

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN GEOMÉTRICA A LA PROBLEMÁTICA
DE ACCIDENTABILIDAD EN LAS QUINCE ZONAS MÁS CRÍTICAS DE
LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

LIZETH PAOLA GÓMEZ RODRÍGUEZ
CAMILO ANDRÉS PINILLA GARCÍA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIRIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2014

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN GEOMÉTRICA A LA PROBLEMÁTICA
DE ACCIDENTABILIDAD EN LAS QUINCE ZONAS MÁS CRÍTICAS DE
LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

LIZETH PAOLA GÓMEZ RODRÍGUEZ
CAMILO ANDRÉS PINILLA GARCÍA

Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil

Director
HERNAN PORRAS DIAZ
Ingeniero Civil, PhD.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIRIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2014

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a Dios por ser el ser inspirador para cada uno de nuestros pasos dados; a nuestros padres por ser la guía, el apoyo y la base de cada acto que realizamos ayer, hoy y mañana; a nuestros hermanos, por brindarnos ayuda y alegrías durante nuestra formación profesional.

También queremos agradecer a nuestro director el Ingeniero Hernán Porras Díaz por la asistencia y colaboración prestada y al Ingeniero Yerly Fabián Martínez Estupiñan por la constante asesoría y seguimiento brindado.

A nuestros amigos, con los cuales nos apoyamos mutuamente en el transcurso de la carrera y que fueron clave fundamental para la culminación de nuestra tesis.

Finalmente a todos los docentes, gracias por el tiempo, por el apoyo y por la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	19
1.1. OBJETIVO GENERAL	19
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. RECOPIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN	20
3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	22
3.1 GRAVEDAD DEL ACCIDENTE	22
3.2 AGENTE INVOLUCRADO	24
3.3 FECHA	25
3.4 RELACIÓN GRAVEDAD DEL ACCIDENTE Y AGENTE INVOLUCRADO	26
4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS	28
4.1 ZONAS CRÍTICAS ACCIDENTES VÍAS INTERMUNICIPALES Y VIADUCTOS	28
4.2 ZONAS CRÍTICAS FASE I	29
4.3 ZONAS CRÍTICAS FASE II	30
4.4 GEORREFERENCIACIÓN DE LAS 45 ZONAS CRÍTICAS POR MEDIO DEL SOFTWARE ARCGIS	31

5. VISITA Y RECONOCIMIENTO DE LOS QUINCE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTABILIDAD	33
6. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES CAUSAS DE LOS ACCIDENTES.....	37
6.1 ENTRADA BARRIO EL DIAMANTE II.....	39
6.2. CARRERA 24 CALLE 33.....	40
6.3 CARRERA 27 CALLE 48.....	41
6.4 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 27	42
6.5 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 15	43
6.6 CARRERA 27 CALLE 34.....	44
6.7 PUERTA DEL SOL	45
6.8 CARRERA 27 CALLE 45.....	46
6.9 CARRERA 29 CALLE 42.....	47
6.10 CARRERA 15 CALLE 45	48
6.11 CARRERA 24 CALLE 34	49
6.12 DIAGONAL 15 CALLE 56	50
6.13 CARRERA 27 CALLE 36	51
6.14 CARRERA 27 CALLE 56	52
6.15 CARRERA 27 CALLE 58	53
7. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN VIAL	54

7.1 ENTRADA BARRIO EL DIAMANTE II.....	55
7.2 CARRERA 24 CALLE 34, CARRERA 29 CALLE 42 y CARRERA 24 CALLE 33	56
7.3 CARRERA 27 CALLE 34, CARRERA 27 CALLE 45 Y CARRERA 27 CALLE 48	58
7.4 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 27	59
7.5 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 15	61
7.6 PUERTA DEL SOL	62
7.7 CARRERA 15 CALLE 45.....	62
7.8 DIAGONAL 15 CALLE 56.....	63
7.9 CARRERA 27 CALLE 36.....	63
7.10 CARRERA 27 CALLE 56	63
7.11 CARRERA 27 CALLE 58	65
8. CONCLUSIONES	67
REFERENCIAS	69
BIBLIOGRAFIA.....	70

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Gravedad del accidente por año	23
Figura 2. Agente involucrado por año	24
Figura 3. Total accidentes por meses	25
Figura 4. Relación agente involucrado y gravedad	27
Figura 5. Las 45 zonas críticas de accidentalidad señaladas en la malla georreferenciada de Bucaramanga.....	32
Figura 6. Escenario situación actual entrada al barrio Diamante II	39
Figura 7. Escenario situación actual carrera 24 con calle 33	40
Figura 8. Escenario situación actual carrera 27 con calle 48	41
Figura 9. Escenario situación actual avenida Quebradaseca con carrera 27	42
Figura 10. Escenario situación actual avenida Quebradaseca con carrera 15	43
Figura 11. Escenario situación actual carrera 27 con calle 34	44
Figura 12. Escenario situación actual Puerta del Sol	45
Figura 13. Escenario situación actual carrera 27 con calle 45	46
Figura 14. Escenario situación actual carrera 29 con calle 42	47
Figura 15. Escenario situación actual carrera 15 con calle 45	48
Figura 16. Escenario situación actual carrera 24 con calle 34	49
Figura 17. Escenario situación actual diagonal 15 con calle 56.....	50
Figura 18. Escenario situación actual carrera 27 con calle 36	51
Figura 19. Escenario situación actual carrera 27 con calle 56	52

Figura 20. Escenario situación actual carrera 27 con calle 58	53
Figura 21. Aviso de información TCA.....	54
Figura 22. Escenario de solución entrada Barrio El Diamante II	55
Figura 23. Escenario de solución carrera 24 calle 34	56
Figura 24. Escenario de solución carrera 29 calle 42	56
Figura 25. Escenario de solución carrera 24 calle 33	57
Figura 26. Dimensiones semáforo	57
Figura 27. Ubicación del semáforo con temporizador decreciente.....	58
Figura 28. Primera alternativa de solución Mesón de los Búcaros.....	59
Figura 29. Segunda alternativa de solución Mesón de los Búcaros	60
Figura 30. Alternativa final de solución Mesón de los Búcaros	60
Figura 31. Escenario de solución avenida Quebradaseca carrera 15	61
Figura 32. Escenario de solución carrera 17 con calle 56	64
Figura 33. Escenario de solución avenida Quebradaseca carrera 15	65
Figura 34. Carril de aceleración	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Accidentes reales y accidentes ingresados	20
Tabla 2. Accidentes por meses	26
Tabla 3. Zonas críticas accidentes vías intermunicipales y viaductos	29
Tabla 4. Zonas críticas fase I.....	30
Tabla 5. Zonas críticas fase II.....	31
Tabla 6. Matriz William Haddon	37
Tabla 7. Agente involucrado en los puntos críticos	38

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Equipo UAV	33
Fotografía 2. Avenida Quebradaseca carrera 27	34
Fotografía 3. Carrera 27 calle 34	34
Fotografía 4. Carrera 27 calle 36	34
Fotografía 5. Carrera 27 calle 45	34
Fotografía 6. Carrera 27 calle 48	35
Fotografía 7. Carrera 29 calle 42	35
Fotografía 8. Carrera 24 calle 33	35
Fotografía 9. Carrera 24 calle 44	35

RESUMEN

TITULO: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN GEOMÉTRICA A LA PROBLEMÁTICA DE ACCIDENTABILIDAD EN LAS QUINCE ZONAS MÁS CRÍTICAS DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA¹

AUTOR: LIZETH PAOLA GÓMEZ RODRÍGUEZ
CAMILO ANDRÉS PINILLA GARCÍA²

PALABRAS CLAVE: ACCIDENTABILIDAD, ACCIDENTES DE TRÁNSITO, ZONAS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES, ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN GEOMÉTRICA, INTERSECCIONES VIALES.

DESCRIPCIÓN:

Los accidentes de tránsito se han convertido en una problemática mundial debido al incremento en los índices de mortalidad durante los últimos años, los cuales ponen en alarma a las autoridades encargadas de este difícil ámbito social y de salud pública, sin embargo dichos accidentes son potencialmente prevenibles. La accidentabilidad en Colombia tiene un claro perfil urbano, pues la mayoría de los eventos viales ocurre en las ciudades, de ahí que sea imperativo buscar soluciones eficientes y rápidas para frenar los accidentes en estas zonas de alta densidad demográfica. En este contexto, el presente artículo muestra los resultados de una investigación, en donde se buscó: identificar las quince zonas de accidentabilidad más críticas en la ciudad de Bucaramanga a través del software Arcgis durante los últimos siete años, realizar un análisis y procesamiento de la información obtenida, encontrar patrones sobre la gravedad de los accidentes de tránsito y agentes involucrados, señalar las causas relacionadas con la infraestructura vial y semaforización, con el fin de plantear posibles medidas de mitigación y escenarios de solución con ayuda del software Transmodeler 2.6. Para el desarrollo de estas medidas, se empleó el equipo UAV (vehículo aéreo no tripulado) con el fin de identificar características físicas y geométricas de las zonas de estudio. Con los resultados se espera presentar una serie de propuestas geométricas y de señalización que puedan servir a los entes encargados de la movilidad en la ciudad para que tomen acciones concretas para disminuir el número de accidentes en cada zona identificada.

¹ Trabajo de grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil, PhD.

ABSTRACT

TITLE: ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN GEOMÉTRICA A LA PROBLEMÁTICA DE ACCIDENTABILIDAD EN LAS QUINCE ZONAS MÁS CRÍTICAS DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA³

AUTHOR: LIZETH PAOLA GÓMEZ RODRÍGUEZ
CAMILO ANDRÉS PINILLA GARCÍA⁴

KEYWORDS: ACCIDENT RATES, TRAFFIC COLLISION, ACCIDENT BLACKSPOT, ROAD GEOMETRIC SOLUTIONS, ROAD INTERSECTIONS.

DESCRIPTION:

The traffic collisions have become a worldwide problematic due to increased mortality rates in recent years, which put on alert to the authorities about this difficult social and public health environment, however these accidents are potentially preventable. The accident rates in Colombia have a clear urban profile, because most of the vials events occur in cities, so is imperative to find efficient and fast solutions to stop accidents in these areas of high population density. In this context, this article shows the results of a research in which is aimed to identify areas of the fifteen most critical accident points in Bucaramanga during the past seven years using the software Arcgis, makes an analyses and processing of the information collected, looks for patterns on the severity of traffic accidents and agents involved, identifies the causes related road infrastructure and traffic lights, in order to propose potential mitigation measures and solution scenes using software Transmodeler 2.6. For the development of these measures, the UAV equipment (unmanned aerial vehicle) was used in order to identify physical and geometrical characteristics of the study areas. With the results are expected to present a set of proposals that can serve the institutions responsible for mobility in the city to take concrete actions to reduce the number of accidents in each identified area.

³ Bachelor Thesis

⁴ Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Hernán Porras Díaz, Ingeniero Civil, PhD.

INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tránsito se han establecido en Colombia como la segunda causa de mortalidad violenta durante los últimos años, que arrojan un promedio de víctimas mortales alrededor de 5500 personas por año, según cifras respaldadas por el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses [1]. Aunque se han presentado alternativas para resolver esta problemática, no han sido suficientes debido al incremento acelerado de vehículos en el país, la imprudencia de los agentes involucrados, malos diseños de la infraestructura vial, ausencia total o parcial de señalización, entre otras.

En América Latina, Colombia presenta uno de los índices de siniestralidad más altos (peatones, ciclistas y motoristas) y que la accidentabilidad colombiana tiene un claro perfil urbano: las ciudades colombianas ponen casi el 70% de las muertes por accidentes de tránsito y casi el 87% de los lesionados. Por estos índices es que las principales instituciones de la nación han decidido incluir en el Plan Nacional de Desarrollo la seguridad vial [2].

La Dirección de Tránsito de Bucaramanga registró 2.635 accidentes en el año 2007 y 4.064 en el 2013, lo que indica un aumento del 35.16%; de mantenerse este incremento seguirán en juego los tres factores primordiales del tránsito que son: el ser humano, el vehículo y el entorno [3]. Si los accidentes se reducen los índices de mortalidad en las vías disminuirán y la movilidad mejorará debido a que la mayor parte de los choques se registran en intersecciones concurridas ya sea por falta de señalización, semaforización, imprudencia, distracción de los conductores, consumo de alcohol, altos niveles de velocidad, falta de luces y muchas veces, deterioro o malas condiciones del pavimento. Los datos de accidentes deben ser analizados dependiendo del efecto que generan sobre los usuarios de las vías, el medio de transporte y si las víctimas son peatones o conductores, con el fin de determinar las falencias en el lugar del acontecimiento y definir, con mayor precisión las causas que originan el accidente. [4]

De igual manera, cabe aclarar que la dimensión de las muertes por accidentes de tránsito depende en buena medida de la madurez de la propia sociedad. Hay tantos muertos como la ciudadanía esté dispuesta a soportar, porque los accidentes de tránsito son evitables, no dependen en su mayoría de fuerzas

externas, sino del compromiso político, empresarial, social e individual de cada uno de los miembros de la sociedad. La problemática de accidentabilidad tiene que ver con el nivel de conciencia social, la falta de aprecio por la vida, déficit de cultura ciudadana y el mal acondicionamiento de las vías.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Presentar alternativas de solución geométrica a la problemática de accidentabilidad en las 15 zonas más críticas de la ciudad de Bucaramanga, mostrando los resultados a los entes encargados de la movilidad y seguridad vial de la ciudad.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los 15 puntos más críticos donde se presentaron la mayor cantidad de accidentes durante los últimos 7 años en la ciudad, esto con ayuda del software Arcgis.
- Obtener las imágenes actuales de los lugares con mayor frecuencia de accidentabilidad implementando los equipos UAV y escáner laser.
- Determinar las posibles causas que originaron los accidentes en las zonas más críticas del municipio de Bucaramanga.
- Plantear soluciones en las características físicas de la vía, dependiendo de las causas que originaron los accidentes, usando el software Transmodeler 2.6

2. RECOPIACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE INFORMACIÓN

Los datos de los accidentes ocurridos en la ciudad de Bucaramanga desde enero del 2007 hasta diciembre del 2013 fueron suministrados por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga; dicha información está relación con las cifras del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses en lo referente al número de personas fallecidas después del accidente de tránsito.

Es necesario editar los datos suministrados con el fin de establecer y facilitar el ingreso de los puntos con mayor frecuencia de accidentabilidad al software Arcgis, dicha información se organizó por medio de tablas que contienen los campos fecha, dirección, persona involucrada (peatón, moto, auto, bus, camión) y gravedad (solo daños, con heridos, con muertos).

Debido a la gran cantidad de datos la sistematización, edición y verificación se realizó teniendo en cuenta: la eliminación y corrección de valores no válidos, la consulta de direcciones inusuales y el control de los valores atípicos o fuera de la región de estudio. Teniendo en cuenta lo planteado, se presenta en la “Tabla 1”, el número total de accidentes registrado por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga y el número total de accidentes que se utilizaron como muestra para realizar este estudio por cada año.

Tabla 1. *Accidentes reales y accidentes ingresados*

Año	Accidentes reales	Accidentes ingresados
2007	2.635	2.358
2008	3.078	2.636
2009	3.267	3.001
2010	3.532	3.367
2011	3.982	3.982
2012	4.345	4.344
2013	4.064	4.058

El número total de accidentes de tránsito desde enero del 2007 hasta diciembre del 2013 en la ciudad de Bucaramanga fue de 24.903, de los cuales se utilizaron 23.746 para el análisis y desarrollo de este estudio. Se debe resaltar que, en su

mayoría, la causa por la cual se dejaron por fuera de la investigación algunos accidentes son las incongruencias en los datos suministrados, que en todo caso se reducen a partir del año 2011.

3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La información se procesó con el fin de proporcionar un panorama cuantitativo sobre el comportamiento y tendencia de los accidentes viales ocurridos en la ciudad, para servir de posibles fuentes de estudio para los sectores públicos y privados en su búsqueda de soluciones a los problemas de accidentabilidad que se presentan en el área de estudio.

Un punto crítico de accidentabilidad se puede definir como el lugar (sección, ruta o intersección) que presenta un elevado potencial para que ocurran accidentes de tránsito. Esta probabilidad se puede medir dependiendo de la frecuencia, el número de personas involucradas, la gravedad del incidente o una combinación de estas.

Para realizar un análisis de datos detallado de los accidentes se requiere plantear ciertas variables que faciliten su manejo y permitan conocer su comportamiento [5]. Es por eso que la gravedad del accidente, el vehículo involucrado y la fecha fueron asumidos como los principales factores a estudiar para determinar tendencias.

3.1 GRAVEDAD DEL ACCIDENTE

Los parámetros que se tuvieron en cuenta en la gravedad del accidente son:

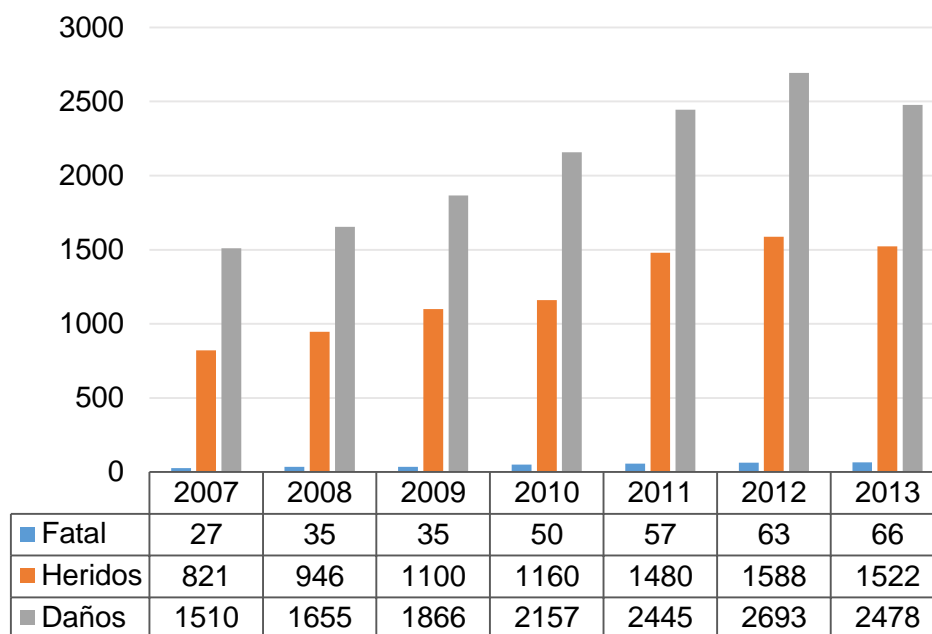
Fatal: es el accidente vial en donde hay pérdida de vidas humanas, y pueden haber heridos y daños materiales que afecten la propiedad del Estado o un particular.

Con heridos: es el choque en el cual se presentan lesionados o heridos pero no hay pérdida de vidas humanas. Pueden ocasionarse daños materiales.

Solo daños: es el percance vial en donde solamente se presentan daños materiales a propiedades particulares o del Estado, tales como vehículos, viviendas, postes, señalizaciones, semáforos, etcétera.

En la “Figura 1” se muestra el número de accidentes por año dependiendo su gravedad.

Figura 1. Gravedad de accidente por año



Fuente: Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

Es importante resaltar que aunque el número de accidentes fatales es muy reducido en comparación con los heridos y daños, es notable el hecho de que, con el transcurso de los años, se incrementa el número de los muertos en las vías. Como ejemplo puntual se tiene que el número de accidentes fatales del 2013 es cercano a 2,5 veces los choques con muertos del 2007, y esto tan solo en siete años, lo cual es un claro indicio de lo urgente que es actuar para frenar estos índices.

Sin embargo, se puede observar que el número total de accidentes se redujo en el año 2013 en comparación al 2012, lo cual se debe tomar como un gran paso y avance de la ciudadanía al grave problema que son los accidentes de tránsito.

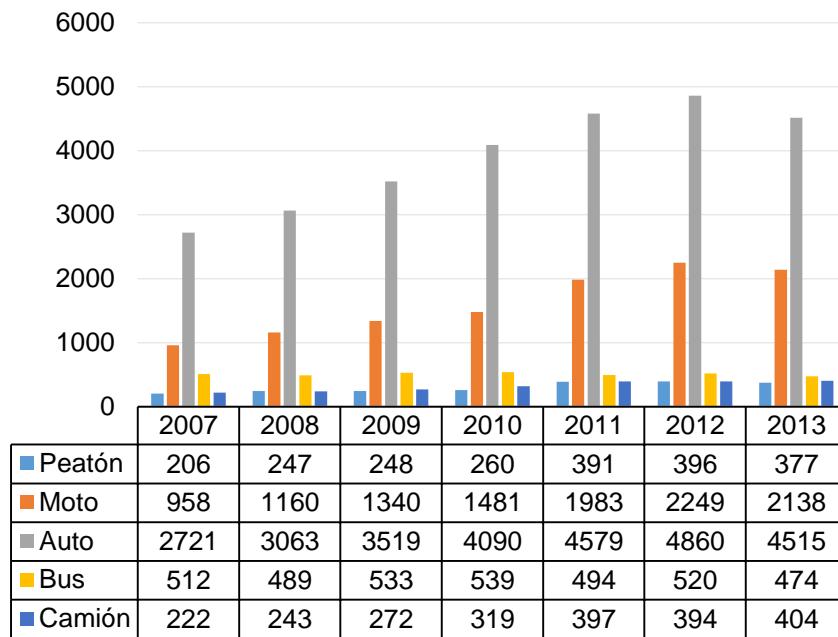
Según la Dirección de Tránsito de Bucaramanga la disminución de accidentes se debe a la ley que sanciona a los conductores imprudentes, a las fuertes multas, a las mejoras y arreglos que se han estado desarrollando en las vías de la ciudad y a las campañas de seguridad vial que se vienen adelantando en el municipio y en todo el país [6].

3.2 AGENTE INVOLUCRADO

Para realizar un análisis de las posibles causas que originan que una intersección sea un punto crítico y qué tipo de población es la más vulnerable a los accidentes en la ciudad, se debe tener en cuenta el tipo de vehículo involucrado. Para este estudio, en particular, se seleccionó moto, auto, bus, camión y peatón como medio de transporte utilizado en la ciudad.

La “Figura 2”, en la cual se muestra el número de accidentes por vehículo involucrado en los años de estudio, es el resultado del análisis de la información obtenida.

Figura 2. *Agente involucrado por año*



Fuente: *Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.*

Las motocicletas presentan un incremento de accidentes del 123.18% en comparación con lo ocurrido hace siete años en la ciudad. Sin embargo, los automóviles siguen siendo los vehículos más involucrados en incidentes de las vías de Bucaramanga con más de la mitad de los eventos viales ocurridos en cada año. Se destaca que, durante el tiempo de estudio, los accidentes en todos los

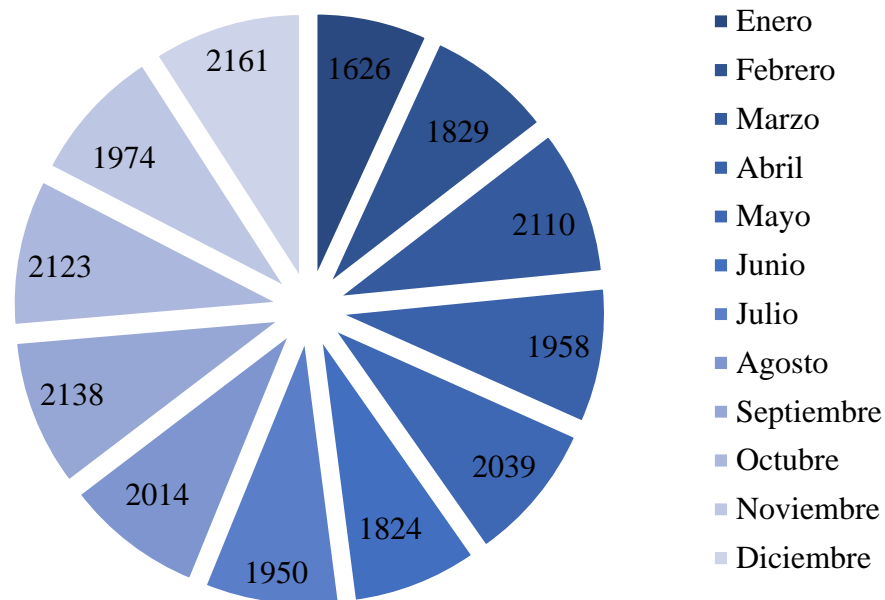
vehículos han tenido un aumento muy considerable, a excepción de los relacionados con los buses que se han mantenido sin muchas variaciones.

3.3 FECHA

La información se organizó a partir de los meses en los que ocurrió cada evento vial. Esto para reconocer ciertos patrones y tendencias que se repiten a través de los años y que están relacionadas con festividades y feriados que se celebran en la ciudad. El análisis de los datos, con base en el tiempo, permite conocer los meses más críticos de accidentabilidad en la ciudad durante los últimos siete años y señalar los periodos de tiempo en donde los accidentes son menores, con el fin de planear obras viales en ellos.

La “Tabla 2” muestra el número de accidentes por mes desde el año 2007 hasta el 2013 y en la “Figura 3” el total de los accidentes por mes.

Figura 3. Total accidentes por meses



Fuente: Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

Tabla 2. Accidentes por meses

Mes	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total
Ene.	145	185	189	230	246	317	314	1.626
Feb.	159	237	203	271	275	376	308	1.829
Mar.	209	256	280	276	340	395	354	2.110
Abr.	218	235	273	232	297	342	361	1.958
May.	178	221	282	291	347	352	368	2.039
Jun.	201	176	237	274	311	321	304	1.824
Jul.	206	227	246	262	331	334	344	1.950
Ago.	173	225	238	289	372	383	334	2.014
Sept.	232	230	270	315	340	383	368	2.138
Oct.	212	209	256	297	406	389	354	2.123
Nov.	203	195	235	303	364	357	317	1.974
Dic.	222	240	292	327	353	395	332	2.161

Fuente: Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

A partir de lo anterior se evidencia que el mes con más accidentes es diciembre debido a las festividades de Navidad y Año Nuevo, además de beneficios salariales como la prima y bonos que promueven el comercio y el tránsito por la ciudad. Seguido del mes de septiembre en el cual se celebra en la ciudad la Feria Bonita, donde el alcohol y el cierre de vías principales causan un aumento en la probabilidad de accidentabilidad en la ciudad. Cabe destacar el gran número de accidentes durante marzo y abril debido a la Semana Santa.

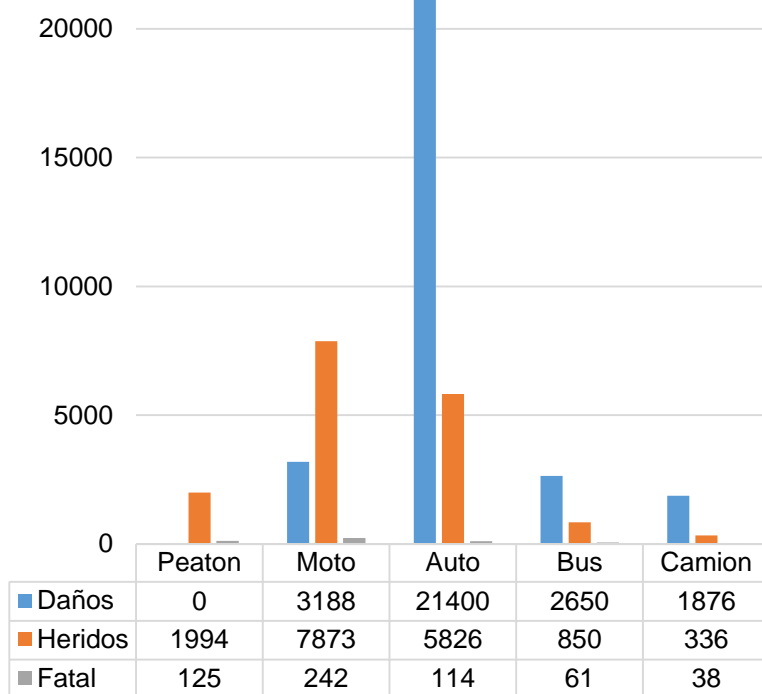
El mes con menos accidentes es enero ya que baja la frecuencia del parque automotor debido a los viajes con diferentes destinos por parte de los bumanguenses. Mes en el cual es pertinente realizar arreglos en la señalización y pavimento.

3.4 RELACIÓN GRAVEDAD DEL ACCIDENTE Y AGENTE INVOLUCRADO

Se considera importante para el estudio, establecer la conexión existente entre los agentes de la vía y la gravedad del incidente, ya que se puede diagnosticar el grupo más propenso a perecer en un accidente de tránsito. En la “Figura 4” se relacionan las variables gravedad del accidente y el agente involucrado para

determinar qué grupo de individuos presenta el mayor índice de mortalidad. Las motos doblan en cifras a los autos en lo que refiere a accidentes fatales y son la que presentan mayor número de heridos en un accidente. Estos índices reflejan la poca seguridad que tiene el medio de transporte de las motocicletas así como la falta de precaución y el exceso de velocidad. Los autos superan 6,7 veces a las motos en daños causados al vehículo.

Figura 4. *Relación agente involucrado y gravedad*



Fuente: *Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.*

Es importante resaltar que los motociclistas y peatones son los agentes con más riesgo de fallecer en un accidente de tránsito y lo alarmante de la situación de los primeros ya que el parque automotor de las motocicletas aumenta progresivamente en todo el país. En los últimos siete años han fallecido más de 580 personas en las vías de la ciudad.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS

Después de culminar el análisis cuantitativo de los accidentes, se procede a determinar las zonas de accidentabilidad de la ciudad de Bucaramanga. Para establecer dichos sectores se hizo un acumulado de la cantidad de accidentes ocurridos en cada dirección desde el año 2007 hasta el 2013, organizándose en orden alfabético para mayor precisión.

A continuación se ingresan las intersecciones con mayor frecuencia de accidentabilidad en el programa de información geográfica ArcGIS. Las coordenadas de estas zonas se obtuvieron por medio del programa Google Earth, organizando la información en tres grupos; zonas críticas fase I, zonas críticas fase II y zonas críticas vías intermunicipales y viaductos.

4.1 ZONAS CRÍTICAS ACCIDENTES VÍAS INTERMUNICIPALES Y VIADUCTOS

En la “Tabla 3” se determinan las quince zonas críticas de las vías intermunicipales y viaductos con el número de accidentes totales generados. Aclarando que el puente viaducto la Flora no se tuvo en cuenta como punto crítico urbano, ya que en diciembre del 2012 se inauguró el intercambiador de Neomundo como posible solución vial a la problemática de accidentabilidad que presentaba esta zona.

La mayor zona de accidentabilidad corresponde al viaducto García Cadena, con un total de 244 accidentes; sumando el kilómetro 1 más el kilómetro 0 de la Autopista Floridablanca se obtiene un total de 455 accidentes, lo que convierte a la vía Bucaramanga-Floridablanca en una zona roja de accidentabilidad. Este hecho se debe, en la mayoría de casos, al exceso de velocidad que frecuentemente se presenta, a la intersección que da entrada al barrio Diamante II y a los embotellamientos constantes en las horas pico.

Las vías intermunicipales y viaductos no fueron objeto de estudio, debido a que los datos suministrados por la dirección de tránsito no especificaban en un gran porcentaje el lugar preciso del accidente, obteniendo como datos a intervenir segmentos de vías muy extensas, en los cuales la mayor problemática son los altos niveles de velocidad y el flujo vehicular.

Tabla 3. Zonas críticas accidentes vías intermunicipales y viaductos

Zonas críticas accidentes vías intermunicipales y viaductos	Total
Autopista Florida viaducto García Cadena	244
Autopista Floridablanca kilómetro 1	230
Autopista Floridablanca kilómetro 0	225
Vía Girón kilómetro 4	175
Autopista Floridablanca puente Provenza	174
Vía Chimita Centroabastos	169
Vía Girón kilómetro 2	165
Vía Girón kilómetro 3	161
Vía Al Mar kilómetro 2	155
Puente viaducto La Flora	146
Vía Girón puente El Bueno	142
Vía Girón Terminal de Transportes	121
Vía al mar kilómetro 1	114
Vía al mar kilómetro 3	75
Vía al mar kilómetro 4	72

Fuente: Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

4.2 ZONAS CRÍTICAS FASE I

El estudio tuvo un enfoque en las 15 intersecciones urbanas centrales o zonas críticas fase I, en la “Tabla 4” se señalan los puntos críticos de la ciudad y el número de accidentes generados por punto.

El punto con mayor accidentabilidad es la entrada al barrio Diamante II, la Carrera 27 marca siete puntos críticos a lo largo de su trayectoria, el Mesón de los Búcaros identificado por la Avenida Quebradaseca con Carrera 27 presenta 109 accidentes debido a la intersección de varias vías.

Tabla 4. Zonas críticas fase I

Zonas críticas fase I	Total
Entrada Barrio El Diamante II	154
Carrera 24 calle 33	123
Carrera 27 calle 48	110
Avenida Quebradaseca carrera 27	109
Avenida Quebradaseca carrera 15	102
Carrera 27 calle 34	102
Puerta del Sol	95
Carrera 27 calle 45	94
Carrera 29 calle 42	94
Carrera 15 calle 45	93
Carrera 24 calle 34	89
Diagonal 15 calle 56	89
Carrera 27 calle 36	86
Carrera 27 calle 56	83
Carrera 27 calle 58	83

Fuente: Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

4.3 ZONAS CRÍTICAS FASE II

Las zonas críticas de la fase II muestran las siguientes quince intersecciones con mayor frecuencia de accidentes, los cuales se muestran en la “Tabla 5” y no hacen parte del presente estudio.

Tabla 5. Zonas críticas fase II

Zonas críticas fase II	Total
Carrera 33 Conucos	82
Carrera 22 calle 105	76
Carrera 1 calle 45	71
Avenida Quebradaseca carrera 17	70
Carrera 23 calle 105	70
Avenida Quebradaseca carrera 33a	66
Carrera 21 calle 36	65
Diagonal 15 calle 55	65
Plaza Mayor Real de Minas	65
Carrera 33 calle 56	63
Carrera 27 calle 54	62
Carrera 28 calle 32	62
Avenida González Valencia carrera 27	61
Avenida Rosita carrera 27	60
Avenida Rosita carrera 17	58

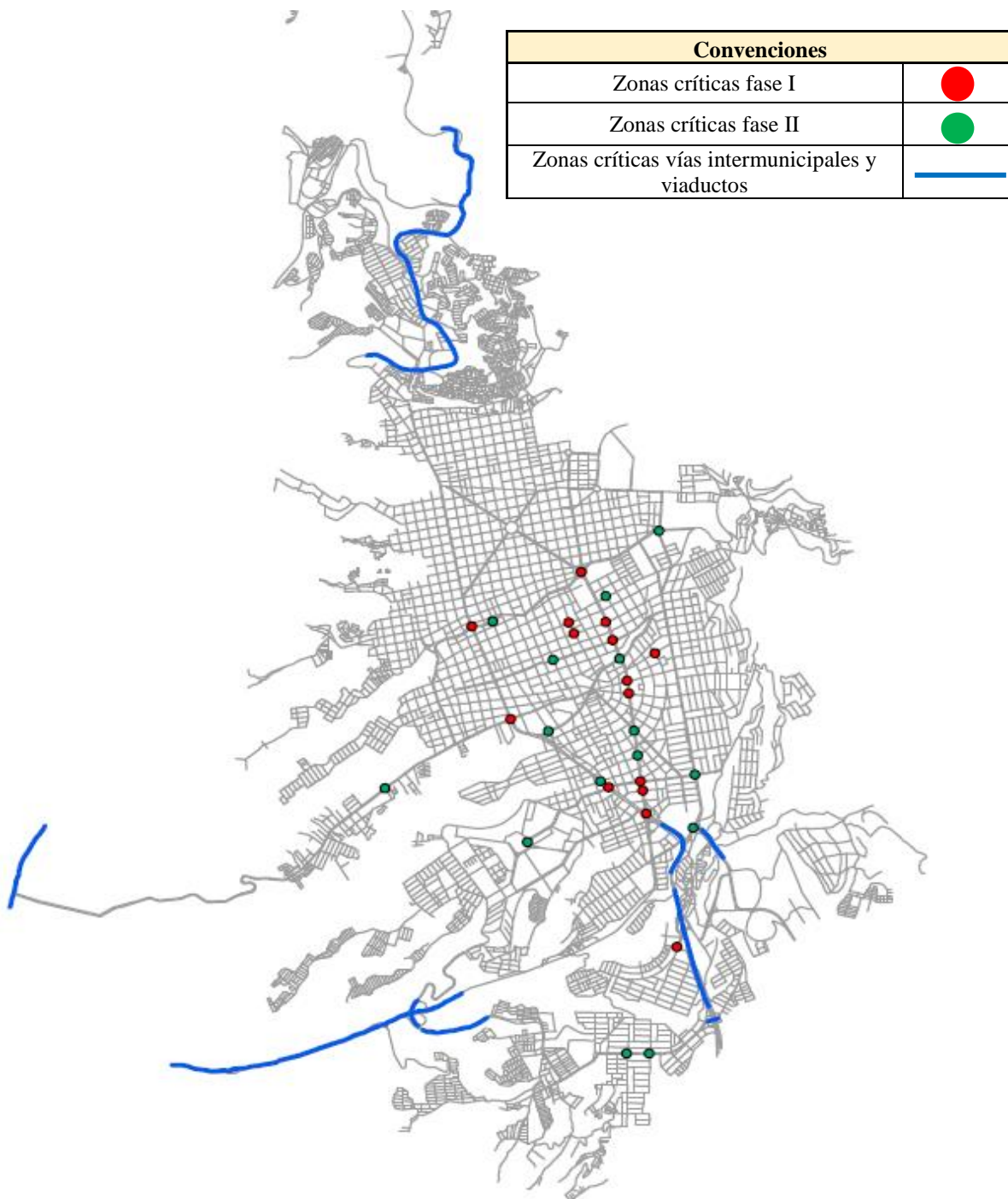
Fuente: Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.

4.4 GEORREFERENCIACIÓN DE LAS 45 ZONAS CRÍTICAS POR MEDIO DEL SOFTWARE ARCGIS

Con el suministro de la malla georreferenciada de la ciudad de Bucaramanga dada por el grupo de investigación Geomática y con los datos de accidentabilidad de la Dirección de Tránsito, se establecieron las 45 zonas críticas de accidentabilidad por medio del programa ArcGIS, como se muestra la “Figura 5”. Estas zonas se especifican por su ubicación (dirección y coordenada) y por el color: roja para las zonas críticas de la fase I, de verde las zonas críticas de la fase II y por último las zonas críticas de las vías intermunicipales de color azul.

La malla esta de color gris y tiene como límites las siguientes vías: vía al mar hasta el kilómetro 4, vía Girón hasta el kilómetro 5, vía Floridablanca hasta principios de Cañaveral, vía a Cúcuta hasta el kilómetro 3.

Figura 5. Las 45 zonas críticas de accidentabilidad señaladas en la malla georreferenciada de Bucaramanga.



5. VISITA Y RECONOCIMIENTO DE LOS QUINCE PUNTOS CRÍTICOS DE ACCIDENTABILIDAD

Con el fin de obtener mayor información de cada punto a investigar, se utilizó el equipo UAV que fue facilitado por el grupo de investigación Geomática para brindar mayor reconocimiento y detalle de las características geométricas de cada lugar a intervenir, en la “Fotografía 1” se puede observar el dispositivo.

Fotografía 1. *Equipo UAV*



El equipo UAV (Vehículo Aéreo no Tripulado) se utilizó para observación, medición, y toma de imágenes en la vista superior, esto para facilitar el planteamiento de escenarios de solución en el software Transmodeller 2.6 y el análisis de las características geométricas de las intersecciones.

El cual se situó en la cancha del polideportivo las Américas ubicado en el barrio Álvarez, donde se programó la ruta de salida del equipo por 7 puntos de la ciudad: carrera 27 con calle 34, carrera 27 con calle 36, carrera 24 con calle 33, carrera 24 con calle 34, carrera 27 con calle 45, carrera 27 con calle 48 y carrera 42 con calle 45, teniendo permanentemente una altura de 200 metros.

El punto crítico del Mesón de los Búcaros se realizó, con anterioridad al estudio, desde la cancha de arena de la Universidad Industrial de Santander, y fue facilitado por el grupo de investigación Geomática. De esta forma, se realizaron ocho tomas de imágenes aéreas en total, las cuales se muestran a continuación.

Fotografía 2. *Av. Quebradaseca carrera 27*



Fotografía 3. *Carrera 27 calle 34*



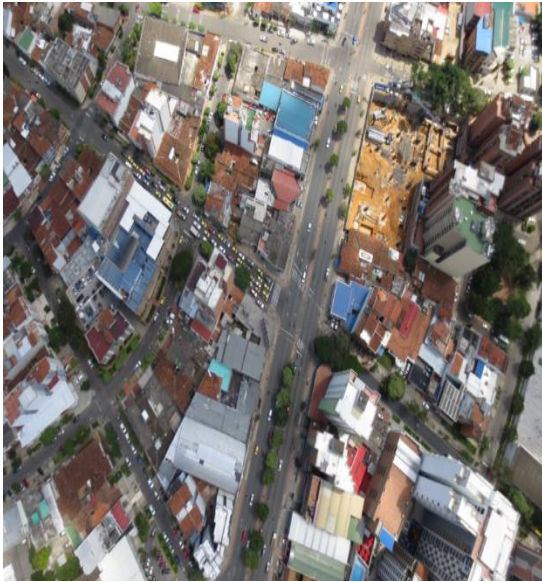
Fotografía 4. *Carrera 27 calle 36*



Fotografía 5. *Carrera 27 calle 45*



Fotografía 6. *Carrera 27 calle 48*



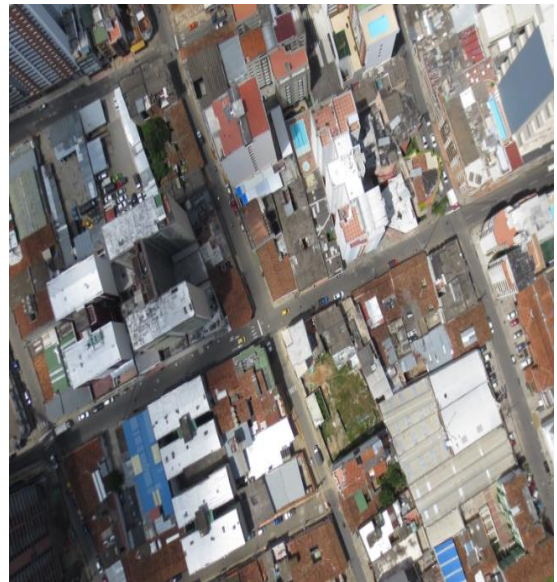
Fotografía 7. *Carrera 29 calle 42*



Fotografía 8. *Carrera 24 calle 33*



Fotografía 9. *Carrera 24 calle 34*



Con la ayuda de este aparato se facilita la obtención de las dimensiones de las vías, localización de los semáforos, señalización de las intersecciones, condiciones del pavimento, radios de giro, pares, posibles giros que pueden realizar los vehículos y demás elementos externos que puedan ser factores que originen accidentes en la vía.

El equipo UAV se utilizó en ocho puntos de la ciudad, para los puntos restantes se obtuvo la información a través de visitas de reconocimiento a estas intersecciones y de programas de libre acceso como Google Street View y Google Earth.

6. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES CAUSAS DE LOS ACCIDENTES

Los accidentes de tránsito se deben entender como el resultado de una cadena de varios factores que preceden al choque y que evolucionan en el tiempo y en el espacio. De ahí, la necesidad en definir la participación de cada uno de los agentes dentro de las interacciones entre el conductor, el vehículo y la vía [7].

William Haddon creo una matriz que facilita identificar las causas y presentar alternativas para corregir las principales fuentes de error o deficiencias en las vías que lleven a ocasionar los accidentes de tránsito [8]. En el Plan Nacional de Seguridad Vial se cita la matriz y se toma como base para el planteamiento de las propuestas de causa y solución debido a la relación que describe entre los factores (humano, vehículo y vía) y las fases del accidente (antes, durante y después) [9].

Tabla 6. Matriz William Haddon

MATRIZ DE HADDON		FACTORES			
		Humano	Vehiculo	Via	Entorno
Fases	Antes del accidente	Edad, consumo de alcohol y drogas, fatiga, experiencia, informacion, actitud, aplicación de la ley, imprudencia	Luces, frenos, maniobrabilidad, control de velocidad, estado tecnico	Señalización, curvas en la vía, intersecciones, estado del pavimento, visibilidad, diseño, vías peatonales	Clima, limites de velocidad, animales en la vía, vehiculos mal estacionados, legislación
	Durante el accidente	Uso del cinturon de seguridad y del casco, edad, discapacidad, consumo de alcohol y drogas	Velocidad, airbag, masa y rigidez del vehiculo, fuerza de impacto, cinturon de seguridad	Objetos en la vía, postes, terraplenes, barreras de seguridad	Cultura sobre el uso del cinturon, casco y demas implementos de seguridad, legislación, limites de velocidad
	Después del accidente	Primeros auxilios, acceso a atención medica, enfermedades previas, edad	Facilidad de acceso, riesgo de incendio, capacidad de extracción, riesgo de explosión	Vías de facil acceso para ambulancia y equipos de primeros auxilios	Hospitales, congestión, servicios de socorro

Fuente: *Elaborada por William Haddon*

Por consiguiente, el planteamiento de las posibles causas se fundamenta en las relaciones de la matriz de Haddon pero también incluye la observación, las

características y falencias en las intersecciones a estudiar, los diferentes resultados hallados con el análisis de información de los accidentes y las imágenes obtenidas a partir de los dispositivos UAV. En el software Transmodeler 2.6 se presentaron los escenarios de la situación actual y la matriz de tráfico utilizada, que se indicaran por cada punto crítico.

En la “Tabla 6” se muestra la relación de cada punto crítico con respecto al agente que se involucró en el accidente, donde “P” es peatón, “M” es moto, “A” es auto, “B” es bus y “C” es camión. Teniendo en cuenta la tabla 6 se procede a establecer las posibles causas más frecuentes en los puntos críticos que son objeto de análisis en este estudio.

Tabla 7. *Agente involucrado en los puntos críticos*

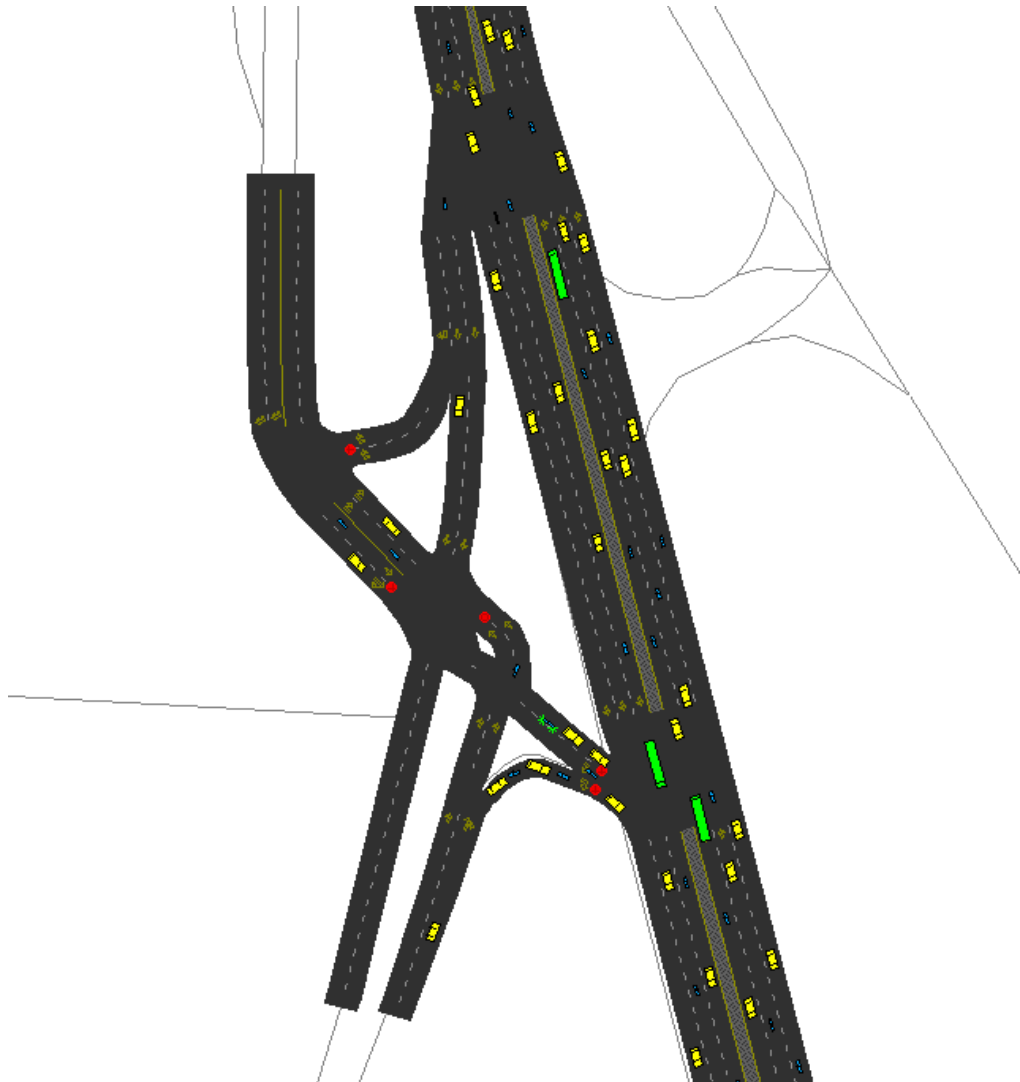
	Agente involucrado				
	P	M	A	B	C
Entrada Barrio El Diamante II	3	82	339	27	7
Carrera 24 calle 33	0	61	173	7	4
Carrera 27 calle 48	3	60	139	6	10
Avenida Quebradaseca carrera 27	6	38	146	13	11
Avenida Quebradaseca carrera 15	6	22	126	25	13
Carrera 27 calle 34	3	41	146	11	7
Puerta del Sol	13	53	111	10	5
Carrera 27 calle 45	8	42	135	2	10
Carrera 29 calle 42	1	35	150	0	2
Carrera 15 calle 45	23	37	88	34	6
Carrera 24 calle 34	1	45	123	8	1
Diagonal 15 calle 56	18	53	94	11	4
Carrera 27 calle 36	3	40	122	10	2
Carrera 27 calle 56	5	32	110	11	6
Carrera 27 calle 58	3	25	119	20	6

Fuente: *Datos de accidentes de tránsito en Bucaramanga 2007 – 2013 de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga.*

6.1 ENTRADA BARRIO EL DIAMANTE II

La zona presenta varias intersecciones y cruces, no hay ningún semáforo en operación, las salidas a la autopista tienen un elevado riesgo debido a las altas velocidades, el número de accidentes incremento a partir del año 2010 por la entrada en servicio del Metrolínea y el aumento del parque automotor, los separadores entre las calzadas son muy delgados y los segmentos de vías para realizar ciertos cruces son muy cortos y angostos.

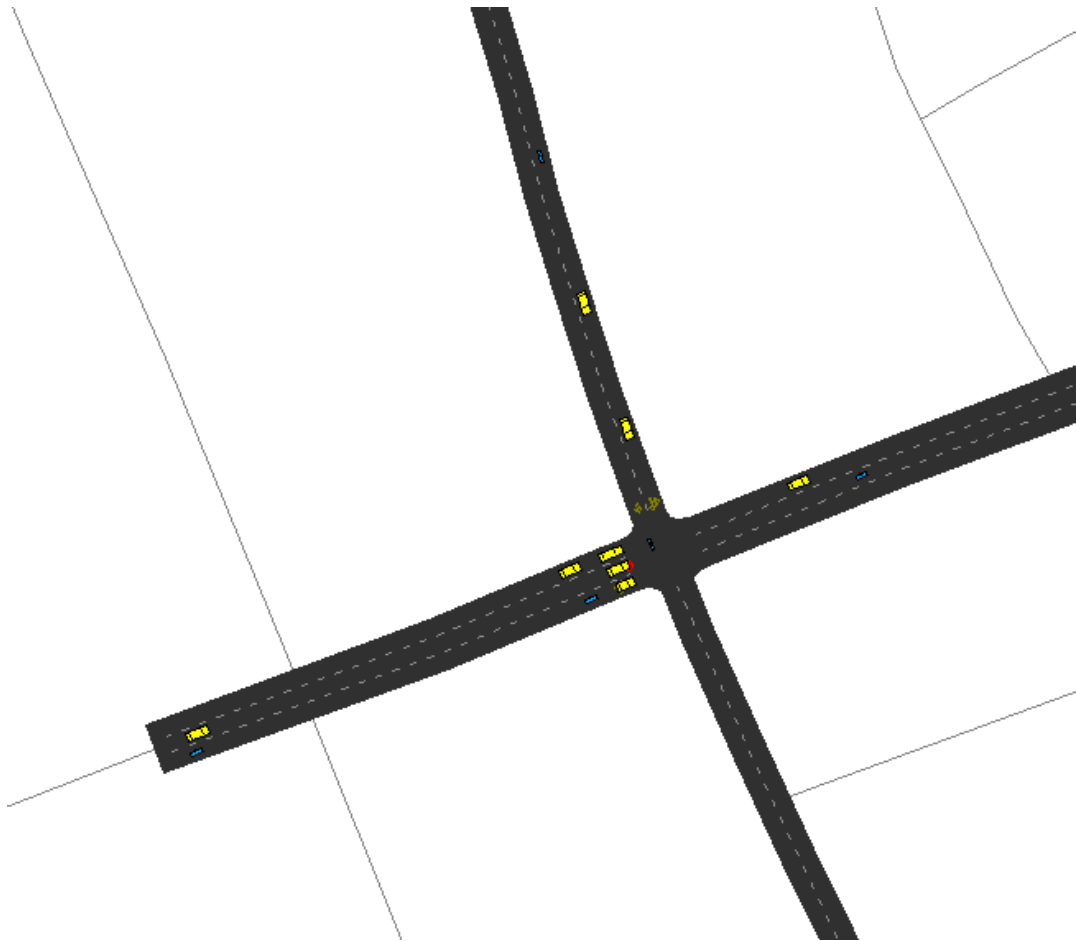
Figura 6. *Escenario situación actual entrada al barrio Diamante II*



6.2. CARRERA 24 CALLE 33

El punto crítico no presenta un semáforo a pesar del elevado número de vehículos que transita diariamente y el ancho del carril de la carrera 24 es muy angosto. La intersección presenta falencias en la visibilidad del cruce debido al poco andén y a las casas aledañas, lo que conlleva a que los conductores expongan parte del vehículo para la observación de los coches que vienen en el otro sentido. En la zona hay una gasolinera que permite la entrada y salida de vehículos en toda la esquina, sumado a la cantidad de vendedores ambulantes que transitan por el sitio y a las altas velocidades, las probabilidades de ocurrencia de un accidente de tránsito aumenten.

Figura 7. *Escenario situación actual carrera 24 con calle 33*



6.3 CARRERA 27 CALLE 48

Esta intersección presenta un constante flujo vehicular lo que genera un enorme riesgo para la ocurrencia de accidentes viales, ya que el carril de la carrera 27 en sentido norte-sur se llena y no permite el cruce de los vehículos de la calle 48. Hay cruces en la zona en donde, a pesar de la semaforización, no hay un paso seguro y protegido para el peatón pues siempre hay circulación de vehículos por la vía. La calle 48 es de tres carriles hasta la carrera 27 en donde disminuye uno, lo que lleva al aumento de las posibilidades de accidentes.

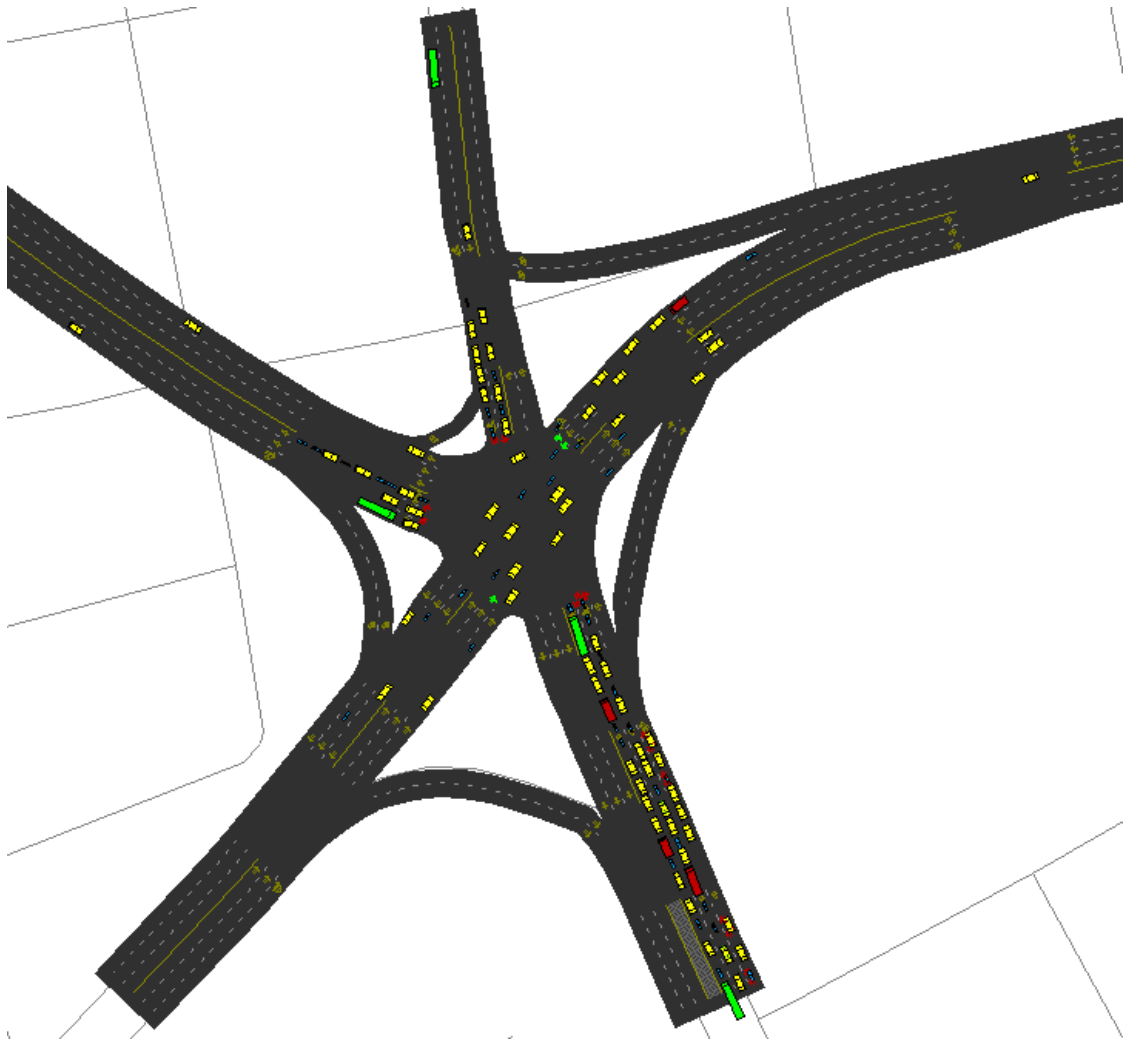
Figura 8. *Escenario situación actual carrera 27 con calle 48*



6.4 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 27

Esta zona presenta la intersección entre tres de las vías más importantes de la ciudad; la avenida Quebrada Seca, Boulevard Bolívar y carrera 27 por lo que el flujo vehicular y la congestión son elevados. Además para facilitar la movilidad en la ciudad se permiten diferentes cruces al mismo nivel lo que aumenta la posibilidad de choques, las velocidades son altas y no hay una forma sencilla para el tránsito de los peatones.

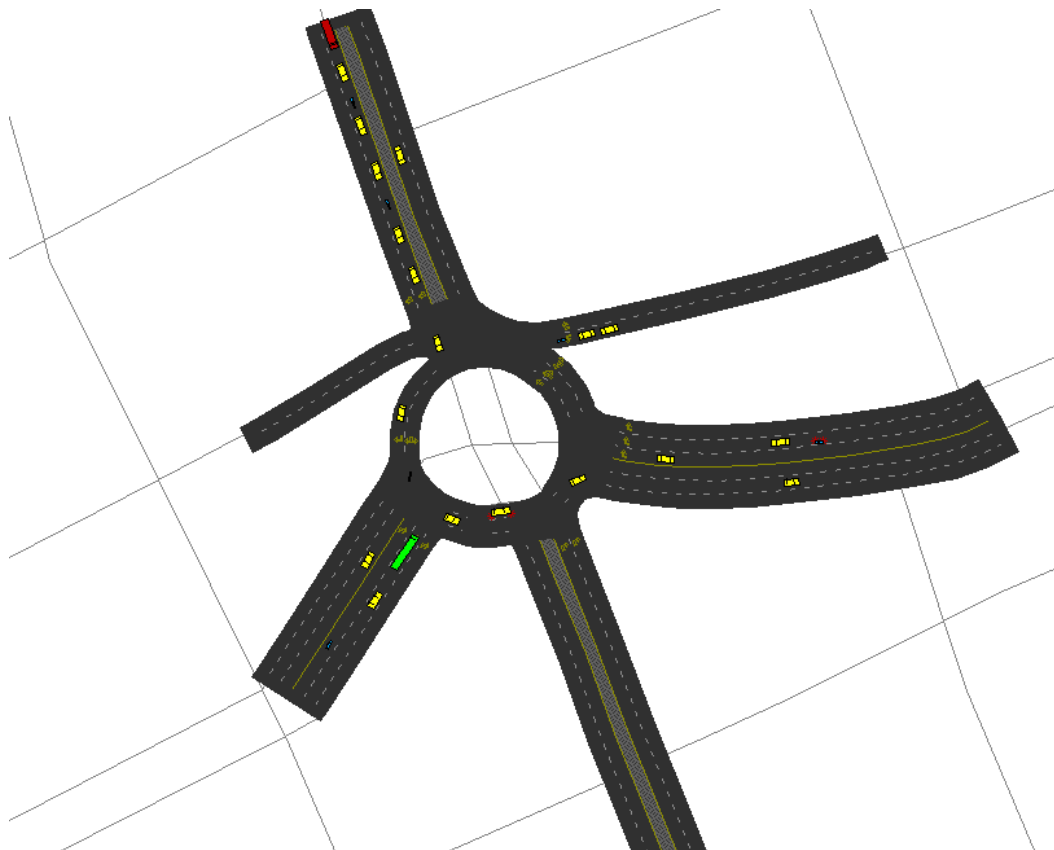
Figura 9. *Escenario situación actual avenida Quebradaseca con carrera 27*



6.5 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 15

En esta intersección se mejoró la movilidad con la inauguración de la glorieta en el mes de diciembre del 2009, sin embargo el número de accidentes se mantuvo en la zona debido a los diferentes cruces, el elevado flujo vehicular y al alto tránsito de buses. La decisión de las autoridades de dar exclusividad del carril de la carrera 15 al servicio de Metrolinea disminuyo los accidentes a lo largo de esta vía pero aumento el flujo vehicular en las vías aledañas incluyendo esta intersección. El cruce de la glorieta a la calle 29 es muy delicado debido al poco espacio disponible en la vía, la glorieta no cuenta con tres carriles a lo ancho de todo su radio debido a problemas en la obtención del predio de Sanautos.

Figura 10. *Escenario situación actual avenida Quebradaseca con carrera 15*

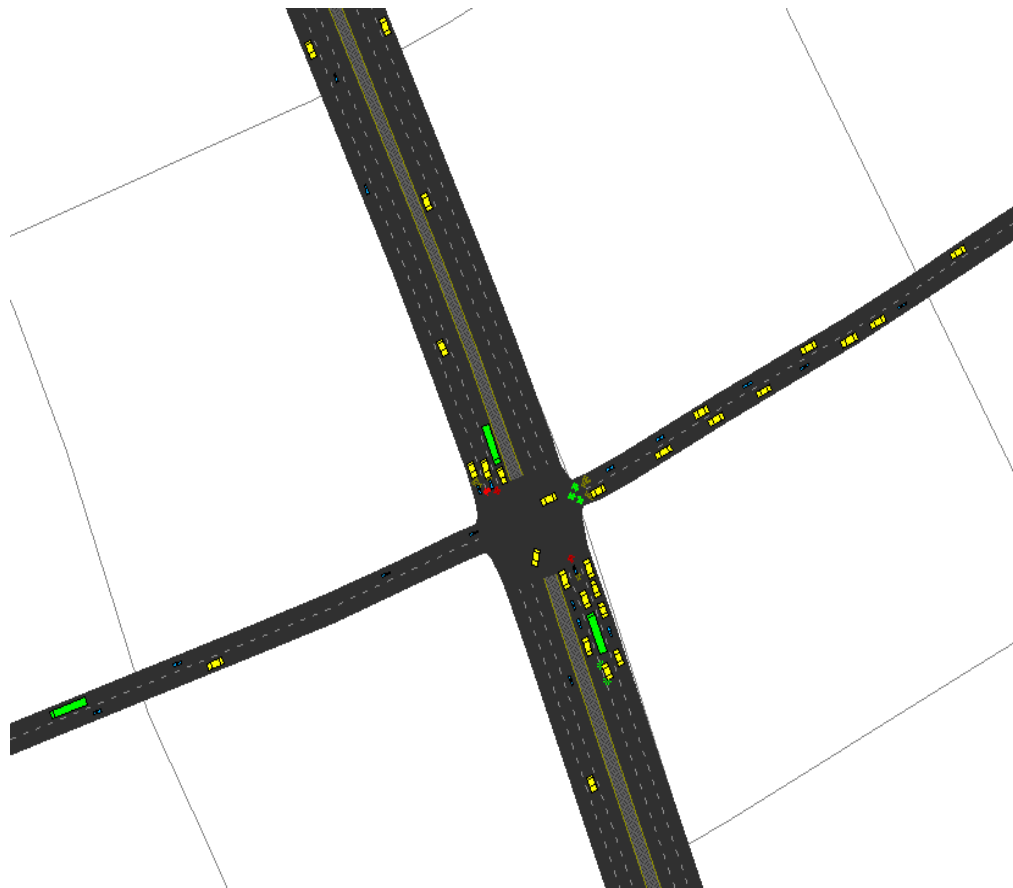


6.6 CARRERA 27 CALLE 34

Una de las principales causas de accidentabilidad en esta zona es el exceso de vehículos que circula por la calle 34 y llega a la carrera 27 debido a que congestionan la vía entre esta calle y la calle 35. El embotellamiento producido impide la circulación adecuada de los medios de transporte y ocasiona grandes probabilidades de accidentes. En esta intersección, los choques con motocicletas son muy frecuentes y pueden deberse a las altas velocidades.

En el separador de la carrera 27 se encuentra ubicado un posta, que puede generar inconvenientes vehiculares ya que está mal posicionado y genera interferencia con el flujo de automóviles, buses, motos y camiones que circulan por la calle 34.

Figura 11. *Escenario situación actual carrera 27 con calle 34*

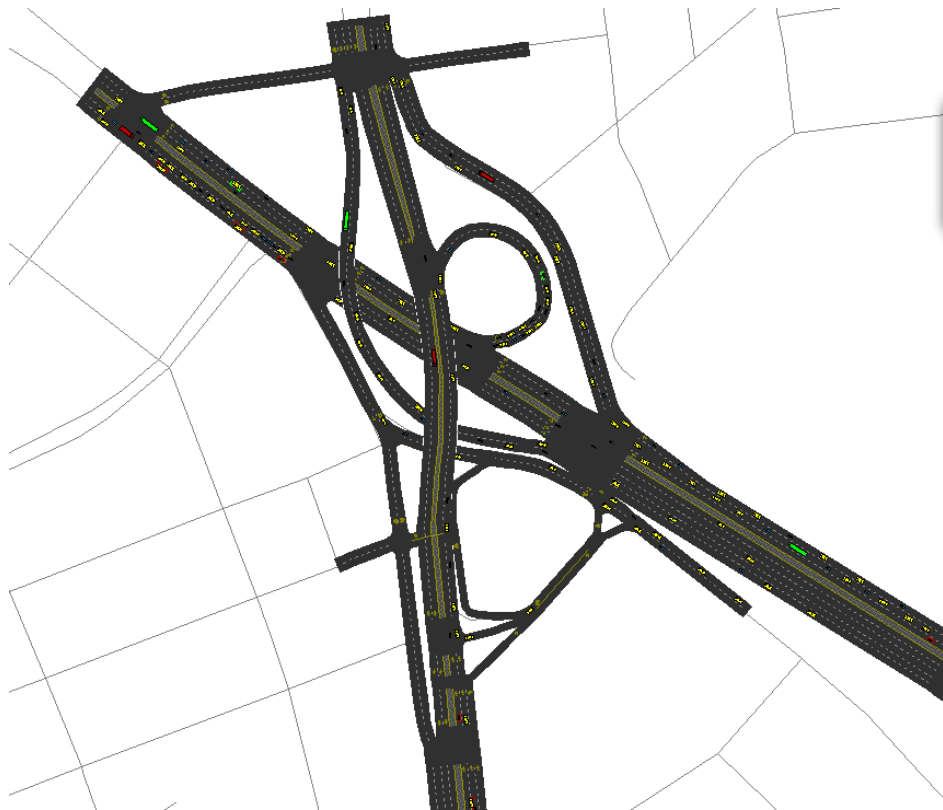


6.7 PUERTA DEL SOL

La cantidad de vehículos, las altas velocidades, las numerosas alternativas de cruces e intersecciones, la insuficiente señalización y los factores humanos son los principales factores que originan los accidentes de tránsito en esta zona de la ciudad.

En esta parte del municipio el flujo vehicular es de los más elevados por lo que se deben brindar todas las condiciones adecuadas para una fácil y segura circulación por parte de los peatones y ciclistas, sin embargo muchas de estas circunstancias no se cumplen y se expone a riesgos en la vía. Otra de las posibles causas es que los conductores no toman el carril indicado con anterioridad en la carrera 27 si su destino es Girón o Floridablanca y solo lo realizan en el momento del desvío.

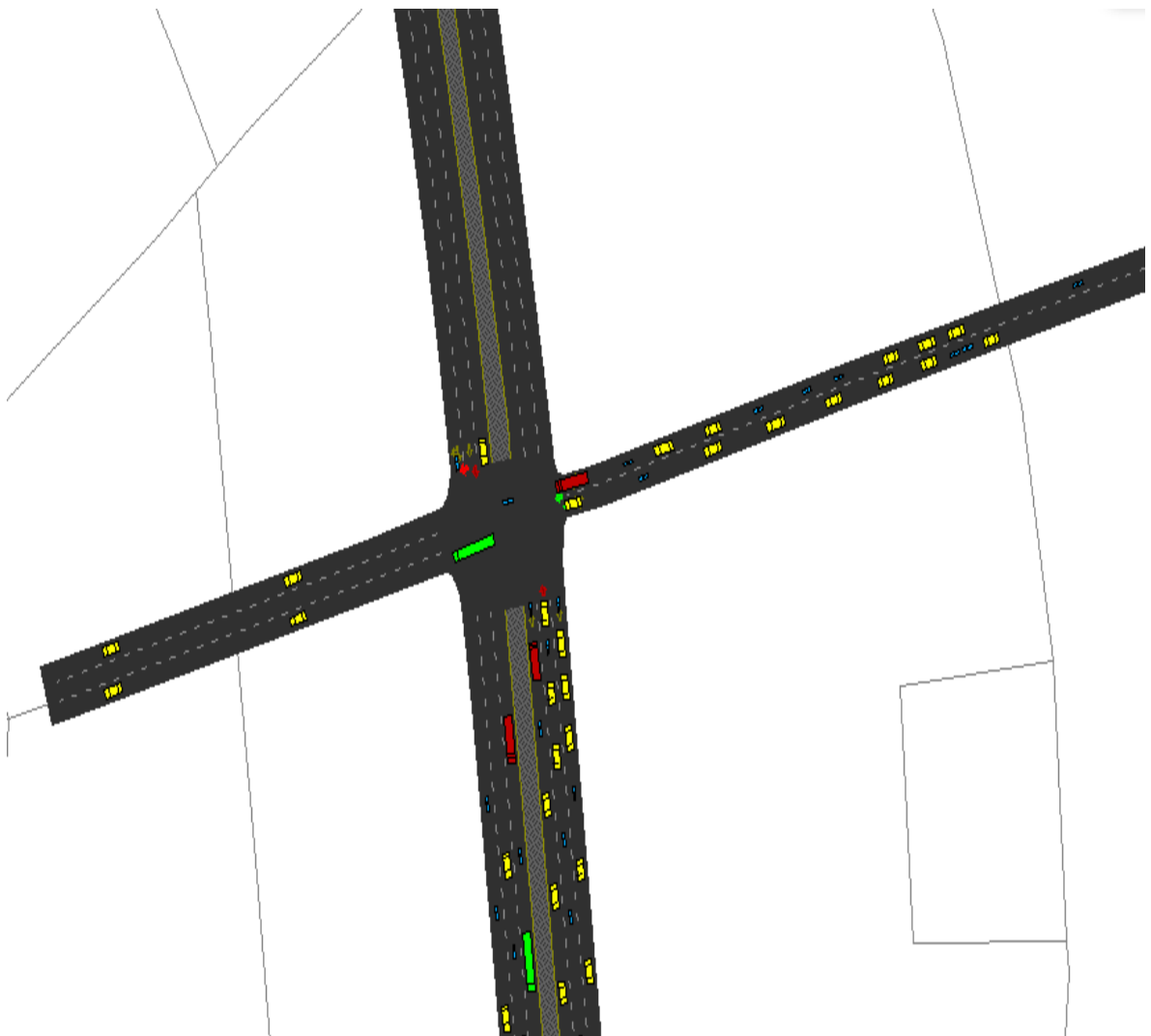
Figura 12. *Escenario situación actual Puerta del sol*



6.8 CARRERA 27 CALLE 45

La zona presenta gran cantidad de accidentes debido al exceso de flujo vehicular que se presenta en las horas pico. La calle 45 viene del oriente con dos carriles hasta la carrera 27 en donde se le añade otro, factor que puede intervenir en las posibilidades de ocurrencia de accidentes. Se presentan cruces en donde no hay un paso seguro y protegido para el peatón pues siempre hay circulación de vehículos por la vía a pesar de la semaforización.

Figura 13. *Escenario situación actual carrera 27 con calle 45*



6.9 CARRERA 29 CALLE 42

Este punto crítico de accidentabilidad en la ciudad se genera debido a la falta de semaforización en la intersección. La constante circulación de vehículos y la cantidad de establecimientos de expendio de bebidas embriagantes debido a las características comerciales de la zona producen riesgos en la incidencia de accidentes. En el lugar hay un auge en la construcción de edificios por lo que la salida y entrada de camiones es un factor a tener en cuenta.

Figura 14. *Escenario situación actual carrera 29 con calle 42*

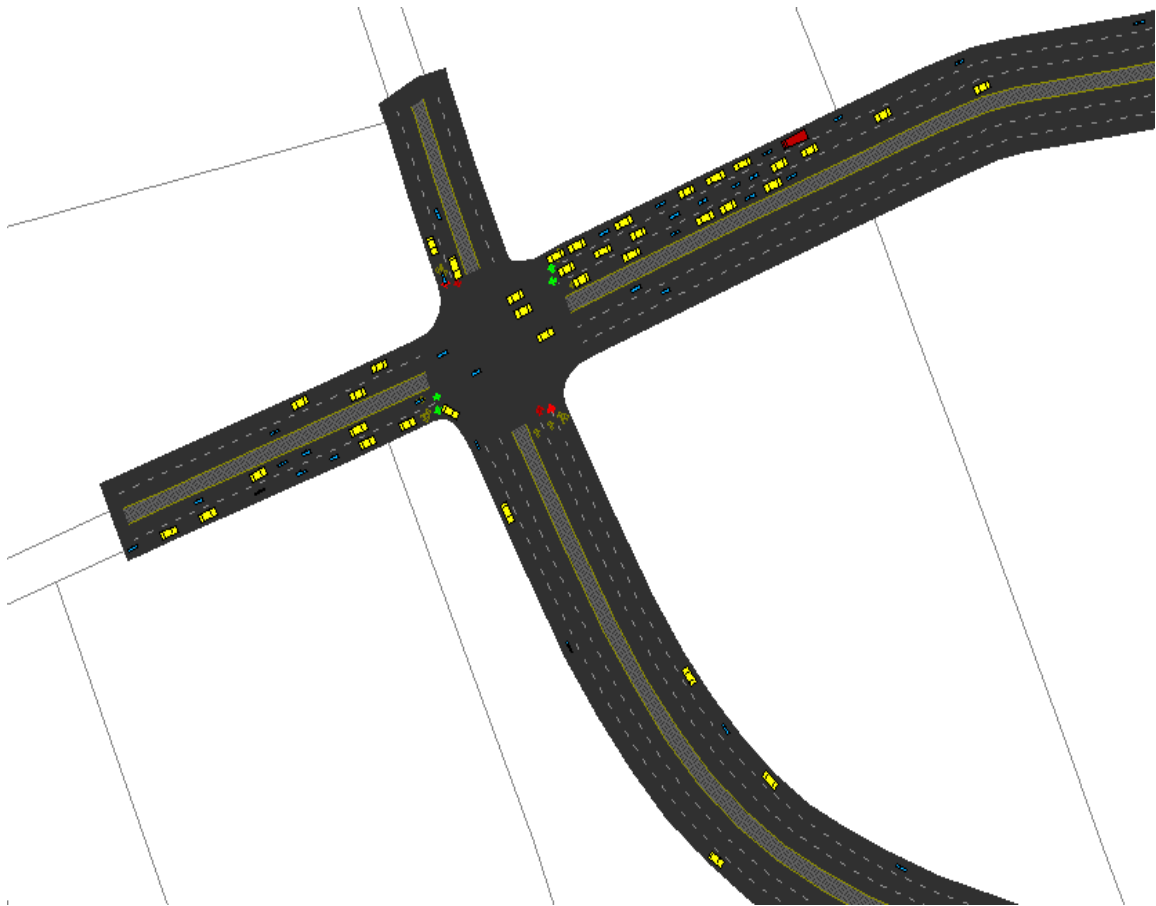


6.10 CARRERA 15 CALLE 45

Este cruce de la ciudad es de los más peligrosos para los peatones, cerca del 25% de los accidentes ocurridos están relacionados con transeúntes del lugar. La falta de un paso seguro para los ambulantes genera un alto riesgo, además de las altas velocidades y el exceso de flujo vehicular. El cruce de la calle 45 a la diagonal 15 se ve afectado por el carril exclusivo de Metrolinea.

Los accidentes disminuyeron después de que en la carrera 15 desde la calle 45 a la Avenida Quebradaseca solo se permita la circulación de articulados y buses del Sistema Integrado de Transporte Masivo.

Figura 15. *Escenario situación actual carrera 15 con calle 45*

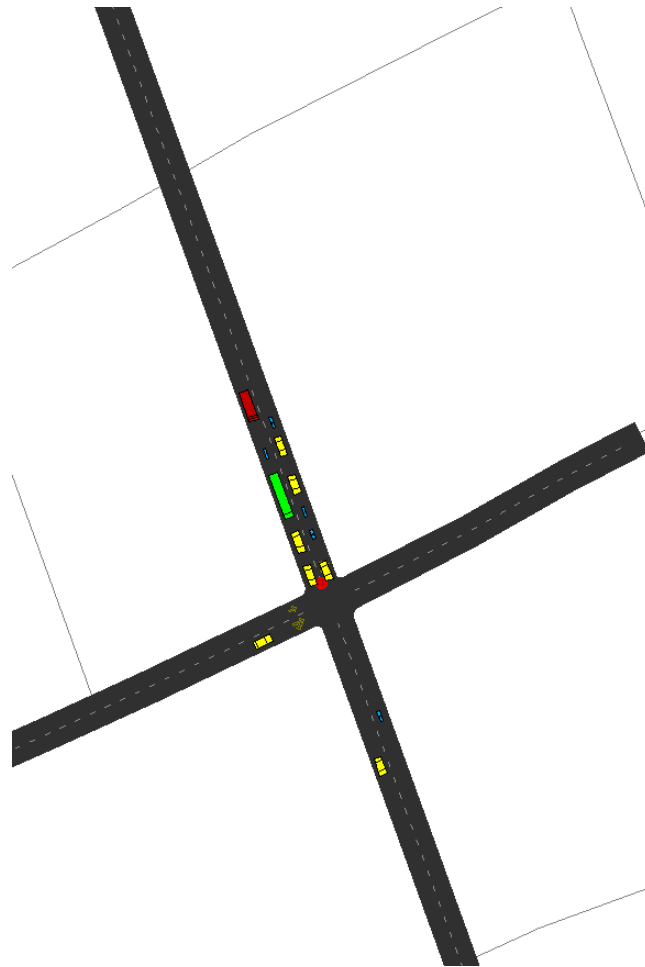


6.11 CARRERA 24 CALLE 34

La intersección en este lugar se ve afectada por la falta de semaforización y por el exceso de vehículos, sobretodo de buses de servicio público, que circulan por estas vías. Los andenes junto a la intersección son muy angostos y no permiten una buena visibilidad de los vehículos que circulan por el otro sentido.

Hay un posta mal ubicado en toda la esquina y puede influir en la gravedad de los accidentes. En la intersección suelen haber muchos vehículos parqueados inadecuadamente que pueden afectar e influir en los índices de accidentabilidad.

Figura 16. *Escenario situación actual carrera 24 con calle 34*

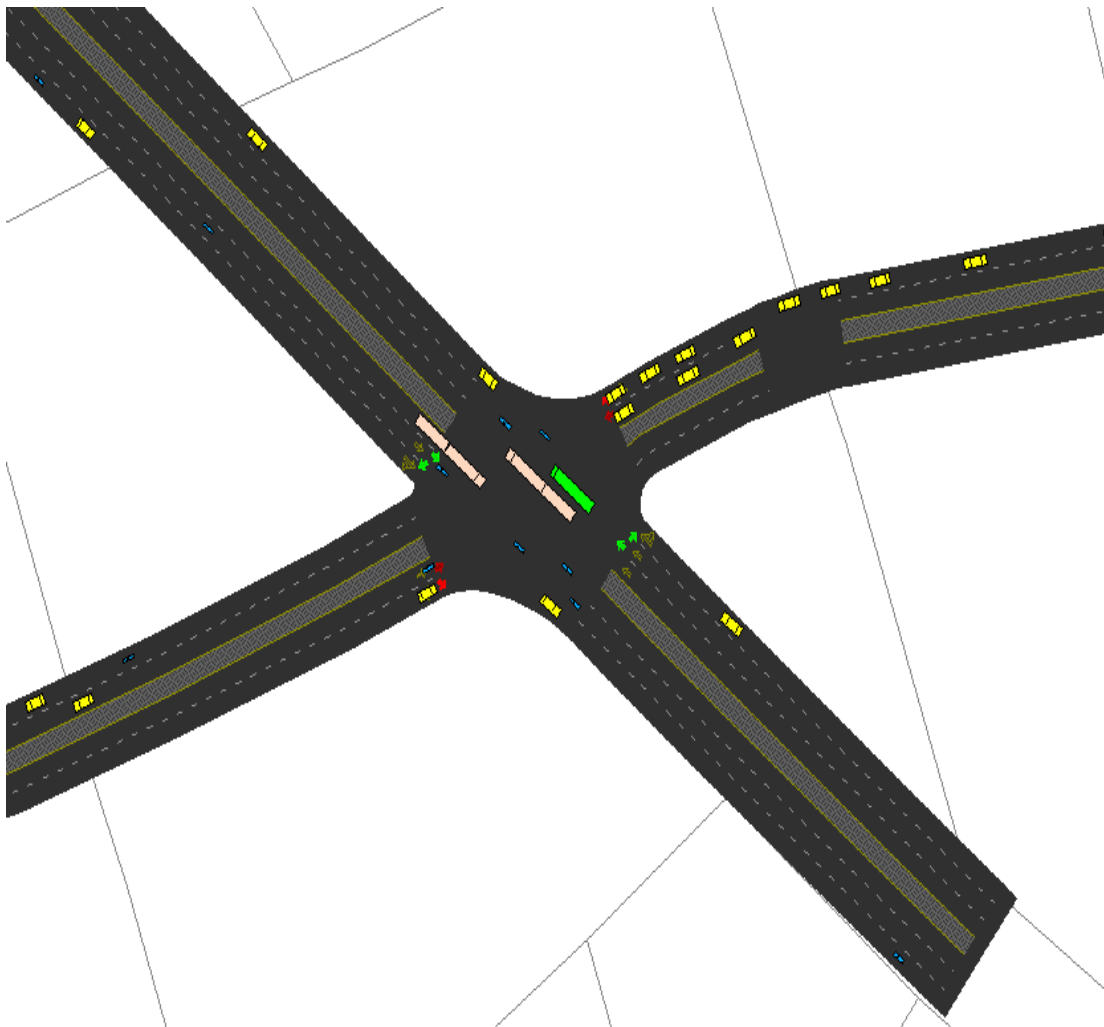


6.12 DIAGONAL 15 CALLE 56

Esta intersección es muy transitada por vehículos y peatones debido al centro comercial La Isla y a los diferentes hoteles que hay en el sector. Hay gran cantidad de vendedores ambulantes y autos estacionados que se ubican a los alrededores del lugar, lo cual influye en las posibilidades de ocurrencia de accidentes.

El alto flujo de buses en las horas pico y la congestión vehicular son factores que pueden incidir en la accidentabilidad.

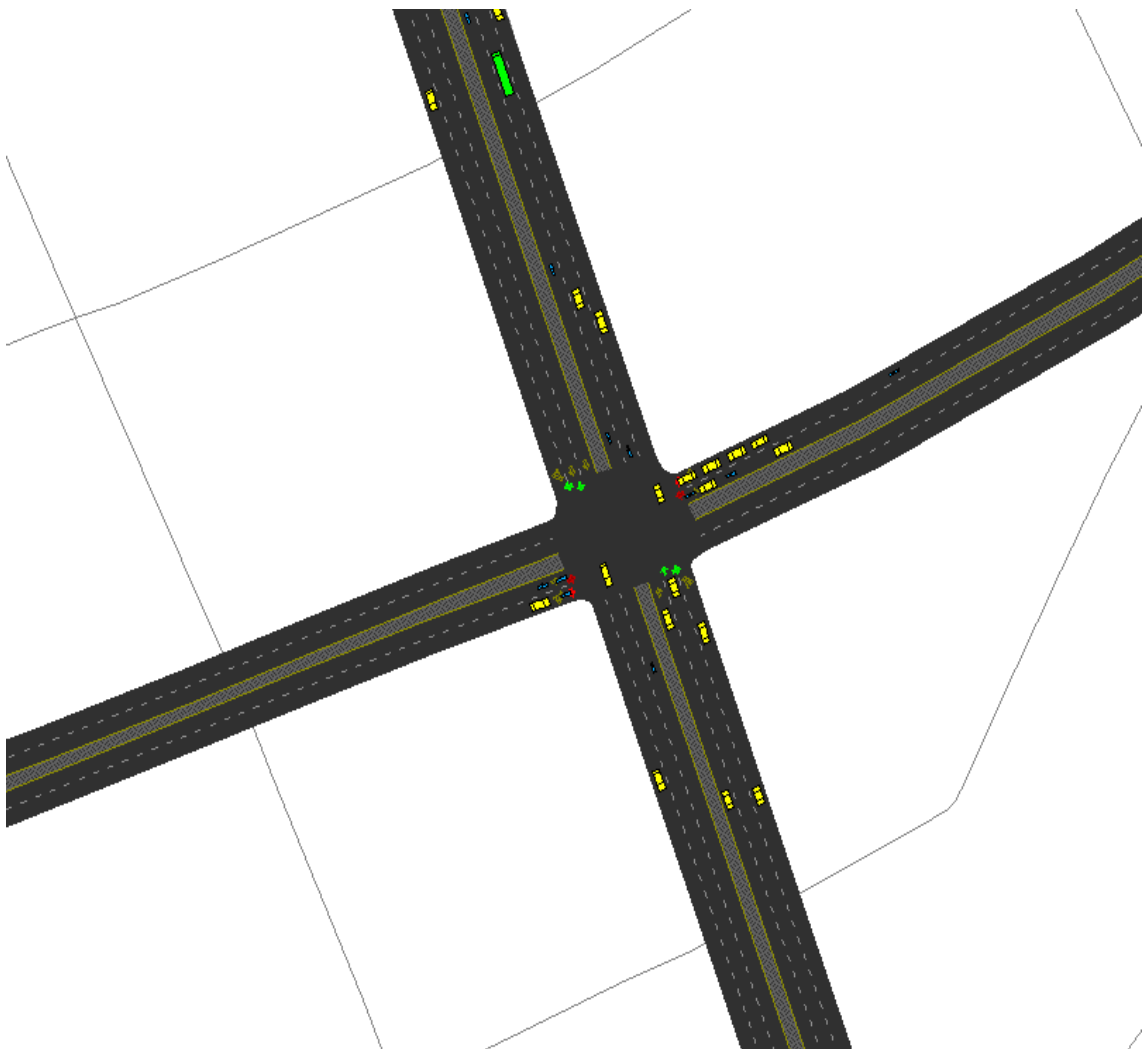
Figura 17. *Escenario situación actual diagonal 15 con calle 56*



6.13 CARRERA 27 CALLE 36

La zona presenta gran congestión peatonal debido al comercio del edificio Sura y a las conglomeraciones de personas por la iglesia de la Misión Carismática Internacional. No hay pasos seguros y protegidos para peatones en los cruces permitidos ni un puente peatonal cercano. Además de estos factores, los andenes son muy estrechos y la congestión en las horas pico es elevada.

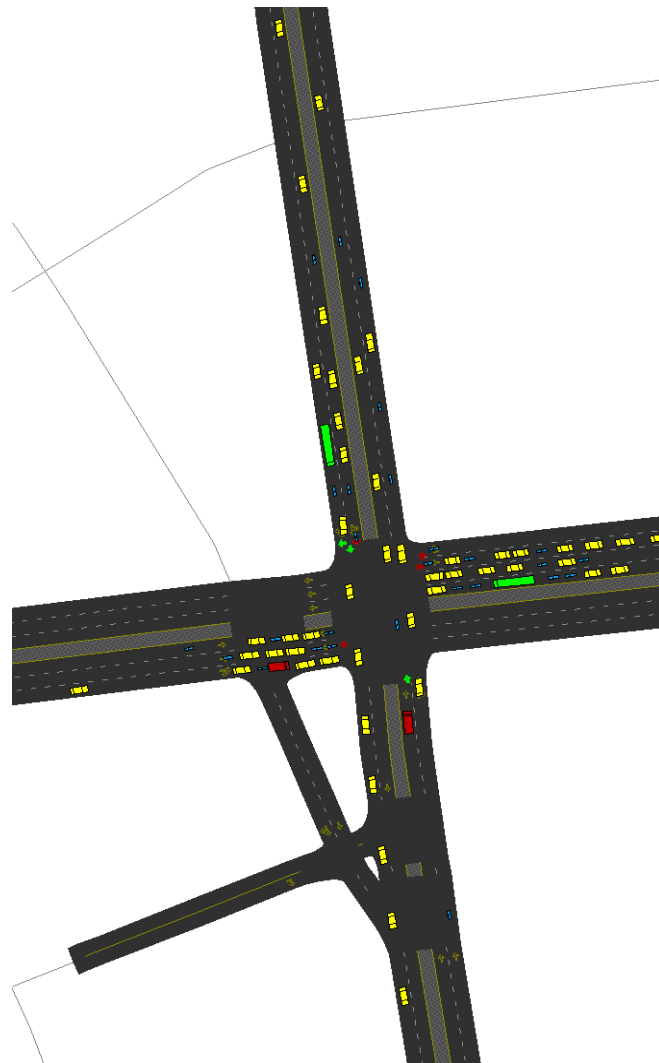
Figura 18. *Escenario situación actual carrera 27 con calle 36*



6.14 CARRERA 27 CALLE 56

La principal causa de accidentes en esta intersección es el cruce permitido a la izquierda que tiene los vehículos de la calle 56 a la carrera 27, los embotellamientos que se producen, el flujo elevado de buses por la calle 56 y la disminución de cuatro carriles a tres en el sentido sur-norte de la carrera 27.

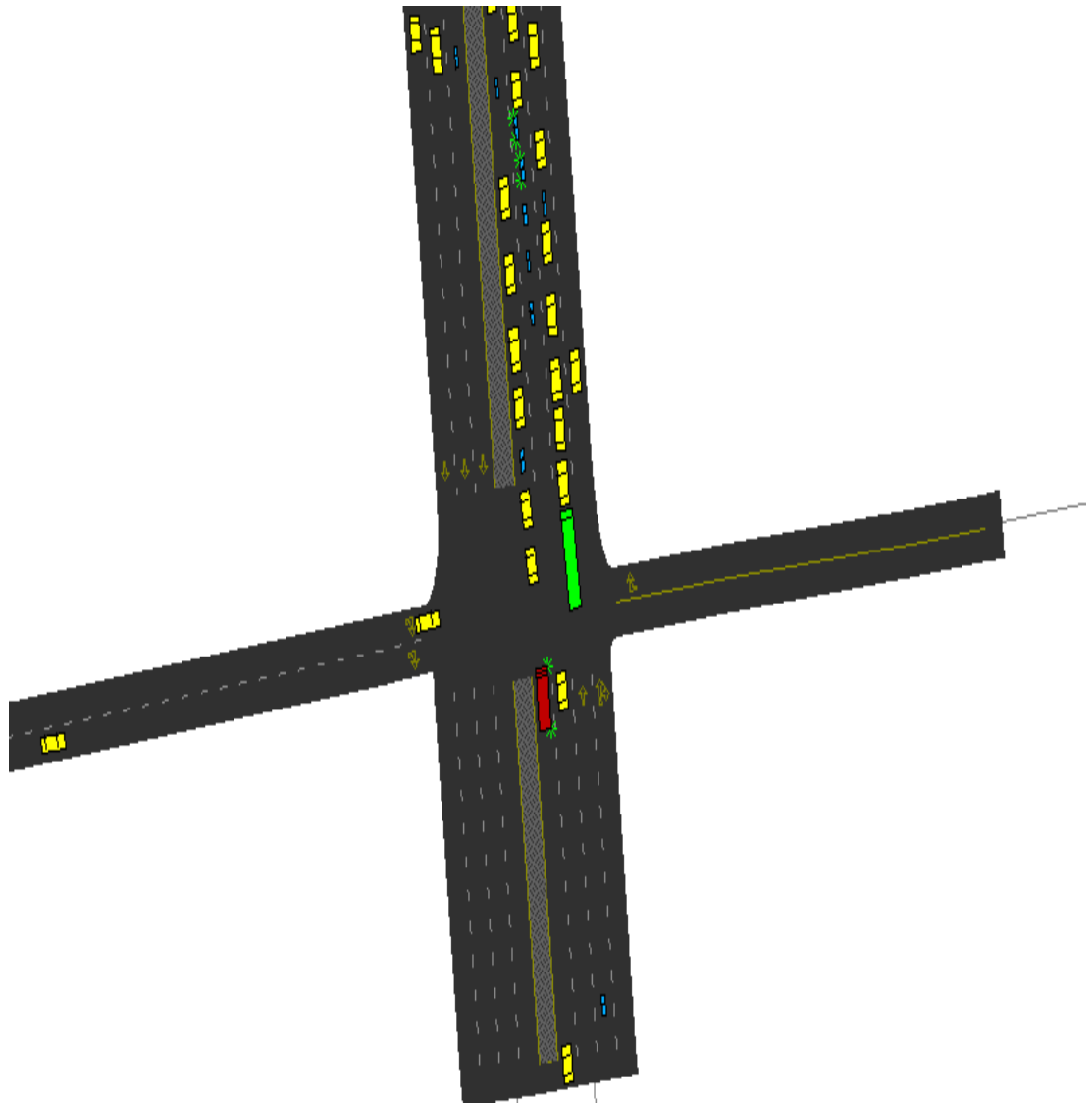
Figura 19. *Escenario situación actual carrera 27 con calle 56*



6.15 CARRERA 27 CALLE 58

La zona presenta una gran dificultad para los vehículos que vienen de la calle 58 y desean ingresar a los carriles de la carrera 27 por la circulación constante de autos, la poca visibilidad y las altas velocidades. La entrada y salida a la estación de servicio genera percances en la intercepción que puede llevar a un accidente.

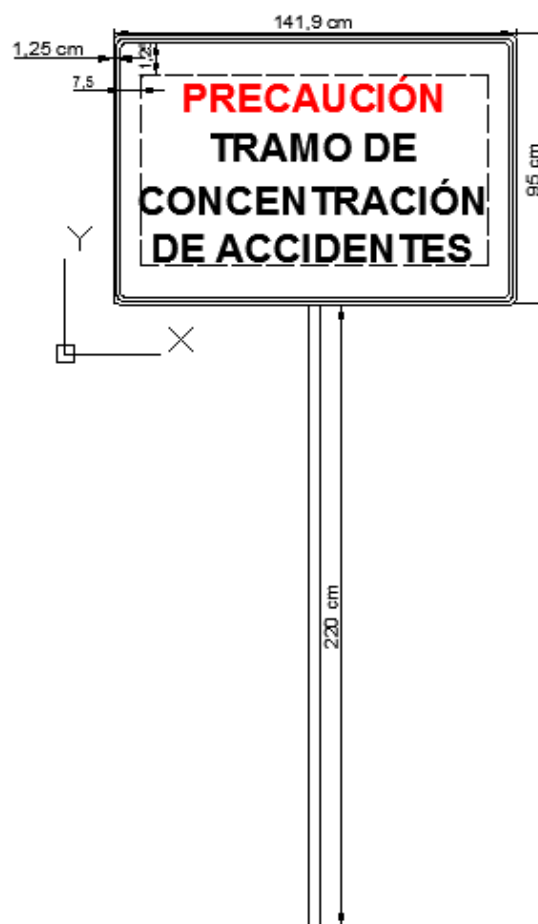
Figura 20. *Escenario situación actual carrera 27 con calle 58*



7. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN VIAL

Para contribuir con esta disminución se plantea en primera medida un aviso de información en ruta SI-27, que permita dar a conocer que la intersección es un TCA (tramo de concentración de accidentes), para el diseño se tuvo en cuenta los criterios del Manual de Señalización de INVIAS, como se puede ver en la “Figura 21”

Figura 21. Aviso de información TCA



Fuente: *Manual de Señalización de INVIAS 2004*

Con las propuestas que se describirán a continuación, se planten alternativas geométricas que buscan disminuir principalmente los índices de accidentabilidad, siendo este el enfoque de nuestro proyecto.

7.1 ENTRADA BARRIO EL DIAMANTE II

Se propone como alternativa para frenar el elevado índice de accidentes que se presenta en este sector de la ciudad, el cierre de las vías que permiten el ingreso a la autopista Floridablanca en sentido norte-sur. De tal forma se modificarían las orientaciones de algunas calles del barrio Diamante II para habilitar la circulación de vehículos que se afectan por el bloqueo de los carriles mencionados. En la "Figura 22" se muestra el planteamiento de este escenario de solución el cual se realizó en el software Transmodeler 2. 6.

Figura 22. Escenario de solución Entrada Barrio El Diamante II



7.2 CARRERA 24 CALLE 34, CARRERA 29 CALLE 42 y CARRERA 24 CALLE 33

Las características geométricas de estos tres puntos críticos de accidentabilidad presentan similitudes relacionadas con la angostura de los carriles y la congestión presentada. La evidente falta de semaforización, se han convertido en una necesidad en los sitios para evitar las colisiones perpendiculares por el aumento del parque automotor en los últimos años y el nuevo uso de estas vías como alternativa para el transporte público y particular.

Como principal solución se plantea la ubicación de semáforos en cada una de las intersecciones y para su diseño de deben plantear las dimensiones y los ciclos. Se entiende por ciclo semafórico la duración desde el cambio de una fase hasta su repetición después de completarse la secuencia de fases de los demás semáforos en la misma intersección.

Para las cruces de la carrera 24 con calle 34, la carrera 29 con calle 42 y la carrera 24 con calle 33 se han planteado dos ciclos para cada uno de los semáforos que se dispongan en el sitio. Los tiempos de cada uno de las fases mientras el semáforo se encuentre en verde se plantearon como el 70% de la duración para la vía que presente mayor congestión y el 30% restante para la otra.

En la “Figura 23” se puede observar los escenarios de solución para la intersección de la carrera 24 con calle 34, en la “Figura 24” el cruce de la carrera 24 con calle 33 y en la “Figura 25” la carrera 29 con calle 42.

Figura 23. Escenario de solución
carrera 24 calle 34

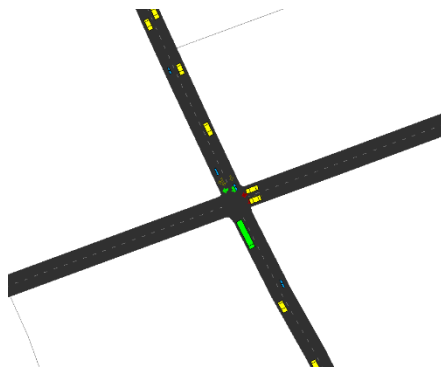
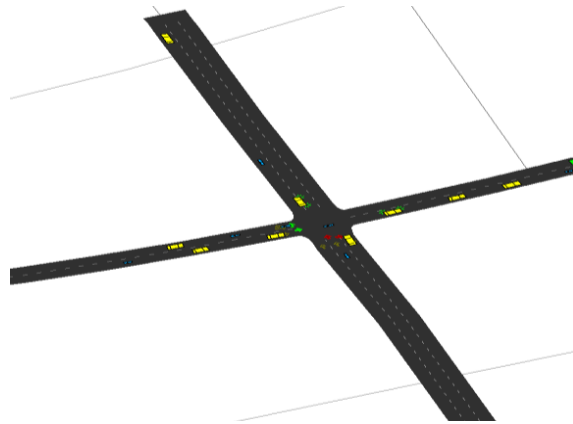


Figura 24. Escenario de solución
carrera 29 calle 42



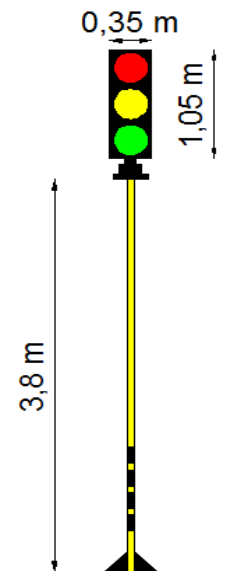
Figura 25. Escenario de solución
carrera 24 calle 33



Para un diseño más preciso y una operación adecuada de los semáforos se debe realizar una serie de estudios planteados en el capítulo 7.2.1.2 del Manual de Señalización del Ministerio de Transporte Colombiano [10].

En la “Figura 26” se señalan las dimensiones de los semáforos que se proponen como alternativa para la solución de la accidentabilidad en las intersecciones de la calle 33 y 34 con carrera 24 y la carrera 29 con calle 42.

Figura 26. Dimensiones semáforo

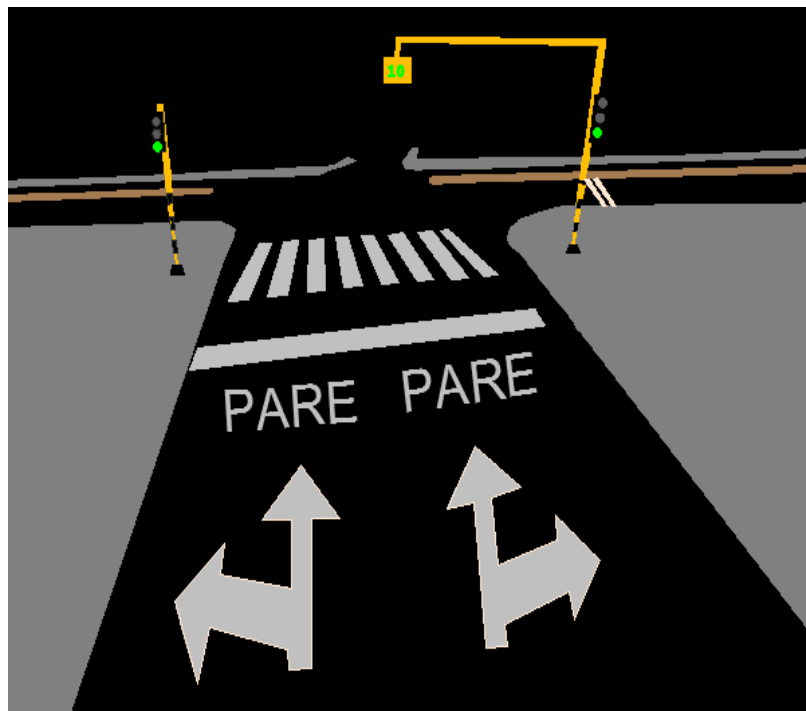


7.3 CARRERA 27 CALLE 34, CARRERA 27 CALLE 45 Y CARRERA 27 CALLE 48

En estas intersecciones la alternativa propuesta es la ubicación de semáforos con un contador de tiempo decreciente en las vías que tienen permitido el cruce a la izquierda (calle 34, calle 45 y calle 48), ya que el hecho de mostrar los segundos que restan hasta el próximo cambio de fase permite a los conductores y peatones evaluar la situación y decidir si es posible o no realizar el cruce. Esto también con la intención de evitar el congestionamiento en la carrera 27.

Esta implementación también fue realizada en la ciudad de Santiago de Cali en el año 2013 y según informes de la alcaldía se redujo hasta en un 40% las infracciones de la intersección en donde se ubicó el temporizador [11]. Por lo que esta medida se convierte en una opción rápida, efectiva y eficiente para la misión de reducir la cantidad de accidentes en estas zonas. Se les sugiere a los entes encargados de la movilidad y seguridad vial de la ciudad que analicen la posibilidad de ubicar un puente peatonal o un paso a desnivel en el parque Turbay, el cual está localizado cerca de la carrera 27 con calle 48. En la “Figura 27” se observa la ubicación esperada para la implementación de los semáforos con temporizador decreciente.

Figura 27. *Ubicación del semáforo con temporizador decreciente*



7.4 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 27

El Mesón de los Búcaros presenta la unión de tres de las vías más importantes y congestionadas de la ciudad, por lo que para proponer una opción eficiente para la disminución de accidentes se requiere el planteamiento de un intercambiador que permita el flujo vehicular de forma constante. En el software Transmodeler 2.6 se realizó la proyección de dos alternativas que se establecieron en el Diplomado de Movilidad y Transporte, realizado por la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, como se puede observar en la “Figura 28” y en la “Figura 29” respectivamente. También se realizó la proyección de la solución vial escogida por las autoridades municipales encargadas de la movilidad en Bucaramanga para su construcción en los próximos años, como se muestra en la “Figura 30”.

Figura 28. *Primera alternativa de solución Mesón de los Búcaros*

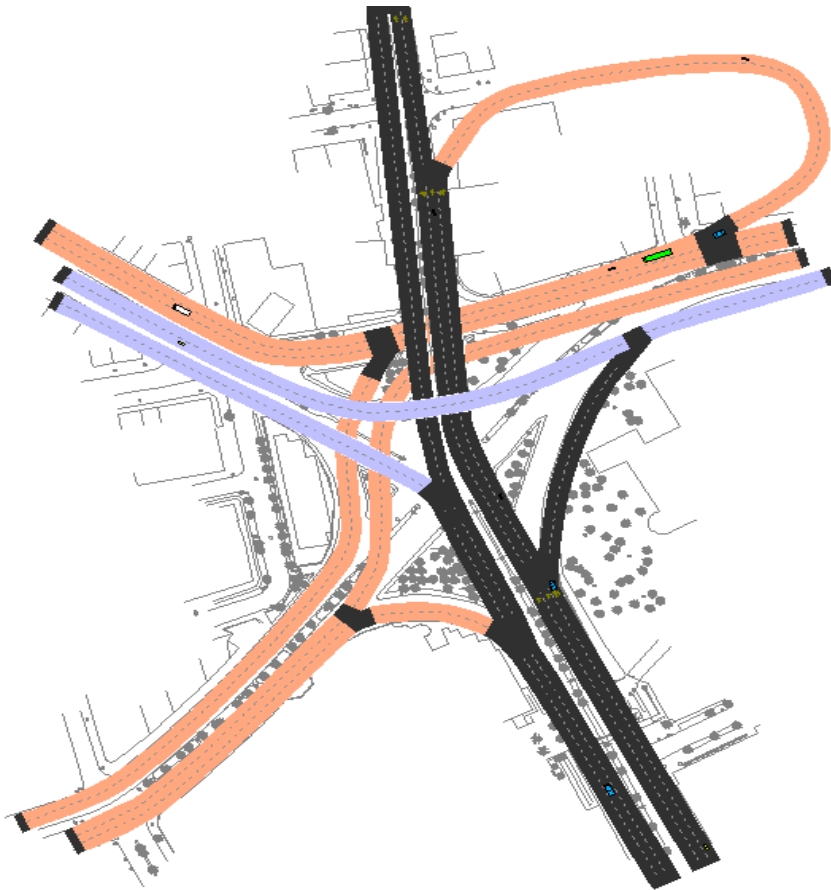


Figura 29. Segunda alternativa de solución Mesón de los Búcaros

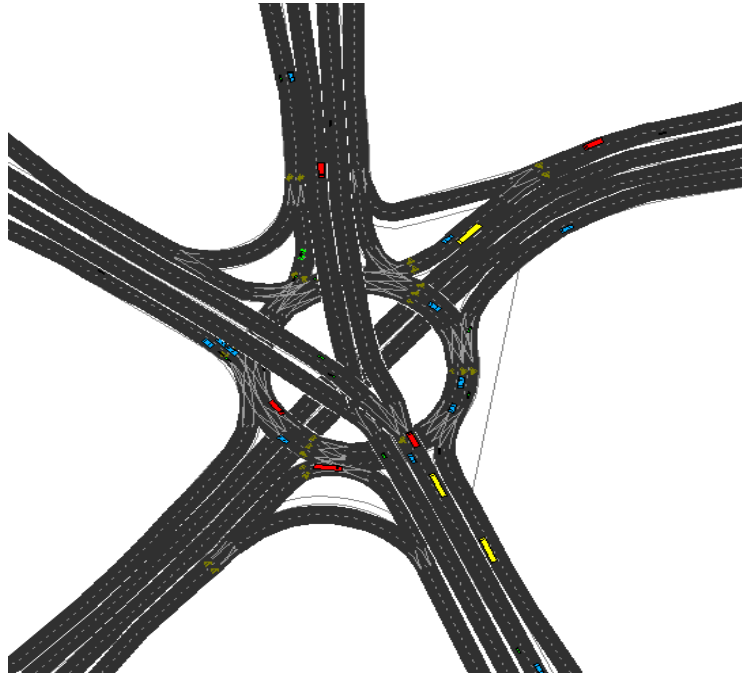
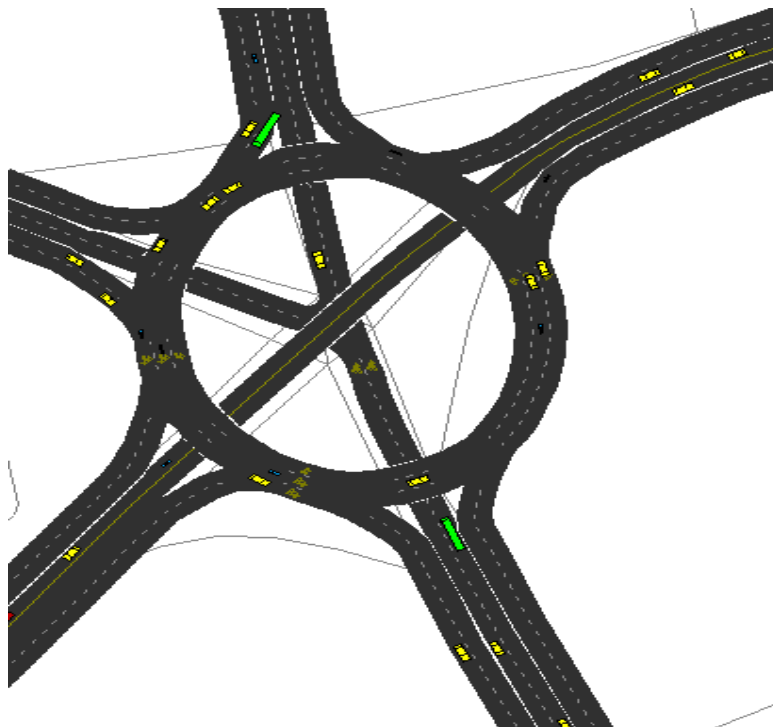


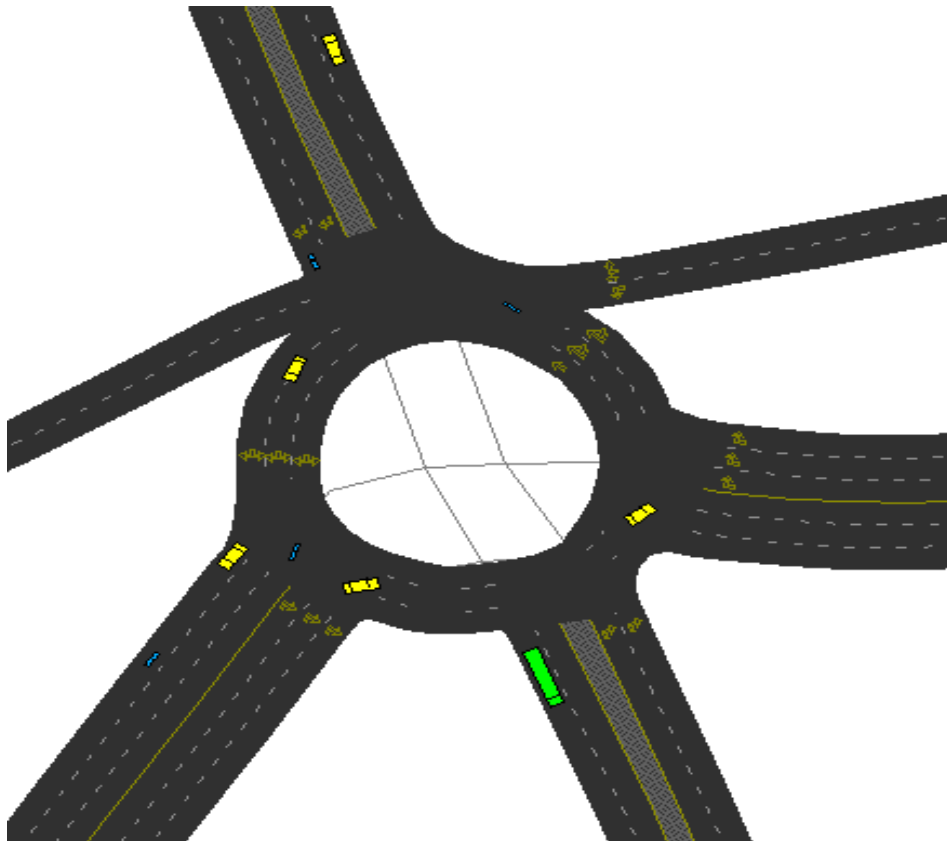
Figura 30. Alternativa final de solución Mesón de los Búcaros



7.5 AVENIDA QUEBRADASECA CARRERA 15

Para solucionar los problemas de congestión y accidentabilidad en este sector se realizó el diseño, adecuación y construcción de una glorieta, inaugurada el 22 de diciembre del 2009. Pero debido a problemas en la obtención de predios, específicamente los relacionados con Sanautos, se presentaron modificaciones en el diseño y puesta en escena que intervinieron en el funcionamiento correcto de la alternativa vial.

Figura 31. *Escenario de solución Avenida Quebradaseca Carrera 15*



Como solución se plantea la construcción de un carril que hace falta en una parte de la glorieta y la prohibición del cruce desde esta hacia la calle 29, lo cual se planteó en el programa de simulaciones viales Transmodeler 2.6 como se muestra en la “Figura 31”.

7.6 PUERTA DEL SOL

Este sector de la ciudad presenta varios cruces que tienen diferentes falencias que se esperan resolver con las siguientes alternativas propuestas:

- Para la entrada al intercambiador de la puerta del sol por la carrera 27, se plantea la reposición o arreglo de la señalización horizontal y vertical dispuesta en la vía, como la ampliación y mejora de los delineadores de canalización y la instalación de un delineador de obstáculo para el tránsito a ambos lados de la vía (hacia el barrio La Victoria o hacia la Autopista Floridablanca).
- Prohibir para los buses, diferentes al Servicio de Metrolinea, la posibilidad de recoger pasajeros en la carrera 27 entre las calles 58 y 60.
- La disposición de más tableros durante la carrera 27 en las cuales se disponga información sobre el carril que se debe circular para tomar la mejor opción en el intercambiador y mejorar las condiciones físicas de las líneas de carril por la carrera 27.
- En la sección del intercambiador que comunica la carrera 27 con el barrio La Victoria y con la Autopista se deben reponer las bandas sonoras con estoperoles debido al malgaste sufrido por la circulación de los vehículos y es apropiado colocar señales informativas elevadas sobre la información previa del destino que tiene cada carril.
- En las bifurcaciones de la diagonal 15 entre calle 61 y carrera 17F se deben mejorar los delineadores de canalización e instalar los delineadores de obstáculos pertinentes.

7.7 CARRERA 15 CALLE 45

Con la prohibición de la circulación de vehículos particulares por la carrera 15 entre la Avenida Quebradaseca y la calle 45 se disminuyeron los índices de accidentabilidad en este sitio. Se espera que con la inauguración del Viaducto de la Novena, a finales del año 2014, se continúe con esta tendencia y se reduzca la circulación de vehículos. La señalización del sitio, el estado del pavimento, la visibilidad y los cruces son pertinentes por lo que se señala que la mayoría de los accidentes se deben a factores humanos o están relacionados con el estado del vehículo.

7.8 DIAGONAL 15 CALLE 56

Las señalizaciones dispuestas en esta intersección están en la adecuada ubicación y son visibles, hay un puente peatonal cercano y los cruces a la izquierda están prohibidos. La problemática de accidentabilidad del sitio no corresponde a problemas geométricos del lugar sino a imprudencias de los conductores y peatones. Se necesita un mayor control por parte de las autoridades para frenar el uso de las vías como parqueadero y zona para que se establezcan los vendedores ambulantes.

7.9 CARRERA 27 CALLE 36

La intersección presenta una señalización adecuada y los cruces son los apropiados ya que no está habilitado ninguno hacia la izquierda, que por lo general son los que causan mayor probabilidad de ocurrencia de un accidente. Como solución se plantea el aumento del ancho del andén, al lado de la iglesia Misión Carismática Internacional por la parte de la carrera 27.

7.10 CARRERA 27 CALLE 56

La solución propuesta es una glorieta debido a la cantidad de cruces permitidos, en donde los accesos se comunicaran a través de un anillo, como se muestra en la “Figura 32”. Para el diseño se tuvo en cuenta, según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras [12], los siguientes aspectos:

- El diámetro de la isleta central es de 40 metros, el diámetro del círculo inscrito es de 50,5 metros, el ancho sección de entrecruzamiento W es de 10,5 metros, la longitud de entrecruzamiento L es de 28 metros, la relación W/L es de 0,375, el número de carriles utilizados son 3 y el ancho del carril es de 3,5 metros.
- La intersección consta de cuatro puntos, donde el valor de e2 para la calle 56 es de 6,6 metros y el valor de e2 para la carrera 27 es de 9,9 metros.

Con los valores de e2 se obtiene el valor de “e” teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

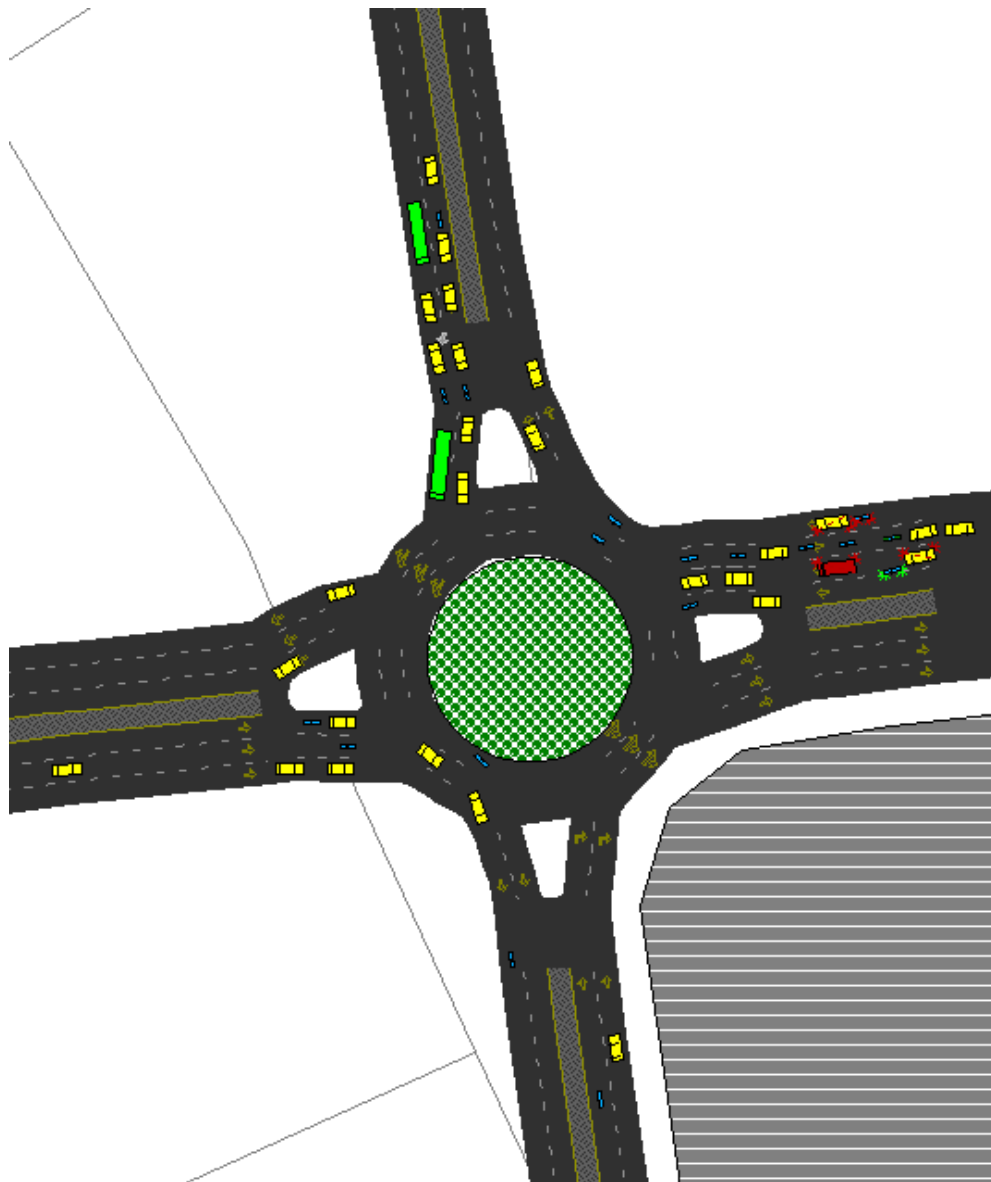
$$e = \frac{(e1 + e2)}{2} \quad (1)$$

e=8,55 metros y e=10,2 metros

$$Q_p = \frac{\left[160W \left(1 + \frac{e}{w}\right)\right]}{\left(1 + \frac{w}{L}\right)} \quad (2)$$

Qp=2.216,73 vehículos/hora (calle 56) y Qp=2.408,73 vehículos/hora (carrera 27).

Figura 32. Escenario de solución en la carrera 27 con calle 56



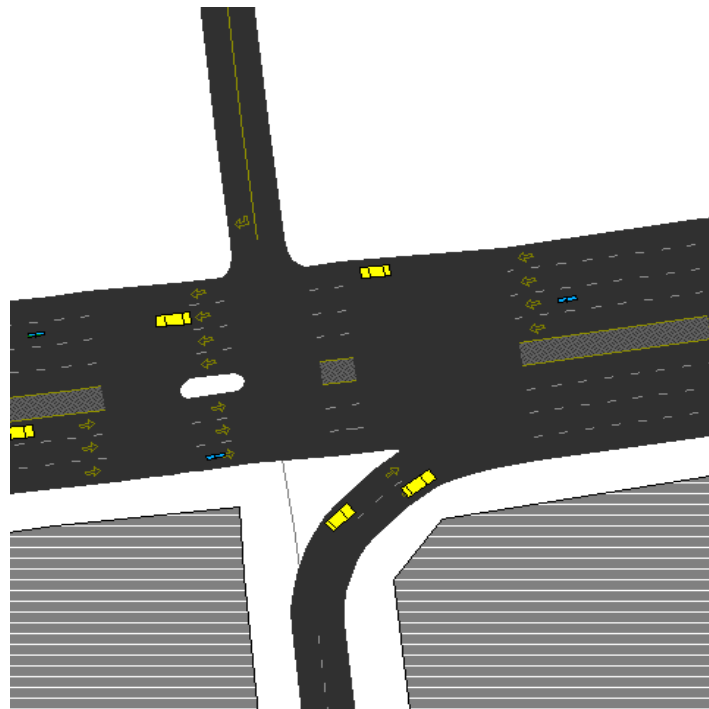
7.11 CARRERA 27 CALLE 58

Para la disminución de los accidentes en esta intersección, la alternativa planteada consiste en el diseño de un carril de aceleración que permita a los vehículos que circulan por la calle 58 ingresar de una manera segura y adecuada a los carriles de alta capacidad de la carrera 27.

Para el diseño geométrico del carril de aceleración, planteado en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, se deben tener en cuenta que la velocidad específica de la carrera 27 es de 60 km/h y la de la calle 58 es de 40 km/h. [12]

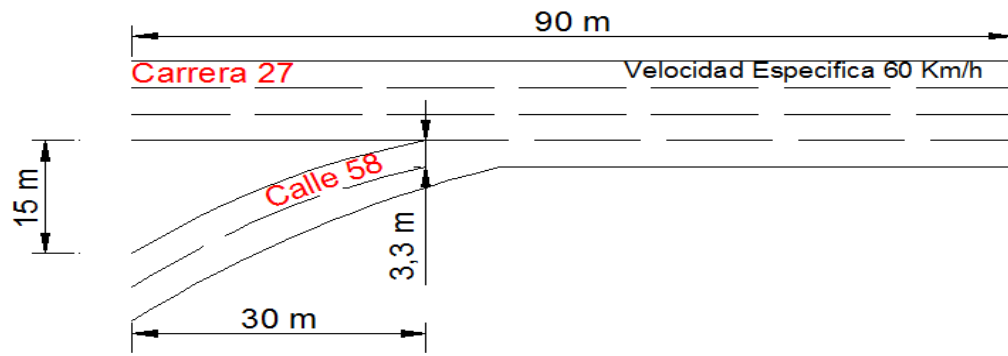
La longitud total del carril de aceleración debe ser igual a la longitud de aceleración y de transición de acuerdo a los análisis de diseño, pero debido a que en la vía se proporciona un carril nuevo y en el mismo sentido desde la calle 58 a la entrada hasta el intercambiador de la puerta del sol, solo se verificará que cumpla con las medidas mínimas exigidas por el manual y se planteará el ramal de enlace o entrada, como se muestra en la “Figura 33”.

Figura 33. Escenario de solución en la carrera 27 con calle 58



La longitud mínima del carril, de acuerdo a la tabla 6.1 del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del 2008 y a las velocidades específicas del ramal y del destino, es de 90 metros incluyendo la longitud de aceleración y transición. Para el diseño del ramal de entrada de calle 58 a la carrera 27 se tendrá en cuenta que estará delimitado al espacio y a los requisitos mínimos de radio de giro del vehículo de diseño. El diseño de la curva propuesta debe tener los lados mínimos de 2,40 metros, así que para el diseño en particular de esta intersección se tomaron los lados de 15 y 30 metros, como se indica en la “Figura 34”.

Figura 34. Carril de aceleración



8. CONCLUSIONES

Como resultado de la recopilación, clasificación, análisis y procesamiento de los datos suministrados por la Dirección de Tránsito de la ciudad y con la malla georreferenciada de Bucaramanga en el programa ArcGIS, proporcionada por el grupo de investigación Geomática, se logró identificar las 45 zonas más críticas de accidentabilidad durante los últimos siete años. Organizándolas en tres grupos: el primero muestra los quince puntos críticos urbanos centrales con mayor índice de accidentes siendo esta fase el objeto principal de estudio, el segundo muestra los siguientes quince puntos críticos urbanos centrales y el tercero las quince vías intermunicipales y viaductos críticos de la ciudad.

Después de haber caracterizado los quince puntos con mayor índice de accidentes, se realizó el reconocimiento de cada zona determinando características geométricas y tiempos semafóricos. Además se implementó el uso del equipo UAV (vehículo aéreo no tripulado) para la obtención de imágenes en la vista superior, esto facilitó el planteamiento de causas y alternativas de solución en cada punto. El equipo Escáner Laser no fue utilizado en el desarrollo de este estudio, debido a inconvenientes en la logística y presupuesto del traslado a cada zona crítica.

La mayoría de los puntos críticos que se encontraron en el estudio pertenecen a intersecciones de corredores principales de la ciudad, los cuales se caracterizan por presentar un alto flujo del parque automotor, altas velocidades y carriles amplios. La falta de semaforización, la cantidad de motociclistas involucrados y el poco cuidado que se le ha brindado a la seguridad del peatón son elementos que se destacan en los puntos críticos de accidentabilidad como posibles causas a esta problemática.

Las soluciones planteadas en el software Transmodeler 2.6, las mejoras en señalización e implementación de semáforos y los avisos de información son las principales alternativas sugeridas en este proyecto, resaltando que solo se tomó como base las características físicas y geométricas de las vías y no los demás factores que intervienen en un accidente como el ser humano, el entorno y las condiciones del vehículo.

Se infiere que los accidentes de tránsito se pueden disminuir implementando las alternativas de solución propuestas y haciendo un mayor énfasis en lo que respecta a la seguridad vial. La cual constituye una manifestación de la ciudadanía para cambiar la forma de percibir el comportamiento en las vías, además de implementarse como una actividad permanente y prioritaria, que contribuya a la generación de una cultura de la prevención y del autocuidado.

REFERENCIAS

- [1] INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES, Comportamiento de muertes y lesiones por accidentes de transporte, Colombia, 2013. Disponible: <http://www.medicinalegal.gov.co/documents/10180/188820/FORENSIS+2013+4-+accidentes+de+transporte.pdf/51867e30-9ab5-4a15-8363-f2232d2c86ae> [Consulta: 16 mayo 2014].
- [2] WORLD BANK & GLOBAL ROAD SAFETY FACILITY, Análisis de la Capacidad de Gestión de la Seguridad Vial. Colombia, 2013.
- [3] DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA. Accidentes Área Metropolitana de Bucaramanga. Memorias 2007 – 2013.
- [4] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2011-2020. (2013). Disponible en: http://www.roadssafetyfund.org/TagSymbol/documents/global_plan_es.pdf [Consulta: febrero 3 de 2014].
- [5] ESCOBAR. FLOR ÁNGELA CERQUERA. El problema de la accidentalidad vial y algunas acciones para enfrentarla. Asociación Española de la Carretera, Goya, 23. 4o D., Madrid, 28001, España.
- [6] ALCALDIA DE BUCARAMANGA, Boletín de Prensa # 889. Disponible: http://www.bucaramanga.gov.co/prensa/Boletines/Boletin_web/2013/10/021013-889.html [Consulta: 1 abril 2014].
- [7] LEY 769. Art 2. COLOMBIA. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Definiciones. Ministerio de Transporte. 6 de agosto 2002.
- [8] ALCALDIA DE MEDELLIN. Plan de Movilidad Segura de Medellín MDSM 2013-2020. Medellín.2012.
- [9] MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Plan Nacional de Seguridad Vial - PNSV 2011-2016. Gobierno Nacional de Colombia. 2010.
- [10] MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA. Manual de Señalización Vial. Bogotá, 2004.
- [11] CASTRO ANA, Semáforos con temporizadores para prevenir infracciones. Alcaldía de Santiago de Cali. 2013. Disponible: http://www.cali.gov.co/publicaciones/semforos_con_temporizadores_para_prevenir_infracciones_pub [Consulta: 8 junio 2014].
- [12] MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS, 2008.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA DE BUCARAMANGA, Boletín de Prensa # 889. Disponible: http://www.bucaramanga.gov.co/prensa/Boletines/Boletin_web/2013/10/021013-889.html [Consulta: 1 abril 2014].

CASTRO ANA, Semáforos con temporizadores para prevenir infracciones. Alcaldía de Santiago de Cali. 2013. Disponible: http://www.cali.gov.co/publicaciones/semforos_con_temporizadores_para_prevenir_infracciones_pub [Consulta: 8 junio 2014].

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA. Accidentes Área Metropolitana de Bucaramanga. Memorias 2007 – 2013.

ESCOBAR. FLOR ÁNGELA CERQUERA. El problema de la accidentalidad vial y algunas acciones para enfrentarla. Asociación Española de la Carretera, Goya, 23. 4o D., Madrid, 28001, España.

INSTITUTO NACIONAL DE MEDICINA LEGAL Y CIENCIAS FORENSES, Comportamiento de muertes y lesiones por accidentes de transporte, Colombia, 2013. Disponible: <http://www.medicinalegal.gov.co/documents/10180/188820/FORENSIS+2013+4+-+accidentes+de+transporte.pdf/51867e30-9ab5-4a15-8363-f2232d2c86ae> [Consulta: 16 mayo 2014].

MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS, 2008.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Plan mundial para el decenio de acción para la seguridad vial 2011-2020. (2013). Disponible en: http://www.roadssafetyfund.org/TagSymbol/documents/global_plan_es.pdf [Consulta: febrero 3 de 2014].

WORLD BANK & GLOBAL ROAD SAFETY FACILITY, Análisis de la Capacidad de Gestión de la Seguridad Vial. Colombia, 2013.