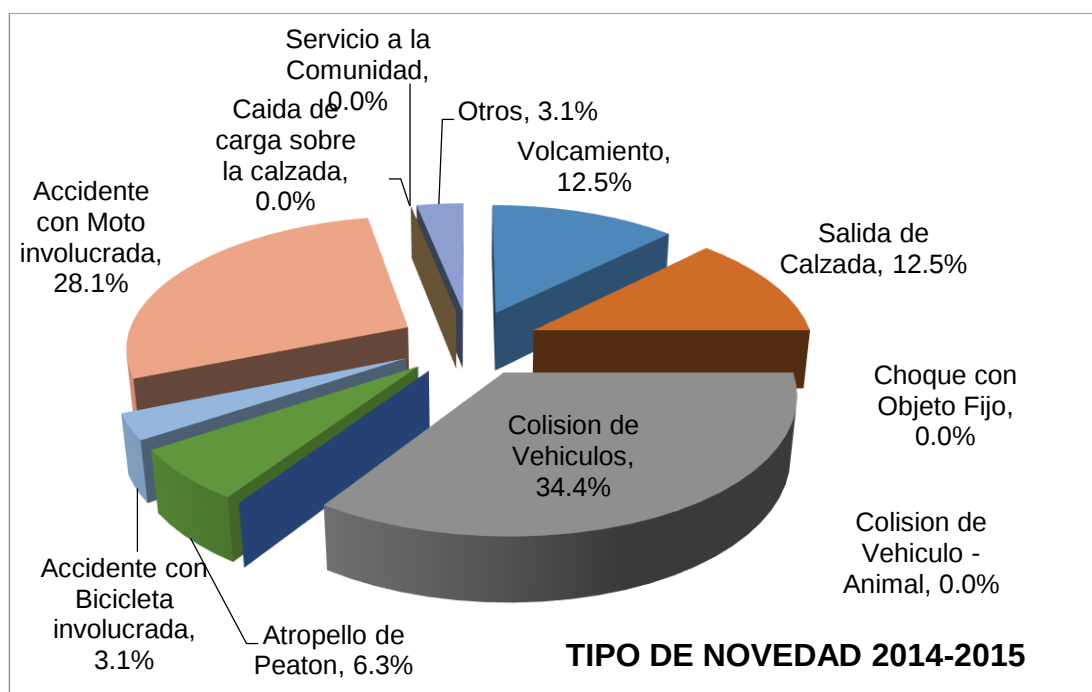
Figura 20 PC3M Transito a altas velocidades, mantenimiento de la vía, entrada y salida de vehículos.



Fuente: Propia.

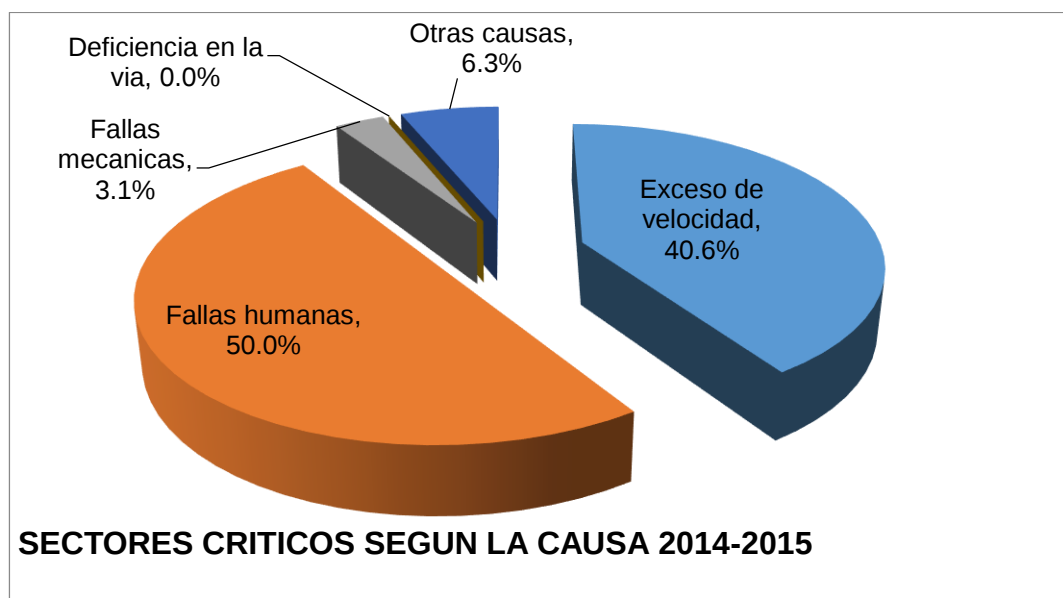
En los gráficos 24, 25 Y 26 se relaciona la división porcentual según los ítems de clasificación expuestos anteriormente, Tipo de novedad, Causa y Lesionados y Muertos, con relación al análisis se evidencia una similitud a los casos expuestos en los demás puntos críticos, las novedades dominantes son accidente con moto involucrada y colisión de vehículos los que demuestra que hay una relación directa entre el exceso de velocidad y las fallas humanas en los sectores del Trayecto 2.

Gráfico 24 Registro de accidentalidad, punto crítico 3M según el tipo de novedad.



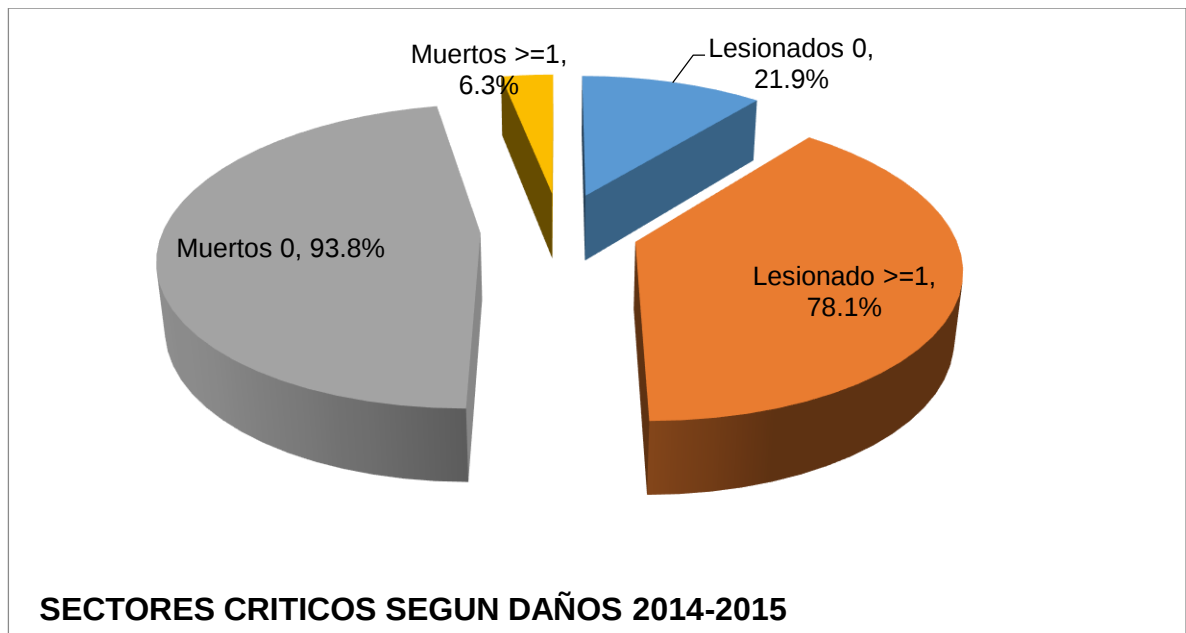
Fuente: Propia.

Gráfico 25 Registro de accidentalidad Punto crítico 2M según la causa.



Fuente: Propia.

Gráfico 26 Registro de accidentalidad general Punto crítico 1b según presencia de daños, lesionados y muertos.



Fuente: Propia.

22 y 23), así como la cámara instalada de acuerdo a información suministrada por la concesión Sabana De Occidente.

Figura 22 Señal Informativa SI-27 ZONA DE FOTOCOMPAREANDO



Fuente: Propia.

Figura 23 Cámara de Fotocompareando instalada



Fuente: Propia.

A partir de los datos suministrados por la concesión se realizará un análisis de accidentalidad antes y después de la instalación de la señal informativa, así mismo se calcularán los índices de seguridad, el índice de peligrosidad y el índice de peligrosidad con víctimas, de esta manera se observará si hubo cambios en la accidentalidad presentada en el tramo seleccionado con respecto a los resultados arrojados.

En la tabla 7 se observan los datos de accidentalidad presentados en el Tramo 7 sobre el K0+000 y el K3+000, organizada por fecha y abscisa del evento así como su tipología, causa y novedad (hechas por los agentes de tránsito), número de lesionados, casos fatales y así mismo la cantidad de vehículos involucrados en cada uno de los accidentes,

Tabla 7 Registro de incidentes en la concesión.

TRAMO	ABSCISA INTERNA	COSTADO DE LA VIA	FECHA	PERSONAS INVOLUCRADAS			CLASE DE ACCIDENTE	POSIBLE CAUSA	ELEMENTOS INVOLUCRADOS	VEHICULOS IMPLICADOS
				M	H.G.	H.L.				
7	K0+050	SUR	17/08/2013	0	0	1	CHOQUE	95 TRANSITAR DE UN LADO A OTRO Y 115 CONDUCIR EN ESTADO DE EMBRIAGUEZ	VEHICULO-BICICLETA	2
7	K0+100	SUR	22/02/2015	0	0	5	CHOQUE	121 NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD VEH 1	BUSETA-CAMIONETA	2
7	K0+300	SUR	07/01/2014	0	0	1	CHOQUE	121 NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD VEH 1, 122 GIRAR BRUSCAMENTE VEH2	VEHICULO-VEHICULO	3
7	K0+500	SUR	08/08/2014	0	0	1	CHOQUE	121 NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD VEH 2	MICROBUS-MOTOCICLETA	2
7	K0+500	SUR	19/06/2015	1	0	0	CHOQUE	157 NO ESTAR PENDIENTE DE LOS ACTORES DE LA VIA VEH 1, 093 TRANSITAR DISTANTE DE LA ACERA U ORILLA DE LA CALZADA VEH 2	MOTOCICLETA-BICICLETA	2
7	K0+500	SUR	31/01/2015	0	0	1	CHOQUE	POR ESTABLECER	CAMION-PUENTE	1
7	K0+550	SUR	18/04/2013	0	0	1	VOLCAMIENTO	116 EXCESO DE VELOCIDAD	VEHICULO	1
7	K0+550	SUR	03/03/2014	1	0	0	CHOQUE	102 ADELANTAR POR LA DERECHA VEH2, 135 TRANSITAR POR FUERA DEL CARRIL VEH 2, 099 TRANSITAR POR SITIO NO DESTINADO PARA ESE VEHICULO VEH 2	VEHICULO-MOTOCICLETA	2
7	K0+600	SUR	13/05/2014	0	0	2	CHOQUE	157 CAMBIAR DE CARRIL SIN PRECAUCION VEH 1	VEHICULO	2
7	K0+650	SUR	21/06/2014	0	0	1	CHOQUE	157 NO TENER PRECAUCION CON LOS CICLISTAS EN LA VIA VEH 2	BICICLETA-CAMIONETA	1
7	K0+650	SUR	07/05/2014	0	0	0	VOLCAMIENTO	138 FALTA DE PRECAUCION NIEBLA, LLUVIA, HUMO VEH 1	VEHICULO	1
7	K0+650	SUR	20/06/2014	0	0	0	CHOQUE	157 TRANSITAR EN VEHICULO DE 3,5 TONELADAS O MAS POR EL CARRIL IZQ. DE LA VIA CUANDO HAY MAS CARROS VEH 1, 121 NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD VEH 2	VEHICULO ARTICULADO-BUSETA	2

Fuente: concesión Sabana de Occidente 2016 (ver tabla completa anexo 2).

Observando las estadísticas de accidentalidad en este tramo, se determinó realizar un análisis durante los años 2013 a 2015 año por año determinando la cantidad de accidentes presentados en cada periodo de tiempo así como en cada kilómetro, de esta manera se observa en las siguientes tablas el comportamiento de cada año

donde se indican la cantidad de muertes (M), los heridos graves (HG) y los heridos leves (HL)

Tabla 8 Accidentalidad en el 2013.

TRAMO	ABSCISA INTERNA	COSTADO DE LA VIA	FECHA	PERSONAS INVOLUCRADAS		
				M	H.G.	H.L.
7	K0+050	SUR	17/08/2013	0	0	1
7	K0+550	SUR	18/04/2013	0	0	1
7	K0+750	SUR	10/03/2013	0	0	0
7	K0+800	SUR	03/03/2013	0	0	1
7	K0+800	SUR	15/09/2013	0	0	0
7	K0+850	SUR	20/05/2013	0	0	0
7	K0+900	SUR	11/06/2013	0	0	0
7	K0+950	SUR	20/09/2013	0	0	1
7	K1+000	SUR	03/05/2013	0	0	0
7	K1+050	SUR	28/02/2013	0	0	0

Fuente: Fuente propia (Ver tabla completa anexo 2).

Tabla 9 Accidentalidad en el 2014.

TRAMO	ABSCISA INTERNA	COSTADO DE LA VIA	FECHA	PERSONAS INVOLUCRADAS		
				M	H.G.	H.L.
7	K0+300	SUR	07/01/2014	0	0	1
7	K2+350	SUR	16/01/2014	0	0	0
7	K2+900	SUR	22/01/2014	0	0	0
7	K1+650	SUR	24/01/2014	0	0	0
7	K2+000	SUR	31/01/2014	0	0	0
7	K3+000	SUR	31/01/2014	0	0	0
7	K1+350	SUR	07/02/2014	0	0	1

TRAMO	ABSCISA INTERNA	COSTADO DE LA VIA	FECHA	PERSONAS INVOLUCRADAS		
				M	H.G.	H.L.
7	K1+850	SUR	11/02/2014	0	0	0
7	K1+800	SUR	12/02/2014	0	0	1
7	K1+200	SUR	25/02/2014	0	0	0

Fuente: Fuente propia (Ver tabla completa anexo 2).

Tabla 10 Accidentalidad en el 2015.

TRAMO	ABSCISA INTERNA	COSTADO DE LA VIA	FECHA	PERSONAS INVOLUCRADAS		
				M	H.G.	H.L.
7	K2+150	SUR	02/01/2015	0	0	0
7	K2+000	SUR	09/01/2015	0	0	0
7	K2+950	SUR	15/01/2015	0	1	0
7	K1+600	SUR	20/01/2015	0	0	1
7	K0+750	SUR	23/01/2015	0	0	0
7	K1+550	SUR	30/01/2015	0	0	1
7	K0+500	SUR	31/01/2015	0	0	1
7	K1+200	SUR	13/02/2015	0	0	0
7	K0+100	SUR	22/02/2015	0	0	5
7	K1+850	SUR	10/03/2015	0	0	1

Fuente: Fuente propia (Ver tabla completa anexo 2).

A partir de la información suministrada por la concesión sabana de occidente, se realizó una tabla donde se separan la cantidad de lesionados iguales a 0 y mayores a 1, así como los accidentes con muertos involucrados, con el fin de determinar sus niveles de peligrosidad y peligrosidad con víctimas en cada uno de los puntos donde se presentó el evento, tal como se observa en la siguiente tabla.

Para poder determinar el índice de seguridad en una vía es importante conocer el dato real del número de accidentes, el número de muertos y el número de

lesionados en una determinada longitud expresada en kilómetros, estos índices corresponden a estadísticas tomadas en el tramo proyectado en un año, y así mismo el tránsito promedio diario en un año (TPD), pues a partir de estos datos se puede determinar el índice de seguridad esperado.

Con la siguiente ecuación se puede determinar el índice de seguridad esperado en una vía, y con este se puede comparar con el índice de seguridad: Transporte²²

Ecuación 1

$$Is = \frac{1}{[(N^{\circ} \text{ de accidentes / km})(0.3)] + [(N^{\circ} \text{ de muertos / km})(0.5)] + [(N^{\circ} \text{ de lesionados / km})(0.2)]}$$

Ahora bien para poder determinar el índice de seguridad en una vía a partir de los datos encontrados o suministrados y que se calcula por millón de vehículos por determinada longitud (Tabla 11) se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 2

$$IS = \frac{(N^{\circ} \text{ de accidentes leves} + 3 \times N^{\circ} \text{ de accidentes con heridos} + 12 \times N^{\circ} \text{ de accidentes con muertos y heridos}) \times 10^6}{TPD \times 365 \times L}$$

Con esta ecuación se determinó el índice de seguridad en cada uno de los puntos donde se generaron accidentes en la concesión Sabana de Occidente, observado que los puntos con mayor índice de seguridad se encuentran a partir del K1+200 y varían de acuerdo al número de accidentes con muertos y lesionados tal como se evidencia en la Tabla 11.

Así mismo se evaluaron los índices de peligrosidad de accidentes totales (IPAT) y de peligrosidad con víctimas (IPAV) que son expresados en accidentes por millón de vehículos al igual que el índice de seguridad, las formulas requeridas para estos índices se presentan en la ecuación 3 y 4 respectivamente.

²² INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, CUEVAS Ana; MAYORAL Emilio; MENDOZA Alberto, Definición de indicadores de seguridad vial en la red carretera federal, Publicación técnica No. 345, Sanfandila, Qro. 2011

Ecuación 3

$$IPat = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes totales en un año} \times 10^6}{TPD \times 365 \times L}$$

Ecuación 4

$$IPav = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes con víctimas en un año} \times 10^6}{TPD \times 365 \times L}$$

Tabla 11 Analisis de Accidentalidad e Indices

ABSCISA	Lesionados 0	Lesionado >=1	Muertos 0	Muertos >=1	TOTAL ACCIDENTES	TPD	IPat	IPav	IS
K0+050	0	1	1	0	1	22810	0.04	0.04	0.03
K0+100	0	1	1	0	1		0.04	0.04	0.03
K0+300	0	1	1	0	1		0.04	0.04	0.03
K0+500	0	3	2	1	3		0.12	0.12	0.18
K0+550	1	1	1	1	2		0.08	0.04	0.14
K0+600	0	1	1	0	1		0.04	0.04	0.03
K0+650	3	1	4	0	4		0.16	0.04	0.05
K0+700	1	2	3	0	3		0.12	0.08	0.06
K0+750	3	0	3	0	3		0.12	0.00	0.03
K0+800	1	1	2	0	2		0.08	0.04	0.03
K0+850	1	0	1	0	1		0.04	0.00	0.01
K0+900	3	1	3	1	4		0.16	0.04	0.15
K0+950	1	2	3	0	3		0.12	0.08	0.06
K1+000	1	1	2	0	2		0.08	0.04	0.03

ABSCISA	Lesionados 0	Lesionado >=1	Muertos 0	Muertos >=1	TOTAL ACCIDENTES	TPD	IPat	IPav	IS
K1+050	2	4	5	1	6		0.24	0.16	0.22
K1+100	2	1	3	0	3		0.12	0.04	0.04
K1+150	1	1	2	0	2		0.08	0.04	0.03
K1+200	4	3	6	1	7		0.28	0.12	0.21
K1+350	4	2	5	1	6		0.24	0.08	0.19
K1+400	1	1	2	0	2		0.08	0.04	0.03
K1+500	0	1	1	0	1		0.04	0.04	0.03
K1+550	2	3	5	0	5		0.20	0.12	0.09
K1+600	1	5	6	0	6		0.24	0.20	0.14
K1+650	3	5	8	0	8		0.32	0.20	0.15
K1+700	1	3	4	0	4		0.16	0.12	0.08
K1+750	1	0	1	0	1		0.04	0.00	0.01
K1+800	3	1	4	0	4		0.16	0.04	0.05
K1+850	2	2	4	0	4		0.16	0.08	0.07
K1+900	1	0	1	0	1		0.04	0.00	0.01
K1+950	0	2	2	0	2		0.08	0.08	0.05
K2+000	2	3	5	0	5		0.20	0.12	0.09
K2+100	3	3	6	0	6		0.24	0.12	0.10
K2+150	5	0	4	1	5		0.20	0.00	0.14
K2+200	2	5	7	0	7		0.28	0.20	0.14
K2+250	1	1	2	0	2		0.08	0.04	0.03
K2+300	2	1	3	0	3		0.12	0.04	0.04
K2+350	1	0	1	0	1		0.04	0.00	0.01
K2+500	0	2	2	0	2		0.08	0.08	0.05
K2+550	0	2	2	0	2		0.08	0.08	0.05

ABSCISA	Lesionados 0	Lesionado >=1	Muertos 0	Muertos >=1	TOTAL ACCIDENTES	TPD	IPat	IPav	IS
K2+600	0	1	1	0	1		0.04	0.04	0.03
K2+650	0	3	3	0	3		0.12	0.12	0.08
K2+750	0	1	1	0	1		0.04	0.04	0.03
K2+800	2	3	5	0	5		0.20	0.12	0.09
K2+850	1	3	4	0	4		0.16	0.12	0.08
K2+900	2	0	2	0	2		0.08	0.00	0.02
K2+950	0	4	4	0	4		0.16	0.16	0.10
K3+000	1	0	1	0	1		0.04	0.00	0.01
TOTAL	65	82	140	7	147		5.89	3.28	3.35

Fuente: Propia.

Estos datos se analizaron con el fin de comparar los resultados obtenidos con los resultados adquiridos en la concesión BTS, hecho esto se observó que los índices calculados son similares y los accidentes presentados en ambos sectores tienen una proporción similar y nos permiten realizar el estudio de efectividad al momento de instalar la señal informativa y la cámara de fotocomparendo en este sector.

Al identificar la fecha exacta de la instalación de la cámara de fotocomparendo y la señal informativa se procede a realizar un conteo de la cantidad de accidentes antes y después del dispositivo de control con el fin de observar el comportamiento en los índices de accidentalidad.

Se observa que antes de la fecha de instalación de los dispositivos de control se evidenciaron un total de 85 accidentes viales hasta el 24 de Octubre de 2014, posterior a esa fecha se presentaron un total de 64 accidentes hasta Diciembre de 2015, con estos resultados se realiza un comparativo entre ambos resultados se observó que a partir de la ubicación de los dispositivos de control hubo una reducción de accidentalidad de un 25% de la misma, lo que significa que la implementación de estos dispositivos de velocidad funcionan de manera progresiva en autopistas y avenidas de grandes volúmenes vehiculares.

7.2.1. Medición de velocidades en la concesión BTS

Se realizó una medición de las velocidades de circulación en los sectores de estudio para observar el comportamiento en cada uno de ellos con y sin los dispositivos de control a través de aplicación “Radar de Velocidad” y radares de velocidad tomando varias mediciones en los puntos más críticos donde se presentan mayor cantidad de accidentes viales tal como se muestra en los siguientes ejemplos.

En las figuras 24, 25 y 26 se observa como en el K0+XXX los usuarios de la vía están sobrepasando los límites de velocidad propuestos en este punto, donde la velocidad de operación no debe exceder los 80 Km/h, de acuerdo a las señales reglamentarias que así lo indican (SR-30 – 80).

Figura 24 Velocidad de operación de un vehículo particular



Fuente: Propia.

Figura 25 Velocidad de circulación de una Aero-Van de transporte público



Fuente: Propia.

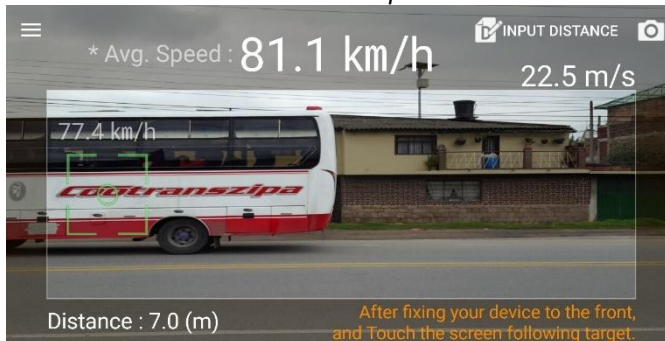
Figura 26 Velocidad de circulación de Camioneta



Fuente: Propia.

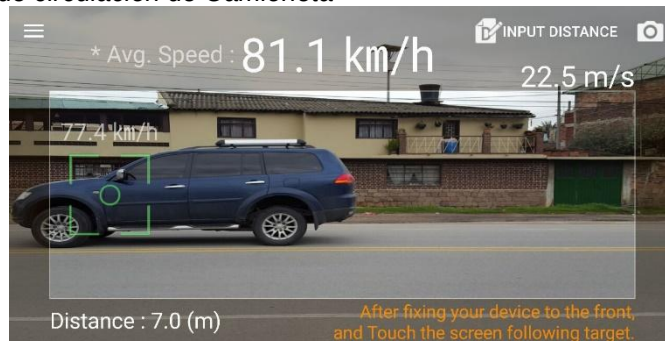
En las figuras 27, 28 y 29 se observan 3 diferentes clases de vehículos circulando en una vía principal que atraviesa el centro poblado de Tocancipá, sobrepasando el límite de velocidad reglamentado en esa zona equivalente a 60 Km/h, y a pesar de las señales reglamentarias implementadas en este sector no se está generando una disminución de velocidad de circulación en el sector.

Figura 27 Velocidad de circulación de Bus Intermunicipal



Fuente: Propia.

Figura 28 Velocidad de circulación de Camioneta



Fuente: Propia.

Figura 29 Velocidad de circulación de vehículo sedan



Fuente: Propia.

7.2.2. Medición de velocidades en la concesión sabana de occidente

Para las mediciones en la concesión Sabana de Occidente se ubicaron los radares cerca de la señal informativa de foto comparendo, con el fin de observar el comportamiento de los usuarios al identificar el riesgo de obtener un comparendo por mal comportamiento en la vía, y se evidencio que los usuarios disminuyen considerablemente la velocidad de circulación al ver este tipo de dispositivos de control tan como se observa en las imágenes 30, 31, 32, 33 y 34.

Figura 30 Velocidad de circulación de vehículo sedan



Fuente: Propia.

Figura 31 Velocidad de circulación de vehículo sedan



Fuente: Propia.

Figura 32 Velocidad de circulación de vehículo sedan



Fuente: Propia.

Figura 33 Velocidad de circulación de vehículo sedan



Fuente: Propia.

Figura 34 Velocidad de circulación de vehículo sedan



Fuente: Propia.

Estos mediciones demuestran que los usuarios de las vías no toman en cuenta las normas de tránsito e irrespetan sus indicaciones, esto a su vez demuestra la falta de conocimiento de algunos conductores que en varias ocasiones no tienen conocimiento del significado de las señales de tránsito.

7.3. CALIFICACION Y ANALISIS DE PUNTOS CRITICOS.

Con el fin de modelar adecuadamente es importante conocer la infraestructura de la vía, sus características de diseño, el volumen vehicular que transita por el sector (TPD) y la velocidad de operación con la cual está diseñada la vía, para esto fue importante realizar una caracterización y revisión del estado actual de la vía, con esto se pudo observar la infraestructura presente en el sector de estudio.

De esta manera se determinaron unos porcentajes para cada uno de los ítems presentes en las encuestas (tabla 12).

Tabla 12 Porcentajes

INFRAESTRUCTURA	ESTADO DE LA VÍA	25%
	ILUMINACIÓN	25%
	BERMAS	25%
	VELOCIDAD DE OPERACIÓN	25%
SEÑALIZACIÓN	SEÑALIZACION VERTICAL	50.0%
	PREVENTIVAS	16.6%
	REGLAMENTARIAS	16.6%

	INFORMATIVAS	16.6%
	DEMARCACIÓN HORIZONTAL	50.0%
	LINEAS	12.5%
	TACHAS	12.5%
	MARCAS VIALES	12.5%
	ZONAS PEATONALES	12.5%

Fuente: Propia

Tabla 13 Calificación de nivel de servicio

<i>CALIFICACIÓN POR ESTADO</i>	
<i>ALTA</i>	<i>100%</i>
<i>MEDIA</i>	<i>66%</i>
<i>BAJA</i>	<i>33%</i>

Fuente: Propia

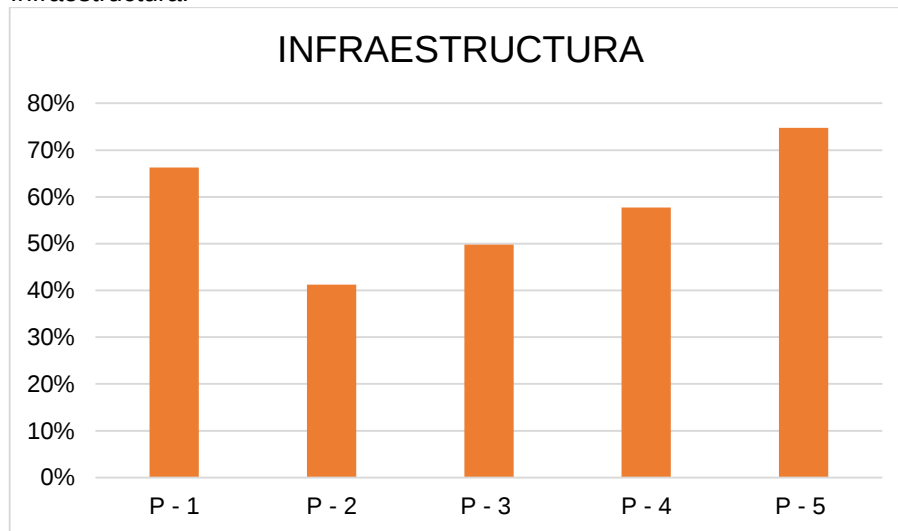
Tabla 14 Análisis y nivel de servicio en puntos críticos.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ITEM	PUNTO CRITICO									
		P - 1		P - 2		P - 3		P - 4		P - 5	
		CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE
INFRAESTRUCTURA	ESTADO DE LA VÍA	BAJA	8%	BAJA	8%	BAJA	8%	BAJA	8%	BAJA	8%
	ILUMINACIÓN	MEDIA	17%	MEDIA	17%	BAJA	8%	MEDIA	17%	ALTA	25%
	BERMAS	ALTA	25%	BAJA	8%	BAJA	8%	MEDIA	17%	MEDIA	17%
	VELOCIDAD DE OPERACIÓN	MEDIA	17%	BAJA	8%	ALTA	25%	MEDIA	17%	ALTA	25%
CALIFICACIÓN FINAL NIVEL DE SERVICIO		MEDIA	66%	MEDIA	41%	MEDIA	50%	MEDIA	58%	ALTA	75%
SEÑALIZACIÓN	SEÑALIZACION VERTICAL	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE	CALIFICA CIÓN	PUNT AJE
	PREVENTIVAS	BAJA	5%	ALTA	17%	BAJA	5%	ALTA	17%	MEDIA	11%
	REGLAMENTARIAS	BAJA	5%	ALTA	17%	BAJA	5%	MEDIA	11%	MEDIA	11%
	INFORMATIVAS	BAJA	5%	ALTA	17%	BAJA	5%	ALTA	17%	MEDIA	11%
	DEMARCACIÓN HORIZONTAL										
	LINEAS	BAJA	4%	BAJA	4%	BAJA	4%	MEDIA	8%	BAJA	4%
	TACHAS	BAJA	4%	ALTA	13%	BAJA	4%	MEDIA	8%	ALTA	13%
	MARCAS VIALES	ALTA	13%	ALTA	13%	BAJA	4%	ALTA	13%	MEDIA	8%
	ZONAS PEATONALES	ALTA	13%	BAJA	4%	BAJA	4%	ALTA	13%	BAJA	4%
CALIFICACIÓN FINAL NIVEL DE SERVICIO		MEDIA	50%	ALTA	83%	BAJA	33%	ALTA	86%	MEDIA	62%

Fuente: Propia

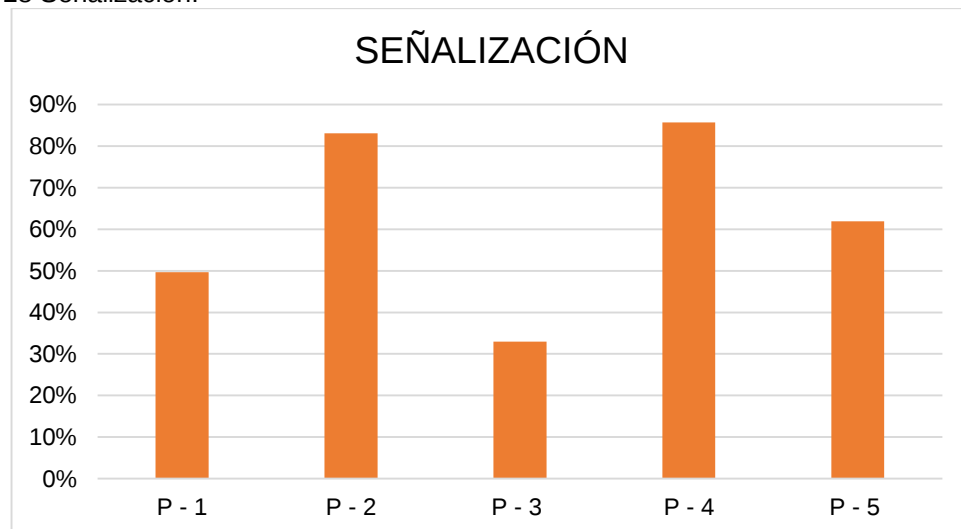
Con estos porcentajes se observa el estado actual y el nivel de servicio que presta la vía en cada uno de los puntos críticos analizados, así mismo se observa que el punto crítico 3 tiene la un nivel de servicio bajo en cuanto a señalización, y en cuanto a infraestructura el punto 2 es el más bajo, tal como se muestra en los gráficos 27 y 28.

Gráfico 27 Infraestructura.



Fuente: Propia.

Gráfico 28 Señalización.



Fuente: Propia

El análisis y comparación en cada uno de los ítems a evaluar y entre los puntos críticos, permite observar cuál de estos tiene menor nivel de servicio en general, y observando los datos el punto crítico 3 es el que menor porcentaje tiene en cuanto infraestructura y señalización, esto puede generar un riesgo potencial a los usuarios.

7.4. MODELACION DE ESTADO ACTUAL.

La modelación referente al estado del tránsito actual en el trayecto propuesto tiene como fin evaluar características de circulación como lo son posibles zonas en conflicto con alguna modificación de la velocidad a la cual opera el flujo existente. Para esto se hace la evaluación con Aimsun pues permite evaluar diferentes eventualidades en donde con ayuda de métodos estadísticos y matemáticos se pueden presentar desde una replicación como esta la denomina, cada una de estas es una alternativa modelada para iterar así una media que arrojará un resultado más cercano a la realidad del sector estudiado en este caso se ejecutaron cinco replicaciones que es el número recomendado para este tipo de planteamiento.

Con base en la información recopilada en los diferentes informes suministrados por la A.N.I. se obtuvo el T.P.D. (Tránsito Promedio Diario), cercano a los 18000 vehículos-hora-sentido, lo que nos permite determinar que un volumen promedio horario de 704 Veh/H (Vehículos por Hora) que recorre el trayecto de estudio; es así que el modelo creado se alimenta incluyendo la distribución en volúmenes de tránsito conocida para los tipos de vehículo más representativos del sector autos, buses y camiones, como se puede ver en la figura 35.

Figura 35 Caracterización de vehículos para modelación

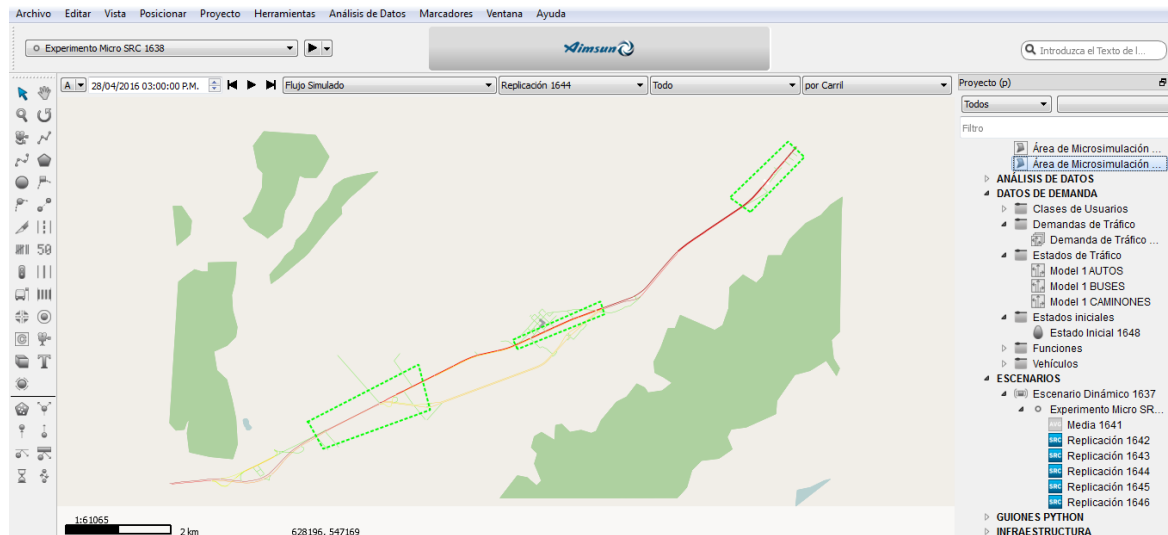
Sección	Flujo (veh/h)	Mantener Porcentajes de Flujo
744: Autopista ...	458	0
778: Autopista ...	458	0

Fuente: Propia modelación de Aimsun

Para la modelación realizada sobre las características típicas del sector nos muestra un tránsito normal que a pesar de ser alto no hay acumulaciones de tráfico o colas

representativas, traducidas en retrasos reducciones en la velocidad de operación y aumentos importantes en los tiempos de viaje origen-destino. En la figura 36 se puede ver la zona modelada correspondiente a la descrita en capítulos anteriores como sector de estudio teniendo a Briceño en la parte inferior y al Gachancipá en la parte superior.

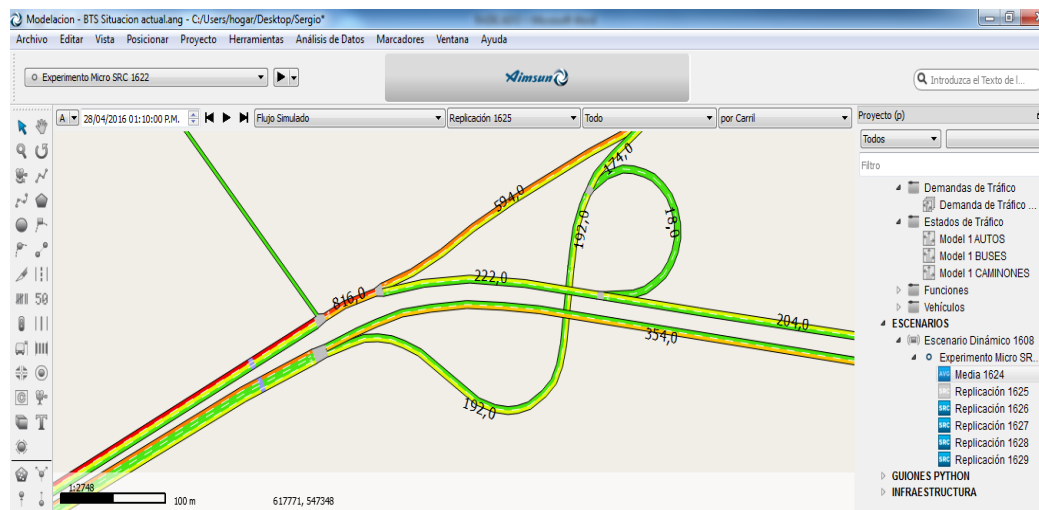
Figura 36 Modelación en puntos críticos



Fuente: Propia modelación de Aimsun

Como resultado de la modelación tenemos la identificación por colores de los sectores más transitados así como un análisis de las velocidades de tránsito por el trayecto estudiado, como se muestra en la figura 37 la clasificación de cada uno de los carriles siendo los tonos rojos los carriles con mayor volumen vehicular por hora, y los verdes con el flujo más bajo sectorizado.

Figura 37 Modelación en puntos críticos situación actual



Fuente: Propia modelación de Aimsun

Como complemento de la modelación se resume en una tabla los datos representativos para el análisis arrojada como resultado por Aimsun, se puede observar que la cola media de todo el movimiento es 1.03 vehículos, también la velocidad a la cual se transita en el sector definida como 82 Km/h, siendo similar a la tomada en los ejercicios de campo estando en 87 Km/h en promedio. Como se puede ver en la tabla 15.

Tabla 15 resultados de modelacion situacion actual.

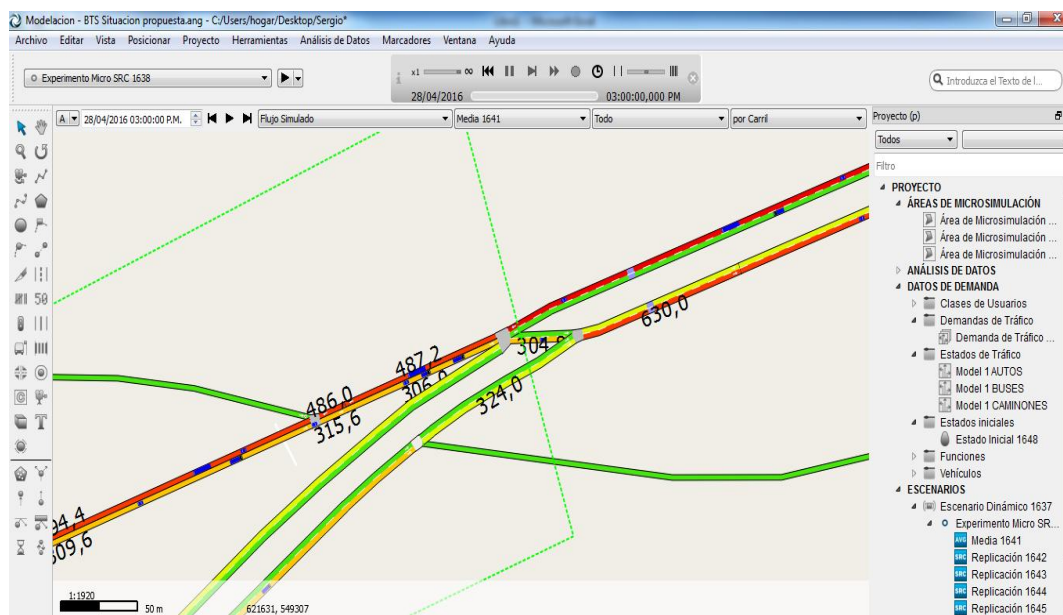
Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	Unidades
Cola Media - Todo	1,03	0,08	veh
Cola Media - Coche	0,73	0,07	veh
Cola Media - Camión	0,23	0,02	veh
Cola Media - Bus	0,07	0,01	veh
Cola Virtual Máxima - Todo	4,80	1,30	veh
Cola Virtual Máxima - Coche	4,00	1,00	veh
Cola Virtual Máxima - Camión	1,80	0,45	veh
Cola Virtual Máxima - Bus	1,40	0,55	veh
Cola Virtual Media - Todo	0,05	0,01	veh
Cola Virtual Media - Coche	0,03	0,00	veh
Cola Virtual Media - Camión	0,01	0,00	veh
Cola Virtual Media - Bus	0,01	0,00	veh
Velocidad - Todo	82,89	0,16	km/h
Velocidad - Coche	87,23	0,16	km/h

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	Unidades
Velocidad - Camión	74,54	0,18	km/h
Velocidad - Bus	68,53	0,84	km/h
Velocidad Harmónica - Todo	78,07	0,18	km/h
Velocidad Harmónica - Coche	83,31	0,19	km/h
Velocidad Harmónica - Camión	69,17	0,55	km/h
Velocidad Harmónica - Bus	65,25	0,87	km/h

Fuente: Propia modelación de Aimsun

La modelación realizada con las modificaciones de velocidad son representativas para dar una idea clara de la afectación que tendría la reducción de la velocidad específica con la que se recorre el trayecto estudiado, uno de los propósitos principales es evitar la congestión por la modificación propuesta, este modelo determinara si existen o no factores que afecten negativamente el nivel de servicio que la vía presenta en cuestión de tiempos de recorrido origen-destino. En la figura 38

Figura 38 Modelación en puntos críticos situación propuesta



Fuente: Propia modelación de Aimsun

Los debidos resultados son presentados en la tabla 16 permitiendo analizar las diferencias entre las dos modelaciones, la cola media de todo el movimiento es

1.06 vehículos y la velocidad a la cual se transita en el sector definida como 71 Km/h dejando ver inicialmente que la cola de vehículos no tuvo un aumento considerable lo que dejaría entre ver que la metodología propuesta es adecuada para un buen tratamiento del sector analizado.

Tabla 16 resultados de modelacion situacion propuesta.

Serie Temporal	Valor	Desviación Estándar	Unidades
Cola Media - Todo	1,06	0,04	veh
Cola Media - Coche	0,78	0,04	veh
Cola Media - Camión	0,22	0,02	veh
Cola Media - Bus	0,08	0,01	veh
Cola Virtual Máxima - Todo	6,00	0,84	veh
Cola Virtual Máxima - Coche	5,30	0,45	veh
Cola Virtual Máxima - Camión	2,20	0,45	veh
Cola Virtual Máxima - Bus	1,60	0,55	veh
Cola Virtual Media - Todo	0,05	0,00	veh
Cola Virtual Media - Coche	0,03	0,00	veh
Cola Virtual Media - Camión	0,01	0,00	veh
Cola Virtual Media - Bus	0,01	0,00	veh
Velocidad - Todo	71,30	0,28	km/h
Velocidad - Coche	73,89	0,32	km/h
Velocidad - Camión	66,67	0,19	km/h
Velocidad - Bus	62,13	0,33	km/h
Velocidad Harmónica - Todo	67,93	0,30	km/h
Velocidad Harmónica - Coche	70,75	0,34	km/h
Velocidad Harmónica - Camión	62,69	0,36	km/h
Velocidad Harmónica - Bus	60,51	0,32	km/h

Fuente: Propia modelación de Aimsun

Los datos generados por Aimsun en las dos modelaciones dejan ver en un comparativo que aun así las velocidades fueron disminuidas los factores como cola media, cola virtual máxima y cola virtual media tuvieron un incremento que no es significativo para el sector que se analizó en este ejercicio, de otra parte el programa recomienda una velocidad de tránsito que denomina armónica la cual de entrada está más cercana a la velocidad recomendada por la señalización existente en los sectores críticos permitiendo reconocer el riesgo debido al incumplimiento de las

normas que regulan el tránsito por parte de los usuarios, resaltando la necesidad de un control permanente que afecte la cotidianidad de los usuarios queriendo evitar cumplir con las normas mínimas de seguridad recomendadas.

Las velocidades recomendadas por el ejercicio son de hasta 67 Km/h lo cual nos da un punto de referencia para poder calibrar un radar con un logaritmo que registre velocidades de 60 Km/h dejando un margen de error así de 7 Km/h para que los usuarios que estén cerca al límite tengan la oportunidad de corregir su velocidad de recorrido.

CONCLUSIONES

El índice de accidentalidad presentado en el sector de estudio sobre el paso Tocancipá – Gachancipá presenta un total de 194 accidentes por año, siendo este el sector con mayor número de eventos presentes en la vía equivalente a un 17% de todo el corredor vial de la concesión, estando muy adelante en los porcentajes de distribución los casos en que la causa principal es fallas humanas o exceso de velocidad, Indicando que el 28.4% se presenta por colisión de vehículos, el 25% corresponde accidentes con motos involucradas, un 24.5% salida de calzada y el 5.6% atropello de peatón, y el restante se identifica como atropellos de peatón, colisión de vehículos – Animal, otros. Es decir el 54.1% es presentado por fallas humanas y el 35.1% por exceso de velocidad.

La señalización presente en el sector está debidamente reglamentada, con excepción de 10 puntos críticos K1+000 - K2+600, K6+000 -K7+500, K8+300 - K9+500, K10+500 - K12+400, K13+000 y K14+600, correspondiente al Trayecto 1 y 2 de la concesión BTS. Se evidencia señales reglamentarias, aun así se indica que se transita a altas velocidades sobrepasando el límite de circulación del corredor vial.

En la concesión de Occidente en presencia de la señal informativa “Zona de fotocomparendo” se observa que los usuarios reducen las velocidades considerablemente sin sobrepasar los límites estipulados para dicho sector. De igual forma en la concesión de la Sabana de occidente los índices de accidentalidad disminuyeron en un 25 % en relación a años anteriores debido a la instalación de los dispositivos de control tales como la señal informativa, la cámara de fotocomparendo y los radares propuestos móviles en este tramo estudiado

La modelación de la estrategia planteada basada principalmente en la reducción de velocidades por la utilización de cámaras de fotocomparendo queriendo reducir la accidentalidad en el trayecto analizado deja ver que los cambios propuestos no afectarían la circulación en el sector pues los índices presentados como resultado no presentan un aumento que signifique la saturación de la malla arterial en la que realizaron los ajustes requeridos por la metodología de cámaras de velocidad.

Los resultados presentados por el programa Aimsun con respecto a la velocidad harmónica o de recorrido ideal están muy cerca a las velocidades recomendadas por la señalización existente en el sector, dejando ver que la problemática presentada es en su mayor parte por el incumplimiento de la normatividad y regulación existente en el sector de estudio, resaltando así la necesidad de un control riguroso y constante que genere en consecuencia la disminución de los índices de accidentalidad.

Con base en la información recopilada en los antecedentes que señala la efectividad de programas con radares y cámaras de velocidad, la información de accidentalidad que resalta el alto grado de influencia que ejerce el incumplimiento de las normas por parte de los usuarios, evidencia que la utilización de cámaras de foto comparendo y radares de velocidad es una alternativa que se ajusta al deseo de mitigar la accidentalidad en sectores tipo como lo son los puntos críticos presentados en esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, Restrepo Juliana. Evaluación de impacto de las cámaras de foto detección en la ciudad de Medellín. Trabajo de grado presentado para optar al título de Magíster en Economía. UNIVERSIDAD EAFIT ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS MEDELLÍN 2014.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, SECRETARIA GENERAL TÉCNICA)

GARCIA RUIZ. Marian La Visión cero. Suecia una filosofía eficaz. En. Revista Tráfico y Seguridad Vial. 212, 2012; pág. 35 a 68.

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, CUEVAS Ana; MAYORAL Emilio; MENDOZA Alberto, Definición de indicadores de seguridad vial en la red carretera federal, Publicación técnica No. 345, Sanfandila, Qro. 2011

INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES. Grupo Centro de Referencia Nacional sobre Violencia. FORENSIS 2014 DATOS PARA LA VIDA Herramienta para la interpretación, intervención y Prevención de lesiones de causa externa en Colombia. 2014

MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL (DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA LA REGUACIÓN DE TRANSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORUTAS DE COLOMBIA) 2015.

SANCHEZ, Julio. Baja la accidentalidad en Cali por cámaras de foto comparendo. En: Diario El Pais.com.co, 23 de Febrero de 2014.

TORRES FLORES, José Alejandro. Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en análisis cuantitativo de conflicto entre vehículos. Tesis Doctoral. España: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Civil 2012 – Transportes, 142h.

YU, Quing; GUO, Zhongyin; ZHANG, Zhizhong; WANG, Jinhui. Assistant Decision-Making System for Road Safety Strategy. 13th COTA International Conference of Transportation Professionals (CICTP 2013).

ANEXO 1
CARTAS DE PERMISOS PARA UTILIZACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA ANI
(CONCESIÓN BTS) Y CONCESIÓN SABANA DE OCCIDENTE CON FECHA DE
INSTALACIÓN DE LA SEÑAL DE FOTO - COMPARENDO

ANEXO 2
DATOS DE ACCIDENTALIDAD CONSECIÓN SABANA DE OCCIDENTE