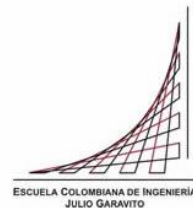


Maestría en Ingeniería Civil

**Lineamientos de Seguridad Vial para la Prevención de la
Accidentalidad Vial en los Corredores del Sistema Integrado de
Transporte Público (SITP), Caso de Estudio Corredor de La
Avenida Calle 72**

Carlos Eduardo Puentes García

Bogotá, D.C., 22 de Agosto de 2017



**Lineamientos de Seguridad Vial para la Prevención de la
Accidentalidad Vial en los Corredores del Sistema Integrado de
Transporte Público (SITP), Caso de Estudio Corredor de La
Avenida Calle 72**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en Tránsito y Transporte**

Maritza Cecilia Villamizar Ropero

Director

Bogotá, D.C., 22 de Agosto de 2017



La tesis de maestría titulada “Lineamientos de Seguridad Vial para la Prevención de la Accidentalidad Vial en los Corredores del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), Caso de Estudio Corredor de La Avenida Calle 72”, presentada por Carlos Eduardo Puentes García, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magister en Ingeniería Civil con énfasis en Tránsito y Transporte.

Director de la tesis

Maritza Cecilia Villamizar Ropero

Jurado

Alberto Boada

Jurado

Santiago Henao Pérez

Bogotá, D.C., 22 de Agosto de 2017

Dedicatoria

A mi padre, ejemplo de responsabilidad, a mi madre por animarme a estudiar y asumir retos, a mis hermanos Laura, Oscar y Sandra por creer que era posible, a mi amada esposa por su amor y compañía, a mi hermosa hija Juanita por obsequiarme el tiempo de nuestras jornadas de juego y a Dios por poner en mí tanto el querer como el hacer.

Agradecimientos

A la Ingeniera Maritza Cecilia Villamizar Ropero por su profesionalismo, constancia y dedicación porque sin su apoyo no hubiera sido posible.

A Gmóvil S.A.S. por su disposición a la mejora continua y a la investigación desde la academia.

Resumen

En Colombia los accidentes de tránsito son la segunda causa de muertes violentas, el objetivo de la presente investigación es plantear lineamientos para la prevención de la accidentalidad vial y encontrar las causas de la misma en los corredores del SITP, este sistema cuenta con cerca de 6500 vehículos (sin incluir información del SITP Provisional) y 10 zonas asignadas, el presente trabajo se limitará únicamente a la accidentalidad vial de los vehículos asociados a este sistema tomando como base los 5 pilares del Plan Nacional de seguridad Vial, para ello se realizarán 4 mapas de densidad de los accidentes de tránsito correspondientes a los vehículos asociados a la zona de Engativá desde el año 2012 hasta Junio del año 2017, de lo anterior se determinará las zonas de mayor accidentalidad, y distancias desde el evento al paradero más cercano.

De las áreas de mayor accidentalidad se seleccionan registros para el análisis basado en la matriz de Haddon, Ruyam, C., posteriormente se realizará el análisis, procesamiento de datos y generación del informe final., una vez procesados y depurados los datos se cargaron a TransCAD, se crearon mapas de densidad asociando eventos al arco más cercano de la red de transporte y posteriormente se generó un mapa de densidad. Con el propósito de corroborar la tendencia de la información, se crearon mapas por año que evidenciaron el comportamiento de la accidentalidad y posibles zonas de riesgo.

Del anterior procesamiento surgen 7 sectores de riesgo, de estos se selecciona el sector 4 con 366 eventos ubicado en la Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali (Carrera 86) y Av. Boyacá (carrera 72).

Del cálculo de la muestra teórica se tiene: $N=368$, el sector que más se ajusta es el número 4 con 366 eventos.

Como Hipótesis nula se plantea que más del 50% de los eventos de accidentalidad se generan a una distancia menor o igual a 40 metros del paradero debido a infraestructura deficiente en paraderos y como hipótesis alternativa se plantea que menos del 50% de los eventos de accidentalidad se generan a una distancia menor o igual a 40 metros del paradero debido a infraestructura deficiente en paraderos, obteniendo valor Crítico: $Z_c = -1,64$ y Valor prueba: $Z_p = 2,30$, se rechaza hipótesis alternativa y se acepta hipótesis nula.

De lo anterior se plantean lineamientos de Seguridad Vial para la prevención de la accidentalidad vial en los corredores del SITP. Coordinador de Planeación

Índice general

Capítulo I.....	14
La Racionalidad del Objeto de Investigación.....	14
Antecedentes.....	14
Justificación.....	16
Objetivos.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
Preguntas de Investigación.....	18
Hipótesis.....	19
Variables.....	20
Definición de Variables.....	22
Viabilidad.....	23
Viabilidad Técnica.....	23
Viabilidad Económica y financiera.....	24
Fuentes de Financiación.....	25
Estructura de Desglose del Trabajo.....	25
Viabilidad Jurídica.....	26
Definición de Términos.....	28
Capítulo 2.....	30
Marco Teórico.....	30
Literatura Relacionada.....	30
Tesis, Estadísticas.....	32
Políticas.....	37
Teorías y teóricos.....	39

Teorías sobre la causalidad de los accidentes.....	39
Extracción y recopilación de información.....	42
Capítulo 3.....	43
Metodología.....	43
Contexto de la Investigación.....	43
Tipo de Investigación.....	44
Diseño de la Investigación.....	44
Población y Muestra.....	45
Instrumento de Recolección de Datos.....	46
Confiabilidad del Instrumento.....	46
Capítulo 4.....	48
Interpretación y Análisis de Datos.....	48
Presentación de Resultados con Gráficas.....	48
Comportamiento general de la accidentalidad.....	48
Comportamiento anual de la accidentalidad.....	50
Descripción de Datos.....	71
Bases de datos generales.....	71
Bases de datos de buses.....	72
Rutas del Sistema.....	73
Paraderos del tramo analizado.....	73
Análisis de Datos.....	74
Condiciones Generales de accidentalidad.....	74
Gestión Institucional.....	77
Comportamiento Humano.....	81
Atención y Rehabilitación de víctimas.....	82
Infraestructura.....	83

Vehículos.....	84
Prueba de Hipótesis	85
Capítulo 5.....	86
Conclusiones y Recomendaciones	86
Lineamientos.....	86
De los Objetivos Específicos	86
Gestión Institucional.....	86
Comportamiento humano	87
Atención y Rehabilitación de víctimas	87
Infraestructura.....	88
Vehículos.....	88
Recomendaciones Generales	88
De la Hipótesis	89
De la Teoría al Campo.....	89
Contribuciones de la Investigación.....	90
Recomendaciones para futuras Investigaciones.....	90
Bibliografía	91
Revistas	91
Libro Electrónico.....	91
Artículos de periódicos on line.....	91
Páginas WEB.....	91
Informes On Line	92
Libro Impreso	92

Índice de Tablas

Tabla 1. Definición de variables	22
Tabla 2. Registra de Interesados.	24
Tabla 3. Costos del Proyecto.....	25
Tabla 4. Literatura relacionada con la Accidentalidad Vial.	31
Tabla 5. Tesis y artículos Científicos en Colombia.....	32
Tabla 6. Tendencia de accidentalidad con base en cifras del Plan Nacional de Seguridad vial.....	36
Tabla 7. Información suministrada de acuerdo al registro de interesados.	42
Tabla 8. Matriz de Haddon adaptada a la accidentalidad vial.....	45
Tabla 9. Depuración de datos Fase 1.....	78
Tabla 10. Depuración de datos Fase 2.....	79
Tabla 11. Depuración de datos Fase 3.....	79

Índice de Figuras

Figura 1. Relación causa efecto de las variables tratadas.....	21
Figura 2. Las 10 principales causas de defunción en el mundo en 2015.....	30
Figura 3. Población, muertes por accidentes de tránsito y vehículos motorizados registrados*, en función de los ingresos de los países.....	33
Figura 4. Muertes por accidentes de tránsito por 100 000 habitantes, por región de la OMS.	33
Figura 5. Muertes por accidentes de tránsito en función del tipo de usuario de la vía pública, por región de la OMS.	34
Figura 6. Porcentaje de la población mundial cubierta por leyes integrales sobre los cinco factores de riesgo fundamentales para la seguridad vial: aumento desde 2008.....	34
Figura 7. Principales causas de mortalidad; datos comparados de 2004 y 2030.....	35
Figura 8. Accidentes de tránsito (casos). Colombia, 2005 - 2014 (anual).	36
Figura 9. Fallecidos en Accidentes de Tránsito (casos). Colombia, 2005 - 2014 (anual).....	37
Figura 10. Mapa de calor Accidentes de Tránsito (Septiembre 2012 – Junio 2017).	48
Figura 11. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2012.	50
Figura 12. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2013.	51
Figura 13. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2014.	52
Figura 14. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2015.	53
Figura 15. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2016.	54
Figura 16. Mapa de calor Accidentes de Tránsito 1er semestre de 2017.	55
Figura 17. Sectores de mayor accidentalidad.....	56
Figura 18. Sector 1 (Calle 64 entre Cra. 113B y Tv. 112 B bis A) y Calle 63 entre Tv. 112 B bis A y Cra. 111C) 247 eventos.....	57
Figura 19. Sector 2 (Calle 72 entre Cra. 106 A y Cra. 105 A) 81 eventos.....	58
Figura 20. Sector 3 (Calle 72 entre Cra. 96 y Cra. 86) 149 eventos.....	58
Figura 21. Sector 4 (Calle 72 entre Cra. 86 y Cra. 72) 376 eventos.....	59
Figura 22. Sector 5 (Calle 72 entre Cra. 72 y Cra. 68) 361 eventos.....	59
Figura 23. Sector 6 (Calle 100 entre Tv. 21 y Cra. 11) 249 eventos.	60
Figura 24. Sector 7 (Av. Ciudad de Cali entre Calle 13 A y Calle 15 A) 79 eventos.	60
Figura 25. Tramo Evaluado a partir de selección por agrupación de eventos (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).....	61

Figura 26. Características del tramo evaluado. (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).	61
Figura 27. Área de influencia de los paraderos sentido W-E. (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).....	62
Figura 28. Área de influencia de los paraderos sentido E-W. (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).....	62
Figura 29. Cantidad por hora del total de eventos.....	63
Figura 30. Cantidad por Código interno de conductor del total de eventos.	64
Figura 31. Cantidad por mes del total de eventos.	64
Figura 32. Dispersión de las variables Edad y Horas entre eventos.....	65
Figura 33. Dispersión de las variables Edad y Cantidad de eventos.	66
Figura 34. Histograma de la variable Edad.	66
Figura 35. Histograma de la Tasa de Eventos por Conductor.....	67
Figura 36. Cantidad de eventos de acuerdo al modelo del vehículo involucrado.	68
Figura 37. Cantidad de vehículos de acuerdo al modelo.....	69
Figura 38. Tasa de Eventos por Vehículo.	69
Figura 39. Cantidad de Vehículos por tipología.....	70
Figura 40. Cantidad de Eventos por tipología.....	70
Figura 41. Tasa Eventos por Tipología.	71

Anexos

Anexo 1. Sistema de datos Manual de seguridad vial para decisores y profesionales

Anexo 2. Seguridad Vial

Anexo 3. Plan Spanish OMS informe 2009

Anexo 4. PeterHartzellESP_390017

Anexo 5. Ley 1503 de 2011

Anexo 6. Ley 1702 de 2013

Anexo 7. Ortega Perez Nujad Nayibe 2016

Anexo 8. Texto científico

Anexo 9. Accidentalidad Gmovil 2012 a 2017

Anexo 10. Correlaciones y Dispersión de datos

Anexo 11. Red vial

Anexo 12. Puntos Generales Accidentalidad

Anexo 13. Mapa de Calor General

Anexo 14. Mapa por año 2012

Anexo 15. Mapa por año 2013

Anexo 16. Mapa por año 2014

Anexo 17. Mapa por año 2015

Anexo 18. Mapa por año 2016

Anexo 19. Mapa por año 2017

Anexo 20. Urbanas

Anexo 21. Paraderos Calle 72 entre Av. Boyacá y Av. Ciudad de Cali

Anexo 22. Muestra por sentido

Anexo 23. Comprobación de Hipótesis x Distancia

Anexo 24. Lista de Chequeo por Pilar Estratégico

Capítulo I

La Racionalidad del Objeto de Investigación

Antecedentes

La evolución tecnológica de vehículos de transporte de personas y de cosas ha permitido un desarrollo importante en la economía de los países, se ha convertido en una solución de conectividad y accesibilidad a lugares que anteriormente podríamos considerar como inaccesibles reduciendo los tiempos de desplazamientos y brindando mejores condiciones de comodidad; sin embargo, las altas velocidades entre otros factores se han convertido en un factor de riesgo en la operación de los vehículos.

Cada año los siniestros de tránsito causan la muerte de aproximadamente 2,2 millones de personas en todo el mundo y entre 20 y 50 millones de lesionados. Estas lesiones son la principal causa de mortalidad en el grupo de 15 a 29 años y representan el 48% de las defunciones entre los adultos con edades comprendidas entre los 15 y los 44 años.

Con estas cifras podemos considerar los traumatismos derivados del accidente de tránsito como una “pandemia”, no por el concepto de enfermedad tal cual lo entiende la medicina tradicional, pero sí porque se extiende por muchos países y afecta a los individuos de diferentes localidades y regiones causando un gran número de muertes. (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2016, p.16)

Los Accidentes de tránsito se han convertido en un problema de salud pública que involucra la seguridad de los diferentes actores en la vía y que en la actualidad representa una problemática mundial; a partir del año 2011 nace el Decenio de Acción para la Seguridad Vial y OMS (2009) afirma “La finalidad general del Decenio es estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo antes de 2020” (p.11).

En Colombia los accidentes de tránsito son la segunda causa de muertes violentas, según el Instituto Nacional de Medicina Legal en el año 2015 se presentaron 6.884 muertes y 44.143 lesionados por accidentes de tránsito, las anteriores cifras van en aumento en comparación con el año 2011 donde se presentaron 5.773 fallecidos y 44.452 lesionados, estos últimos no tuvieron una variación porcentual significativa lo cual es preocupante dadas las cifras tan altas.

La Ciudad de Bogotá tampoco ha estado ajena a esta situación, a través del decreto 319 de 2006 se adopta el Plan Maestro de Movilidad que reglamenta la implementación del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá SITP y en el año 2012 inicia su operación.

El SITP contaba con un diseño operacional inicial que contemplaba el uso de 11.000 vehículos aproximadamente y que reemplazarían los 15.312 vehículos del Transporte Público Colectivo TPC cifra de referencia para el año 2010 registrada en el observatorio de movilidad (2011) p.12.; sin embargo, de acuerdo a información suministrada por Transmilenio S.A. para 2016 se encontraban en operación 6.700 buses zonales del SITP aproximadamente y 5.000 zonales provisionales para un total de 11.700 vehículos.

De acuerdo a cifras presentadas por la CCB y La Universidad de los Andes, (2011)., la cantidad de accidentes de tránsito en 2010 asociados al transporte público fue de 4.415 (p.27)., mientras que para 2016 las cifras llegaron a valores de 4.602 según El Espectador (2017).

Justificación

Las cifras de accidentalidad del SITP llegaron a valores de 4.602 en el año 2016 con una cantidad de vehículos en operación de 6.700 cifra muy alta comparada con el año 2010 donde se presentaron 4.415 accidentes de tránsito con 15.312 vehículos en operación del TPC, por lo anterior se realizará una investigación de la accidentalidad del Sistema Integrado a través de la dicha investigación se pretende plantear lineamientos que permitan prevenir la accidentalidad vial en el Sistema Integrado de Transporte Público.

El SITP es un sistema regulado, contralado a través de una plataforma tecnológica y con parámetros de operación definidos que buscan la operatividad del sistema, almacenamiento de información pero también la reducción de la accidentalidad; sin embargo, esta investigación nace porque las cifras de accidentalidad del transporte público se han incrementado cuando deberían estar en descenso.

El objetivo de la presente investigación es plantear lineamientos para la prevención de la accidentalidad y encontrar las causas de la misma en los corredores del SITP, análisis basado en los 5 pilares estratégicos del Plan Nacional de Seguridad Vial de 2012.

Al ser transporte público de pasajeros el presente trabajo busca evitar las muertes y lesiones por accidentes de tránsito del Sistema Integrado, adicionalmente la reducción de esta supone una mejoría en la calidad del servicio pues mejora la puntualidad beneficiando directamente los usuarios, al distrito y las empresas operadoras del SITP.

Objetivos

Objetivo general.

- Proponer lineamientos para la prevención de la Seguridad Vial en los corredores del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP). Caso de estudio corredor de la avenida calle 72.

Objetivos específicos.

- Identificar los factores que contribuyen al aumento de la accidentalidad vial del SITP relacionados con el pilar estratégico número 1 del Plan Nacional de Seguridad Vial (Gestión Institucional).
- Identificar los factores que contribuyen al aumento de la accidentalidad vial del SITP relacionados con el pilar estratégico número 2 del Plan Nacional de Seguridad Vial (Comportamiento humano).
- Identificar los factores que contribuyen al aumento de la accidentalidad vial del SITP relacionados con el pilar estratégico número 3 del Plan Nacional de Seguridad Vial (Atención y rehabilitación de víctimas).
- Identificar los factores que contribuyen al aumento de la accidentalidad vial del SITP relacionados con el pilar estratégico número 4 del Plan Nacional de Seguridad Vial (Infraestructura).
- Identificar los factores que contribuyen al aumento de la accidentalidad vial del SITP relacionados con el pilar estratégico número 5 del Plan Nacional de Seguridad Vial (Vehículos).

Preguntas de Investigación

- ¿El comportamiento humano incrementa el riesgo de accidentalidad vial de los vehículos asociados a la zona de Engativá del Sistema Integrado de Transporte Público de Engativá?
- ¿La falta de rigurosidad en la aplicación de las listas de chequeo de los vehículos influye en la accidentalidad vial de los vehículos asociados a la zona de Engativá del Sistema Integrado de Transporte Público?
- ¿El mantenimiento deficiente de los vehículos generan la accidentalidad vial de los vehículos asociados a la zona de Engativá del Sistema Integrado de Transporte Público?
- ¿La infraestructura del SITP propicia la accidentalidad vial de los vehículos asociados a la zona de Engativá del Sistema Integrado de Transporte Público?
-
-
- ¿Cómo impacta la edad de los conductores en la accidentalidad vial de SITP zona Engativá?
-
-
- ¿El alto índice de accidentalidad vial de los vehículos asociados a la zona del Sistema Integrado de transporte Público SITP de Engativá ha sido constante desde el inicio del Sistema?
- ¿Se puede afirmar que menos del 50% de los eventos seleccionados en la muestra tienen una distancia menor o igual a 40 metros con una significancia de 0,05?

Hipótesis

Ho= Más del 50% de los eventos de accidentalidad se generan a una distancia menor o igual a 40 metros del paradero debido a infraestructura deficiente en paraderos.

Ha= Menos del 50% de los eventos de accidentalidad se generan a una distancia menor o igual a 40 metros del paradero debido a infraestructura deficiente en paraderos.

Variables

A lo largo del presente proyecto se evaluarán diferentes variables que pueden afectar la accidentalidad vial del Sistema Integrado de Transporte Público o ser desencadenadas por esta última, variables como velocidad, tiempo de ciclo, edad, entre otras podrán ser tratadas a lo largo de esta investigación, según Icart, Isaz y Pulpón, (2006):

Las variables son construcciones hipotéticas o propiedades que pueden adquirir distintos valores; se deben definir conceptual y operativamente.

Las definiciones conceptuales o constitutivas exigen de otras palabras que expresan conductas o funciones que se pueden observar y que están asociadas a estas variables.

La definición operativa asigna significado a una variable mediante la especificación de actividades u operaciones necesarias para medirla. No hay investigación científica sin observación y esta debe responder a instrucciones claras y especificaciones sobre qué y cómo medir.

Existen diferentes criterios para clasificar las variables; uno de ellos se basa en la supuesta relación que formula la hipótesis, y qué diferencia las variables independientes (causas) de las dependientes (efectos). (p.35)



Figura 1. Relación causa efecto de las variables tratadas.

Fuente: Elaboración Propia

Definición de Variables.

Tabla 1. Definición de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Factor Humano	Conducta, manera de portarse o actuar. Wordreference.com, (sin fecha)	Actitudes en el desempeño de la labor de conducción ejecutadas en la operatividad del vehículo a cargo.	Nº de accidentes de tránsito atribuibles al factor.
Infraestructura	Elementos o servicios que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad. Wordreference.com, (sin fecha)	Elementos físicos que participan en la provisión de un adecuado sistema de transporte, la cual va desde una simple parada hasta el diseño de vialidades o derechos de vía exclusivos para el transporte público. Molinero y Sanchez, (2005). (p.111)	Capacidad Velocidad puntual
Tiempo de Ciclo	Duración de las cosas sujetas a cambio. Wordreference.com, (sin fecha)	Es la diferencia entre la hora de inicio y de terminación de viaje. Gonzalez y Posada (2009). (p.110)	Número de actualizaciones de tiempos de ciclo por año.
Edad	Tiempo de existencia desde el nacimiento. Wordreference.com, (sin fecha)	Instante en el que se genera el accidente de tránsito.	Cantidad de accidentes por Edad.
Lista de chequeo	Lista de verificación de procedimientos.	Resumen del estado del vehículo se realiza a través de un formato.	Nº de Listas de chequeo sin diligenciar.
Sanciones	Pena que la ley establece para el que la infringe. Wordreference.com, (sin fecha)	Desincentivos: descuentos generados por cualquier incumplimiento de aquellos requisitos y parámetros taxativamente contenidos en el manual de operaciones. TMSA Contrato N° 004 (2010)	Nº de desincentivos por mes atribuibles a accidentes de tránsito

Fuente: Elaboración propia

Viabilidad

Para la viabilidad del proyecto se analizarán 3 aspectos esenciales, a continuación se presentarán cada uno de ellos.

Viabilidad Técnica.

El proyecto de investigación propuesto permite la asequibilidad a la información, para ello se hará uso de información suministrada por diferentes entidades de acuerdo al análisis de involucrados en el desarrollo del proyecto, dado que es una problemática mundial con un una fuerte afectación en América Latina las empresas del sector estatal y privado están comprometidas en el disminución de la accidentalidad. Los involucrados suministraron documento, cifras y entrevistas que permitieran llevar a cabo la investigación. Los documentos, entrevistas y cifras suministrados están relacionados y referenciados a lo largo del desarrollo.

Registro de Interesados.

La principal salida del proceso identificar a los interesados es el registro de interesados.

Tabla 2. Registra de Interesados.

Nombre	Puesto en la Organización	Ubicación	Rol en el Proyecto	Información de contacto
Alberto Boada	Docente - Jurado	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito ECI	Jurado	
Andres Felipe Oyola	Director de Planeación y Programación	Gmóvil S.A.S. Patio Troncal	Entrevistado	
Carlos Gutierrez	Profesional Especializado de Seguridad Operacional	Transmilenio S.A.	Entrevistado	
Carlos Perez	Subdirector de Mantenimiento	Gmóvil S.A.S. Patio Tintal	Entrevistado	
Eduardo Briceño	Director de Recursos Humanos	Gmóvil S.A.S. Patio Tintal	Entrevistado	
Jenifer Cardozo	Técnica de Seguridad Vial	Gmóvil S.A.S. Patio Tintal	Entrevistado	
Luz Mery Roncancio	Subdirectora	Gmóvil S.A.S. Patio Tintal	Entrevistado	
Maritza Villamizar	Directora del Proyecto	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito ECI	Directora del Proyecto	
Santiago Henao	Docente - Jurado	Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito ECI	Jurado	
Wilson Javier Parra	Subdirector de Operaciones	Gmóvil S.A.S. Patio Tintal	Entrevistado	

Fuente: Elaboración Propia

La asequibilidad a la información suministrada por los interesados permite la fiabilidad de los datos y la viabilidad técnica del proyecto.

Viabilidad Económica y financiera.

Dado que no es un proyecto de inversión el presente análisis solo se enfocará en los costos de elaboración, tomas de información en campo, accesibilidad de la información y recurso humano entre otros, los valores relacionados se tomaron basados en la técnica de juicio de expertos con apoyo de la compañía S.P.R. Consultores en Ingeniería Civil – Tránsito y Transporte.

Tabla 3. Costos del Proyecto.

	Transporte y Estudios	Papelería	Costos Indirectos	Imprevistos 5%	Costo Total
Datos de accidentalidad antes de la implementación del SITP.	\$ 100.000	\$ 80.000	\$ 20.000	\$ 10.000	\$ 210.000
Datos de accidentalidad una vez se implementó el SITP.	\$ 100.000	\$ 80.000	\$ 20.000	\$ 10.000	\$ 210.000
Creación de las bases de datos de accidentalidad de la zona de Engativá.	\$ 0		\$ 20.000	\$ 1.000	\$ 21.000
Análisis accidentalidad antes y después de la implementación del SITP.	\$ 0	\$ 50.000	\$ 20.000	\$ 3.500	\$ 73.500
Análisis del Manual de Operaciones, acciones y procesos TM	\$ 200.000		\$ 20.000	\$ 11.000	\$ 231.000
Visitas de campo.	\$ 2.000.000	\$ 30.000	\$ 20.000	\$ 102.500	\$ 2.152.500
Visitas instalaciones empresas operadoras.	\$ 480.000		\$ 20.000	\$ 25.000	\$ 525.000
Verificación de políticas y procesos de accidentalidad.	\$ 0	\$ 200.000	\$ 20.000	\$ 11.000	\$ 231.000
Análisis de la información	\$ 0	\$ 30.000	\$ 20.000	\$ 2.500	\$ 52.500
Informe	\$ 0	\$ 300.000	\$ 20.000	\$ 16.000	\$ 336.000
				TOTAL GENERAL	\$ 4.042.500

Fuente: Elaboración propia

Fuentes de Financiación.

El 80% de los costos del proyecto serán financiados por S.P.R. Consultoría en Ingeniería Civil – Tránsito y Transporte S.A.S (IN&CON S.A.S.).

Estructura de Desglose del Trabajo.

La información analizada se depuró mediante la creación de la estructura de desglose del trabajo EDT, técnica suministrada en la guía del P.M.B.O.K a continuación se relacionan las actividades a ejecutar.

- Datos de accidentalidad antes del inicio de la operación del SITP.
- Datos de accidentalidad posterior al inicio de operación del SITP.
- Creación de las bases de datos de accidentalidad de la zona de Engativá.

- Análisis accidentalidad antes y después de la implementación del SITP.
- Análisis del Manual de Operaciones, acciones y procesos TM
- Análisis plan estratégico de seguridad vial del concesionario a cargo de la zona de análisis.
- Revisión de formatos y/o procedimientos de inspección de la flota
- Visitas de campo para el levantamiento de información de condiciones de la infraestructura
- Visitas de campo para el levantamiento de información de condiciones de la operación.
- Visitas instalaciones empresas operadoras y entrevistas a personal operativo.
- Visitas instalaciones empresas operadoras y entrevistas a personal administrativo.
- Verificación de políticas y procesos de accidentalidad.
- Análisis de la información
- Informe

Los datos presentados anteriormente evidencian la viabilidad del proyecto dada la inversión baja y el apoyo de IN&CON S.A.S. en el proyecto.

Viabilidad Jurídica

En el año 2012 el Ministerio de Transporte expidió la resolución 1282 que tiene los siguientes objetivos entre otros:

- Adoptar el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2016.
- Definir 5 líneas de Acción Estratégicas para la implementación y ejecución del Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2016: Aspectos institucionales, estrategias sobre el comportamiento humano, estrategias sobre los vehículos, estrategias sobre la infraestructura vial y sistemas de atención y rehabilitación a víctimas.
- Poner en marcha el Plan Nacional de Seguridad Vial.
- Ejecutar el Pla Nacional de Seguridad Vial.

A partir del Plan Nacional de Seguridad Vial 2011 -2016 nace el Plan Nacional de Seguridad Vial 2012-2021 debido a observaciones realizadas por expertos durante la fase de ejecución.

A través de la Ley 1702 de 2013 nace la Agencia Nacional de Seguridad Vial ANSV la cual tiene por objeto la planificación, articulación y gestión de la seguridad vial del país.

El gobierno Nacional muestra su compromiso con la seguridad vial y busca alinearse con el decenio de la Seguridad Vial declarado por la Asamblea de General de las Naciones Unidas mediante resolución 64/255 de marzo de 2010.

Posteriormente se establece el Plan Estratégico de Seguridad Vial PESV como mecanismo de prevención de la accidentalidad de los integrantes de las compañías mediante decreto 2851 de 2013.

Los lineamientos jurídicos establecidos por el Gobierno Nacional brindan viabilidad al proyecto y resaltan la necesidad de profundizar, investigar y generar nuevas estrategias que permitan la reducción de la accidentalidad vial.

Definición de Términos

ANSV: Agencia Nacional de Seguridad vial.

ECI: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

EDT: Estructura de desglose del trabajo.

Indicador: Medidas cualitativas o cuantitativas de registro que tienen por objetivo realizar seguimiento principalmente a estrategias planteadas por una organización y comprobar la eficacia y efectividad de las mismas, deben ser medibles y sencillos de fácil seguimiento.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

P.M.B.O.K: Project Management Body of Knowledge.

PNSV: Plan Nacional de Seguridad Vial.

Se tratará de un plan, basado en el diagnóstico de la accidentalidad y del funcionamiento de los sistemas de seguridad vial del país. Determinará objetivos, acciones y calendarios, de forma que concluyan en una la acción multisectorial encaminada a reducir de víctimas por siniestros de tránsito. La Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) será el órgano responsable del proceso de elaboración, planificación, coordinación y seguimiento del Plan Nacional de Seguridad Vial, que seguirá vigente hasta que se apruebe la ley y se promulgue un nuevo Plan Nacional de Seguridad Vial. (Ley 1702, 2013).

PESV: Plan Estratégico de Seguridad Vial.

Es el instrumento de planificación que oficialmente consignado en un documento contiene las acciones, mecanismos, estrategias y medidas, que deberán adoptar las diferentes entidades, organizaciones o empresas del sector público y privado existentes en Colombia, encaminadas a alcanzar la Seguridad Vial como algo inherente al ser humano y así evitar o reducir la accidentalidad vial de los integrantes de sus compañías, empresas u organizaciones y disminuir los efectos que puedan generar los accidentes de tránsito. (Decreto 2851, 2013).

SITP: Sistema Integrado de Transporte Público.

Seguridad Vial: Entiéndase por seguridad vial el conjunto de acciones y políticas dirigidas a prevenir, controlar y disminuir el riesgo de muerte o de lesión de las personas en sus desplazamientos ya sea en medios motorizados o no motorizados. Se trata de un enfoque multidisciplinario sobre medidas que intervienen en todos los factores que contribuyen a los accidentes de tráfico en la vía, desde el diseño de la vía y equipamiento vial, el

mantenimiento de las infraestructuras viales, la regulación del tráfico, el diseño de vehículos y los elementos de protección activa y pasiva, la inspección vehicular, la formación de conductores y los reglamentos de conductores, la educación e información de los usuarios de las vías, la supervisión policial y las sanciones, la gestión institucional hasta la atención a las víctimas. (Ley 1702, 2013).

TMSA: Transmilenio S.A.

Capítulo 2

Marco Teórico

Literatura Relacionada

A nivel mundial se han realizado diferentes investigaciones relacionadas con la accidentalidad vial, estas investigaciones tienen como objetivo encontrar causas, cifras, tendencias y estrategias entre otros.

La Organización Mundial de la Salud tiene como objetivo construir un futuro mejor y más saludable para las personas de todo el mundo y parte de ese propósito se cumple a través los diferentes estudios de seguridad vial teniendo en cuenta que en la accidentalidad vial se encuentra entre de la 10 primeras causas de defunción en el mundo.

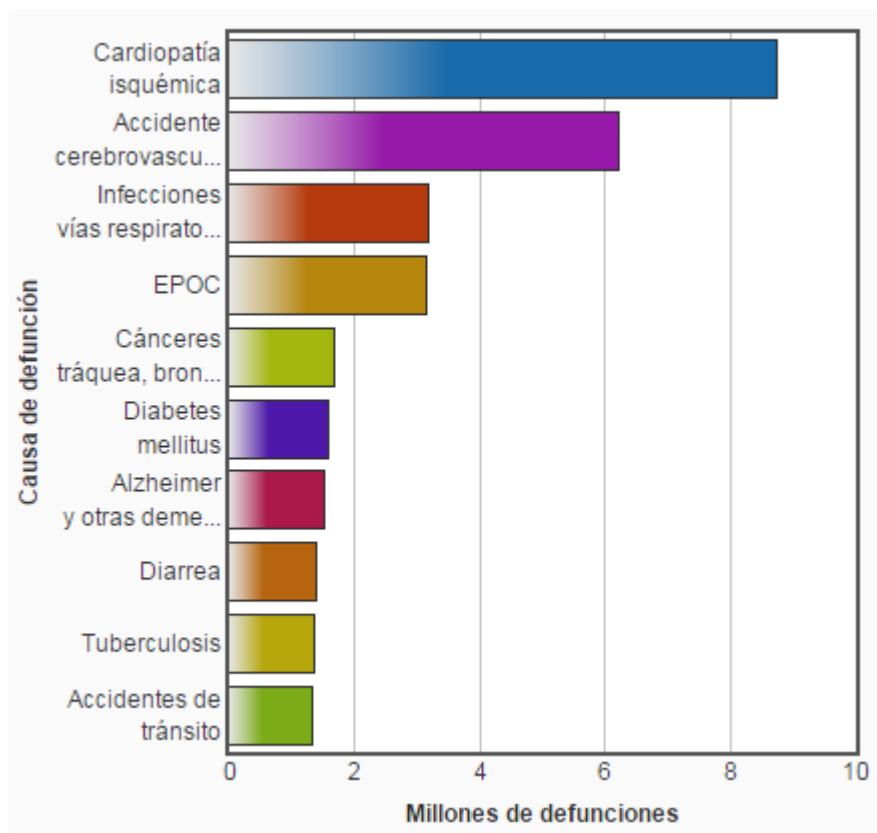


Figura 2. Las 10 principales causas de defunción en el mundo en 2015.

Fuente: Organización Mundial de la Salud, (2017). *Las 10 principales causas de defunción*. Imagen.

Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/es/>.

A continuación se presentan algunas de las investigaciones más relevantes.

Tabla 4. Literatura relacionada con la Accidentalidad Vial.

Nombre	Autor	Tema	Año
Educación vial en el ámbito Juvenil	Universidad de Almería	Accidentalidad vial	2000
	Álvaro Ruiz ¹		
Concentrations of Alcohol in the Blood and Risk of Road Accidents: A Systematic Review of the Literature	Felipe Macías ² Carlos Gómez-Restrepo ³ Martín Rondón ⁴ Juan Manuel Lozano ⁵	Alcohol en sangre y riesgo de Accidentalidad Vial	2010
Planes Estratégicos de seguridad Vial. Fundamentos y casos prácticos	Jesús Monclús	Presentación de casos de Planes Estratégicos de Seguridad Vial	2007
En Route to a Society with Safe Road Traffic	Sweden. Vägverket	Trafico Seguro en carreteras	1997
Designing Safe Road Systems: A Human Factors Perspective	Jan Theeuwes	Evitar el error mientras se conduce	2012
Road Safety Impact of new Technologies	OECD	Impacto de nuevas tecnologías en la seguridad vial	2003

Fuente: Elaboración propia

Tesis, Estadísticas.

En Colombia diversos organismos han realizado diferentes análisis de accidentalidad, aunque sus enfoques pueden llegar a ser muy distantes, a continuación se relacionan algunos de las tesis que tienen relación con la accidentalidad.

Tabla 5. Tesis y artículos Científicos en Colombia

Autor	Tema	Año	Tipo
Adriana Bedoya Zapata	Accidentalidad Vial antes y después de Fase 1 y Fase 2	2010	Tesis Pregrado
Juliana Vélez, Sergio Useche	Estrés en Conductores de Transporte Público	2013	Artículo Científico
Flor Ángela Cerquera Escobar	Análisis Espacial de los Accidentes de tráfico	2013	Artículo Científico
Juan Diego Giraldo Salazar	Seguridad Vial	2015	Tesis Pregrado

Fuente: Elaboración propia

El problema de la seguridad no es nuevo; sin embargo, en Colombia hasta hace cerca de 10 años se empezó un trabajo más riguroso en cuanto a la mitigación de los impactos negativos de esta problemática, lo anterior como consecuencia de las cifras generadas a nivel mundial la que la accidentalidad vial paso a ser una de las 10 primeras causas de defunción en el mundo, de hecho organismos internacionales como la OMS han realizado diversas investigaciones, para ello a continuación se relacionan algunas de las cifras que refuerzan la importancia del presente estudio.

Situación Mundial

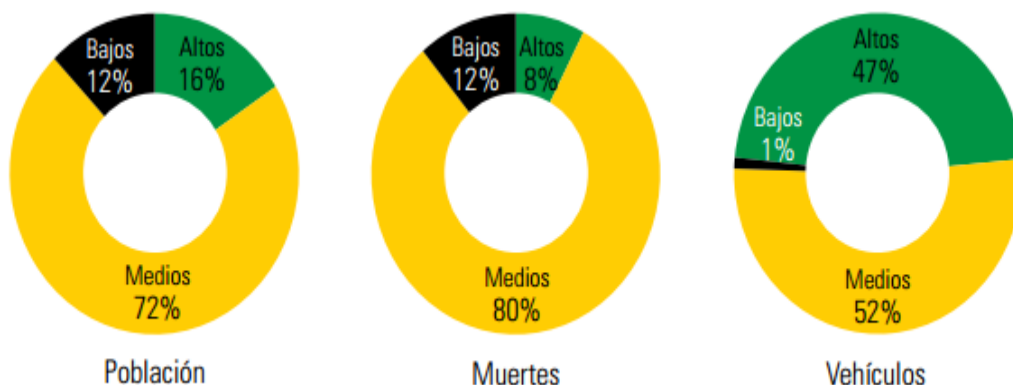


Figura 3. Población, muertes por accidentes de tránsito y vehículos motorizados registrados*, en función de los ingresos de los países.

Fuente: OMS (2013). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. Imagen.

Recuperado de

http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf.

* Los datos sobre los vehículos registrados se refieren únicamente a los países participantes en la encuesta.

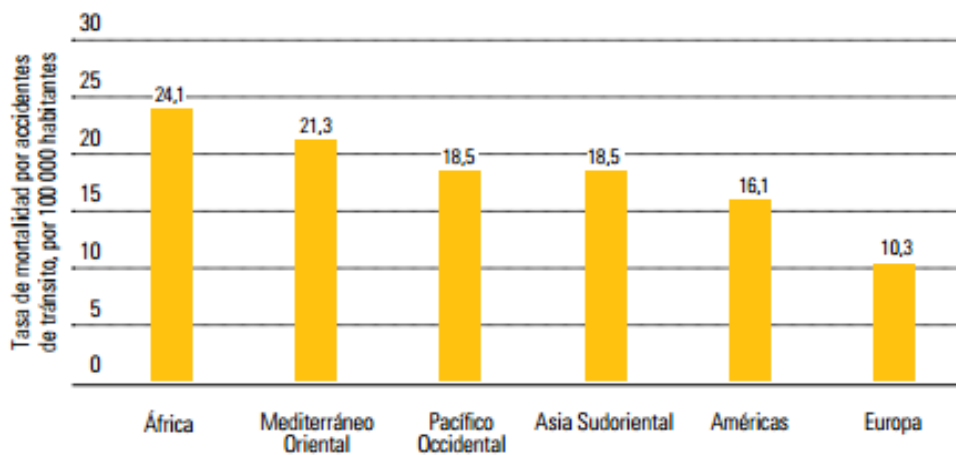


Figura 4. Muertes por accidentes de tránsito por 100 000 habitantes, por región de la OMS.

Fuente: OMS (2013). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. Imagen. Recuperado de

http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf.

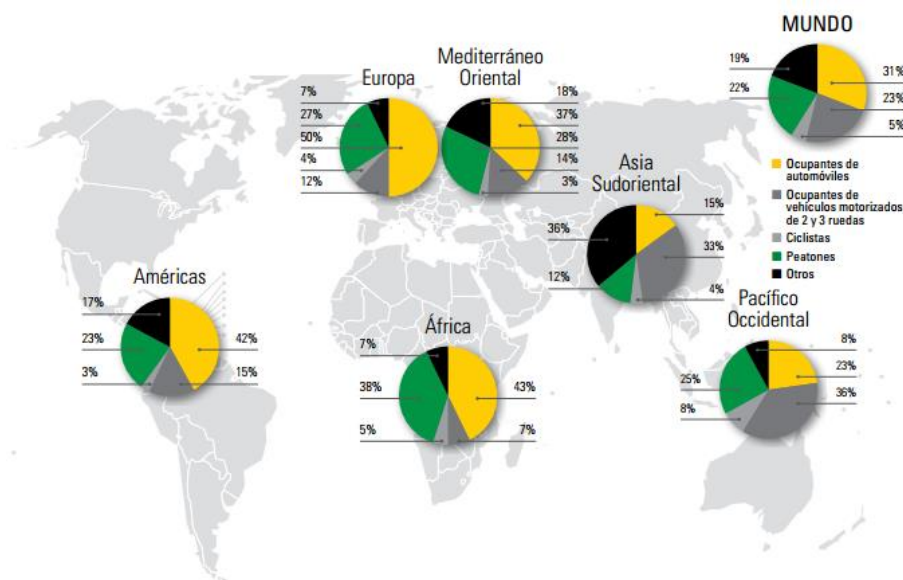


Figura 5. Muertes por accidentes de tránsito en función del tipo de usuario de la vía pública, por región de la OMS.

Fuente: OMS (2013). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. Imagen.

Recuperado de

http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf.

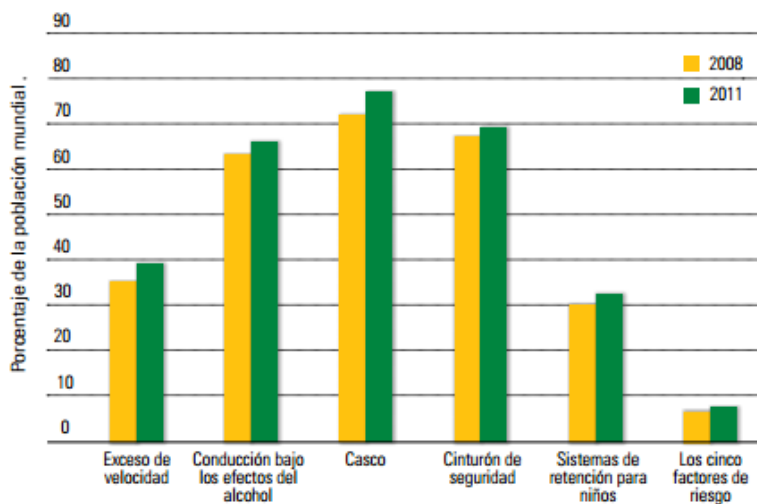


Figura 6. Porcentaje de la población mundial cubierta por leyes integrales sobre los cinco factores de riesgo fundamentales para la seguridad vial: aumento desde 2008.

Fuente: OMS (2013). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. Imagen.

Recuperado de

http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf.

Las cifras de accidentalidad mundial siguen siendo alarmantes.

De acuerdo a proyecciones de la OMS para 2030 la accidentalidad vial será la quinta causa de muerte en el mundo.

TOTAL 2004			TOTAL 2030		
NO. DE ORDEN	PRINCIPALES CAUSAS	%	NO. DE ORDEN	PRINCIPALES CAUSAS	%
1	Enfermedad isquémica del corazón	12,2	1	Enfermedad isquémica del corazón	14,2
2	Enfermedad cerebrovascular	9,7	2	Enfermedad cerebrovascular	12,1
3	Infecciones de las vías respiratorias inferiores	7,0	3	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	8,6
4	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	5,1	4	Infecciones de las vías respiratorias inferiores	3,8
5	Enfermedades diarreicas	3,6	5	Traumatismos por accidentes de tránsito	3,6
6	VIH/sida	3,5	6	Cánceres de la tráquea, los bronquios y el pulmón	3,4
7	Tuberculosis	2,5	7	Diabetes mellitus	3,3
8	Cánceres de la tráquea, los bronquios y el pulmón	2,3	8	Enfermedad cardíaca hipertensiva	2,1
9	Traumatismos por accidentes de tránsito	2,2	9	Cáncer del estómago	1,9
10	Prematuridad y bajo peso al nacer	2,0	10	VIH/sida	1,8
11	Infecciones neonatales y otras*	1,9	11	Nefritis y nefrosis	1,6
12	Diabetes mellitus	1,9	12	Lesiones autoinfligidas	1,5
13	Paludismo	1,7	13	Cáncer del hígado	1,4
14	Enfermedad cardíaca hipertensiva	1,7	14	Cáncer colorectal	1,4
15	Asfixia del nacimiento y traumatismo del nacimiento	1,5	15	Cáncer del esófago	1,3
16	Lesiones autoinfligidas	1,4	16	Violencia	1,2
17	Cáncer del estómago	1,4	17	Alzheimer y otras demencias	1,2
18	Cirrosis del hígado	1,3	18	Cirrosis del hígado	1,2
19	Nefritis y nefrosis	1,3	19	Cáncer de mama	1,1
20	Cáncer colorectal	1,1	20	Tuberculosis	1,0

* Comprende las infecciones neonatales graves y otras causas no infecciosas que aparecen en el periodo perinatal.
Fuente: Estadísticas sanitarias mundiales 2008 (<http://www.who.int/whosis/whostat/2008/es/index.html>).

Figura 7. Principales causas de mortalidad; datos comparados de 2004 y 2030.

Fuente: OMS (2009). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. Es hora de pasar a la acción. Imagen. Recuperado de http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_es.pdf?ua=1.

Situación Colombia

La situación de Colombia frente a la situación mundial no es muy alentadora a continuación se presentarán algunas cifras que evidencian la importancia del presente estudio.

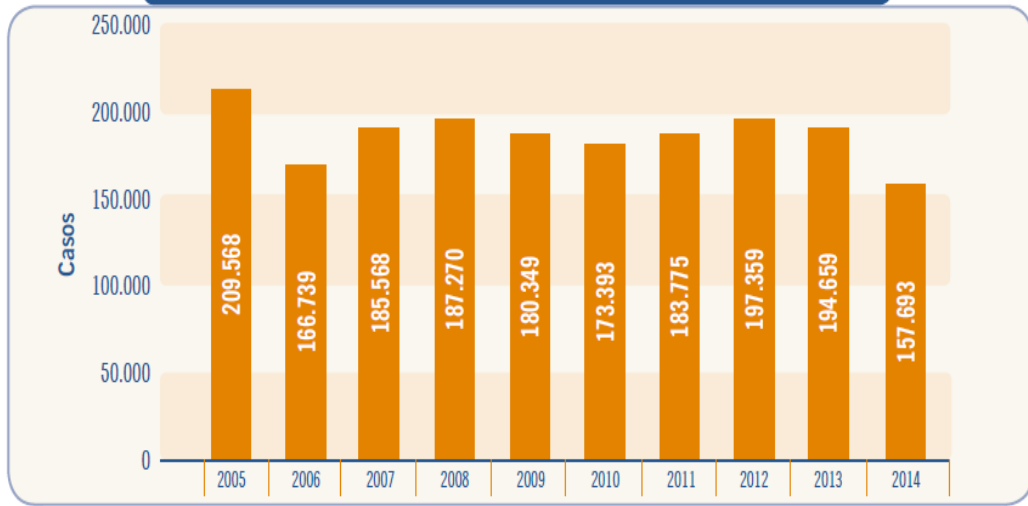
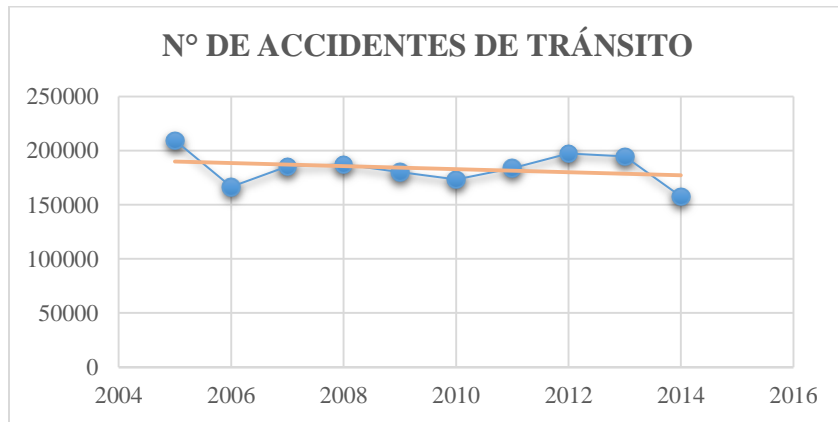


Figura 8. Accidentes de tránsito (casos). Colombia, 2005 - 2014 (anual).

Fuente: Ministerio de Transporte (2015). *Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021*. Imagen. Recuperado de https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/plan_nacional_de_seguridad_vial.

Teniendo en cuenta las anteriores cifras y el periodo en que se generaron, se puede observar una tendencia que no es concluyente a la hora de afirmar que estamos mejorando.

Tabla 6. Tendencia de accidentalidad con base en cifras del Plan Nacional de Seguridad vial.



Fuente: Elaboración propia

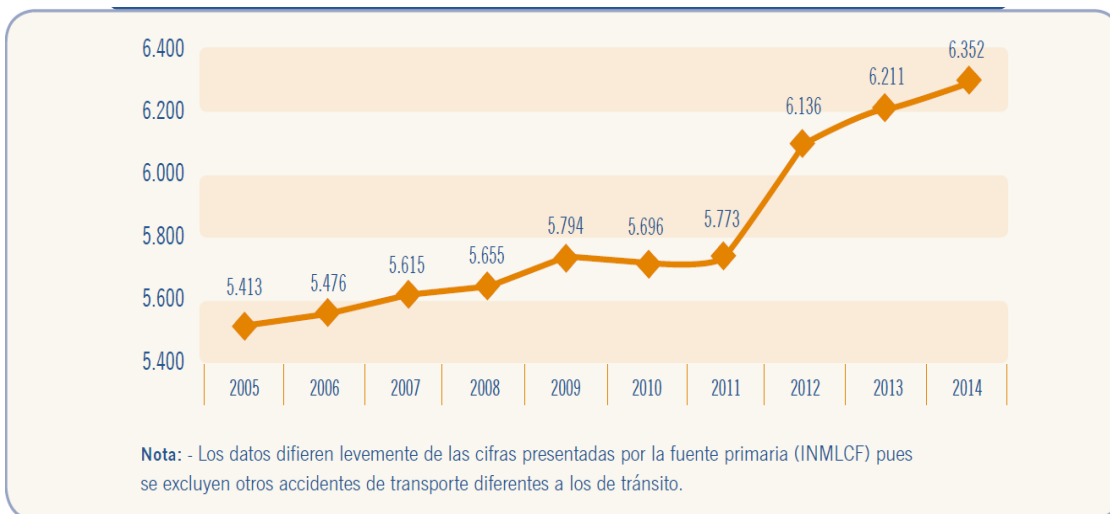


Figura 9. Fallecidos en Accidentes de Tránsito (casos). Colombia, 2005 - 2014 (anual).

Fuente: Ministerio de Transporte (2015). *Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021*. Imagen. Recuperado de https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/plan_nacional_de_seguridad_vial.

Aunque el número de accidentes tiene una tendencia de disminución el número de fallecidos sigue en aumento, como se observa en la figura 9.

Políticas.

LEY 105 DE 1993, por la cual se dictan disposiciones básicas sobre transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones.

DECRETO 105 DE 1995, por el cual se reglamenta la Ley 105 de 1993.

DECRETO 2263 DE 1995, por el cual se reglamenta la Ley 105 de 1993 y se modifica el Decreto 105 de 1995.

LEY 336 DE 1996, por el cual se adopta el estatuto nacional de transporte.

DECRETO 3109 DE 1997, por el cual se reglamenta la habilitación, la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros y la utilización de los recursos de la Nación.

LEY 769 DE 2002, por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.

DECRETO 3366 DE 2003, por el cual se establece el régimen de sanciones por infracciones a las normas de transporte público terrestre automotor y se determinan unos procedimientos (Mediante sentencia del consejo de estado del 22 de mayo de 2008, declara nulos varios de sus artículos).

RESOLUCIÓN 1555 DE 2005, por la cual se reglamenta el procedimiento para obtener el certificado de aptitud física, mental, y de coordinación motriz para conducir y se establecen los rangos de aprobación de la evaluación requerida.

DECRETO 2961 DE 2006, por el cual se dictan medidas para controlar la prestación del servicio público de transporte en motocicletas, previsto en el literal D del Artículo 131 de la Ley 769 de 2002.

DECRETO 4116 DE 2008, por el cual se modifica el decreto 2961 de 2006, relacionado con las motocicletas.

DECRETO 4125 DE 2008, por medio del cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor mixto en motocarro.

DECRETO 805 DE 2008, por el cual se adoptan unas medidas especiales para la prestación del servicio de transporte escolar.

LEY 1503 DE 2011, por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía y se dictan otras disposiciones.

DECRETO 2851 de 2013, por el cual se reglamentan los artículos 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, 9°, 10, 12, 13, 18 y 19 de la Ley 1503 de 2011 y se dictan otras disposiciones.

RESOLUCIÓN 1565 DE 2014, por la cual se expide la Guía metodológica para la elaboración del Plan Estratégico de Seguridad Vial.

LEY 1753 DE 2015, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”;

DECRETO 1079 DE 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte.

LEY 1811 de 2016, por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el Código Nacional de Tránsito.

DECRETO 1310 de 2016, por el cual se modifica el Decreto 1079 de 2015, en relación con el Plan Estratégico de Seguridad Vial.

RESOLUCIÓN NÚMERO 1231 DE 2016, por la cual se adopta el documento Guía para la Evaluación de los Planes Estratégicos de Seguridad Vial.

DECRETO 296 DE 2017, por el cual se proroga el término establecido en el artículo 2.2.1.6.14.1. del Capítulo 6 del Título 1, de la Parte 2 el libro 2 del Decreto 1079 de 2015.

RESOLUCIÓN 993 DE 2017, por la cual se determinan los valores que por cada servicio que prestan los organismos de apoyo deben transferirse al Fondo Nacional de Seguridad Vial y se dictan otras disposiciones.

RESOLUCIÓN 1055 DE 2017, por la cual se establecen las condiciones de reporte de la información de fallecimientos y lesiones por causa o con ocasión de accidentes de tránsito, por parte del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses a la Agencia Nacional de Seguridad Vial.

Teorías y teóricos

Todas las teorías presentadas a continuación han sido tomadas de la enciclopedia de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Los accidentes se definen como sucesos imprevistos que producen lesiones, muertes, pérdidas de producción y daños en bienes y propiedades. Es muy difícil prevenirlos si no se comprenden sus causas. Ha habido muchos intentos de elaborar una teoría que permita predecir éstas, pero ninguna de ellas ha contado, hasta ahora, con una aceptación unánime. Investigadores de diferentes campos de la ciencia y de la técnica han intentado desarrollar una teoría sobre las causas de los accidentes que ayude a identificar, aislar y, en última instancia, eliminar los factores que causan o contribuyen a que ocurran accidentes. En el presente artículo se ofrece un breve resumen de las diferentes teorías sobre sus causas, además de una estructura de los accidentes.

Teorías sobre la causalidad de los accidentes.

De acuerdo con Abdul Raouf existes diferentes teorías de las causas de los accidentes:

La teoría del dominó

Según W. H. Heinrich (1931), quien desarrolló la denominada teoría del “efecto dominó”, el 88 % de los accidentes están provocados por actos humanos peligrosos, el 10%, por condiciones peligrosas y el 2 % por hechos fortuitos. Propuso una “secuencia de cinco factores en el accidente”, en la que cada uno actuaría sobre el siguiente de manera similar a como lo hacen las fichas de dominó, que van cayendo una sobre otra. He aquí la secuencia de los factores del accidente:

1. antecedentes y entorno social;
2. fallo del trabajador;
3. acto inseguro unido a un riesgo mecánico y físico;

4. accidente,
5. daño o lesión.

Heinrich propuso que, del mismo modo en que la retirada de una ficha de dominó de la fila interrumpe la secuencia de caída, la eliminación de uno de los factores evitaría el accidente y el daño resultante, siendo la ficha cuya retirada es esencial la número 3. Si bien Heinrich no ofreció dato alguno en apoyo de su teoría, ésta presenta un punto de partida útil para la discusión y una base para futuras investigaciones.

Teoría de la causalidad múltiple

Aunque procede de la teoría del dominó, la teoría de la causalidad múltiple defiende que, por cada accidente, pueden existir numerosos factores, causas y subcausas que contribuyan a su aparición, y que determinadas combinaciones de éstos provocan accidentes. De acuerdo con esta teoría, los factores propicios pueden agruparse en las dos categorías siguientes:

De comportamiento. En esta categoría se incluyen factores relativos al trabajador, como una actitud incorrecta, la falta de conocimientos y una condición física y mental inadecuada.

Ambientales. En esta categoría se incluye la protección inapropiada de otros elementos de trabajo peligrosos y el deterioro de los equipos por el uso y la aplicación de procedimientos inseguros.

La principal aportación de esta teoría es poner de manifiesto que un accidente pocas veces, por no decir ninguna, es el resultado de una única causa o acción.

La teoría de la casualidad pura

De acuerdo con ella, todos los trabajadores de un conjunto determinado tienen la misma probabilidad de sufrir un accidente. Se deduce que no puede discernirse una única pauta de acontecimientos que lo provoquen. Según esta teoría, todos los accidentes se consideran incluidos en el grupo de hechos fortuitos de Heinrich y se mantiene la inexistencia de intervenciones para prevenirlos.

Teoría de la probabilidad sesgada

Se basa en el supuesto de que, una vez que un trabajador sufre un accidente, la probabilidad de que se vea involucrado en otros en el futuro aumenta o disminuye respecto al resto de los

trabajadores. La contribución de esta teoría al desarrollo de acciones preventivas para evitar accidentes es escasa o nula.

Teoría de la propensión al accidente

De acuerdo con ella, existe un subconjunto de trabajadores en cada grupo general cuyos componentes corren un mayor riesgo de padecerlo. Los investigadores no han podido comprobar tal afirmación de forma concluyente, ya que la mayoría de los estudios son deficientes y la mayor parte de sus resultados son contradictorios y poco convincentes. Es una teoría, en todo caso, que no goza de la aceptación general. Se cree que, aun cuando existan datos empíricos que la apoyen, probablemente no explica más que una proporción muy pequeña del total de los accidentes, sin ningún significado estadístico.

Teoría de la transferencia de energía

Sus defensores sostienen que los trabajadores sufren lesiones, o los equipos daños, como consecuencia de un cambio de energía en el que siempre existe una fuente, una trayectoria y un receptor. La utilidad de la teoría radica en determinar las causas de las lesiones y evaluar los riesgos relacionados con la energía y la metodología de control. Pueden elaborarse estrategias para la prevención, la limitación o la mejora de la transferencia de energía.

El control de energía puede lograrse de las siguientes formas:

- eliminación de la fuente;
- modificación del diseño o de la especificación de los elementos del puesto de trabajo,
- mantenimiento preventivo.

La trayectoria de la transferencia de energía puede modificarse mediante:

- aislamiento de la trayectoria;
- instalación de barreras;
- instalación de elementos de absorción,
- colocación de aislantes.

La adopción de las medidas siguientes puede ayudar al receptor de la transferencia de energía:

- limitación de la exposición,
- utilización de equipo de protección individual.

Teoría de “los síntomas frente a las causas”

No es tanto una teoría cuanto una advertencia que debe tenerse en cuenta si se trata de comprender la causalidad de los accidentes. Cuando se investiga un accidente, se tiende a centrar la atención en sus causas inmediatas, obviando las esenciales. Las situaciones y los actos peligrosos (causas próximas) son los síntomas y no las causas fundamentales de un accidente. OIT.

Extracción y recopilación de información

Con el fin de incluir los datos históricos y la realidad de la situación en la que se presenta le problema investigado se generó un proceso de extracción y recolección de datos, el primero de ellos consistió en consultar información disponible proveniente de los interesados en el proyecto, ver tabla 2, a partir de ella se generó un listado de disponibilidad de información secundaria la cual se relaciona a continuación:

Tabla 7. Información suministrada de acuerdo al registro de interesados.

Responsable	Información Suministrada
Jenifer Cardozo	Bases de datos de Accidentalidad Gmóvil S.A.S. Manual de Operaciones Tabla de Control de la Operación
Andres Felipe Oyola	Informe de solución de conductores Informes de BI aplicativo Freeway Listado de Rutas y Paradas Contrato de Concesión de SITP
Luz Mery Roncancio	Plan Estratégico de Seguridad Vial
Carlos Gutierrez	Base de datos de Accidentalidad Gmóvil S.A.S. Accidentalidad TPC antes de la entrada en operación del SITP
Wilson Parra	Descuentos o sanciones a Conductores Lista de Chequeo de vehículos
Carlos Perez	Hojas de Vida de vehículos Programa de Mantenimiento
Eduardo Briceño	Tipo de Contrato

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 3

Metodología

Contexto de la Investigación

La presente investigación de Maestría se realizó en la ciudad de Bogotá, Colombia; Ciudad cuenta con cerca de 8 millones de habitantes, y según indicadores globales de movilidad el número de viajes en transporte público mayor a 15 minutos es de 5.750.055 para el año 2015 CCB, (2015) p.13.

A partir del año 2012 se inició la operación del Sistema Integrado de Transporte Público SITP, este sistema aunque no se encuentra implementado al 100% presenta un alto número de accidentes de tránsito, algunos de los factores que no han permitido la implementación completa han sido los problemas con los concesionarios COOBUS y EGOBUS quienes ya no hacen parte del Sistema y los problemas financieros de algunos de los concesionarios actuales.

El mismo año en el que Colombia se adhiere al decenio de la seguridad vial entra en operación el SITP y es allí donde se centra esta investigación.

El SITP cuenta con cerca de 6500 vehículos (sin incluir información del SITP Provisional) y 10 zonas asignadas, el presente trabajo se limitará únicamente a la accidentalidad vial de los vehículos asociados a este sistema tomando como base los 5 pilares del Plan Nacional de Seguridad Vial.

De los concesionarios relacionados con el SITP se logró un acercamiento con Gmóvil S.A.S. quien manifestó su interés en éste tipo de análisis y permitió la accesibilidad a la información, instalaciones y personal, esta compañía cuenta con una flota de 636 vehículos entre urbanos y complementarios y un promedio de accidentes por bus de 1,8 durante el primer semestre de 2017.

Gmóvil S.A.S. está a cargo de la zona SITP de Engativá, de acuerdo al Contrato de Concesion N° 004 de 2009.

La Planta operativa está cercana a los 1490 conductores de diferente tipo de operación y con esquemas de descanso en cualquier día de la semana.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se usará en la presente investigación es Correlacional, al respecto Tamayo (2007) en su libro El proceso de investigación científica define:

Este tipo de investigación se persigue fundamentalmente determinar el grado en el cual las variaciones en uno o varios factores son concomitantes con la variación en otro u otros factores. La existencia y fuerza de esta covariación normalmente se determina estadísticamente por medio de coeficientes de correlación. Es conveniente tener en cuenta que esta covariación no significa que entre los valores existan relaciones de causalidad, pues éstas se determinan por otros criterios que, además de la covariación, hay que tener en cuenta.

Diseño de la Investigación

A partir del Plan Nacional de seguridad vial del año 2012 emitido mediante resolución 1503, ver Anexo 5, se hará una revisión del estado actual de la Gestión de la Seguridad Vial en Gmóvil S.A.S. desde los 5 pilares estratégicos, para ello se realizarán 4 mapas de densidad de los accidentes de tránsito correspondientes a los vehículos asociados a la zona de Engativá desde el año 2012 hasta febrero del año 2017, estos mapas tendrán un criterio fundamental de posición geográfica, de lo anterior se determinará las zonas de mayor accidentalidad, ver Anexo 12, esta muestra garantizará la homogeneidad de los datos como resultado del criterio de selección descrito, la selección de los datos válidos para el análisis se realizará bajo el criterio de expertos determinando el valor máximo de distancia a paraderos y cuyo resultado determinará los accidentes válidos para el análisis (muestra), en este proceso se hace uso de las bases de datos de accidentalidad suministradas por Gmóvil S.A.S. Ver Anexo 9.

La densidad de puntos usada en los mapas de densidad calcula la cantidad de puntos en un área determinada. De las áreas de mayor accidentalidad a través de la muestra por conglomerados se selecciona la de mayor cantidad de eventos para el análisis basado en la matriz de Haddon, Ruyam, C. (1998) p.302.

Para el presente análisis se realizará un muestreo por conglomerados geográficos que busca determinar grupos objetivo de una población dada y de acuerdo a un tamaño de muestra que cumplan ciertas características.

A continuación se relacionan los ítems tratados en el análisis.

Tabla 8. Matriz de Haddon adaptada a la accidentalidad vial.

Fases		Factores		
		Ser humano	Vehículo y equipamiento	Vías y entorno
Antes del Accidente	Prevención de Accidentes	<ul style="list-style-type: none"> • Información • Capacitación • Actitud • Normativa • Fiscalización y control interna y Externa • Experiencia • Conducción bajo los efectos de alcohol, drogas y/o discapacidad • Control de Salud preventivo permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado técnico (mantención permanente) • Luces • Frenos • Maniobrabilidad • Control de Velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y Trazado de la vía Pública • Limitación de la Velocidad • Vías peatonales • Condiciones Ambientales
En el Accidente	Prevención de Traumatismos (lesiones y muertes) durante el accidente	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de dispositivos de retención (Cinturón de Seguridad) • Uso de casco • Discapacidad • Conducción bajo los efectos de alcohol, drogas y/o discapacidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivos de retención de los ocupantes • Otros dispositivos de seguridad • Diseño protector contra accidentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Objetos protectores contra choques y colisiones • Otros objetos en la vía
Después del accidente	Conservación de la vida	<ul style="list-style-type: none"> • Primeros Auxilios • Acceso a atención médica 	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de acceso • Riesgo de incendio • Facilidad de extracción de ocupantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de socorro • Congestión • Diseño vial

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realizará el análisis procesamiento de datos y generación del informe final.

Población y Muestra

De la base de datos accidentalidad suministrada, ver Anexo 9, se obtuvieron un total de 12.431 registros desde el inicio de la operación en la zona de Engativá hasta junio 30 del año 2017.

Como criterios de clasificación de datos válidos se tomarán: la posición geográfica y la codificación correcta, una vez procesada la información el dato resultante de datos válidos o población es de 10.933 equivalentes a un 87,9%.

Posteriormente se obtiene la muestra con la fórmula de poblaciones finitas obteniendo el número de eventos o registro necesarios para el análisis, se tomarán los sectores con el mayor número de eventos que sumados sean cercanos o iguales al valor de la muestra teórica,.

Los eventos resultantes (muestra) de la base de datos de accidentalidad serán cargados de nuevo en Transcad, adicionalmente, se cargarán las paradas de los tramos seleccionados y la red de transporte, se calcularán las distancias de cada registro de la muestra con cada uno de los paraderos de los tramos seleccionados en el sentido que corresponda, la información resultante corresponderá a la matriz de distancias de evento de accidente a cada uno de los paraderos.

Las distancias inferiores o iguales a 40 metros serán consideradas como el porcentaje de eventos válidos para ser considerados en la hipótesis nula, posteriormente se realizará la prueba de la hipótesis. Ver Anexo 23.

Por último se procederá a la construcción del informe.

Instrumento de Recolección de Datos

Durante el proceso de recolección de datos se hizo uso de diferentes instrumentos a continuación se describen los 3 instrumentos usados:

Guion de Entrevista – Entrevista: se busca indagar acerca de procedimientos, procesos y en general dinámica de la organización frente a la problemática analizada, detectar puntos de mejora o fortalezas, para ello se realizaron entrevistas con personal a cargo o relacionado con la seguridad vial.

Lista de cotejo – Observación: el objetivo primordial es validar información secundaria, tomar información, registrarla y analizarla. En este caso se usó una lista de chequeo. Ver Anexo 24.

Escalas de actitud – Encuesta: al igual que el guion de entrevista se realiza mediante la técnica de encuesta y el propósito con el cual se usa en la presente investigación es evidenciar el cumplimiento de normas y políticas o comportamientos relacionados con la seguridad vial. Ver Anexo 24.

Confiabilidad del Instrumento

En cuanto a la información secundaria se presume la confiabilidad y validez dado que es información oficial arrojada por el sistema de recolección, respecto a las listas de cotejo y

las escalas de actitud las pruebas fueron dirigidas, por lo cual se definió un grupo de interesados en el proyecto. Ver Tabla 2.

Capítulo 4

Interpretación y Análisis de Datos

Presentación de Resultados con Gráficas

Comportamiento general de la accidentalidad

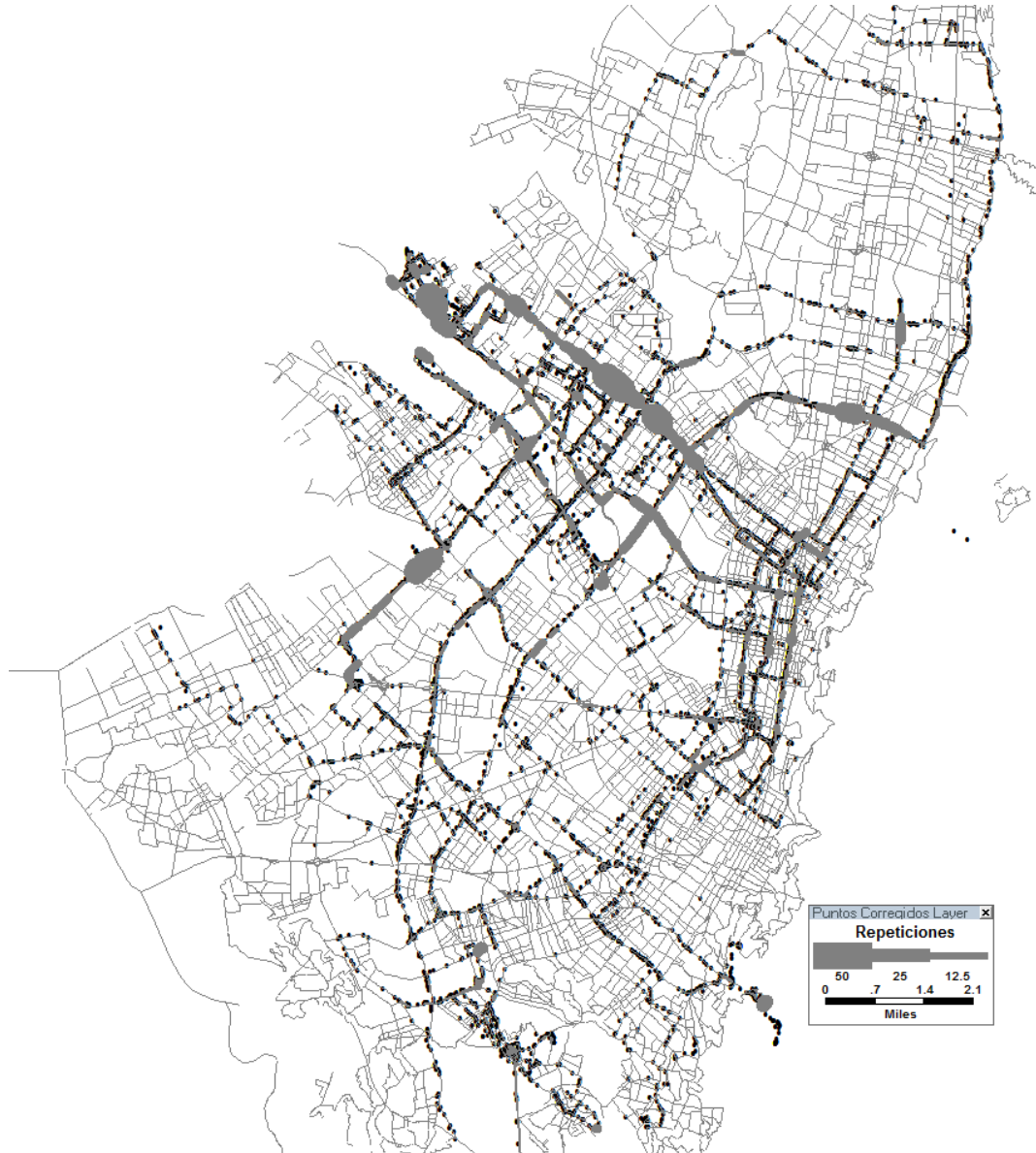


Figura 10. Mapa de calor Accidentes de Tránsito (Septiembre 2012 – Junio 2017).

Fuente: Elaboración propia.

Aunque los eventos de accidentes de tránsito son generalizados a lo largo de los corredores del Sistema Integrado de Transporte Público, existen zonas de concentración de estos que se convierten en zonas de mayor riesgo, dada la gran cantidad de información, se realiza un proceso de selección que permite información representativa para el análisis; la gráfica anterior contiene información de todos los años de operación del concesionario que suministró los datos, a continuación se muestra el comportamiento por año debido a las posibles variaciones que se puedan encontrar entre ellos.

La severidad es un factor que no será evaluado ya que por las condiciones, valoración y cantidad de víctimas puede generar valores atípicos en el momento de evaluar los datos, adicionalmente, esta variable no se tendrá en cuenta a lo largo de la investigación.

Comportamiento anual de la accidentalidad



Figura 11. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2012.

Fuente: Elaboración propia.

Durante el primer año de operación la cantidad de flota era muy baja respecto a las condiciones actuales, y no presentaba una tendencia clara de los posibles puntos críticos.



Figura 12. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2013 el corredor de la Av. Calle 72 se empieza a perfilar como una de las zonas más críticas y la salida del sector de Engativá se convierte en una zona de alto riesgo.

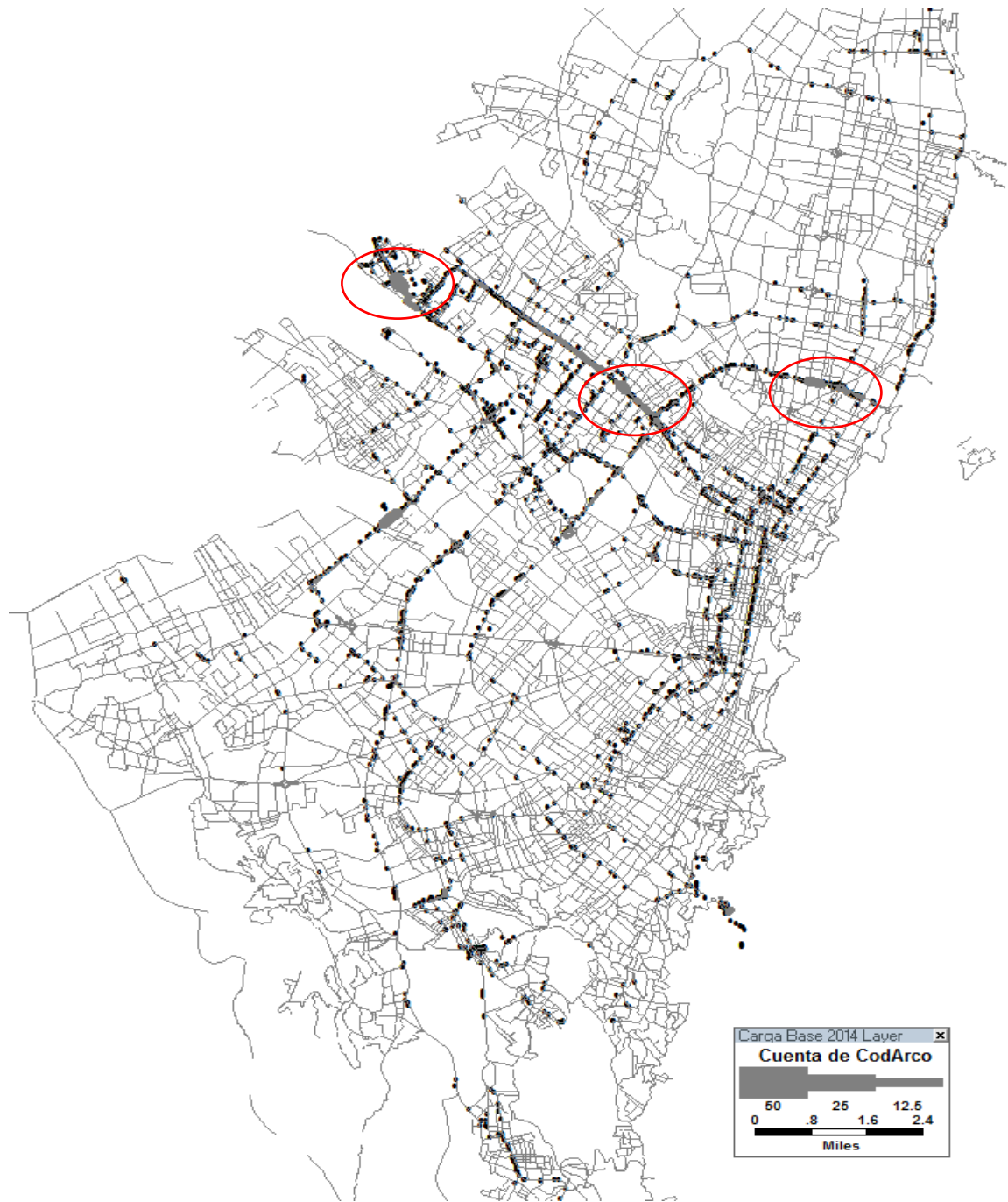


Figura 13. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2014.

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2014 ya existen 3 zonas de riesgo siendo 2 de estas coincidentes con la información del año 2013 y aparece la glorieta de la calle 100 con carrera 15 como un nuevo sector de alta accidentalidad.

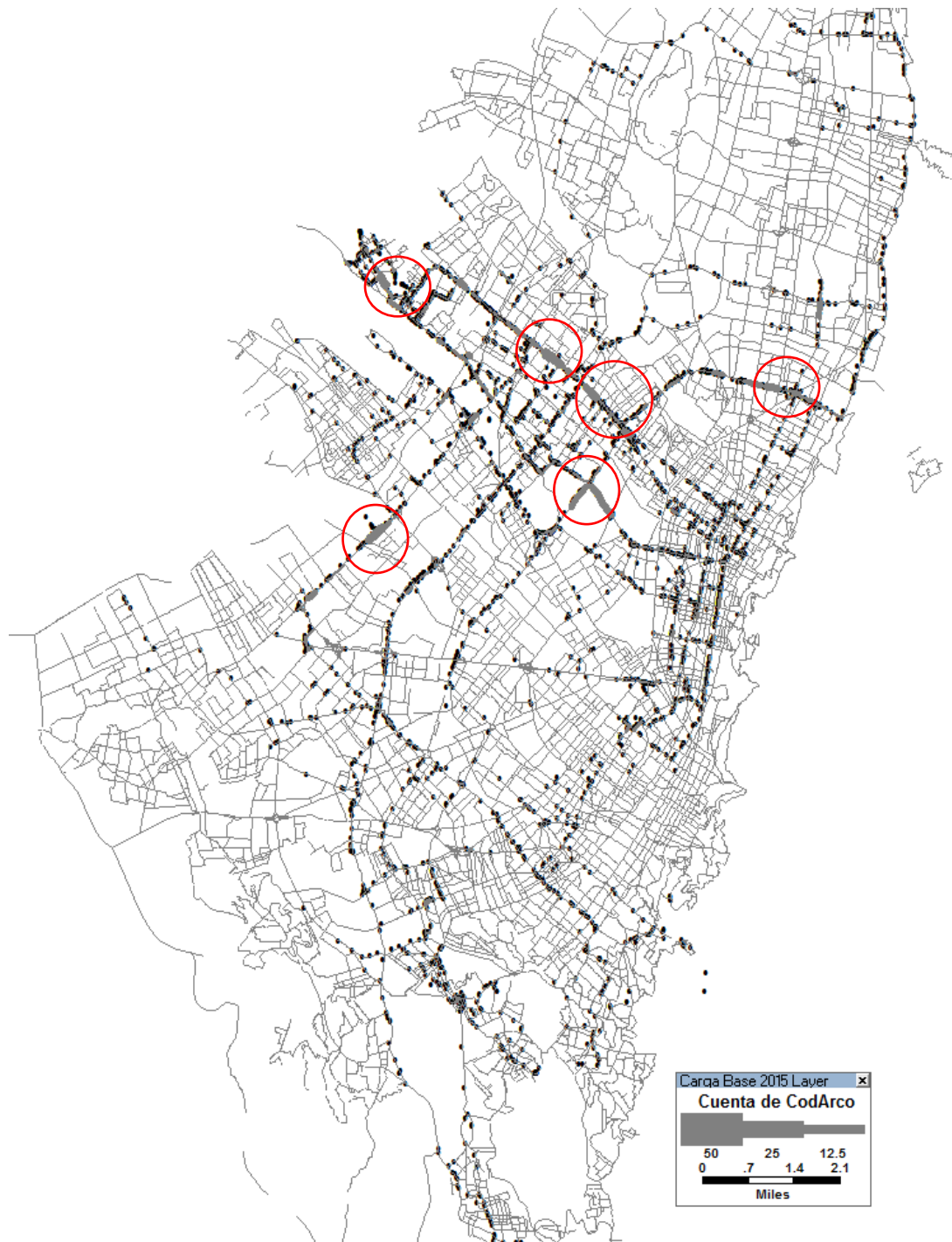


Figura 14. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2015.

Fuente: Elaboración propia.

En el año 2015, el sector de la Av. Calle 72 con Av. Cra. 68 ingresa dentro de las zonas más accidentadas y se perfila como uno de los puntos más críticos.

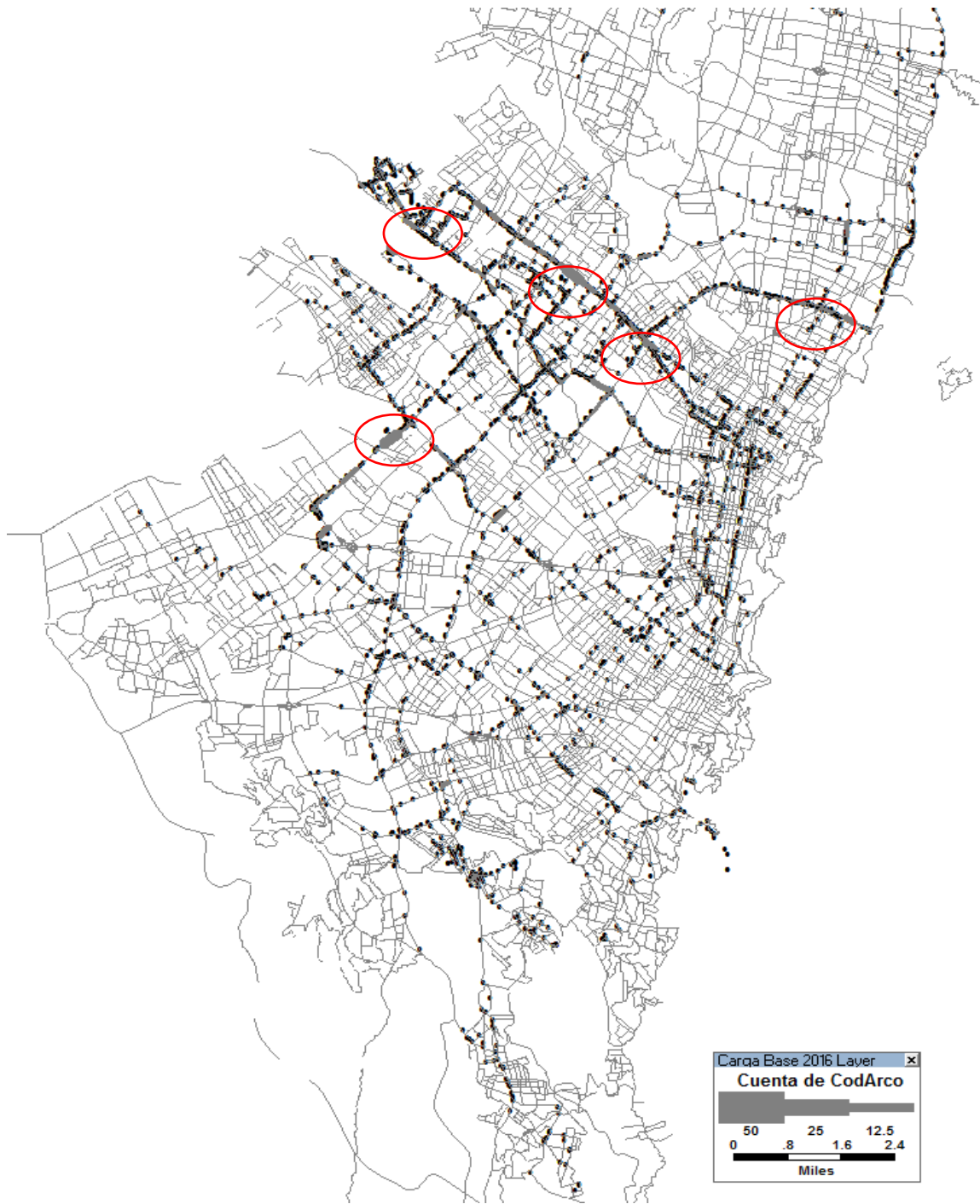


Figura 15. Mapa de calor Accidentes de Tránsito año 2016.

Fuente: Elaboración propia.

El año 2016 tiene características similares al 2015 y los puntos más críticos en accidentalidad se consolidan como se observa en el mapa.

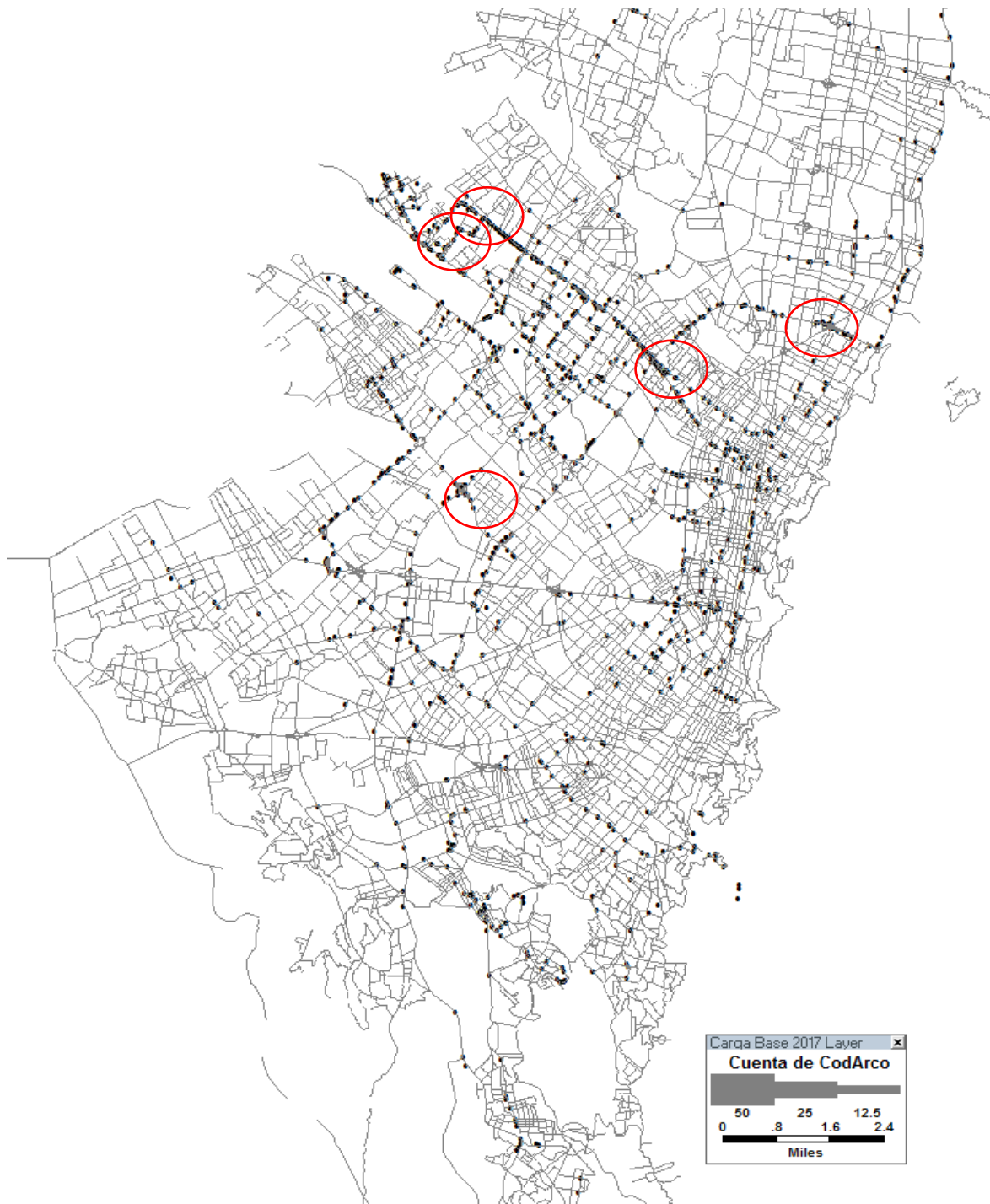


Figura 16. Mapa de calor Accidentes de Tránsito 1er semestre de 2017.

Fuente: Elaboración propia.

En el primer semestre de 2017 se observa un comportamiento similar al de años anteriores, lo que muestra una tendencia en la accidentalidad de los vehículos asociados a este operador.

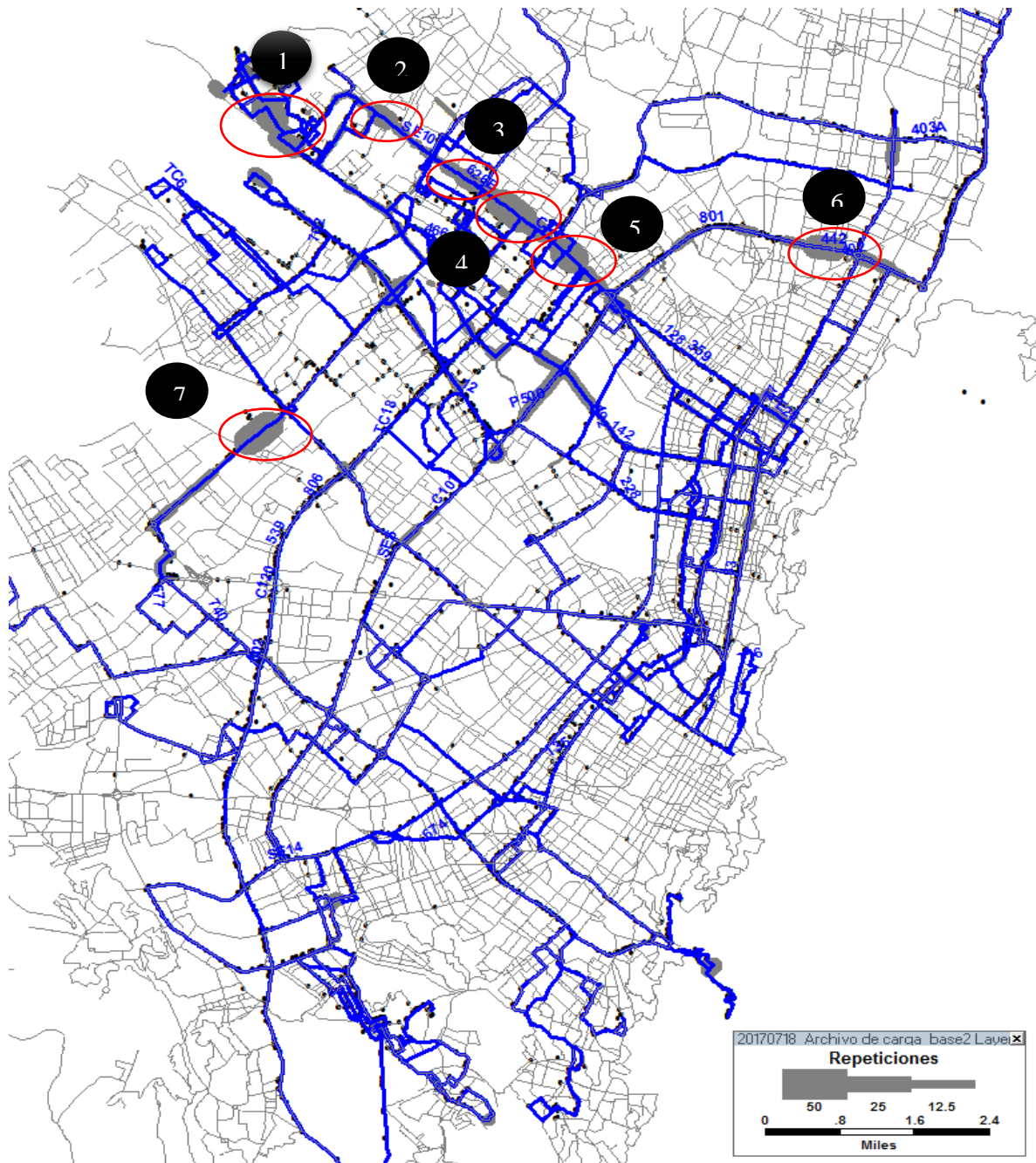


Figura 17. Sectores de mayor accidentalidad.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a las tendencias mostradas, el mapa general de accidentalidad arroja como posibles puntos de análisis 7 zonas de riesgo, al cruzar estas zonas con las rutas asociadas se observa de manera más clara los corredores donde se tiene influencia.



Figura 18. Sector 1 (Calle 64 entre Cra. 113B y Tv. 112 B bis A) y Calle 63 entre Tv. 112 B bis A y Cra. 111C) 247 eventos.

Fuente: Elaboración propia.

Caracterizado por tener una mayor cantidad de inicios de rutas conocidos como PIR, esta zona es generadora y atractora de viajes con gran limitación en la vías de acceso o salida, lo anterior obliga a que un gran número de rutas deban compartir el mismo espacio y tratar de acceder a los mismos paraderos.

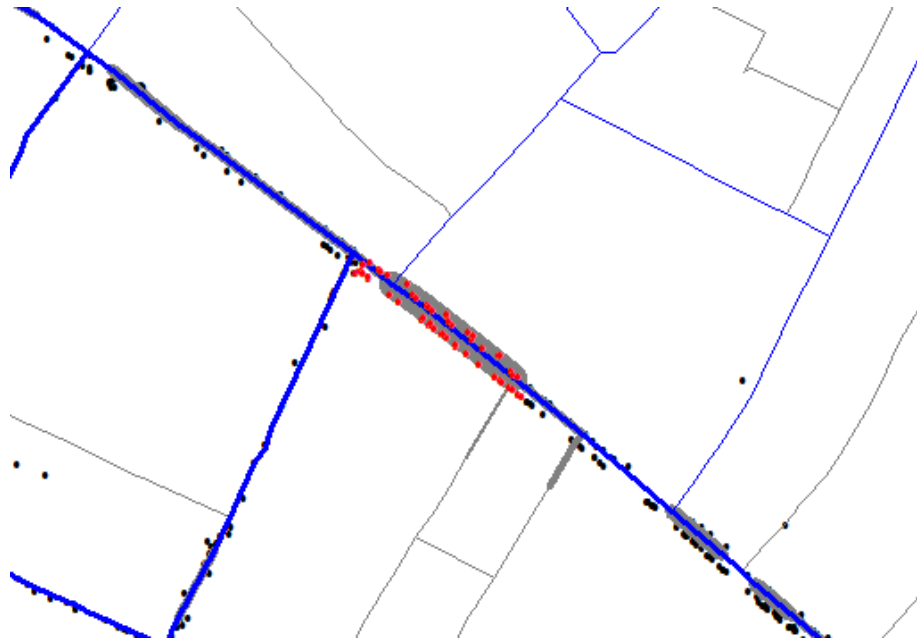


Figura 19. Sector 2 (Calle 72 entre Cra. 106 A y Cra. 105 A) 81 eventos.

Fuente: Elaboración propia.

Dadas las condiciones de la vía e intersecciones es un punto donde no se generan altas velocidades muy alto pues es coincidente con ascensos de pasajeros.

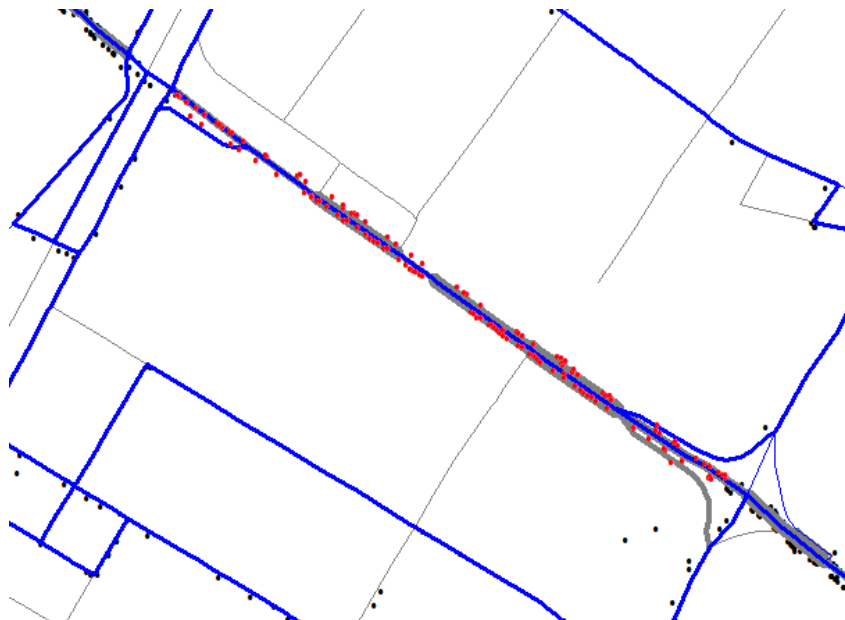


Figura 20. Sector 3 (Calle 72 entre Cra. 96 y Cra. 86) 149 eventos.

Fuente: Elaboración propia.

El corredor de la Av. Calle 72 se posiciona como uno de los más accidentados.

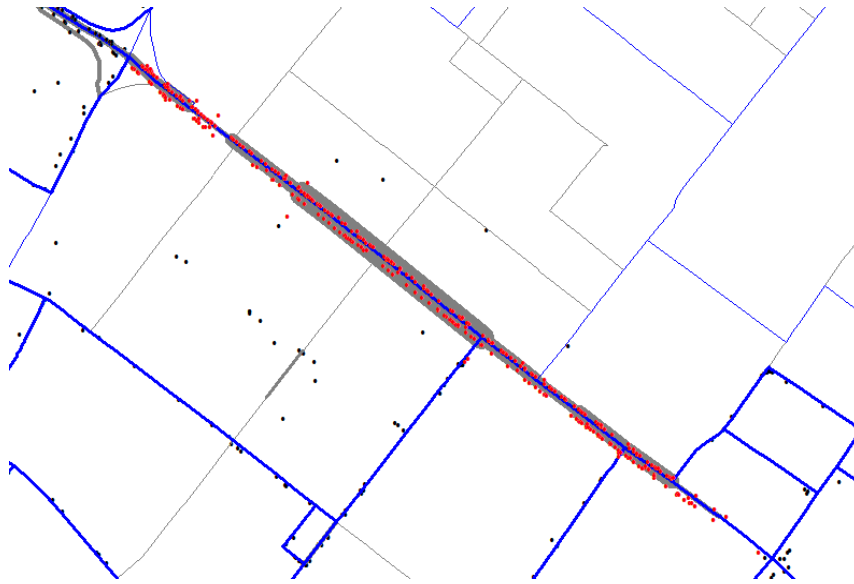


Figura 21. Sector 4 (Calle 72 entre Cra. 86 y Cra. 72) 376 eventos.

Fuente: Elaboración propia.

El sector 4 es el sector con la mayor cantidad de eventos y se convierte en la mejor opción de muestra por conglomerados.

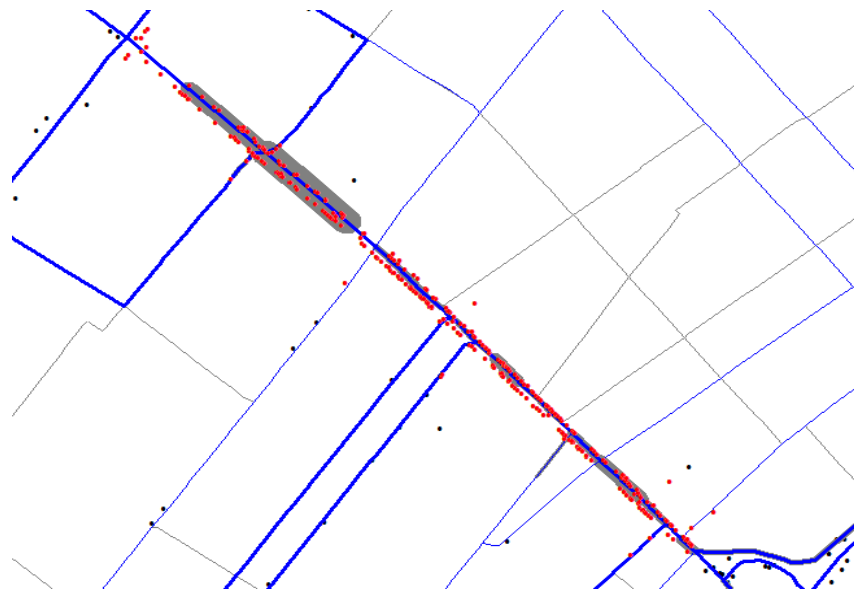


Figura 22. Sector 5 (Calle 72 entre Cra. 72 y Cra. 68) 361 eventos.

Fuente: Elaboración propia.

El sector entre la Av. Boyacá y la Av. Cra 68 se ha convertido en un tramo de riesgo y aunque en la actualidad no ocupa el primer lugar en accidentalidad si se convierte en un punto próximo a analizar.

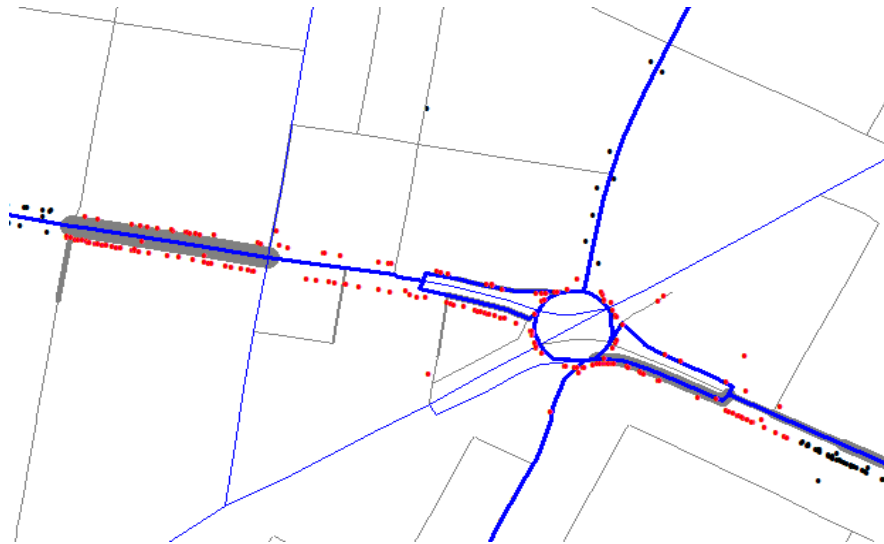


Figura 23. Sector 6 (Calle 100 entre Tv. 21 y Cra. 11) 249 eventos.

Fuente: Elaboración propia.

La glorieta de la calle 100 con Cra. 15 presenta problemas de capacidad dado el alto número de vehículos del SITP y particulares que desean acceder a este punto.

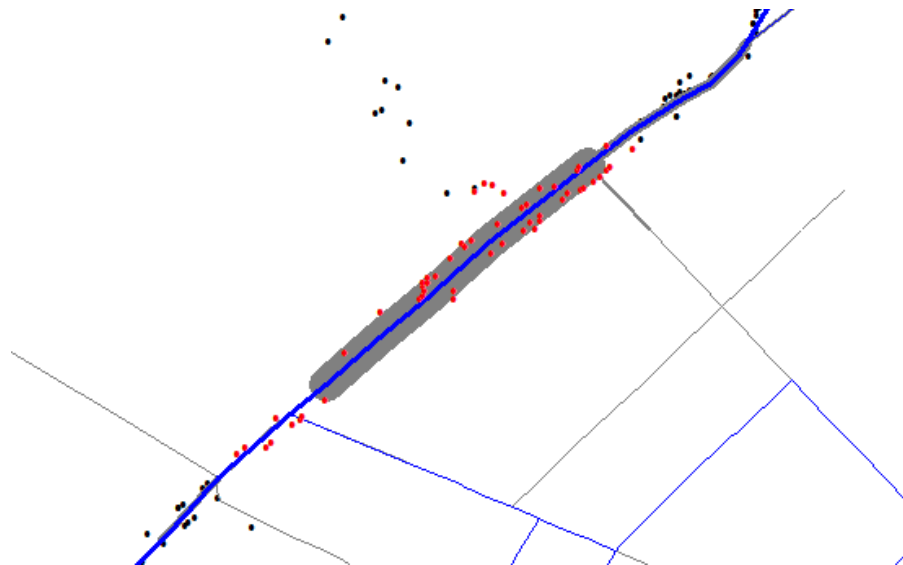


Figura 24. Sector 7 (Av. Ciudad de Cali entre Calle 13 A y Calle 15 A) 79 eventos.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque este sector no tiene una gran concentración de accidentes su operación es de alto riesgo ya que en este punto se ubica el Patio Garaje y es necesario salir de manera semi-perpendicular a la Av. Ciudad de Cali, cruzar 3 carriles y realizar el retorno Norte – Norte los anterior en una distancia cercana a los 100 metros.

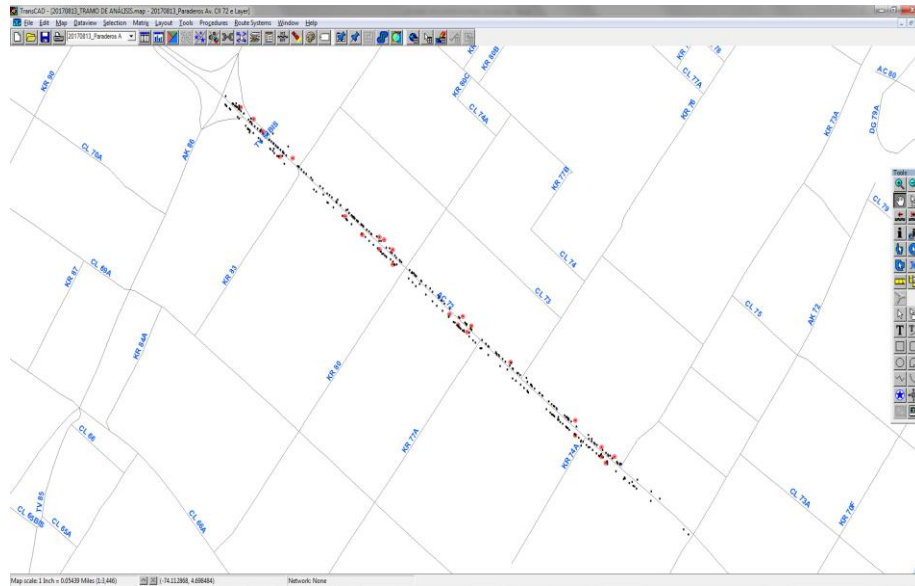


Figura 25. Tramo Evaluado a partir de selección por agrupación de eventos (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del comportamiento general de la accidentalidad en se define la zona 4 como tramo de análisis.



Figura 26. Características del tramo evaluado. (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).

Fuente: Google earth/Street view.

Este tramo está compuesto por una calzada por sentido y dos carriles por sentido, giros a la izquierda e intersecciones, adicionalmente no tiene bahías en paradero.

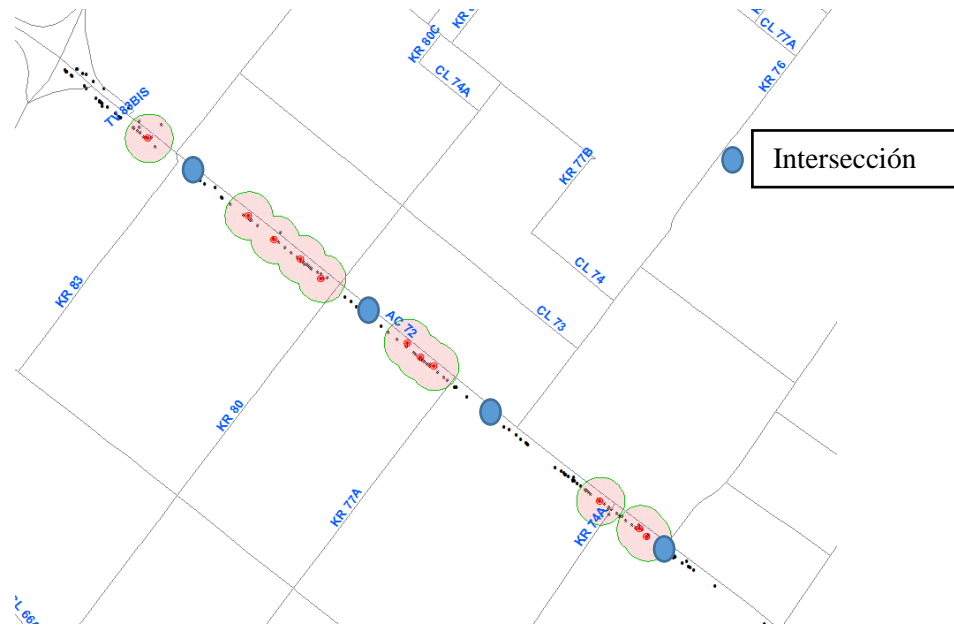


Figura 27. Área de influencia de los paraderos sentido W-E. (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).

Fuente: Elaboración propia.

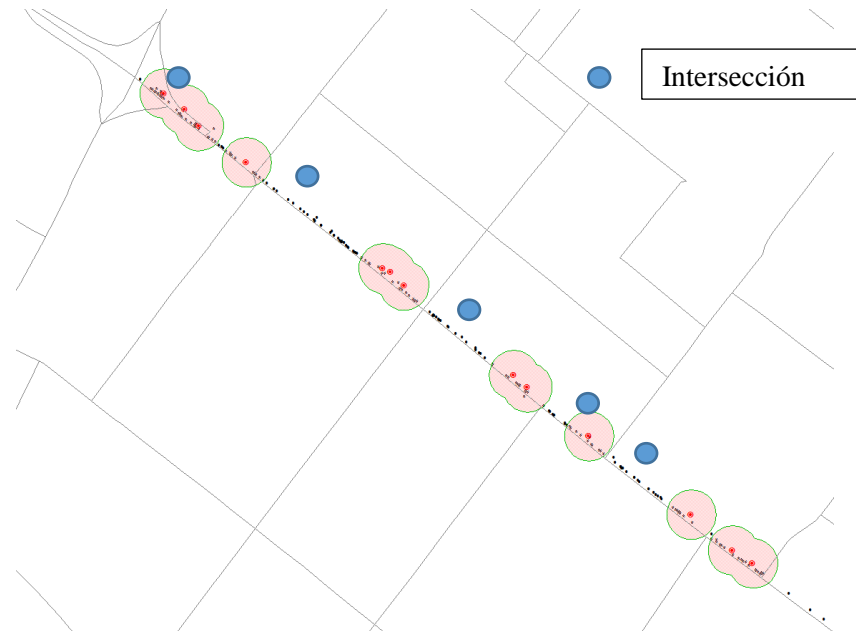


Figura 28. Área de influencia de los paraderos sentido E-W. (Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y Av. Boyacá).

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 27 y 28 muestran un radio de influencia de 40 metros en paraderos, este valor es asumido de acuerdo a las longitudes de las colas, esperas para acceso a paraderos y las maniobras de giro para salidas del mismo. El valor de 40 metros es asumido de acuerdo a las longitudes de los vehículos tipo buseton de 50 pasajeros, esta área de influencia es el área en el cual se considera en el presente estudio que un accidente está asociado a un paradero.

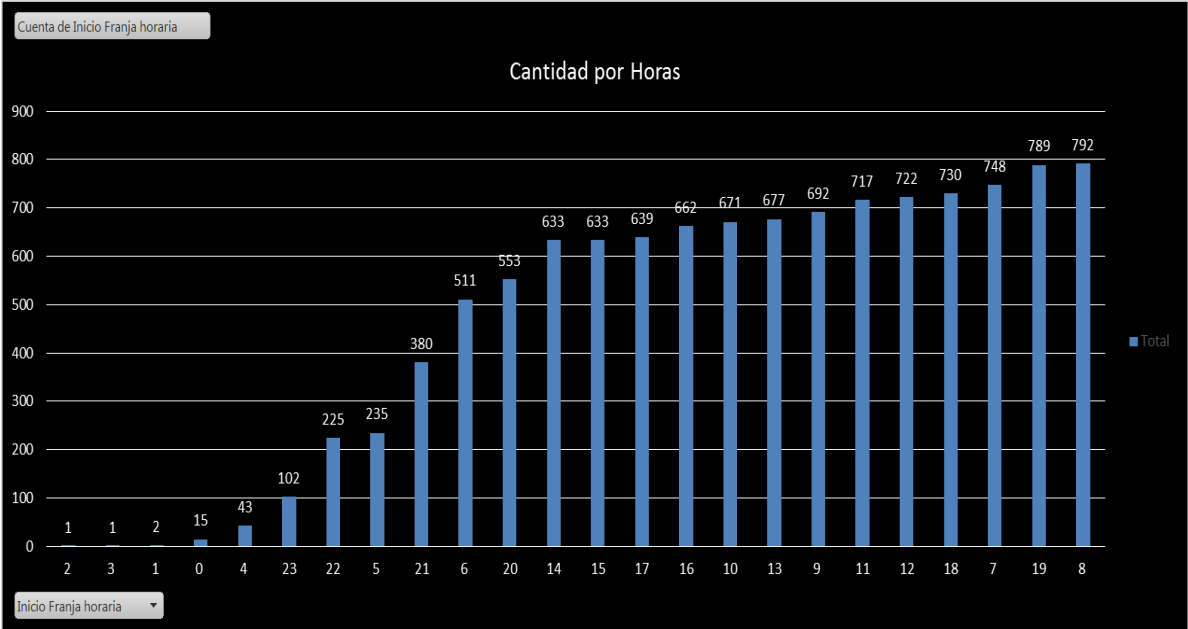


Figura 29. Cantidad por hora del total de eventos.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un conteo de accidentes por franja horaria con el fin de determinar los momentos del día en que los vehículos asociados a la zona de Engativá están expuestos a la accidentalidad.

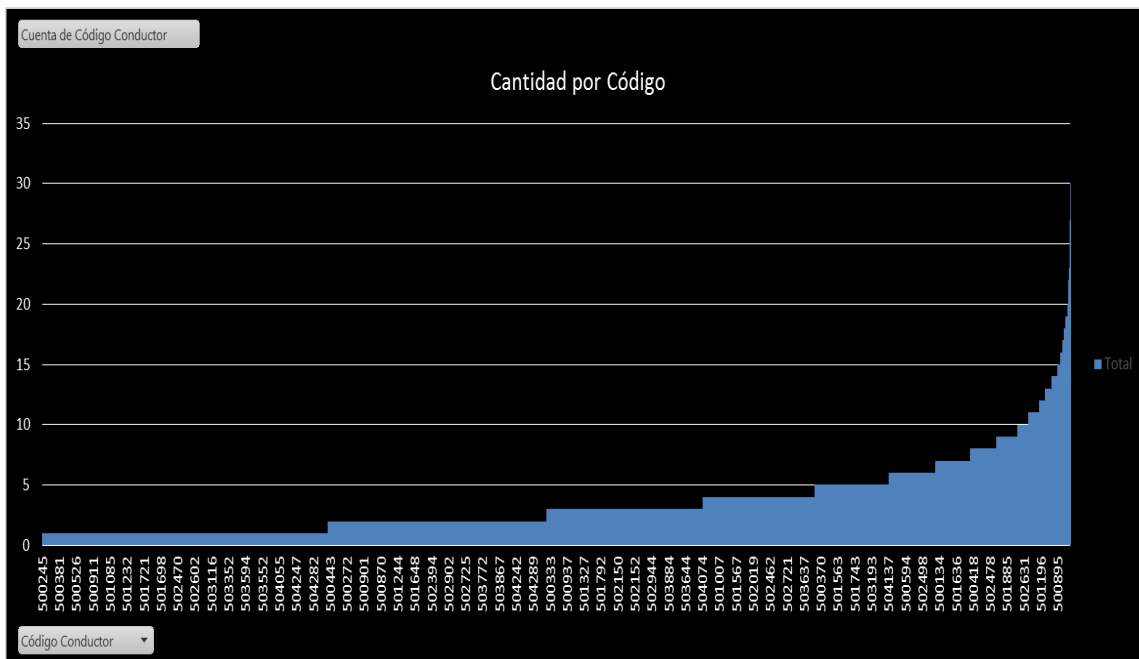


Figura 30. Cantidad por Código interno de conductor del total de eventos.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque no se tiene en cuenta la severidad, se realizó un conteo de los eventos asociados a cada código de conductor encontrando que algunos de ellos superan los 10 eventos (ver figura 30).

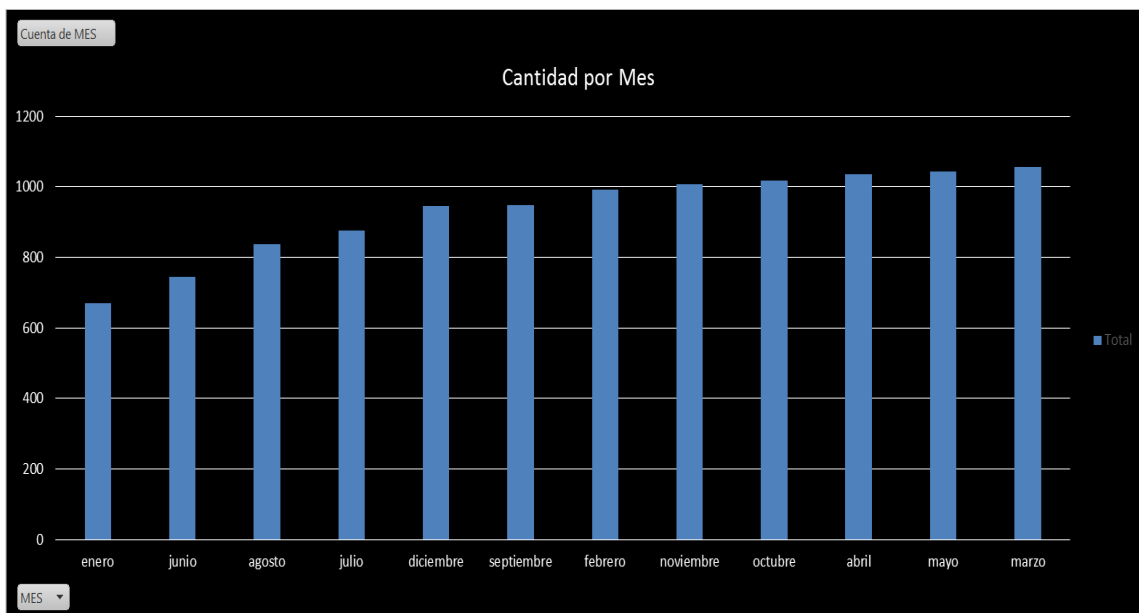


Figura 31. Cantidad por mes del total de eventos.

Fuente: Elaboración propia.

La accidentalidad es una constante en los corredores del SITP, en la figura 31, en el perfil de los eventos por mes, se encuentra que no hay una diferencia significativa dado que en los meses de enero y junio hay una menor cantidad de buses en operación debido al periodo estacional por reducción de la demanda.

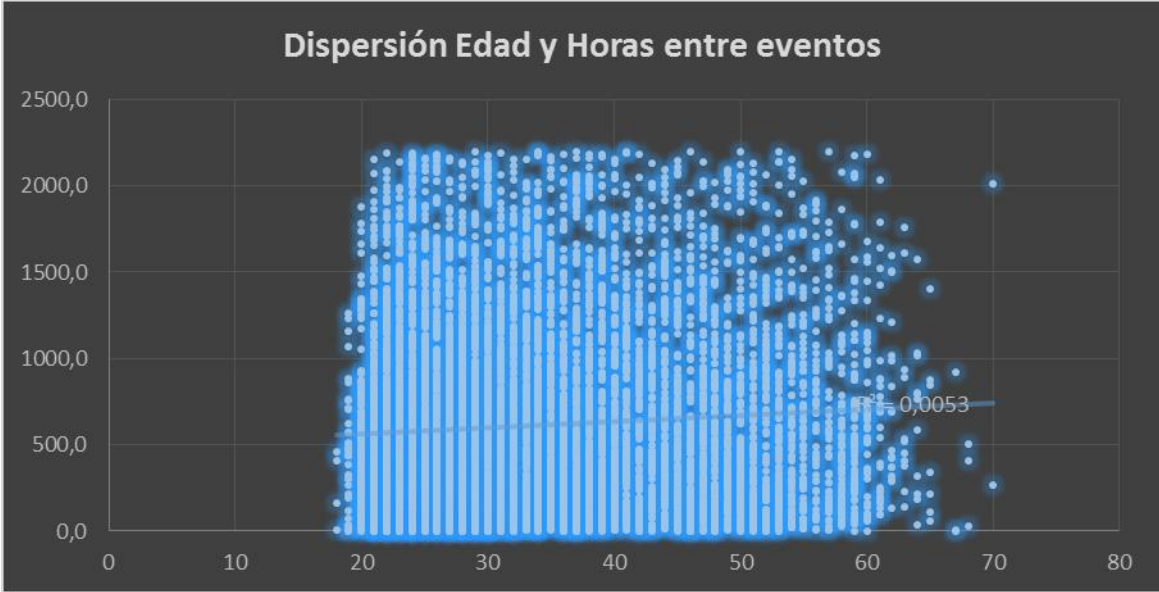


Figura 32. Dispersión de las variables Edad y Horas entre eventos.

Fuente: Elaboración propia.

En la dispersión de las variables edad y horas entre eventos (Figura 32) existe una concentración significativa en las primeras 500 horas de operación y una menor concentración por encima de las 1500 horas entre eventos, de la misma manera se observa que por encima de los 35 años se presenta menor frecuencia de accidentes; sin embargo, el valor de correlación de correlación es 0,07295929.

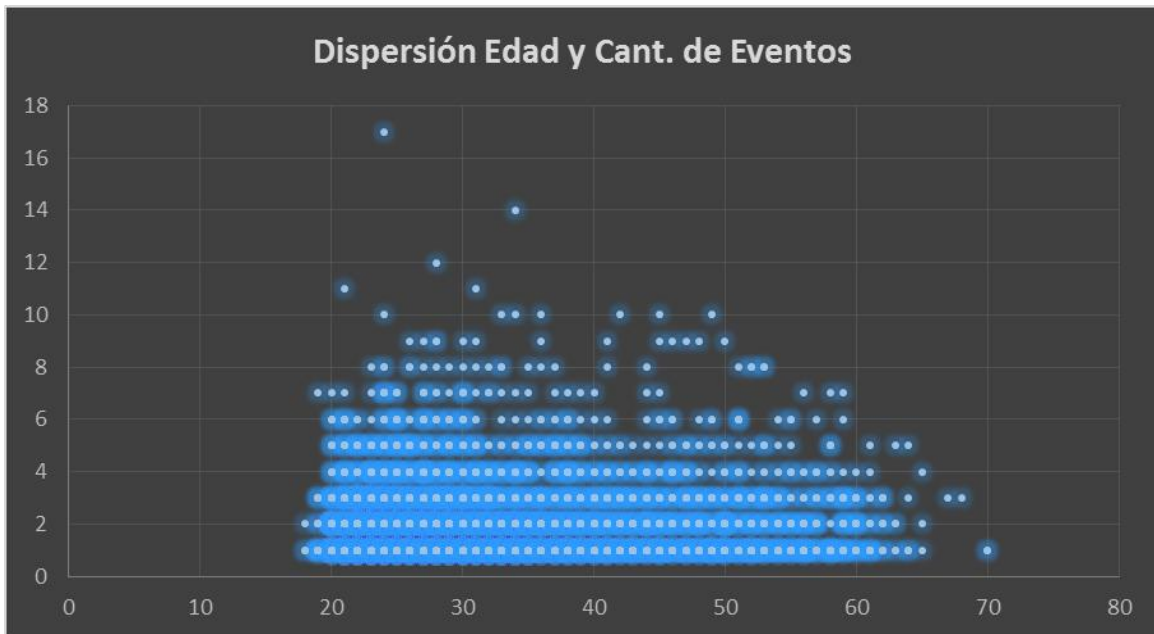


Figura 33. Dispersión de las variables Edad y Cantidad de eventos.

Fuente: Elaboración propia.

Aunque la Figura 33 no es concluyente puede estimarse que un gran porcentaje de personas tendrán entre 2 y 4 accidentes aunque el coeficiente de correlación es $-0,0068939$.

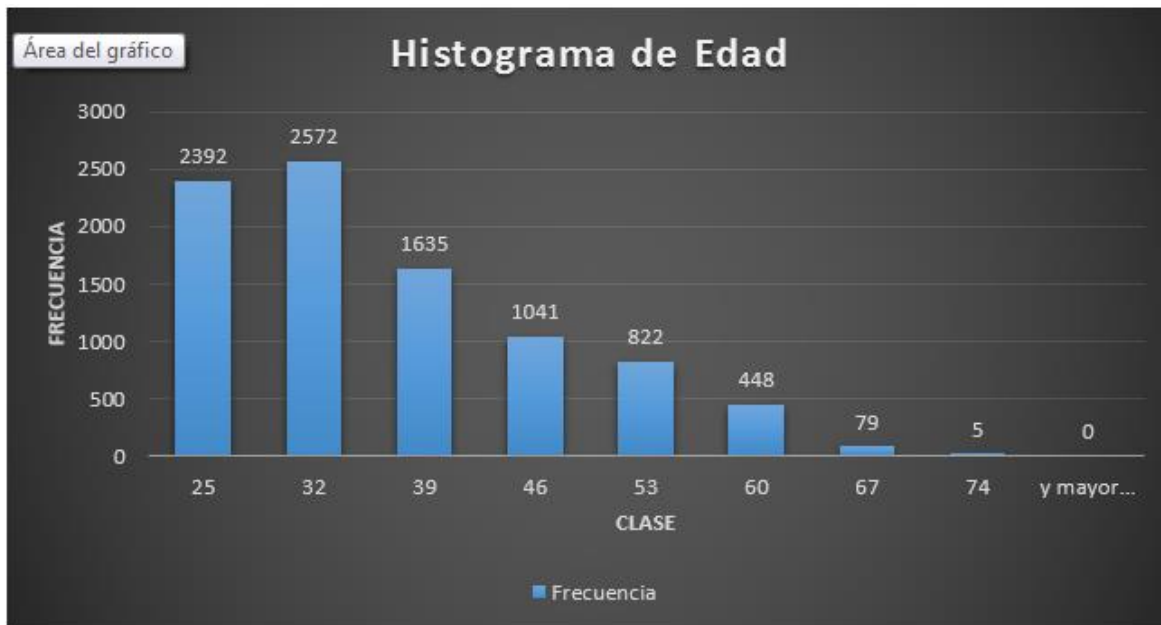


Figura 34. Histograma de la variable Edad.

Fuente: Elaboración propia.

El histograma por edad muestra una alta concentración de la accidentalidad entre los 18 y los 32 años con mayor acentuación en la población entre los 26 y los 32 años.

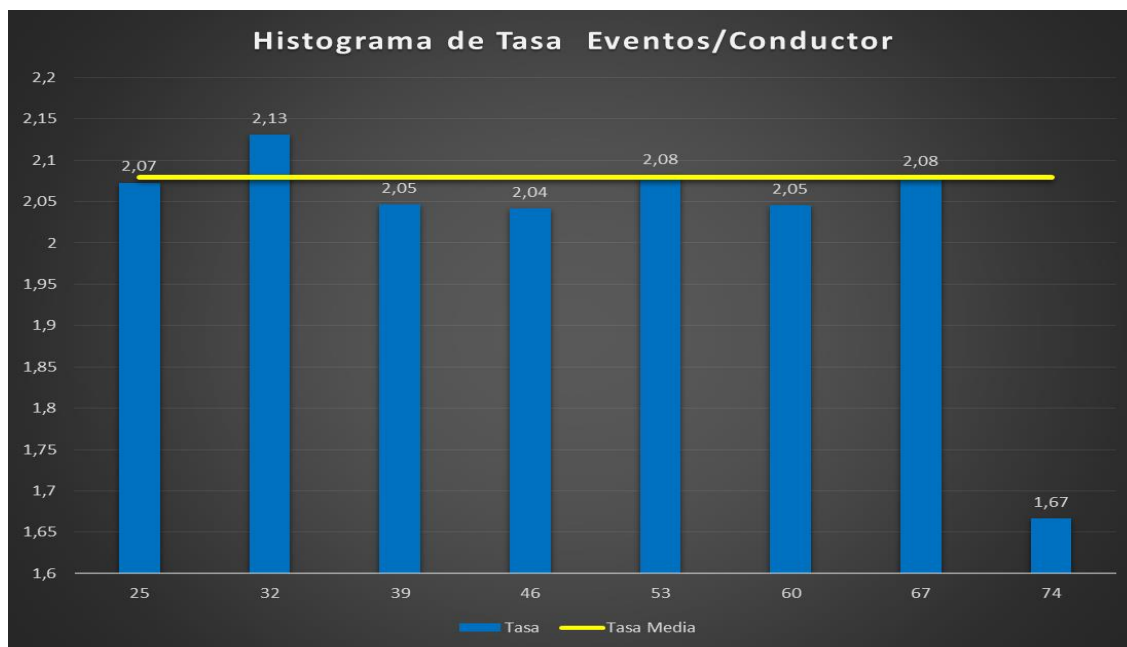


Figura 35. Histograma de la Tasa de Eventos por Conductor.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 35 es consistente con la información suministrada en la figura 34 ya que las mayores tasas de accidentalidad se generan entre los 18 y los 32 años.

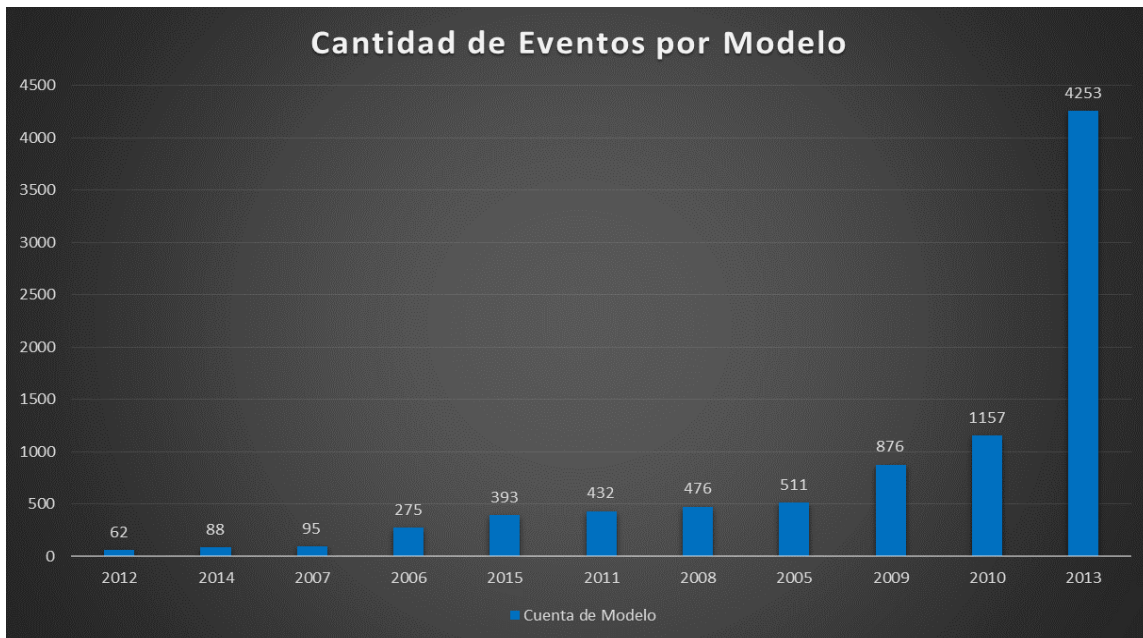


Figura 36. Cantidad de eventos de acuerdo al modelo del vehículo involucrado.

Fuente: Elaboración propia.

La mayor cantidad de eventos se encuentran concentrados en los vehículos de modelo 2013 y esto probablemente puede ser como consecuencia de la cantidad de vehículos en operación del mismo modelo; sin embargo, lo que se pretende resaltar es el hecho de que no son los vehículos de mayor edad los que generan la mayor accidentalidad, pues como se observa en la figura 38 la Tasa de eventos por vehículo para los modelos 2005, 2006 y 2007 es inferior a la tasa media, mientras que para el modelo 2013 es superior a la misma.

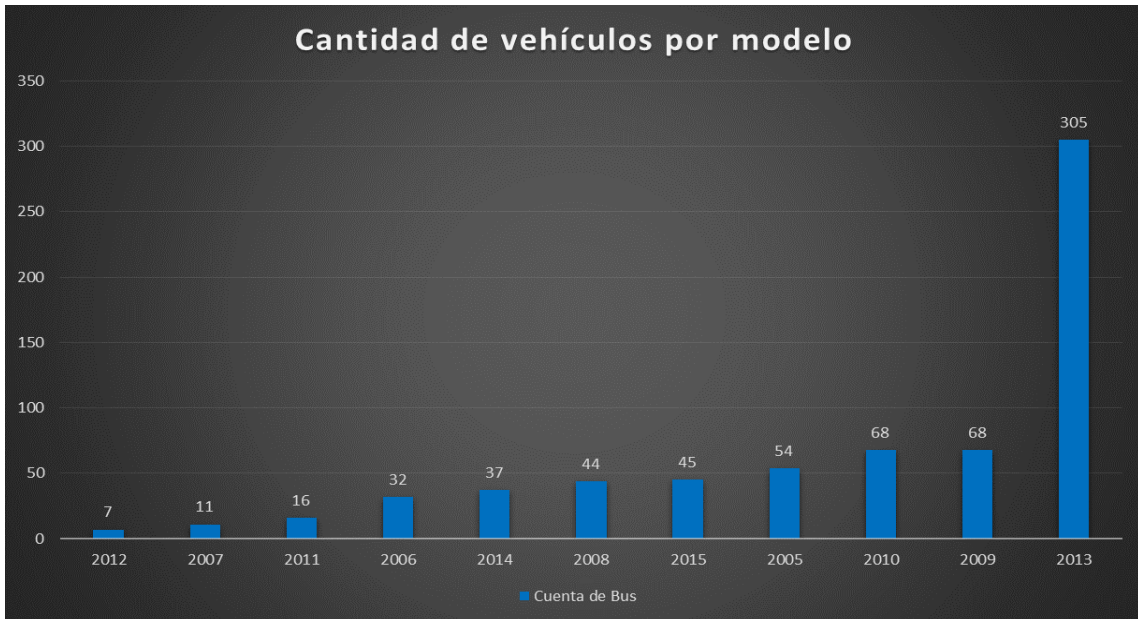


Figura 37. Cantidad de vehículos de acuerdo al modelo.

Fuente: Elaboración propia.

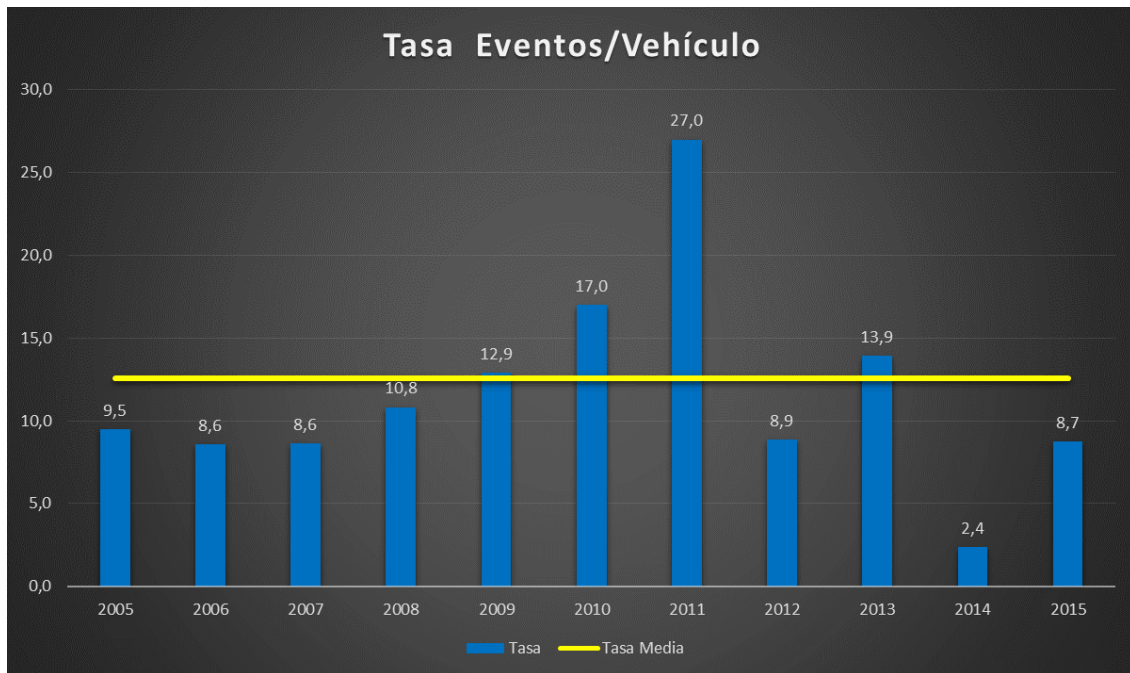


Figura 38. Tasa de Eventos por Vehículo.

Fuente: Elaboración propia.

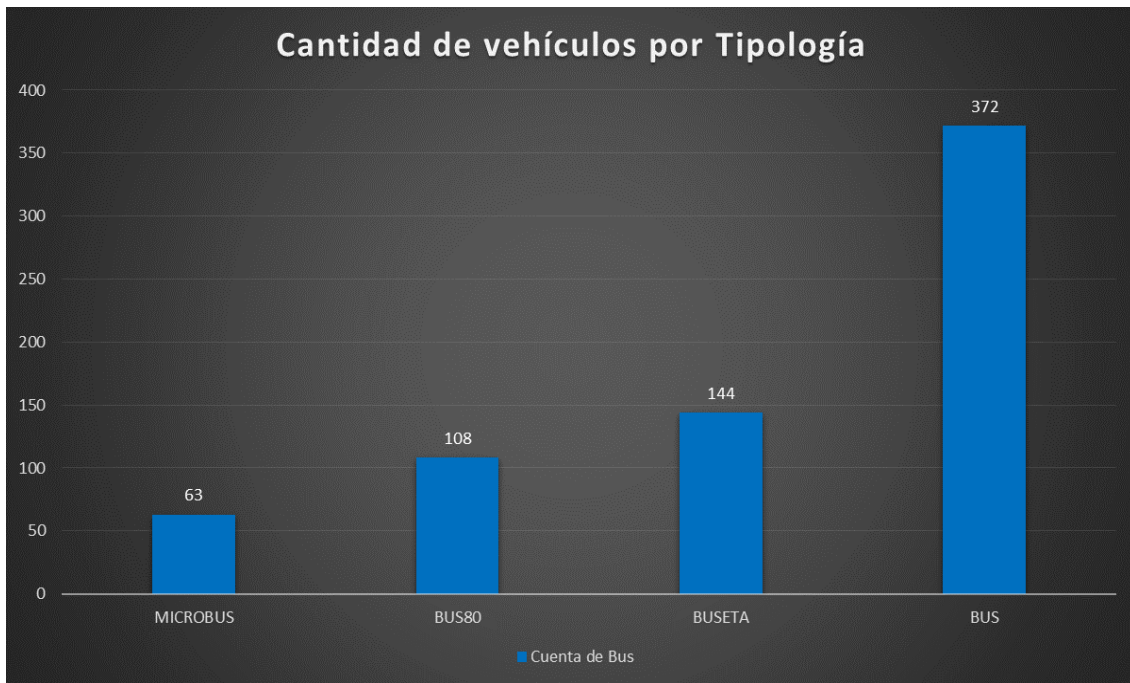


Figura 39. Cantidad de Vehículos por tipología.

Fuente: Elaboración propia.

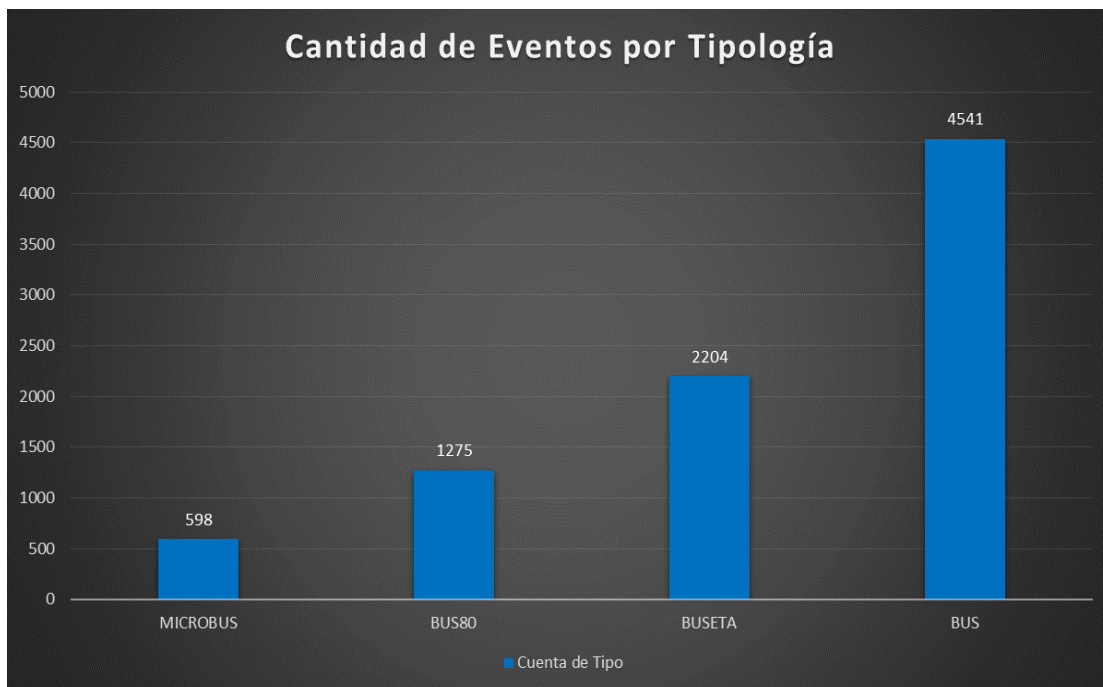


Figura 40. Cantidad de Eventos por tipología.

Fuente: Elaboración propia.

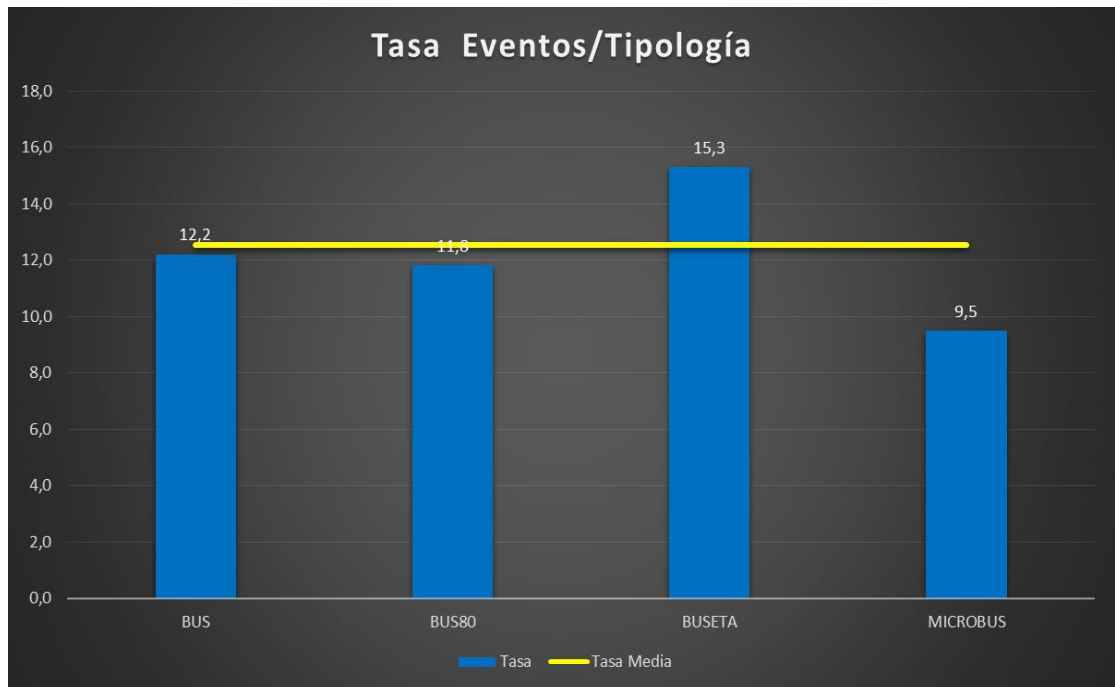


Figura 41. Tasa Eventos por Tipología.

Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 39, 40 y 41 existe un efecto similar donde la mayor cantidad de vehículos son de tipo buseton; sin embargo, la mayor tasa de eventos por tipología se encuentra en la tipología buseta.

Descripción de Datos

Bases de datos generales

La base de datos de accidentalidad fue suministrada por la empresa operadora del tramo analizado la cual contaba con una cantidad de 12.431 registros entre octubre del año 2.012 y junio 30 de 2.017, con el fin de convertirla en una población válida se realizó un proceso de eliminación de datos inválidos por fases.

La primera fase consistió en la eliminación de registros inválidos como: duplicaciones, eventos sin descripción en la columna afectación, coordenadas “X” o “Y” con datos inválidos, columna Posición Real = “No”, Tipo de servicio = ALIMENTADOR” o “TRONCAL”, códigos de conductor inválidos, códigos inexistentes en el reporte de nómina y otros.

Como resultado de este proceso se obtuvo un total de 10.933 registros válidos para la georreferenciación esta información sirvió de base para las condiciones generales de accidentalidad del Sistema Integrado de Transporte Público en el corredor de la Av. Calle 72.

La segunda fase consistió en la depuración y normalización de datos para el análisis de conductores para ello fue necesario la depuración de los siguientes ítems: primer evento de accidentalidad por conductor generado en las primeras 400 horas de operación, valor que se asume de las horas objetivo de trabajo de los dos meses de periodo de prueba establecidos por contrato.

Adicionalmente, con el propósito de normalizar los datos usados para el procesamiento de información relacionada con el comportamiento de la accidentalidad referente al pilar estratégico de comportamiento humano del Plan Nacional de Seguridad Vial para ello se aplicó Boxplot generando una reducción de 606 registros, lo anterior generó un total de 8.994 registros par el análisis.

La tercera fase corresponde a los datos válidos asociados al procesamiento de información relacionada con el pilar estratégico de vehículos, en esta fase se eliminaron registros correspondientes a datos inválidos en la columna código de bus, una vez aplicada la depuración se generó una base de datos resultante con 8.618 datos válidos para el análisis.

De acuerdo a lo anterior se generó una base de datos final con 8.618 datos equivalentes a la población.

Es información fue importada en el sistema de información Geográfico Transcad para la visualización, georreferenciación y construcción de los respectivos mapas de densidad.

Bases de datos de buses

La base de datos de los vehículos relacionados con los eventos de accidentalidad fue suministrada por la empresa operadora responsable de dichos vehículos y con contrato vigente en el Sistema Integrado de Transporte Público.

El análisis de la accidentalidad del presente estudio fue enfocado al transporte público del componente zonal donde se presenta mayor accidentalidad que en el componente troncal o de carril exclusivo, adicionalmente, la proporción de vehículos es cercana a 5 a 1 respecto al sistema de carril exclusivo sin tener en cuenta la capacidad de cada tipología.

Como consecuencia de lo anterior, se eliminó de la base de datos los registros asociados a vehículos biarticulados, articulados, padrón dual, padrón alimentación, y busetón alimentación.

Se generó un listado final correspondiente a 763 registros válidos que permitieron la continuación del procesamiento de la información.

Rutas del Sistema

El shape con el listado de rutas fue suministrado por el área de planeación de la empresa operadora que permitió el análisis de la presente investigación a través del acceso a la información.

La información y trazado de las rutas corresponden a condiciones actuales, una vez se validó la información fue cargada en el Sistema de información Geográfico TransCAD.

Paraderos del tramo analizado

La información de paraderos del tramo de la Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali y la Av. Boyacá se obtuvo de la capa de paraderos manejados en la empresa operadora; sin embargo, aunque en ella se encontraban los datos totales de paraderos únicamente se seleccionaron los paraderos relacionados con el tramo de estudio.

La información resultante fue importada en el Sistema de Información Geográfico TransCAD.

Análisis de Datos

Condiciones Generales de accidentalidad

Una vez procesados y depurados los datos se cargaron a TransCAD, la Figura 10 corresponde al comportamiento general de la accidentalidad de los vehículos asociados a la zona de Engativá que tienen una influencia directa en el corredor de la Av. Calle 72, se crearon mapas de densidad asociando eventos al arco más cercano de la red de transporte y posteriormente se generó un mapa de densidad (zonas demarcadas con color gris), con el propósito de corroborar la tendencia de la información se crearon mapas por año que evidenciaron el comportamiento de la accidentalidad y posibles zonas de riesgo de acuerdo con el ingreso de la flota sujeta al plan de implementación, figuras 11 a 16.

Del anterior procesamiento surgen 7 sectores de riesgo, ver figura 17, ubicados de la siguiente manera:

Sector 1: Calle 64 entre carrera 113B y transversal 112 B bis A y calle 63 entre transversal 112 B bis A y carrera 111C.

Sector 2: Av. Calle 72 entre carrera 106 A y carrera 105 A.

Sector 3: Av. Calle 72 entre carrera 96 y Avenida Ciudad de Cali (Carrera 86).

Sector 4: Av. Calle 72 entre Av. Ciudad de Cali (Carrera 86) y Av. Boyacá (carrera 72).

Sector 5: Av. Calle 72 entre Av. Boyacá (carrera 72) y Av. carrera 68.

Sector 6: Calle 100 entre transversal 21 y carrera 11.

Sector 7: Av. Ciudad de Cali entre calle 13 A y calle 15 A.

En la figura en mención los puntos negros corresponden a eventos de accidentalidad, en rojo la selección de los sectores y en azul el sistema de rutas relacionado con los sectores de riesgo.

Una vez definida la población se estima el tamaño de la muestra con el cálculo de n en poblaciones finitas.

Esto es:

N=Tamaño de la población

E=Error de muestreo

P=probabilidad a favor

Q=probabilidad en contra

Z=Valor correspondiente al nivel de confianza del 95%

n=tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

N=8.618

E=0,05

P=0,5

Q=0,5

Z=1,96 correspondiente a un 95% de confianza

n=368

Posteriormente mediante se realiza un muestreo por conglomerados a partir de los sectores de mayor accidentalidad, este análisis se basó en la información registrada en TransCAD para evaluar los sectores de mayor accidentalidad y la cantidad de eventos en cada uno de ellos, así se obtiene:

Sector 1: Figura 18, 247 eventos.

Sector 2: Figura 19, 81 eventos.

Sector 3: Figura 20, 149 eventos.

Sector 4: Figura 21, 366 eventos.

Sector 5: Figura 22, 361 eventos.

Sector 6: Figura 23, 249 eventos.

Sector 7: Figura 24, 79 eventos.

De acuerdo a lo anterior el sector con mayor cantidad de eventos es el N° 4 con 366.

Supuesto 1: todos los eventos son homogéneos.

Como consecuencia de lo anterior y de acuerdo al valor de n obtenido se observa que el valor de n=368 y el valor de Sector 4= 366 eventos son cercanos, por lo cual se establece el sector 4 como el tramo de estudio de la presente investigación.

En la Figura 25 se observa el tramo seleccionado, en negro se encuentran los eventos asociados a la accidentalidad y en rojo los paraderos del Sistema Integrado de Transporte Público presentes a los largo del tramo.

En el análisis de información no se tuvo en cuenta la severidad y se incluyeron los accidentes, incidentes y percances de acuerdo a la definición del manual de Operaciones del SITP para el componente zonal.

Para las horas en las que más se presentan eventos se tuvo en cuenta horas fijas, no acumuladas ni corridas; la figura 27 muestra la cantidad de eventos por hora acumuladas de forma ascendente.

La cantidad de eventos por mes no es concluyente, sin embargo, en la figura 29 se observa que los meses de marzo, abril y mayo tienen la mayor cantidad de eventos, no es posible encontrar una tendencia.

Gestión Institucional

Protocolo de Capacitación

La compañía Gmóvil S.A.S, cuenta con un procedimiento de calidad para la inducción que hace parte de una serie de estrategias iniciales y específicas para la labor de conducción.

Protocolo de recapitación

Una vez se generan los eventos de accidentalidad y después de generar la causalidad del mismo se procede a aplicar los procedimientos de recapitación aplicados por la compañía o indicados por TMSA o establecidos en el manual de operaciones de TMSA para el componente zonal.

Afectación económica al conductor cuando el evento es su responsabilidad

Como estrategia no se aplican este tipo de sanciones con el fin de estimular el apoyo como estrategia de modificación de comportamientos agresivos en vía, salvo en algunos casos de eventos reiterados.

Manual de Operaciones

En el capítulo 7 del Manual de Operaciones del Componente Zonal del SITP se tratan temas relacionados con la seguridad operacional.

Auditorías en campo

Tanto por parte del concesionario como la interventoría de los contratos del SITP realizan auditorías de acuerdo al tipo de incidencia que se presente con el fin de generar prevención.

Protocolo de Reconstrucción de accidentes

No se evidencia un procedimiento de reconstrucción de accidentes.

Campañas de Prevención

Experiencia del personal a cargo

De acuerdo a la experiencia y conocimiento solicitado por el concesionario.

Plan Estratégico de Seguridad Vial

La empresa operadora cuenta con un PESV.

Actualización de las bases de datos o información relevante en análisis de causalidad

Una vez revisadas las bases de datos se evidenciaron fallas en el proceso de registro de la misma, aun así la cantidad de datos obtenidos eran representativos para optar como población válida, a continuación se relaciona los resúmenes respectivos.

Tabla 9. Depuración de datos Fase 1.

Ítem	Cantidad
Registros totales	12431
Registros Repetidos	107
Sin descripción en Columna Afectación	338
Coordenadas "X" o "Y" con datos inválidos	504
Posición Real = No	176
Tipo de Servicio = ALIMENTADOR o TRONCAL	63
Total Parcial	11243
Códigos de conductor inválidos	70
Códigos inexistentes en el reporte de Nómina	228
Otros	12
Total general	10933
% de datos válidos como población	87,9%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Depuración de datos Fase 2.

Ítem	Cantidad
Registros totales	12431
Registros Repetidos	107
Sin descripción en Columna Afectación	338
Coordenadas "X" o "Y" con datos inválidos	504
Posición Real = No	176
Tipo de Servicio = ALIMENTADOR o TRONCAL	63
Total Parcial	11243
Códigos de conductor inválidos	70
Códigos inexistentes en el reporte de Nómina	228
Otros	12
Sin Evento 1 + horas periodo de prueba	1333
Boxplot	606
Total general	8994
% de datos válidos como población	72,4%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Depuración de datos Fase 3.

Ítem	Cantidad
Registros totales	12431
Registros Repetidos	107
Sin descripción en Columna Afectación	338
Coordenadas "X" o "Y" con datos inválidos	504
Posición Real = No	176
Tipo de Servicio = ALIMENTADOR o TRONCAL	63
Total Parcial	11243
Códigos de conductor inválidos	70
Códigos inexistentes en el reporte de Nómina	228
Otros	12
Sin Evento 1 + horas periodo de prueba	1333
Boxplot	606
Vehículos con códigos incorrectos	376
Total general	8618
% de datos válidos como población	69,3%

Fuente: Elaboración propia

El 30,7% de los datos totales presentaron inconsistencias de algún tipo; sin embargo, se resalta como aspectos positivos la cantidad de información válida registrada que permite procesamiento y análisis.

Periódicamente se realiza un análisis de tiempos de recorrido de cada una de las rutas con el propósito de detectar posibles variaciones en las velocidades.

Comportamiento Humano

En la Figura 28, asociada a las condiciones generales de accidentalidad, se observa que existen conductores con cerca de 30 eventos sin tener en cuenta la frecuencia.

No existe una correlación entre edad y horas entre eventos de acuerdo a lo observado en la figura 30, de la misma forma ocurre entre edad y cantidad de eventos de la figura 31; sin embargo, se evidencia que a partir de los 40 años a mayor cantidad de horas mayor espaciamiento entre eventos.

Se construyó un histograma de Edad con 7 clases y una agrupación de eventos por edad, la figura 32 muestra una acumulación importante de eventos en el intervalo entre 26 y 32 años y ≤ 25 , con el fin de corroborar la homogeneidad de los datos, se construyó un histograma de la tasa de Eventos por Conductor por rango de edad, en la figura 33 se observa que las tasas de cada clase son consistentes con el histograma de Edad.

Asistencia a jornadas de prevención

El concesionario lleva un registro de las asistencias a las capacitaciones periódicas y especiales con el fin de cumplir las exigencias mínimas de horas de capacitación de cada uno de los empleados por parte de TMSA y las solicitudes adicionales de capacitación.

Experiencia

La determinada por el concesionario en alineación con los perfiles solicitados por TMSA, este ítem no fue posible evaluarlo dentro del procesamiento estadístico debido a que no se contaba con una buena muestra para contemplar esta variable.

Horas de conducción entre eventos

Se calculó la cantidad de horas entre eventos y la cantidad de eventos por conductor de los datos válidos, se descartaron los eventos inferiores a 400 horas asociados al primer evento teniendo en cuenta el tiempo de trabajo del periodo de prueba contractual equivalente a 2 meses.

Clasificación de eventos atribuibles al conductor

De la muestra seleccionada equivalente a 366 registros, 106 de ellos corresponden a eventos asociados al pilar estratégico de comportamiento humano con un 36,9% con causalidad asociada a normas de tránsito y exceso de velocidad.

Atención y Rehabilitación de víctimas

Canales de atención

Los traslados de víctimas se realizan con la red de apoyo del distrito; adicionalmente, se cuenta con la línea 123, 195 y comunicación a través de radios instalados en los vehículos del Sistema.

Recursos definidos

Existe un presupuesto definido para campañas de prevención y conciliaciones en eventos de accidentalidad.

Protocolo de manejo de accidentes de tránsito

No se evidencia un tiempo límite de llegada por parte del personal de apoyo en la contingencia generada.

Infraestructura

La figura 26 evidencia el tipo de vía presente a lo largo del tramo evaluado en los dos sentidos E-W y W-E, vía de 2 carriles por sentido sin bahías en zonas de paraderos; adicionalmente, se encuentra paraderos cercanos a intersecciones con distancias inferiores a los 60 metros.

Detalle de la malla vial

A lo largo del tramo en estudio se evidencia un buen estado de la carpeta asfáltica.

Parqueo en vía

El concesionario ha realizado solicitudes de apoyo a la Secretaría de Movilidad para evitar esta problemática aunque se informa poca gestión por parte de esta entidad.

Carriles preferenciales en la zona

No se cuenta con carriles preferenciales en el tramo en estudio.

Vehículos

En las gráficas 35, 36 y 36 se realizó un análisis por modelo o edad del vehículo y aunque la tasa de accidentes del modelo 2.011 supera casi por el doble a la tasa media no posee una representatividad importante, adicionalmente la mayor cantidad de eventos se generan en el modelo 2.013 posiblemente por su representatividad.

Check list

Cada vehículo cuenta con una hoja de registro de novedades, cuenta con 3 revisiones para el inicio de la operación cuando el vehículo sale del patio garaje, la primera realizada por el conductor con un tiempo estimado de 15 minutos, la segunda por parte del personal de operaciones en la salida del patio garaje y la tercera realizada por TMSA o personal de la interventoría.

Planes de Mantenimiento

El concesionario propietario de los vehículos relacionados en la base de datos de accidentalidad cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, periódico y correctivo, de la misma manera se evidencio la programación de vehículos para mantenimiento cercana al 20% diario de los buses en operación.

Edad de la flota

Desde el mes de febrero del año 2017 se inició el plan de reposición de flota por cumplimiento de vida útil, para ello se han realizado modificaciones en la programación de las rutas con el in de dar cumplimiento a las solicitudes contractuales por parte de TMSA.

Tipología de Vehículos con mayor accidentalidad

En las gráficas 37, 38 y 39 se realizó un análisis por tipología de vehículo y aunque la mayor cantidad de vehículos y eventos corresponden a la tipología busetón, la tasa de eventos por tipología más alta corresponde a buseta superando casi por 3 eventos por tipología a busetón.

Clasificación de eventos atribuibles al vehículo

Para el primer semestre del 2017 no existe causalidad atribuible al pilar estratégico de vehículos.

Prueba de Hipótesis

Ho: $P_0 > 0,5$

Ha: $P_a \leq 0,5$

n: 366

x: 205 $p = 0,56$

p_0 : 0,5

q_0 : 0,5

μ : 183

Ó: 0,05

Valor Crítico: $Z_c = -1,64$

Valor prueba $Z_p = 2,30$ aplicando la siguiente fórmula.

$$Z_p = \frac{P - P_0}{\sqrt{\frac{p_0 * q_0}{n}}}$$

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

Lineamientos

Se plantean como lineamientos de Seguridad Vial para la prevención de la accidentalidad vial en los corredores del SITP las siguientes premisas:

El mayor valor es la vida misma.

No se transportan personas se mueve el futuro.

La mayor evidencia del respeto por la vida es el respeto por las normas de tránsito.

Identificar los puntos más críticos de accidentalidad es prevención.

Reforzar la Seguridad Vial en todos los módulos de capacitación.

Realizar campañas periódicas de sensibilización.

Realizar por lo menos 1 campaña de Seguridad Vial en vía, cada 2 meses, en la zona de mayor accidentalidad en ese bimestre y referente al tema relacionado con la causa de los mismos.

Reforzar el plan de Inducción en hábitos de conducción.

A excepción de casos especiales, no rotar los conductores entre tipologías o rutas en las primeras 400 horas de operación.

Involucrar a los diferentes actores de la vía.

De los Objetivos Específicos

Gestión Institucional

Aunque no es concluyente, el no contar con un proceso de reconstrucción de accidentes se reduce la posibilidad de aprendizaje sobre las causas reales de la accidentalidad y la capacidad de realimentación al personal relacionado con el análisis, seguimiento y control de la accidentalidad de las compañías operadoras del SITP.

Aunque en la Columna Causalidad de la base de datos se tiene información de la imputación se sugiere realizar separación entre responsable y causa, por lo tanto se plantea la opción de tener 2 columnas, en una se maneja el Pilar estratégico en el que se enmarca el evento y otra (Causalidad) que registre los comportamientos o variables que influyeron en el mismo, teniendo en cuenta que en un mismo evento pueden influir diferentes pilares y diferentes variables.

Estandarizar los criterios de codificación de causalidad, se sugiere realizar focus group que incluya conductores, personal de la operación y técnicos de control entre otros, el resultado será la causalidad por pilar estratégico con el fin de permitir un análisis multicriterio y como consecuencia una estrategia integral.

Se recomienda el diseño, puesta en marcha y seguimiento de un procedimiento de reconstrucción de accidentes.

Comportamiento humano

Aunque no existe una correlación directa entre la edad y la cantidad de horas de conducción entre eventos, se evidencia que la edad si es un factor que incide en la accidentalidad de acuerdo a la información analizada, para el presente análisis la edad entre 26 y 32 años representa la mayor frecuencia de accidentalidad.

Se recomienda realizar un seguimiento histórico por conductor ya que algunos de ellos están cercanos los 30 eventos.

Se recomienda realizar un análisis detallado de la correlación entre edad >40 y las horas entre eventos con el fin de confirmar las observaciones de la figura 30, mayor tiempo entre eventos por encima de 40 años.

Realizar un análisis de multicausalidad de los eventos asociados a conductores con edades menores o iguales a los 32 años dado que de acuerdo a las gráficas 32 y 33 poseen las mayores tasas |con las mayores representatividades de la población.

Enfocar el diseño de estrategias de prevención al personal con edades inferiores a los 32 años de acuerdo al análisis de multicausalidad sugerido.

Realizar un análisis de causalidad de cada primer evento por conductor generado entre las primeras 400 horas de operación equivalentes a los 2 meses del periodo de prueba, con el fin de reforzar el plan de inducción dado que cerca del 10,7% de conductores tienen eventos durante este periodo.

Atención y Rehabilitación de víctimas

No existe un seguimiento continuo a víctimas que permita la sensibilización como canal de prevención de la accidentalidad.

Infraestructura

Los accidentes a lo largo del tramo analizado y de manera visual en el aplicativo Transcad poseen un comportamiento similar, existe mayor aglomeración de eventos cercanos a paraderos en una vía de 2 carriles por sentido y sin bahías para paraderos.

Existen paraderos cercanos a intersecciones con distancias aproximadas de 60 metros lo que puede ocasionar colas de vehículos y posibles obstaculizaciones de las intersecciones por motivo del ascenso y descenso de pasajeros.

Realizar inspecciones en campo de las condiciones operativas en vía de los tramos presentados en la Gráfica 16 evaluando, velocidad, iluminación, señalización.

Vehículos

De acuerdo a las condiciones generales de accidentalidad analizadas en el presente documento, la edad de la flota no está relacionada con la frecuencia de la accidentalidad; sin embargo, es necesario mejorar la calidad del registro de información en la variable causalidad.

Realizar un análisis de los eventos asociados a la flota de modelo 2.013 atribuible al pilar estratégico vehículos con causalidad mantenimiento o falla mecánica.

Se recomienda realizar un análisis integral para la tipología buseta dada la alta Tasa de eventos que contemple infraestructura en tramos comunes por ruta basados en las 7 zonas de mayor riesgo detectadas en el presente estudio.

De acuerdo a las condiciones generales de accidentalidad analizadas, las horas donde se presenta la mayor cantidad de eventos relacionados con la accidentalidad corresponde a las 7, 8 18 y 19 horas (ver Figura 27), momentos conocidos como horas pico o saliendo de pico para el tipo de día hábil; sin embargo, son instantes donde el 100% de los vehículos del Sistema Integrado de Transporte Público se encuentran en la vía con excepción de casos por fuerza mayor como: mantenimiento correctivo, fallas de última hora, o falta de conductor entre otros.

Recomendaciones Generales

Elaborar de un modelo de pronóstico de accidentes de acuerdo a criterios multivariados, se sugiere tener en cuenta la edad, cantidad de accidentes, cantidad de horas entre eventos y probabilidad o riesgo.

Gestionar una red de apoyo y capacitación de conductores a nivel distrital que involucre una colaboración mutua del sector público y privado que permita contar con un banco de datos para la contratación de conductores líderes en la vía.

De la Hipótesis

Se acepta H_0 .

No se puede afirmar que menos del 50% de la muestra tienen una distancia menor o igual a 40 metros del paradero, con un nivel de significancia del 5%.

De la Teoría al Campo

Es necesario realizar tomas de información de forma periódica en vía que permita la calibración del instrumento de recolección de datos usado para el registro de la información.

Contribuciones de la Investigación

Para el caso del Sistema Integrado de Transporte Público el presente análisis no arroja una correlación entre la edad y la cantidad de horas entre eventos asociados a la accidentalidad tampoco de la variable Edad y cantidad de eventos.

Recomendaciones para futuras Investigaciones

Realizar un análisis de causalidad de los datos asociados a los eventos generados por debajo de las 400 horas de operación.

Mejorar el proceso de registro de la información en especial en ítems como causalidad.

Elaboración de una matriz de riesgos de sectores viales para el fortalecimiento de campañas en vía que involucren diversos actores como peatón, ciclista y motociclista entre otros.

Realizar un análisis detallado de causalidad en el rango de edad entre los 26 y 32 años que permita evidenciar comportamientos que influyan en la accidentalidad.

Realizar un análisis de colas en paraderos cercanos y posteriores a las intersecciones para determinar la tasa de llegada y longitud de la misma de los vehículos que acceden al paradero evaluado.

Bibliografía

Revistas

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, (2016). La importancia del factor humano en la explicación de los accidentes de tránsito. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*. (102), p.16.

CCB. y Universidad de los Andes, (2011). Accidentalidad vial. *Observatorio de Movilidad*. (6), p.27.

CCB. y Universidad de los Andes, (2015). *Observatorio de Movilidad*. (9), p.27.

Libro Electrónico

OMS., (2011). *Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020*.

Recuperado de

http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/plan_spanish.pdf?ua=1

Vargas. D. (2015). *Comportamiento de muertes y lesiones por accidentes de transporte*.

Recuperado de

<http://www.medicinalegal.gov.co/documents/88730/3418907/8.+ACCIDENTES+DE+TRANSPORTE-1+parte.pdf/5e486319-b05d-4ad5-8a25-5f8576fff729>

Artículos de periódicos on line

Redacción Bogotá, (2017). Buses del SITP, involucrados en más de 4.600 accidentes en solo 2016.

El Espectador. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/buses-del-sitp-involucrados-mas-de-4600-accidentes-solo-articulo-674546>

Páginas WEB

Gonzalez y Posada, (2009). www.scielo.org.co. Medellín, Colombia. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n53/n53a09.pdf>.

Icar, FuenteIsaz y Pulpón, (2006). www.publicacions.ub.edu. Recuperado de:

<http://www.publicacions.ub.edu/refs/indices/06677.pdf>

OIT, (2001). *Enciclopedia de la OIT*. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/56.pdf>.

Informes On Line

OMS (2013). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013*. Recuperado de http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf

Ministerio de Transporte (2015). Plan Nacional de Seguridad vial. Colombia 2011-2021. Recuperado de https://www.mintransporte.gov.co/Publicaciones/plan_nacional_de_seguridad_vial.

Libro Impreso

Tamayo, M. (2007). *El proceso de la investigación Científica*. México: Limusa S.A.

Runyan, C. (1998). *Using the Haddon matrix: introducing the third dimension*. Injury Prevention.