

**ANÁLISIS DE LAS INTERSECCIONES CONTROLADAS CON DISPOSITIVOS
SEMAFÓRICOS EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA CARRERA 33 Y
CARRERA 27 CON CALLE 56 Y CALLE 67**

FRANK SEBASTIAN BONCES ORTIZ

ERWING JAVIER MONTAÑEZ NIÑO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2015

**ANÁLISIS DE LAS INTERSECCIONES CONTROLADAS CON DISPOSITIVOS
SEMAFÓRICOS EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA CARRERA 33 Y
CARRERA 27 CON CALLE 56 Y CALLE 67**

**FRANK SEBASTIAN BONCES ORTIZ
ERWING JAVIER MONTAÑEZ NIÑO**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL TÍTULO COMO INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR DEL PROYECTO
ESP. SAUL RAMON VERGEL PEÑARANDA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2015

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

BUCARAMANGA, SEPTIEMBRE 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a Dios por sus bendiciones día tras día, por darme la oportunidad de cumplir un objetivo más en mi vida y brindarme la sabiduría necesaria en este proceso de estudio.

A mi familia que es mi principal motor y motivación para lograr mis metas y sueños, su apoyo ha sido incondicional a lo largo de mi vida y siempre han estado conmigo sin importar las dificultades. Mi Madre y Padre han sido los artífices de lo que soy hoy en día, dándome la mejor formación posible, enseñándome los valores que me han hecho y harán ser una gran persona.

También quiero Agradecer a todos mis compañeros y profesores que estuvieron a lo largo de mi proceso académico, siempre tendiéndome una mano y siendo un gran soporte en este camino que recorrí en la UPB.

Frank Sebastián Bonces Ortiz

Agradezco a Dios por la salud, sabiduría y convicción para orientarme en este proceso de formación; a mi Madre, por el apoyo incondicional para alcanzar mis metas, alentándome y motivándome cada día, por la educación con la que me ha criado, con buenos valores y gran respeto.

A mi familia, amigos y compañeros que me acompañaron e impulsaron a salir adelante con su apoyo y dándome alegrías para no decaer en los momentos difíciles del proceso de formación.

Erwing Javier Montañez Niño

CONTENIDO

RESUMEN.....	15
ABSTRACT	17
INTRODUCCION... ..	19
1. OBJETIVOS	20
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
3. JUSTIFICACIÓN.....	27
4. ANTECEDENTES	28
5. ALCANCE.....	29
6. MARCO TEÓRICO... ..	30
6.1. MOVILIDAD EN BUCARAMANGA	30
6.1.1. Generalidades de Movilidad en Bucaramanga y el sector De estudio	30
6.1.2. Sistema Integrado de Transporte Masivo – <i>Metrolínea</i>	31
6.1.3. Proyección de la Movilidad en Bucaramanga	33
6.1.4. Características de las vías en Bucaramanga	37
6.1.4.1. Las vías de la ciudad.....	37
6.1.4.2. Vías arteria tipo	37
6.1.4.3. Vías Red local del Municipio... ..	38
6.2. INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	39

6.2.1. Definición y Clasificación según Regulación.....	39
6.2.2. Operaciones Semafóricas... ..	40
6.2.3. Intersecciones Semaforizadas en Bucaramanga.....	41
6.3. MODELOS DE SIMULACIÓN DEL TRANSITO.....	42
6.3.1. Clasificación de los Modelos.....	42
6.4. SOFTWARE DE MICROSIMULACIÓN: VISSIM	44
6.4.1. Definición	44
6.4.2. Casos de Aplicación de VISSIM.....	44
6.4.3. Modelo de Seguimiento de Vehículo (Car-following).....	47
6.5. PARAMETROS DE TRANSITO... ..	47
6.5.1. Flujo Vehicular.....	47
6.5.1.1. Tipos de Flujo Vehicular.....	48
6.5.2. Velocidad	49
6.5.2.1. Tipos de Velocidad	50
6.5.3. Volumen.....	51
6.5.4. Densidad.....	51
6.5.5. Capacidad.....	52
6.5.6. Nivel de Servicio.....	52
6.5.6.1. Clasificación Niveles de Servicio.....	53
6.5.6.2. Nivel de Servicio para Intersecciones sin Semáforo.....	56
6.5.6.3. Nivel de Servicio para Intersecciones con Semáforo.....	57

7. METODOLOGIA.....	59
7.1. Recolección de Información Base.....	59
7.1.1. Ubicación Geográfica del Sector... ..	59
7.1.2. Toma de información en Campo	61
7.1.2.1. Estudios de Campo.....	61
7.1.2.2. Estudio de Volúmenes	62
7.1.2.3. Estudio de Velocidades.....	62
7.1.2.4. Estudio de Semáforos.....	63
7.2. RECOLECCION DE INFORMACION SECUNDARIA.....	64
7.2.1. Accidentalidad en la Zona.....	64
7.2.2. Proyectos y Programas a ejecutarse en el Sector de Estudio...64	
7.3. MICROSIMULACION SITUACION ACTUAL DEL SECTOR DE ESTUDIO... ..	67
7.3.1. Creación de la Red	68
7.3.2. Distribución Vehicular.....	70
7.3.3. Rutas Vehiculares... ..	71
7.3.4. Asignación del Trafico	72
7.3.4.1. Composiciones Vehiculares... ..	72
7.3.4.2. Entrada de Vehículos	72
7.3.5. Red Semafórica.....	72
7.3.6. Nodos... ..	75

7.3.7. Correr el Modelo.....	76
7.3.8. Generación de Reportes.....	76
7.4. CALCULO DE CAPACIDAD.....	77
7.5. CALCULO DE DENSIDAD.....	78
7.6. PROPUESTA DE SOLUCION AL SECTOR DE ESTUDIO	78
8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	79
8.1. DESCRIPCION DE MOVIMIENTOS VEHICULARES.....	79
8.2. VOLUMENES.....	86
8.3. VELOCIDADES	91
8.4. SEMAFOROS	101
8.5. ACCIDENTALIDAD.....	105
8.6. REPORTES VISSIM.....	112
8.6.1. Porcentaje Error Calibración	112
8.6.2. Reporte Situación Actual.....	114
8.6.3. Calculo de Capacidad	119
8.6.4. Calculo Densidad	121
8.7. POSIBLES SOLUCIONES EN EL SECTOR.....	122
CONCLUSIONES.....	138
RECOMENDACIONES	139
BIBLIOGRAFIA.....	140
ANEXOS	145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Crecimiento del Parque Automotor en Bucaramanga	23
Tabla 2. Crecimiento del Parque Automotor en Floridablanca	23
Tabla 3. Crecimiento del Parque Automotor en Girón	24
Tabla 4. Crecimiento del Parque Automotor en Piedecuesta	24
Tabla 5. Crecimiento del Parque Automotor en AMB (Área Metropolitana Bucaramanga)	25
Tabla 6. Clasificación de Modelos.....	42
Tabla 7. Clasificación de Modelos Por Nivel de Detalle	43
Tabla 8. Nivel de Servicio para Intersecciones sin Semáforos.....	57
Tabla 9. Nivel de Servicio para Intersecciones con Semáforos	58
Tabla 10. Medidas parciales a corto plazo.....	65
Tabla 11. Descripción de Movimientos Vehiculares.....	80
Tabla 12. Porcentaje de Vehículos que ingresan a la red.....,.....	86
Tabla 13. Volúmenes Vehículos Mixtos por acceso a la red.....	87
Tabla 14. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 63.....	87
Tabla 15. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 62.....	88
Tabla 16. Volúmenes intersección Carrera 33 – Calle 62.....	88
Tabla 17. Volúmenes intersección Carrera 33 – Calle 63.....	88
Tabla 18. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 56.....	89
Tabla 19. Volúmenes intersección Carrera 33 – Calle 56.....	89
Tabla 20. Volúmenes intersección Carrera 28 – Calle 56.....	90
Tabla 21. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 62.....	90
Tabla 22. Volúmenes intersección Carrera 30 – Calle 67	91
Tabla 23. Volúmenes intersección Carrera 27 – Calle 67	91
Tabla 24. Sitios Críticos de accidentalidad año 2011.....	106

Tabla 25. Causas principales de accidentalidad año 2011	107
Tabla 26. Accidentalidad sector comprendido entre la Carrera 33 Y Carrera 27 con Calle 56 y Calle 67 (2012 – 2015).....	107
Tabla 27. Desempeño de la red.....	112
Tabla 28. Volúmenes hora pico	113
Tabla 29. Porcentaje de error calibración del programa	113
Tabla 30. Reporte Demora.....	116
Tabla 31. Reporte VISSIM, solución 1	127
Tabla 32. Reporte VISSIM, solución 2	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema sector de estudio.....	22
Figura 2. Crecimiento Histórico Parque Automotor en el AMB (Área Metropolitana Bucaramanga).....	26
Figura 3. Intercambiador Mesón de los Búcaros.....	34
Figura 4. Viaducto de la Carrera Novena.....	35
Figura 5. Intercambiador Neo mundo	35
Figura 6. Tercer carril entre el puente de Provenza y la Puerta del Sol	36
Figura 7. Intercambiador Avenida Quebrada seca con Diagonal 15	36
Figura 8. Modelo de seguimiento Vehículo (Car – Following).....	46
Figura 9. Nivel de servicio A	53
Figura 10. Nivel de servicio B	54
Figura 11. Nivel de servicio C	54
Figura 12. Nivel de servicio D	55
Figura 13. Nivel de servicio E	55
Figura 14. Nivel de servicio F.....	56
Figura 15. Localización Sector de Estudio	59
Figura 16. Localización Intersecciones Semafóricas	61
Figura 17. Estudio de Velocidades.....	63
Figura 18. Intersección semafórica Carrera 33 con Calle 56.....	63
Figura 19. Ubicación Nuevos proyectos de infraestructura Vial.....	66
Figura 20. Creación de la Red en VISSIM	68
Figura 21. Trazado de la Red	69
Figura 22. Trazado Red completa.....	69
Figura 23. Comando Distribuciones de Modelos 2D/3D	70
Figura 24. Selección modelo en 3D	71

Figura 25. Decisiones de Ruta.....	71
Figura 26. Composiciones vehiculares	72
Figura 27. Entradas de Vehículos.....	73
Figura 28. Regulador semafórico.....	73
Figura 29. Ubicación Semáforos.....	74
Figura 30. Semáforos 3D.....	74
Figura 31. Nodos	75
Figura 32. Nodos Red Completa.....	75
Figura 33. Corrida del Modelo 3D	76
Figura 34. Generación de Reportes.....	77
Figura 35. Nomenclatura Norma Rilsa.....	79
Figura 36. Movimientos vehiculares, intersección Cra 33 – Calle 56.....	81
Figura 37. Movimientos vehiculares, intersección Cra 32 – Calle 56.....	81
Figura 38. Movimientos vehiculares, intersección Cra 28 – Calle 56.....	82
Figura 39. Movimientos vehiculares, intersección Cra 27 – Calle 56.....	82
Figura 40. Movimientos vehiculares, intersección Cra 32 – Calle 62.....	83
Figura 41. Movimientos vehiculares, intersección Cra 32 – Calle 63.....	83
Figura 42. Movimientos vehiculares, intersección Cra 33 – Calle 63.....	84
Figura 43. Movimientos vehiculares, intersección Cra 33 – Calle 62.....	84
Figura 44. Movimientos vehiculares, intersección Cra 30 – Calle 67.....	85
Figura 45. Movimientos vehiculares, intersección Cra 27 – Calle 67.....	85
Figura 46. Volúmenes Vehiculares que ingresan a la red.....	86
Figura 47. Velocidades Automóviles.....	94
Figura 48. Velocidades Motos.....	96
Figura 49. Velocidades Buses	98
Figura 50. Velocidades Camiones	100
Figura 51 Tabulación Accidentalidad sector comprendido entre la Carrera 33 y Carrera 27 con Calle 56 y Calle 67 (2012 – 2015).....	109
Figura 52. Puntos críticos de accidentalidad en el sector de estudio.....	110

Figura 53. Ruta vehicular alternativa 1, Carrera 33 – Calle 56	124
Figura 54. Ruta vehicular alternativa 2, Carrera 33 – Calle 56	125
Figura 55. Ruta vehicular alternativa 1, Carrera 27 – Calle 56	125
Figura 56. Ruta vehicular alternativa 2, Carrera 27 – Calle 56	126
Figura 57. Ruta vehicular alternativa 3, Carrera 27 – Calle 56	126

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato Estudio de Velocidades.....	142
Anexo 2. Formato aforos Volúmenes Vehiculares.....	143
Anexo 3. Desempeño de la Red, Solución 1	144
Anexo 4. Desempeño de la Red, Solución 2	144
Anexo 5. Tabla Factor de Ajuste para el Flujo de Saturación	145

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS DE LAS INTERSECCIONES CONTROLADAS CON DISPOSITIVOS SEMAFÓRICOS EN EL SECTOR COMPRENDIDO ENTRE LA CARRERA 33 Y CARRERA 27 CON CALLE 56 Y CALLE 67

AUTORES: FRANK SEBASTIAN BONCES ORTIZ
ERWING JAVIER MONTAÑEZ NIÑO

FACULTAD: INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR: ESP. SAUL RAMON VERGEL PEÑARANDA

RESUMEN

El presente proyecto de grado aplicó un método de conteo manual y se utilizó una herramienta computacional, con la cual se procedió a realizar una simulación vehicular modelando los tramos de gran afluencia en la ciudad de Bucaramanga. La modelación se realizó entre la carrera 27 y 33 con calle 56 y 67, teniendo como enfoque principal las intersecciones semafóricas de esta zona; estas vías son principales y de gran importancia ya que conectan arterias fundamentales para la movilización en la ciudad de Bucaramanga. Se realizó una búsqueda de alternativas y soluciones óptimas, para prevenir problemas de congestión y accidentalidad que suceden a menudo en las intersecciones semafóricas ubicadas en este sector, debido al incremento vehicular que año tras a año tiene un crecimiento de manera acelerada, entre otros factores. Aplicamos VISSIM como herramienta computacional para este proyecto de grado, la cual nos permite la simulación de los diferentes volúmenes de tránsito presentes en el sector de estudio. En este proyecto se enfocaron los tramos vehiculares de la zona de estudio, con lo cual VISSIM permite que se obtenga una calibración del flujo vehicular lo más real posible y así poder llegar a implementar las mejores soluciones y alternativas para el sector de estudio. Para llegar a obtener los mejores y más reales resultados, se realizó un trabajo de campo, llevando a cabo aforos vehiculares en el sector de estudio de nuestro proyecto; lo que nos facilita poder tener una calibración lo más similar con la realidad.

PALABRAS CLAVES: Microsimulación, modelación, intersecciones semafóricas.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ANALYSIS OF CONTROLLED INTERSECTIONS DEVICES IN THE SECTOR STOPLIGHT BETWEEN THE RACE 33 AND RACE 27 WITH 56TH STREET AND 67TH STREET

AUTHORS: FRANK SEBASTIAN BONCES ORTIZ
ERWING JAVIER MONTAÑEZ NIÑO

FACULTY: CIVIL ENGINEERING

DIRECTOR: ESP. SAUL RAMON VERGEL PEÑARANDA

ABSTRACT

This graduation project applied a method of manual counting and a computational tool, with which we proceeded to perform a simulation modeling vehicular sections of large influx in the city of Bucaramanga was used. The modeling career took place between 27 and 33 street 56 and 67, with the main focus stoplight intersections in this area; these pathways are major and important and fundamental arteries connecting mobilization in the city of Bucaramanga. A search for alternatives and optimal solutions was conducted to prevent congestion and accidents that often happen in the traffic-light intersections located in this sector due to vehicular increase year after a year has a growth accelerated, among other factors. We apply computational tool VISSIM as grade for this project, which allows us to simulate different traffic volumes present in the field of study. In this project the vehicle sections of the study area focused, which allows a VISSIM calibration as real as possible for traffic flow so we can get to implement the best solutions and alternatives for the study sector. To get to get the best and actual results, fieldwork was conducted by carrying out vehicle appraisals in the field of study of our project; which enables us to have a calibration as close to reality.

KEYWORDS: Microsimulation, modeling, traffic light intersections

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial los países se encuentran en un proceso de globalización, mediante el cual buscan la interdependencia en aspectos sociales, económicos y tecnológicos. El ser humano día a día se encarga de trabajar y suministrar conocimientos en pro de este proceso, para así poder predominar en los mercados mundiales.

Colombia busca con esfuerzo ingresar al mundo de la globalización, sin ser ajenos a la lista interminable de ideas que aún faltan por ejecutar, partiendo de un punto esencial a tener en cuenta dentro de la búsqueda del desarrollo de un país como lo es el transporte, siendo pieza fundamental en la economía del país. La ingeniería debe enfocarse en infraestructura que permita a Colombia el ingreso económico y productor de mercados influyentes en pro de salir del subdesarrollo en el que se encuentra el país.

La creciente demanda que atraviesan las principales ciudades de Colombia en infraestructura vial como es el caso puntual de Bucaramanga, ha hecho que las entidades encargadas del tránsito y movilidad de la ciudad enfoquen todos sus esfuerzos en pro de mejorar la capacidad y operación de las vías, reducir la accidentalidad vial, avanzar tecnológicamente en las redes semaforizadas, llevando con esto a una mejor calidad de vida de los habitantes ofreciendo competitividad a nivel económico y social.

Este Proyecto de Grado tendrá como principal objetivo mejorar la movilidad en un sector de la ciudad, teniendo como base el análisis de las intersecciones semaforizadas ubicadas entre la carrera 27 y carrera 33 con calle 56 y calle 67. Con ayuda del Software PTV VISSIM se podrá efectuar una simulación real de la zona de afectación, permitiendo con los resultados obtenidos plantear las mejores soluciones para reducir la problemática presente en la zona.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Generar un análisis de movilidad en las intersecciones controladas con dispositivos semafóricos comprendidas entre la carrera 33 y carrera 27 con calle 56 y calle 67, revisando los parámetros de tránsito (capacidad, volúmenes, niveles de servicio), que permita llevar a un mejoramiento del flujo vehicular en el sector, por medio de simulación de las intersecciones en VISSIM.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Obtener aforos vehiculares y datos reales en campo, que sirvan como información primaria en la modelación.

Modelar en VISSIM la información tomada de las intersecciones, y obtener resultados en cuanto a Parámetros de tránsito (Capacidad, volúmenes, Niveles de Servicio)

Investigar alternativas de solución, existentes o propuestas para la mejora de la movilidad en el sector.

Indagar y analizar, base de datos sobre accidentalidad que están afectando la movilidad en el sector de estudio.

Identificar y proponer cual es la mejor alternativa de solución para el problema de movilidad existente en las intersecciones.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

El crecimiento constante de la población y el desarrollo económico enfocados en movilidad, como también la gran demanda que tiene en la actualidad las vías urbanas y rurales lleva a desencadenar los problemas evidenciados en la movilidad. De igual forma la facilidad que tienen parte de los ciudadanos para adquirir un medio de transporte privado (automóvil, motocicleta) que facilite desplazamientos de un lugar a otro, lleva a este problema de movilidad a situaciones de gran complejidad. La poca oferta en las vías, como el mal estado de estas mismas, la planeación errada de sistemas masivos de transporte, ocasiona una acumulación de circunstancias que afecta de manera negativa la movilidad por las vías.

El aumento del parque automotor y los problemas nombrados anteriormente presentes en las vías, llevan a las ciudades del país a invertir grandes cantidades de recursos en busca de mitigar y disminuir el conflicto en el campo de movilidad. Nuestros gobernantes examinan con afán, soluciones y posibles alternativas para reducir o evitar que se siga presentando el problema ya evidenciado.

En Bucaramanga, enfocándonos prioritariamente en el sector comprendido entre las carreras 27 y 33 con calles 56 y 67, evidenciamos problemas de movilidad de manera notoria en las intersecciones controladas con dispositivos semafóricos, que de algún modo estas intersecciones son soluciones ya establecidas para tener un orden en la movilidad de las vías de nuestra ciudad, pero que llegan a colapsar por el crecimiento constante de los vehículos circulando en ellas. Estudiar y analizar estas intersecciones nos llevará a encontrar más a fondo la causa de los problemas en la movilidad, y dar un visto bueno a las alternativas próximas a ejecutarse o poder encontrar nuevas soluciones.

En la figura 1, se encuentra un esquema completo del sector de estudio de este proyecto, da referencia a las intersecciones semafóricas y las vías de estudio ubicadas entre la carrera 33 y carrera 27 con calle 56 y calle 67.

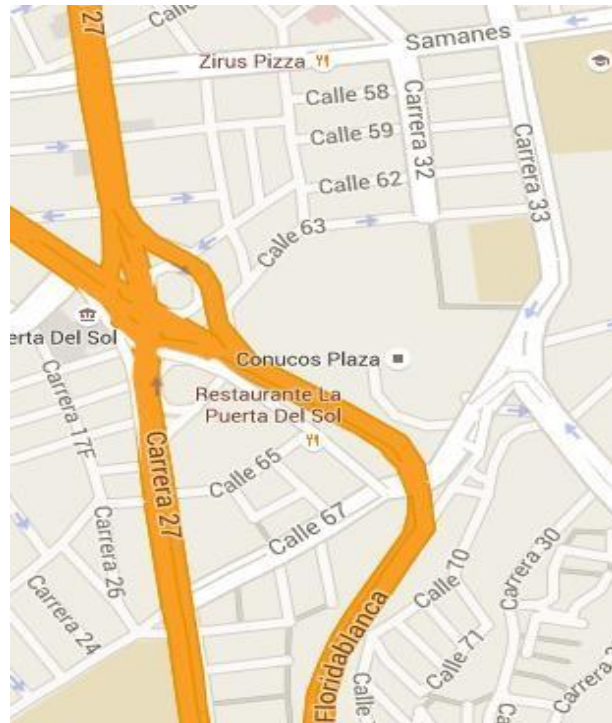


Figura 1. Esquema sector de estudio
Fuente: <https://www.google.com/maps>

En la tabla 1, tabla 2, tabla 3, tabla 4, tabla 5. Se puede observar el crecimiento del parque automotor de los últimos años en Bucaramanga, como también los demás municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga. Estas cifras nos muestran que los automóviles y motocicletas, son los vehículos con mayor demanda entre las personas con poder adquisitivo de vehículos motorizados. Es importante resaltar que el aumento del parque automotor en los municipios de Girón, Piedecuesta y Floridablanca afecta de manera notoria a Bucaramanga, ya que en estos municipios del AMB se está produciendo un gran crecimiento poblacional especialmente en Girón y Piedecuesta, pero los sitios que generan empleo aún se mantienen en Bucaramanga, produciendo el desplazamiento del flujo vehicular de dichos municipios a la ciudad.

CLASE DE VEHICULO	BUCARAMANGA.			
	2011	2012	2013	2014
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
AUTOMOVIL	76.576	81.360	85.267	89.134
BUS	1.298	1.309	1.331	1.346
BUSETA	663	658	658	671
MINIBUS	0	0	0	0
CAMION	6.751	7.214	7.388	7.572
CAMIONETA	23.218	25.334	27.868	30.383
CAMPERO	13.866	14.829	15.504	16.201
MICROBUS	575	591	630	671
TRACTOCAMION	1.605	2.251	2.346	2.408
VOLQUETA	1.282	1.486	1.549	1.627
MOTOCICLETA	24.503	25.566	27.984	30.155
MAQUINARIA AGRICOLA	4	4	4	4
MAQUINARIA INDUSTRIAL	2	2	2	2
BICICLETA	0	0	0	0
MOTOCARRO	2	14	16	19
TRACCION ANIMAL	0	0	0	0
MOTOCICLO	0	0	0	0
REMOLQUE	0	0	0	0
SEMIREMOLQUE	0	0	0	0
CUATRIMOTO	17	20	23	24
TOTAL VEHICULOS	150.362	160.638	170.570	180.217

Tabla 1. Crecimiento del Parque Automotor en Bucaramanga
Fuente: <http://www.observatoriometropolitano.com.co>

CLASE DE VEHICULO	FLORIDABLANCA.			
	2011	2012	2013	2014
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
AUTOMOVIL	24.874	27.192	28.999	28.475
BUS	948	970	980	1.091
BUSETA	961	955	913	957
MINIBUS	12	16	11	11
CAMION	3.360	3.609	3.568	3.779
CAMIONETA	8.336	8.863	9.615	10.052
CAMPERO	3.012	3.187	3.197	3.446
MICROBUS	1.034	1.118	1.127	1.243
TRACTOCAMION	1.955	2.522	2.445	2.506
VOLQUETA	461	566	605	683
MOTOCICLETA	77.891	85.496	93.035	98.810
MAQUINARIA AGRICOLA	0	0	0	0
MAQUINARIA INDUSTRIAL	10	10	0	0
BICICLETA	0	0	0	0
MOTOCARRO	57	85	125	200
TRACCION ANIMAL	0	0	0	0
MOTOCICLO	3	7	6	6
REMOLQUE	0	0	0	7
SEMIREMOLQUE	0	0	0	2.157
CUATRIMOTO	0	0	0	0
TOTAL VEHICULOS	122.914	134.596	144.626	153.423

Tabla 2. Crecimiento del Parque Automotor en Floridablanca
Fuente: <http://www.observatoriometropolitano.com.co>

CLASE DE VEHICULO	GIRÓN.			
	2011	2012	2013	2014
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
AUTOMOVIL	2.024	13.406	14.688	17.028
BUS	24	308	309	327
BUSETA	7	278	282	285
MINIBUS	0	0	0	0
CAMION	616	3.997	4.089	4.314
CAMIONETA	982	5.560	6.139	7.217
CAMPERO	118	1.573	1.624	1.740
MICROBUS	26	340	368	383
TRACTOCAMION	86	505	520	565
VOLQUETA	144	508	596	785
MOTOCICLETA	21.292	128.952	151.150	176.937
MAQUINARIA AGRICOLA	0	1	0	0
MAQUINARIA INDUSTRIAL	0	1	2	2
BICICLETA	0	0	0	0
MOTOCARRO	117	216	261	343
TRACCION ANIMAL	0	0	0	0
MOTOCICLO	0	0	0	1
REMOLQUE	0	0	0	0
SEMIREMOLQUE	1	0	1	144
CUATRIMOTO	15	0	92	112
TOTAL VEHICULOS	25.452	155.645	180.121	210.183

Tabla 3. Crecimiento del Parque Automotor en Girón
Fuente: <http://www.observatoriometropolitano.com.co>

CLASE DE VEHICULO	PIEDECUESTA.			
	2011	2012	2013	2014
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
AUTOMOVIL	882	894	1.013	1.233
BUS	80	89	91	91
BUSETA	278	291	291	292
MINIBUS	0	0	0	0
CAMION	980	998	1.010	1.025
CAMIONETA	612	612	629	637
CAMPERO	196	209	229	230
MICROBUS	206	217	218	218
TRACTOCAMION	286	303	303	303
VOLQUETA	117	128	128	130
MOTOCICLETA	5.250	5.378	6.420	7.397
MAQUINARIA AGRICOLA	0	0	0	0
MAQUINARIA INDUSTRIAL	0	0	0	0
BICICLETA	0	0	0	0
MOTOCARRO	2	2	2	2
TRACCION ANIMAL	0	0	0	0
MOTOCICLO	1	1	1	1
REMOLQUE	0	0	0	0
SEMIREMOLQUE	0	0	0	0
CUATRIMOTO	0	0	0	0
TOTAL VEHICULOS	8.890	9.122	10.335	11.559

Tabla 4. Crecimiento del Parque Automotor en Piedecuesta
Fuente: <http://www.observatoriometropolitano.com.co>

CLASE DE VEHICULO	AMB.			
	2011	2012	2013	2014
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
AUTOMOVIL	104.356	122.852	129.967	135.870
BUS	2.350	2.676	2.711	2.855
BUSETA	1.909	2.182	2.144	2.205
MINIBUS	12	16	11	11
CAMION	11.707	15.818	16.055	16.690
CAMIONETA	33.148	40.369	44.251	48.289
CAMPERO	17.192	19.798	20.554	21.617
MICROBUS	1.841	2.266	2.343	2.515
TRACTOCAMION	3.932	5.581	5.614	5.782
VOLQUETA	2.004	2.688	2.878	3.225
MOTOCICLETA	128.936	245.392	278.589	313.299
MAQUINARIA AGRICOLA	4	5	4	4
MAQUINARIA INDUSTRIAL	12	13	4	4
BICICLETA	0	0	0	0
MOTOCARRO	178	317	404	564
TRACCION ANIMAL	0	0	0	0
MOTOCICLO	4	8	7	8
REMOLQUE	0	0	0	7
SEMIREMOLQUE	1	0	1	2.301
CUATRIMOTO	32	20	115	136
TOTAL VEHICULOS	307.618	460.001	505.652	555.382

Tabla 5. Crecimiento del Parque Automotor en AMB (Área Metropolitana Bucaramanga)
Fuente: <http://www.observatoriometroolitano.com.co>

En la tabla 1. Se puede observar que en la ciudad de Bucaramanga el automóvil se encuentra en primer lugar entre los vehículos matriculados, dejando a las motocicletas en segundo lugar con un amplio margen, caso contrario a lo que sucede en Girón, Piedecuesta y Floridablanca; teniendo en primer lugar de vehículos matriculados a la motocicleta, dejando a los automóviles en segundo lugar con un margen demasiado extenso. De esta forma la motocicleta es el vehículo motorizado con mayor número de matrículas en el AMB.

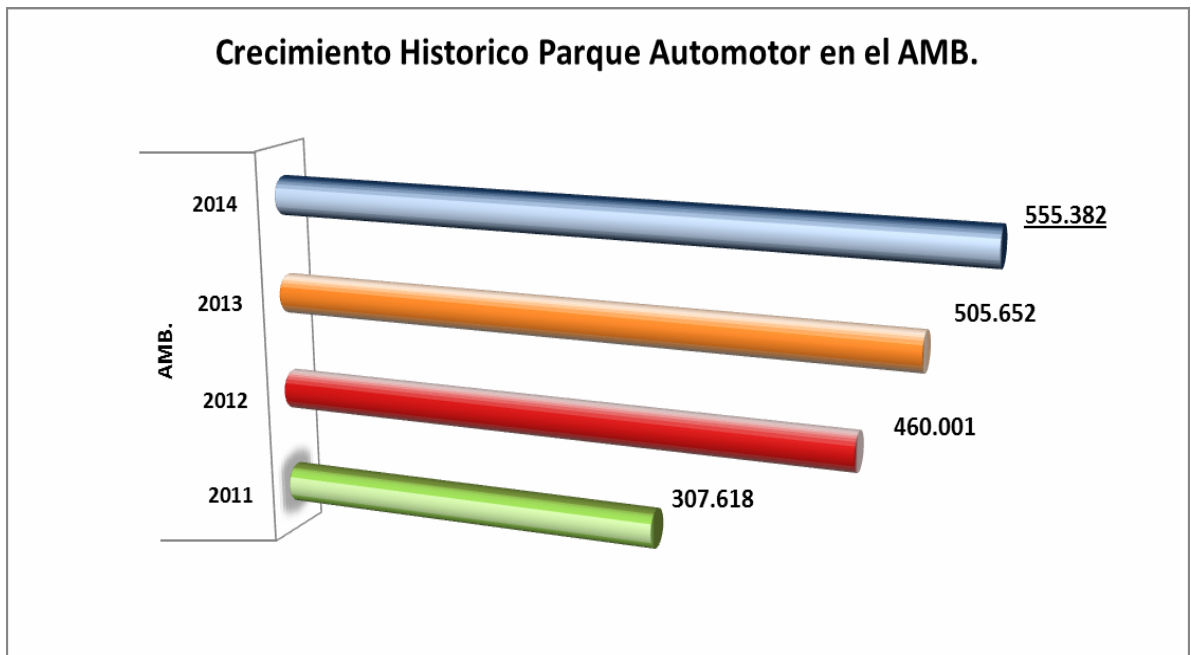


Figura 2. Crecimiento Histórico Parque Automotor en el AMB (Área Metropolitana Bucaramanga)
 Fuente: <http://www.observatoriometropolitano.com.co>

La Figura 2. Nos muestra el rápido crecimiento del parque automotor en el AMB, reflejando que es uno de los mayores causales del problema de movilidad. Los habitantes de Bucaramanga y su área metropolitana, tienden a adquirir un vehículo motorizado dada la importancia por mejorar su calidad de vida, tener un fácil y cómodo desplazamiento por las vías se ha convertido en una de las cosas más relevantes entre los ciudadanos, sin desconocer la facilidad que tienen hoy en día la mayoría de las personas al momento de adquirir cualquier tipo de vehículo.

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, el sector escogido para realizar estudios y análisis de este Proyecto de Grado, refleja que es una zona donde se está confinando notoriamente la movilidad vial de la ciudad. Siendo un sector al que le llegan varias vías principales como son la carrera 33, carrera 27 y la avenida Gonzales valencia. Hoy en día con el problema de movilidad se tendrán que buscar alternativas y soluciones para evitar complicaciones de congestión en la movilidad de esta zona.

La zona a estudiar, necesita lo más pronto posible una solución para evitar los conflictos que está generando este problema de movilidad; acceder a este sector es muy complicado debido a que en la entrada de dicha zona se aglomera gran cantidad de vehículos que cada día va en aumento. La construcción del proyecto del tercer carril, mejorará la movilidad de un sector de la ciudad, sin desconocer que el sector de Conucos se verá afectado en lo flujos vehiculares, por los grandes volúmenes de tráfico que desembocarán en este punto de la ciudad por los diseños del tercer carril. Esto nos da un punto de partida para estudiar y diagnosticar los posibles problemas futuros y poder contrarrestarlos.

Este Proyecto de Grado, por medio de la simulación en VISSIM de la situación actual de la zona a estudiar y analizar, nos dará una óptica del problema que tenemos actualmente en movilidad en el sector de conucos, con ayuda de este software se podrá llegar a tomar decisiones para alcanzar las mejoras deseadas. Las alternativas y soluciones a este problema se verán reflejadas y serán muy útiles debido a que en el sector se encuentra la clínica SALUDCOOP, siendo muy importante que esta zona no presente problemas de movilidad para un fácil acceso a ella.

4. ANTECEDENTES

El municipio de Bucaramanga está en busca de mejorar la movilidad en las vías de la ciudad, actualmente se encuentra en los primeros pasos de ejecución el PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD – AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA 2011 – 2030 , con el que se busca solucionar los problemas de movilidad ya evidenciados con múltiples acciones a tomar en todo lo relacionado con movilidad; se encuentran planteados diversos proyectos a ejecutarse, en los que se puede encontrar PROYECTO 3.1 “MANTENIMIENTO Y CONSERVACION DE LA RED VIAL”, con el que se busca disminución de costos de mantenimiento, mejoramiento de movilidad de la malla vial, disminución de los costos de operación y ahorros en tiempo de viaje [1], en el que se tiene planteado darle una mejora a la Carrera 27 y Carrera 33, en cuestión de mantenimiento y adecuación de infraestructura Vial.

Bucaramanga también cuenta con otro plan en movilidad catalogado “PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD – BUCARAMANGA 2010 – 2030”, en este plan maestro se encuentra un proyecto a ejecutarse llamado PROYECTO 5.3 “SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE TRÁFICO”, el cual tiene como principal objetivo, Optimizar el sistema de control del tráfico de la ciudad mediante la actualización de la tecnología existente y el incremento de la capacidad de la Central de Control, con el fin de mejorar su operación y permitir la interconexión de todas las intersecciones semafóricas, existentes y proyectadas, así como implementar un sistema de CCTV para el monitoreo de la movilidad en el sistema vial, principal o arterial [2].

En los proyectos viales más importantes planteados a ejecutarse en este PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD – BUCARAMANGA 2010 – 2030, que se desarrollarán en el sector a estudiarse se encuentran:

“Calle 56 con carrera 33 (tercer carril -giro a la izquierda)” [2]

“Prolongación deprimido calle 56 entre carreras 23 y 28” [2]

5. ALCANCE

Este proyecto de grado pretende estudiar y analizar la situación actual en el sector entre las carreras 27 y 33 con calles 56 y 67, determinando niveles de servicio, capacidad, velocidades; como aspectos destacados en el manejo de flujos vehiculares, determinar la manera en que opera y funciona la semaforización en las intersecciones, como también la infraestructura presente y las múltiples alternativas para el mejoramiento de la movilidad.

Se utilizará VISSIM como herramienta de apoyo de nuestro proyecto, para determinar y analizar el comportamiento del flujo vehicular, los tiempos de semaforización y de esta manera tener un punto de partida para proponer mejoras en el sistema. Estos resultados servirán para informar a las entidades encargadas del tránsito en nuestra ciudad (Tránsito de Bucaramanga) de los causales de este impacto en la movilidad del sector.

Tránsito y transporte de Bucaramanga, se encuentra muy interesado en la realización de este proyecto de grado, ya que será de gran utilidad para ellos en el propósito de brindar garantías en la movilidad de los vehículos por este sector de la ciudad, y poder seguir avanzando en poner un alto al impacto negativo de la movilidad en Bucaramanga. Esto nos lleva a pensar que el proyecto planteado, será muy bien acogido y servirá para favorecer a nuestra ciudad de gran manera.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 MOVILIDAD EN BUCARAMANGA

6.1.1 Generalidades de movilidad en Bucaramanga y el sector de estudio

La movilidad de Bucaramanga y su Área metropolitana se han visto seriamente afectadas como consecuencia de su excesiva densificación, y la falta de una autoridad única de transporte que defina las mejores estrategias y priorice las obras y acciones con base en información apropiada y estudios técnicos pertinentes [3].

El informe consolidado a 31 de enero de este año indica que hay 553 mil 947 vehículos registrados en Bucaramanga, Floridablanca y Girón (no se incluyen datos de Piedecuesta, donde solo habría unos 15 mil vehículos reportados). De este total, 307 mil 546 son motocicletas, es decir, hay un vehículo de este tipo por cada familia promedio en la ciudad. Además, hay 246 mil 401 automóviles matriculados (se incluye carros, camionetas, camperos, camiones y otros vehículos similares), es decir, prácticamente el doble de lo que había hace tan solo 10 años. Ambas cifras no son nada despreciables, sobre todo si se tiene en cuenta que ha sido muy poco lo que ha crecido la malla vial de la ciudad en los últimos 20 años. De hecho, si se tiene en cuenta que en el 2010 había registrados 381 mil 570 vehículos (motos y carros), se puede concluir que en menos de cinco años el parque automotor ha aumentado en un 50% [13].

Otra de las problemáticas de la movilidad es el poco uso del transporte público. El uso del transporte público busca descongestionar las calles, haciendo que la gente prefiera transportarse utilizando este servicio y no optar por la compra de un vehículo motorizado. Sin embargo, el mal servicio de las empresas de transporte público se ve reflejado en la demora en las rutas, el hacinamiento en las horas pico y el alto precio en el pasaje ya que Bucaramanga, siendo una ciudad pequeña, cuenta con el pasaje más caro en toda Colombia en cuanto servicio de transporte público se refiere [4].

En el sector estudiado, se presentan grandes índices de congestión automotor por ser vías de gran demanda por los ciudadanos de la ciudad, las vías de estudio no cuentan con la infraestructura necesaria para la gran cantidad de vehículos que circulan por ellas diariamente, de igual forma este sector cuenta con gran afluencia de transporte público debido a que los buses y metrolínea cuentan con rutas principales en esta zona de la ciudad.

Las intersecciones controladas con dispositivos semafóricos en el sector cumplen con un papel muy importante para el ordenamiento vehicular y evitar el caos, pero desafortunadamente el crecimiento tan rápido de la densificación de la ciudad, hace que nuevos proyectos y la construcción de nueva infraestructura sea fundamental para llegar a un orden vial.

6.1.2 Sistema Integrado de Transporte Masivo - *Metrolínea*

Los sistemas integrados de transporte masivo (SITM) fueron impulsados unos años atrás por el Gobierno Nacional, implementando una Política Nacional de Transporte Urbano a las ciudades que presentaban un alto crecimiento poblacional, tal como era el caso de Bucaramanga.

Esta política implantada por el gobierno nacional, buscaba consolidar y afianzar el transporte público como la alternativa más eficiente a la hora de elegir un tipo de transporte; reducir los tiempos de desplazamiento, mejorar la accesibilidad de los usuarios (incluyendo a quienes presentan algún grado de discapacidad), mejorar la calidad de vida, reducir la emisión de contaminantes y aumentar la productividad de las ciudades, era el principal objetivo de la implementación de este sistema de transporte.

Para la implantación del sistema, se diseñaron 20,1 kilómetros de corredores troncales, 35,5 kilómetros de corredores pre-troncales, 80,1 kilómetros de corredores alimentadores, 2 estaciones de transferencia y 4 estaciones de cabecera [2].

Los corredores troncales, configurados como corredores de alta demanda de pasajeros, cuentan con carriles exclusivos que permiten la circulación de autobuses articulados y padrones que se detienen en estaciones de plataforma alta ubicadas en el separador central. Por los corredores pre-troncales o de demanda media, como la carrera 27, circulan autobuses padrones en tráfico mixto con validación del viaje dentro del vehículo. En algunos tramos de su recorrido, como en la autopista, estos servicios pre-troncales utilizan la infraestructura de las troncales para mejorar su operación. Finalmente, por los corredores alimentadores circulan los autobuses de menor capacidad en tráfico mixto, con paraderos establecidos y con validación de los viajes a bordo [2].

El Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) consta de la siguiente configuración de rutas y vehículos:

1. **Rutas Troncales:** Son rutas con carriles destinados exclusivamente para los buses pertenecientes al sistema; siendo ésta la línea principal.
2. **Rutas complementarias (pre-troncales):** Son aquellas rutas no pertenecientes a la infraestructura de la línea principal, comparten vía con los buses del sistema y transportan un gran número de pasajeros.
3. **Rutas Alimentadoras:** Son rutas que permiten cubrir las áreas de más difícil acceso y transportar al usuario o pasajero a un punto de transbordo, haciendo uso allí de otro bus o articulado.
4. **Bus Articulado:** Vehículo con capacidad para 160 pasajeros compuesto por 2 vagones, se desplaza únicamente por la vía troncal (carril exclusivo). Tiene puertas de acceso en su parte izquierda para el ingreso en las Estaciones, también tiene dos puertas en su parte derecha que se usan en caso de emergencia.

5. **Bus Padrón:** Vehículo con capacidad para 90 pasajeros, tiene puertas de acceso en ambos lados, este bus realiza paradas tanto en Estaciones como en el andén de los corredores pe-troncales.

6. **Bus Alimentador:** Vehículo similar a los actuales modelos con capacidad para 48 pasajeros. Se encarga de movilizar pasajeros hacia y desde las áreas de más difícil acceso hasta las Estaciones, tiene acceso únicamente por la parte derecha.

El SITM pretende cubrir 66% del total de viajes en transporte público, en un proceso gradual que culminará con la entrada en operación de los servicios de Piedecuesta y Girón, una vez se construya la infraestructura necesaria [2].

El sector de estudio de este proyecto comprende rutas complementarias (pre-troncales) y alimentadoras de este sistema de transporte, disponiendo de buses articulados y alimentadores que transitan primordialmente por las Carreras 33, Carrera 27 y la Calle 56.

6.1.3 Proyección de la movilidad en Bucaramanga

Planes de movilidad aprobados en Bucaramanga, buscan un diagnóstico de la situación actual, los análisis causales, las tendencias y proyecciones, los retos que en el futuro debe afrontar la ciudad, y, por último, los lineamientos, estrategias y áreas de acción para mitigar la crisis actual de movilidad urbana, que nos permitan consolidar un sistema de transporte eficiente, democrático, equitativo y amigable con el medio ambiente, potenciador del empleo, la productividad y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes [2].

Bucaramanga se encuentra planeando y ejecutando diferentes estrategias que puedan llevar a la ciudad a implementar un modelo de transporte sostenible, para

esto requiere ligar tres objetivos esenciales. Los cuales son la necesidad por un desarrollo económico, ambiental y social. Al momento de hablar de un modelo de transporte sostenible, podemos marcar algunas características que deben estar en total unidad e interrelacionadas para el óptimo funcionamiento de este modelo; reducción de vehículos particulares, aumento del uso del transporte público, aumento de infraestructura para vehículos no motorizados (ciclorrutas, senderos peatonales), extensión de kilómetros construidos para transporte público, son algunas de las características más relevantes de este sistema.

De igual manera nuevos proyectos de infraestructura vial han sido ejecutados en la ciudad, mientras que otros se encuentran en la fase previa a su construcción y ejecución, lo que permite prever una proyección favorable en movilidad para la ciudad gracias al aumento de infraestructura en Bucaramanga. Algunos de estos proyectos ya ejecutados o en fases previas a ejecutarse se muestran a continuación:



Figura 3. Intercambiador Mesón de los Búcaros

Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1676986>



Figura 4. Viaducto de la Carrera Novena
Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1020237>



Figura 5. Intercambiador Neomundo
Fuente: <http://www.vanguardia.com/historico/101679-intercambiador-de-neomundo-ya-tiene-dos-meses-de-retraso>



Figura 6. Tercer carril entre el puente de Provenza y la Puerta del Sol
Fuente: <http://www.rcnradio.com/noticias/se-podrian-perder-recursos-adjudicados-para-el-tercer-carril-en-bucaramanga-101583>



Figura 7. Intercambiador Avenida Quebrada seca con Diagonal 15
Fuente: <http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/292153-abren-licitacion-del-intercambiador-de-la-quebradaseca-con-15>

6.1.4 Características de las vías en Bucaramanga

6.1.4.1 Las vías en la ciudad

La Ciudad cuenta actualmente con un Plan de Ordenamiento Territorial (POT), donde se puede encontrar la clasificación de las vías de la ciudad de Bucaramanga en dos tipos:

- Vías Arteria Tipo
- Vías de la Red local del municipio

6.1.4.2 Vías Arteria Tipo

Las Vías de Arteria Tipo se encuentran divididas según su sección transversal en:

Vías Tipo V-0: Estas vías tienen una sección transversal mayor de 60 m

Vías Tipo V-1: Estas vías tienen una sección transversal entre 60m y 40 m

Vías Tipo V-2: Estas vías tienen una sección transversal entre 30 m y 40 m

Vías Tipo V-3: Estas vías tienen una sección transversal entre 25 m y 30 m

Las vías de arteria tipo que podemos encontrar en la ciudad se describen a continuación:

Carrera 15: Las características de esta vía la sitúan en el tipo V-2. En el sector de la Rosita se convierte en Diagonal 15, recientemente fue ampliada y arreglada dada la inclusión del proyecto Metrolínea por esta vía, la carrera 15 da inicio en el sector norte de la ciudad y termina en el sector de la puerta del sol.

Carrera 27: Las características de esta vía la sitúan en el tipo V-2. Cruza la ciudad de Bucaramanga de Norte a Sur, iniciando desde la UIS.

En la ciudad se destacan otras vías de Arteria Tipo, descritas a continuación:

Autopista Bucaramanga - Floridablanca: Tipo V-0

Autopista Bucaramanga - Girón: Tipo V-1

Vía Palenque - Café Madrid: Tipo V-1

Avenida La Rosita: Tipo V-2

Avenida Quebrada Seca: Tipo V-3

6.1.4.3 Vías red local del municipio

Las vías red local del municipio están clasificadas de la siguiente manera:

Vías Tipo V-4: Mínimo 18 m y máximo 25 m de sección transversal.

Vías Tipo V-5: Tienen entre 15 m y 18 m de sección transversal.

Vías Tipo V-6: Tienen entre 12 m y 15 m de sección transversal.

Vías Tipo V-7: Tienen entre 9 m y 12 m de sección transversal.

Vías Tipo V-8: Tiene una sección transversal menor a 9 m.

Entre las vías de la red local que podemos encontrar en la ciudad están:

Carrera 33: Esta vía es del tipo V-4, inicia desde la avenida Quebrada Seca cruzando la ciudad de norte a sur, se destaca en esta vía la amplia zona peatonal al servicio de los transeúntes.

Otras vías red local que se destacan en la ciudad son: Carrera 17, Carrera 21, Calle 56, Calle 45, Calle 36.

6.2 INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

6.2.1 Definición Y Clasificación Según Regulación

Se consideran Intersecciones semafóricas las que están reguladas permanente o mayoritariamente mediante sistemas de luces que establecen las prioridades de paso por la intersección. La semaforización de intersecciones puede ser un instrumento eficaz para la reducción de la congestión, la mejora de la seguridad o para apoyar diversas estrategias de transporte (promoción del transporte público, reforzamiento de la jerarquía viaria, potenciación de peatones y ciclistas, etc.). Prácticamente, cualquier tipo de intersección es susceptible de semaforización [5]. Una intersección controlada por dispositivos semafóricos presenta un flujo vehicular interrumpido, esto debido a su infraestructura más no a la calidad del flujo.

Dependiendo de la forma de regulación que establecen, pueden clasificarse los siguientes tipos de sistemas de semaforización:

Sistemas de ciclo y fases de duración prefijada: Se mantienen constantes con independencia de las variaciones de tráfico en sus ramales. No obstante, sus fases pueden variarse desde el centro de control, y coordinarse con las de otras intersecciones [5].

Sistemas coordinados en "ondas verdes": Conjunto de intersecciones con fases prefijadas, pero sincronizadas entre sí, para permitir el movimiento de vehículos sin paradas, a lo largo de un itinerario, a una velocidad determinada [5].

Sistemas adaptables automáticamente a la demanda: En las que las fases del ciclo varían en función de los datos de la longitud de colas existentes en cada ramal, que son recibidos y procesados por un ordenador. Una forma particular de estos sistemas son los semáforos que mantienen la fase verde en la vía principal hasta que se presenta un vehículo en la secundaria [5].

Sistemas que conceden prioridad de paso al transporte público: Mediante detectores que activan la fase verde de este al aproximarse a la intersección, tornando a fase roja todos los movimientos que puedan resultar incompatibles [5].

Semáforos dosificadores ("ramp metering"): Se trata de semáforos cuyas fases verdes sólo permiten el paso de un vehículo. El número de fases verdes por ciclo puede dosificar la intensidad de tráfico que pasa por ellos y suele regularse automáticamente en función de la mayor o menor congestión aguas arriba de los mismos. Pueden instalarse en vías de un sólo carril (rampas de acceso a autopistas o autovías) o en batería, en el tronco principal de una autopista, sincronizados para que no coincidan sus fases verdes [5].

Semáforos accionables manualmente por peatones o ciclistas: en los que se activa la fase verde al presionar un mecanismo [5].

6.2.2 Operaciones Semafóricas

A continuación se describen algunos de los términos más usuales en el tipo de operación de los semáforos:

Ciclo: Cualquier secuencia completa de indicaciones o mensajes de un semáforo [11], es el tiempo que transcurre desde el cambio de un grupo semafórico hasta la repetición de dicho escenario después de llevarse a cabo una secuencia de maniobra completa en los semáforos conectados a un mismo regulador.

Duración de ciclo: El tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos [11].

Fase: La parte de un ciclo que se da a cualquier combinación de movimientos de tránsito que tienen derecho a pasar simultáneamente durante uno o más intervalos [11].

Intervalo: Un intervalo de tiempo durante el cual todas las indicaciones semafóricas permanecen constantes [11].

Tiempo de verde: El tiempo, dentro de una fase dada, durante la cual la indicación “verde” está a la vista [11].

Tiempo perdido: El tiempo durante el cual la intersección no está efectivamente utilizada por ningún movimiento, estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio (durante el cual la intersección se evacúa) y al principio de cada fase cuando los primeros coches de la cola sufren retrasos en el arranque [11].

Flujo de Saturación: Tasa máxima de vehículos que pueden salir de una cola, cuando el semáforo está en verde.

6.2.3 Intersecciones Semaforizadas en Bucaramanga

Según cifras del 2013, Bucaramanga cuenta con 173 intersecciones controladas con semáforos, compuestas con 1114 semáforos y controladas con 124 equipos. Diariamente se realizan mantenimientos en estas intersecciones semafóricas, que van desde cambiar la bombillería, hasta la revisión de postes y redes, todo en busca de prevenir fallas en el sistema, evitando accidentes y demoras para las personas.

Modernizar la red semafórica de la capital santandereana, que incluso ya completó 30 años de largo uso, le costará al Municipio una suma de \$50 mil millones. De los 124 equipos que controlan los 1.114 semáforos en las 173 intersecciones de la ciudad, al menos 103 deberán ser reemplazados por tecnología nueva, según lo advirtió la Central de Semaforización de la Dirección de Tránsito [6].

6.3 MODELOS DE SIMULACIÓN DEL TRANSITO

6.3.1 Clasificación de los Modelos

La disponibilidad de modelos matemáticos que describan el fenómeno del flujo vehicular es un importante requisito para la aplicación de la teoría de control matemático. Para ello se han estudiado distintos enfoques para la simulación del tráfico. Estos enfoques se pueden separar en tres grandes ramas, los modelos macroscópicos, los mesoscópicos y los modelos microscópicos [7].

Clasificación	Descripción
Escala de las variables independientes	<ul style="list-style-type: none">• Continuo: Si las variables cambian de modo continuo en función del tiempo.• Discreto: Si las variables varían en un conjunto contable de instantes de tiempo.
Nivel de detalle	<ul style="list-style-type: none">• Microscópico• Macroscópico• Mesoscópico
Representación de los procesos	<ul style="list-style-type: none">• Modelos determinista la representación no contiene variables aleatorias y todas sus variables se definen mediante relaciones exactas.• Los modelos estocásticos contienen al menos una variable no determinista.
Funcionamiento	El modelo puede describir la dinámica de los vehículos en un sólo carril con un sentido de flujo, con intersecciones en una red de avenidas, carreteras o autopistas.
Escala de aplicación	Si es usado para una simulación o como solución analítica de un grupo de ecuaciones

Tabla 6. Clasificación de Modelos

Fuente: <http://smiv.trabajoterminal.org/documento/node8.html#ClasModelos2>

Nombre	Descripción
Modelo microscópico	<p>Describe el comportamiento del flujo de tráfico vehicular con gran detalle a través de describir el comportamiento de conductores y los automóviles vistos como entidades discretas individuales y atómicas que interactúan unas con otras</p> <ul style="list-style-type: none"> • El modelo de carro siguiente (Car-Following) • Modelos de autómatas celulares
Modelo macroscópico	<p>Estudia el comportamiento de los vehículos a gran escala, estos tipos de modelos describen el tráfico como un flujo de automóviles, sin tomar en cuanta las partes que lo componen que en este caso serían los automóviles de forma individual, sólo es visto en conjunto. Los tres parámetros macroscópicos principales que describen el flujo vehicular son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad vehículos • Tasa Flujo vehicular • Densidad de tráfico
Modelo mesoscópicos	<p>Estudia los autos por grupos, se clasifican de acuerdo a sus velocidades y se obtienen tipos de autos que se pueden estudiar de forma individual, las actividades e interacciones se describe a un nivel de detalle bajo</p>

Tabla 7. Clasificación de Modelos Por Nivel de Detalle
Fuente: <http://smiv.trabajoterminal.org/documento/node8.html#ClasModelos2>

6.4 SOFTWARE DE MICROSIMULACIÓN: VISSIM

6.4.1 Definición

Vissim es un software que realiza simulaciones Microscópicas del tráfico o también conocida como microsimulaciones, desarrollado por la empresa PTV - Planung Transport Verkehr AG en Karlsruhe, Alemania , VISSIM permite representar en un solo modelo todos los componentes del flujo de tránsito (autos, buses, camiones, ciclistas, motos, peatones), proporcionando una simulación realista, dando la opción de comparar la situación de operar con distintos tipos de intersecciones hasta poder implementar mediante un análisis las medidas para priorizar el transporte publico.

Con VISSIM se pueden obtener resultados numéricos detallados como también animaciones en 3D. VISSIM se basa en modelos matemáticos para poder modelar los diferentes parámetros de Transito.

6.4.2 Casos de aplicación de VISSIM

Tráfico en autopistas: Evalúa y examina la calidad del tráfico presente en autopistas, considerando algunas variables como longitudes de cola y tiempos de viaje, teniendo en cuenta el diseño geométrico.

Medidas de gestión del tráfico: VISSIM puede simular las distintas medidas de gestión presentes, como advertencia de congestión, límites de velocidad variables, entre otros; que generan grandes beneficios a la hora de operación de flujo vehicular.

Diseño geométrico de la intersección: Este software está en la capacidad de simular y analizar cualquier tipo de diseño geométrico, incluyendo los tipos de intersecciones con semáforos. El programa permite los distintos controles semafóricos, desde un controlador de tiempo fijo hasta un control actuado por el tráfico.

Sistemas multimodales: Identifica y simula todos los modos de transporte requeridos y su interacción. De este modo poder simular de forma realista los autos, camiones, motocicletas, bicicletas, peatones.

Simulación del transporte público: VISSIM ofrece una variedad de opciones al momento de simular detalladamente el transporte público, en el software se pueden construir líneas de transporte público, con varios tipos de vehículo y horarios de ruta, lo que otorga tener una simulación a detalle.

6.4.3 Modelo seguimiento de vehículo (car – following)

El software VISSIM, utiliza el modelo de comportamiento psicofísico del seguimiento de vehículo (car – following) desarrollado por Rainer Widemann (1974). Este modelo refiere que los vehículos presentes en la red realizan un proceso de seguirse uno a otro.

Una característica de este modelo de comportamiento, se refleja cuando un vehículo a una velocidad alta se acerca a otro vehículo más lento en un mismo carril, ajustando su separación de manera correcta y cualquier maniobra de frenado de ser necesaria. Al presentarse en la red vías multi-carril se identifica si los vehículos maniobran cambiando de carril; de ser así, estos verifican la posibilidad de hallar espacios aceptables en carriles contiguos.

Este modelo se conoce como Seguimiento de Vehículo (Car – Following), debido a que el conductor de un vehículo se encuentra influenciado por el vehículo que viaja en frente de él, esto dado por la percepción del movimiento relativo del vehículo del frente, caracterizado por la diferencia de velocidades y distancia.

El comportamiento humano juega un papel importante en la percepción de los diferentes factores al momento de conducir, todos los conductores tienen diferentes características y habilidades de conducción; distancias de seguridad, velocidades deseadas, aceleraciones, son algunas de estas características. De igual forma otros rasgos son propios del vehículo; velocidad y aceleración máxima

por ejemplo. Para representar estas características y distribuciones en el modelo, se usará el azar para calcular valores del umbral y diferentes características de conducción, siendo éstas las siguientes:

- El vehículo transita en condición libre
- El vehículo es influenciado dado que el conductor percibe un vehículo en frente de él, con una velocidad más baja.
- El vehículo comienza un proceso de seguimiento, conservando una separación segura.
- El vehículo se enfrenta a una situación de emergencia.

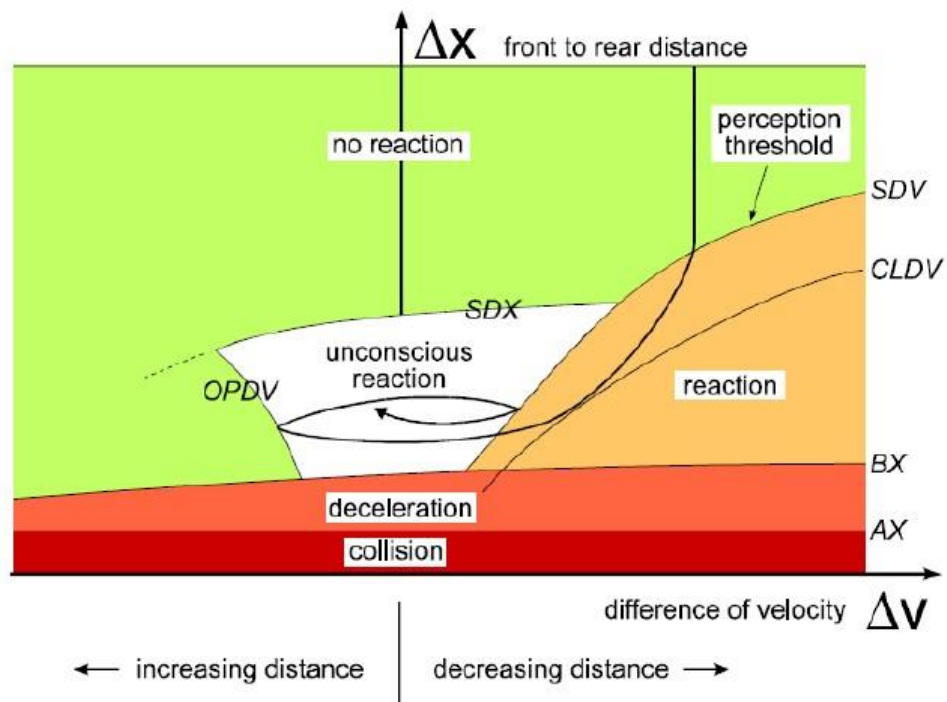


Figura 8. Modelo de seguimiento Vehículo (Car – Following)
Fuente: Manual VISSIM, PTV American

AX -> Distancia deseada entre dos vehículos en una misma fila.

SDX -> Umbral de percepción, destinado a modelar la máxima distancia de seguimiento.

OPDV -> Punto de acción del conductor advirtiendo el aumento de distancia entre su vehículo y el del frente, comenzando a acelerar nuevamente.

CLDV -> Punto de acción del conductor advirtiendo la disminución de distancia entre su vehículo y el del frente, viéndose obligado a desacelerar.

SDV -> Punto de acción del conductor en donde percibe su aproximación hacia un vehículo más lento, cambiando su velocidad.

ABX - > Es la distancia mínima deseada de seguimiento, se encuentra en función de AX.

6.5 PARAMETROS DE TRANSITO

6.5.1 Flujo Vehicular

Mediante el análisis de los elementos de flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planteamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte [12].

Con la aplicación de las leyes de la física y las matemáticas, el análisis del flujo vehicular describe la forma como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, lo cual permite determinar el Nivel de eficiencia de la operación. Uno de los resultados más útiles del análisis del flujo vehicular es el desarrollo de los modelos microscópicos y macroscópicos que relacionan sus diferentes variables como el volumen, la velocidad, la densidad, el intervalo y el espaciamiento. Estos modelos han sido la base del desarrollo del concepto de Capacidad y Niveles de Servicio aplicado a diferentes tipos de elementos viales [12].

6.5.1.1 Tipos de Flujo Vehicular

Flujo Continuo

Es aquel en que el vehículo que va transitando por la vía solo se ve obligado a detenerse por razones inherentes al tráfico. Es el tráfico de las carreteras. Los vehículos se detienen cuando ocurre un accidente, cuando llegan a un destino específico, paradas intermedias, etc [12].

Los caminos que poseen las características de flujo continuo no tienen elementos externos a la corriente del tránsito, tales como semáforos, que puedan interrumpir el mismo. Cuando se tiene un camino que opera en estas condiciones, las características de operación de los vehículos que por él circulan son el resultado de la interacción entre los vehículos existentes en la corriente de tránsito y entre los vehículos y las características geométricas y del medio ambiente en el cual se desarrolla el camino. En otras palabras, el flujo continuo es la circulación de vehículos donde no existen intersecciones con semáforos o con señales de alto [12].

Flujo Discontinuo

Los caminos que poseen las características de flujo interrumpido poseen elementos fijos que pueden interrumpir la corriente vehicular. En esos elementos se incluyen los semáforos, las señales de alto y cualquier otro dispositivo de control del tránsito, cuya presencia origina la detención periódica de los vehículos (o la disminución significativa de su velocidad) independientemente de los volúmenes de tránsito existentes [12].

Los términos “**flujo Continuo**” y “**flujo discontinuo**” solo describen el tipo de camino y no la calidad del flujo de tránsito que en un determinado momento circula por el mismo [12].

Así por ejemplo, una autopista que, en un momento dado, experimenta un alto grado de congestión, sigue siendo un camino de flujo continuo pues las causas que originan esa congestión son internas de la corriente de tránsito. Las autopistas y sus componentes operan bajo las más puras condiciones de flujo continuo ya que no solo en ellas no existen interrupciones fijas al tránsito, sino que además los accesos y egresos son controlados y limitados a las ubicaciones de las ramas de entrada y salida. Los caminos multicarril y los de dos carriles también pueden operar bajo las condiciones de flujo continuo en tramos largos ubicados entre puntos en los cuales existen elementos de control que producen la interrupción de la corriente vehicular. En el análisis de los caminos con flujo discontinuo debe tomarse en cuenta en el impacto de las interrupciones fijas [12].

6.5.2 Velocidad

Definición

Es la relación del movimiento del tránsito, dada entre la distancia que recorre y el tiempo que transcurre mientras lo hace, se expresa por unidad de tiempo y en nuestro país, generalmente en kilómetros por hora (km/h) [8]. Es un parámetro importante al momento de estimar la calidad de servicio de una vía.

$$V = \frac{d}{t}$$

Ecuación 1. Ecuación de Velocidad

V = Velocidad, d = distancia, t = tiempo.

6.5.2.1 Tipos de Velocidad

Velocidad de Punto: Es la velocidad que lleva un vehículo al pasar por un punto o sección transversal determinada de la vía.

Velocidad media temporal: Es la media aritmética, de las velocidades de punto de todos los automotores que pasan por un punto determinado de la vía durante un tiempo seleccionado.

Velocidad media espacial: Es la velocidad media de todos los vehículos, que en un instante dado se encuentran en el mismo tramo de la carretera.

Velocidad de recorrido: También llamada velocidad de viaje, es la división de la distancia total recorrida, entre el tiempo total que tomó recorrerla.

Velocidad de marcha o crucero: División entre la distancia recorrida y el tiempo del vehículo en movimiento.

Velocidad de proyecto: Es la máxima velocidad de circulación de un vehículo con una seguridad adecuada, los elementos de diseño geométrico de una vía dependen de esta velocidad.

6.5.3 Volumen

El volumen de tránsito es definido como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”. Un intervalo común de tiempo para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras. Para los análisis operacionales, se usan los volúmenes horarios, ya que el volumen varía considerablemente durante el curso de las 24 horas del día. La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada “hora pico” (HP), u hora de máxima demanda (HMD) [12].

6.5.4 Densidad

La densidad es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro, la densidad es posiblemente el parámetro más importante en el tránsito, porque es la medida más directamente relacionada con la demanda de tránsito. [9]. El valor máximo de la densidad se puede obtener cuando todos los automotores se encuentran detenidos en fila sin que existan espacios entre sí.

$$D = \frac{v}{S}$$

Ecuación 2. Ecuación de Densidad

v = Razón de flujo (veh p/h),

S = Velocidad promedio de viaje (km/h),

D = Densidad (veh p/km/carril).

6.5.5 Capacidad

Teóricamente la Capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una calle. De manera particular, la Capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control [9].

Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos y señales de alto que produzcan interrupciones en el mismo. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, independientemente de la cantidad de vehículos, tales como los semáforos, las intersecciones de prioridad con señales de alto y ceda el paso, y otros tipos de regulación. Dependiendo del tipo de infraestructura vial a analizar, se debe establecer un procedimiento para el cálculo de su Capacidad y calidad de operación [9].

LA CAPACIDAD DE INTERSECCIONES CON SEMÁFORO, se define para cada acceso, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito, de la calle y del semáforo. Se miden vehículos por hora (vhp) con base en flujos que tienen períodos picos de 15 minutos [12].

6.5.6 Nivel de Servicio

El concepto de nivel de servicio se utiliza para evaluar la calidad del flujo. Es “una medida cualitativa que descubre las condiciones de operación de un flujo de vehículos y/o personas, y de su percepción por los conductores o pasajeros”. Estas condiciones se describen en términos de factores como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, la

Comodidad, las conveniencias y la seguridad vial. Para cada tipo de infraestructura se definen 6 niveles de servicio, para los cuales se disponen de procedimientos de análisis, se les otorga una letra desde la A hasta la F siendo el nivel de servicio (NS) A el que representa las mejores condiciones operativas, y el NS F, las peores [10]. De los factores que afectan el Nivel de Servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que correspondan a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc [9].

6.5.6.1 Clasificación niveles de servicio

→ Flujo Continuo

Nivel de Servicio A -> Presenta flujo libre, gran facilidad para maniobrar el vehículo, mayor comodidad, altas velocidades.



Figura 9. Nivel de servicio A

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>

Nivel de Servicio B -> Geometría de la vía adecuada, aun se presenta flujo libre, velocidades un poco restringidas, disminuye un poco la libertad de maniobrar.



Figura 10. Nivel de servicio B

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>

Nivel de Servicio C -> Restricciones de geometría, se producen demoras en bajas magnitudes, el nivel de comodidad desciende notablemente.



Figura 11. Nivel de servicio C

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>

Nivel de Servicio D -> Falta de libertad para conducir a la velocidad deseada, el usuario experimenta comodidad baja, representa una densidad elevada.



Figura 12. Nivel de servicio D

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>

Nivel de Servicio E -> Es imposible adelantar, la operación del tránsito está al límite de capacidad, la velocidad de los vehículos tiene un valor bajo.



Figura 13. Nivel de servicio E

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>

Nivel de Servicio F -> Circulación congestionada, velocidad inferior a la capacidad, en estos sitios se forman colas, típicos cuellos de botella.



Figura 14. Nivel de servicio F

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>

6.5.6.2 Nivel de Servicio para Intersecciones sin Semáforos

El manual HCM muestra unos valores definidos con relación a los niveles de servicio que presenta una intersección sin semáforos al operar, estos niveles son mostrados en términos de demoras.

Nivel de Servicio	Demora Total Media (seg / v)
A	≤ 5
B	>5 Y ≤ 10
C	>10 Y ≤ 20
D	>20 Y ≤ 30
E	>30 Y ≤ 45
F	>45

Tabla 8. Nivel de Servicio para Intersecciones sin Semáforos
Fuente: Capacidad, niveles de servicio y congestión en vías urbanas, Daniel Humberto Cárdenas.

6.5.6.3 Nivel de Servicio para Intersecciones con Semáforos

Estos están definidos en términos de la demora siendo ésta una medida que refleja la molestia y frustración del conductor, el consumo de combustible y la pérdida de tiempo en su viaje. La demora es una medida compleja y depende de un número de variables que incluyen la calidad de la sincronía, la duración del ciclo, la relación de verde y la relación v/c para un grupo de carriles o accesos en estudio [11].

Nivel de Servicio	Características de Operación	Demora (seg)
A	Baja demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos, los vehículos no hacen alto.	<5.00
B	Ocurre con una sincronía y ciclos cortos, los vehículos empiezan a detenerse.	5.1 a 15.0
C	Ocurre con una sincronía regular y/o ciclos largos, los ciclos en forma individual empiezan a fallar.	15.1 a 25.0
D	Empieza a notarse la influencia de congestionamientos, ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	25.1 a 40.0
E	Empieza el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos son frecuentes.	40.0 a 60.0
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c sean menores de 1.00 pero con una sincronía muy pobre y/o ciclos demasiado largos.	>60.0

Tabla 9. Nivel de Servicio para Intersecciones con Semáforos
Fuente: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080080884/1080080884_MA.PDF

7. METODOLOGIA

La metodología a usar en este proyecto será de acuerdo a los objetivos propuestos para el “Análisis de las intersecciones controladas con dispositivos semafóricos en el sector comprendido entre la carrera 33 y carrera 27 con calle 56 y calle 67”, la cual se manejará de la siguiente manera:

7.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN BASE


7.1.1 Ubicación Geográfica del Sector de estudio


El primer paso de ejecución de este Trabajo de Grado, fue localizar geográficamente la zona a estudiar, teniendo en cuenta las intersecciones semafóricas presentes en el sector.





Figura 15. Localización Sector de Estudio
Fuente: Elaboración propia, Google Earth


A continuación, se mostrarán las intersecciones semafóricas ubicadas en el sector de estudio.


Intersección Carrera 33 con Calle 56 

Intersección Carrera 33 con Calle 62 

Intersección Carrera 32 con Calle 56 


Intersección Carrera 32 con Calle 62 


Intersección Carrera 32 con Calle 63 

Intersección Carrera 30 con Calle 67 

Intersección Carrera 27 con Calle 67 

Intersección Carrera 27 con Calle 56 

Intersección Carrera 28 con Calle 56 

Intersección Carrera 33 con Calle 63 

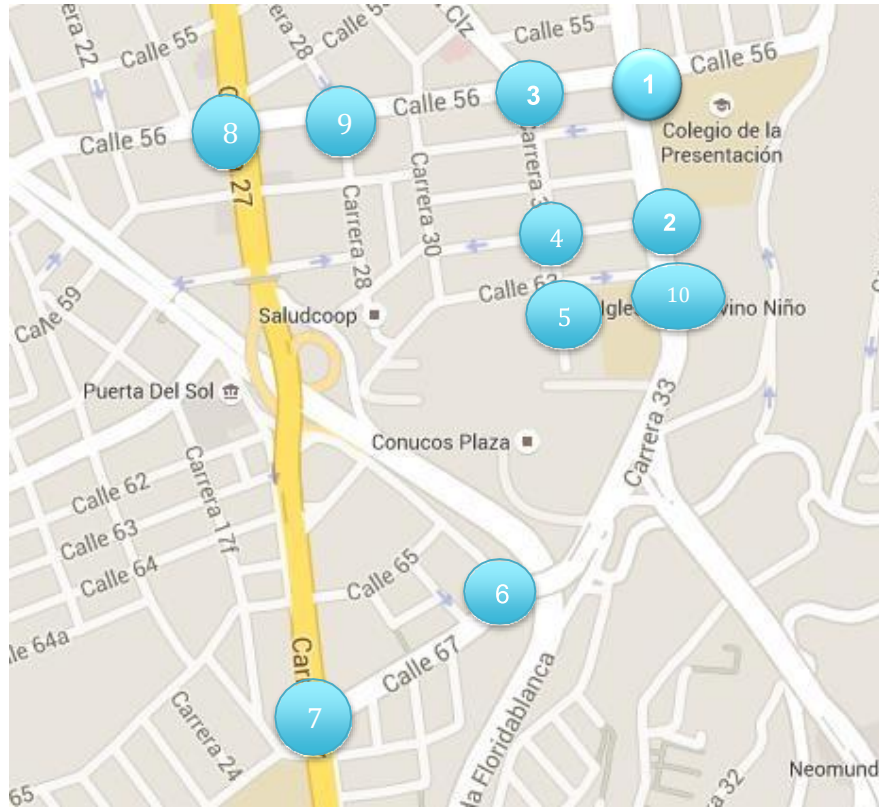


Figura 16. Localización Intersecciones Semaforizadas
Fuente: Elaboración propia, Google Maps

7.1.2 Toma de información en campo

7.1.2.1 Estudios de Campo

La toma de información en campo de este Proyecto de Grado, conto con la colaboración de la Dirección de tránsito y transporte, al facilitar personal en el momento de llevar a cabo los conteos vehiculares. Estos estudios de campo se realizaron con métodos manuales realizados de la siguiente manera:

- Se realizó un conteo de volúmenes vehiculares en las intersecciones semaforizadas del sector los días 24, 25 y 26 de marzo del 2015 en las horas pico del día, siendo estas de: 6:30am – 8:30 am, 11:30 am – 2:30 am, 5:00 pm – 8:00 pm, con intervalos de 15 minutos.

- El día 26 de marzo se llevó a cabo la toma de velocidades de los diferentes tipos de vehículos en la zona, al mismo tiempo que se recolectó la información de los tiempos semafóricos de las intersecciones.

7.1.2.2 Estudio de Volúmenes

Este estudio se basa principalmente en registrar la cantidad de vehículos que circulan por las vías de estudio teniendo en cuenta la clasificación vehicular; saber los movimientos que realizan los automotores al pasar por una intersección también es parte de este estudio de volúmenes. Existe una variedad de métodos al momento de realizar este estudio, en este Proyecto de grado se optó por usar el método manual.

Para la ejecución de los aforos vehiculares, se empleó personal suministrado por la Dirección de Transito de Bucaramanga, este personal fue capacitado de manera rápida para poder tener un desempeño óptimo en la toma de información, se ubicó el personal en las distintas intersecciones semafóricas del sector, permitiendo tomar los datos más exactos posibles. El personal conto con un formato de conteo para facilidad a la hora de la toma de información, esto también permitió una fácil tabulación de los resultados. De esta manera se logró conseguir la hora de máxima demanda en cada una de las intersecciones del sector.

7.1.2.3 Estudio de Velocidades

Tener un estudio de velocidades es de gran importancia al momento de simular la información en VISSIM, las velocidades reales de los vehículos en circulación por el sector de estudio permite calibrar el programa para tener resultados los más cercanos a la realidad.

La metodología usada en la toma de velocidades fue la siguiente:

- Se mide un tramo de vía en un lugar específico del sector, de esta manera se puede conocer la distancia a emplear en el cálculo de velocidades.

- Se toma el tiempo que tarda un vehículo en recorrer la distancia anteriormente conocida, partiendo que el tiempo se debe tomar a flujo libre.

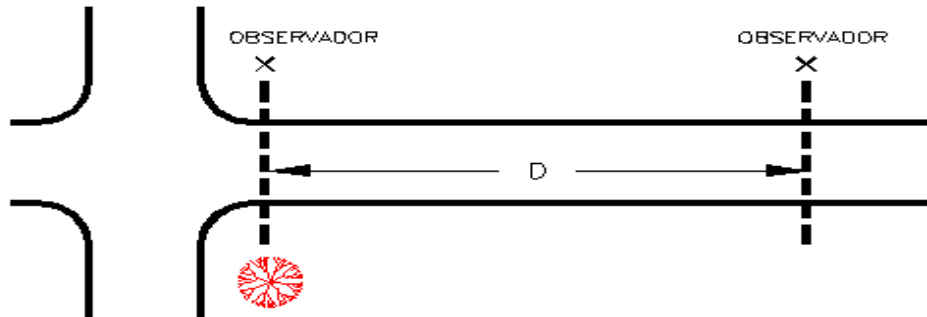


Figura 17. Estudio de Velocidades
Fuente: <http://www.estudiosdetransito.ucv.cl/estvel.htm>

7.1.2.4 Estudio de Semáforos

Al realizar la toma de información en campo, se determinaron las condiciones de los semáforos en cada una de las intersecciones, registrándose los ciclos y fases de estos, de igual forma se registró sincronización con la que trabajan. Esto se realizó midiendo los tiempos reales de los semáforos presentes en cada una de las intersecciones ubicadas en la red; al tener estos tiempos registrados se revalidó con personal de Dirección de Tránsito que estuvieran bien definidos para tener seguridad total en esta toma de información.



Figura 18. Intersección semafórica Carrera 33 con Calle 56
Fuente: <https://www.google.com/maps>

7.2 RECOLECCION DE INFORMACION SECUNDARIA

7.2.1 Accidentalidad en la Zona

Para la realización de este Proyecto de Grado, fue de vital importancia conocer la accidentalidad que se presenta en el sector de estudio, dado que es uno de los factores influyentes en la movilidad; esta información se solicitó en las oficinas de Tránsito y Transporte de Bucaramanga, con el objetivo de estudiar y analizar los puntos de concentración de accidentes.

7.2.2 Proyectos y Programas a Ejecutarse en el Sector de Estudio

Uno de los ítems importantes realizados en este Proyecto de Grado, fue indagar y reconocer los proyectos y programas a ejecutarse en la zona en busca de mejorar la movilidad en el lugar. El *PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD- BUCARAMANGA 2010– 2030*, nos permite identificar y resaltar dichos proyectos y programas, siendo el documento base que se tomó de referencia.

Programa 1: Medidas parciales de corto plazo para mejorar la movilidad urbana del municipio de Bucaramanga.

→ Proyecto 1.1: *Medidas específicas de intervención en el plazo inmediato*

Son medidas que se enfocan en soluciones rápidas, mediante técnicas de gestión del tránsito, con foco en los sectores de mayor congestión vehicular.

No.	Medidas parciales de corto plazo
1	Ubicar una grúa en forma permanente en el sector comprendido entre la Puerta del Sol y el puente de Provenza para la atención de vehículos accidentados o con fallas mecánicas.
2	Prohibir el tránsito de bicicletas y vehículos de tracción animal y humana sobre la autopista a Floridablanca.
3	Restricción del tránsito de motocicletas en las horas pico sobre la autopista Floridablanca (Provenza – Puerta del Sol), o pico y placa.
4	Restricción de vehículos de carga en los viaductos García Cadena y La Flora en las horas pico: 6:30 a 9:00 y 16:30 a 19:00.
5	Eliminar los accesos a la autopista a Floridablanca en el extremo sur del viaducto García Cadena del costado occidental (norte – sur), ruta alterna k24 con cruce C83 para acceder a la paralela.
6	Hacer efectiva la prohibición de estacionamiento sobre la carrera 33 y la calle 56 en los colegios La Presentación y La Merced, así como en el centro comercial San Andresito La Isla.
7	Sincronizar los semáforos sobre la carrera 33 en las esquinas de las calles 56, 61 y 63 en sentido norte – sur, de forma que se garantice un solo tiempo semafórico para el flujo de la carrera 33.
8	Sincronizar los semáforos sobre la calle 48 entre carrera 27 y carrera 33 (sector Sotomayor).
9	Control efectivo de estacionamiento sobre el colegio San Pedrito, en la carrera 33 con calle 63.

Tabla 10. Medidas parciales a corto plazo
Fuente: Plan maestro de movilidad – Bucaramanga 2010 – 2030

Programa 5: Ingeniería

→ Proyecto 5.3: *Sistema de control y gestión de tráfico*

Básicamente consiste en optimizar el sistema de control del tráfico de la ciudad, mediante la actualización de la tecnología ya existente y el aumento de la capacidad de la Central de Control, esto con el fin de mejorar su operación y permitir la interconexión de todas las intersecciones controladas con dispositivos semafóricos existentes y proyectadas, de igual forma implementar un sistema de CCTV (Central de Control y Transmisión) para el monitoreo de la movilidad en el sistema vial.

Programa 7: Optimización de infraestructura

→ Proyecto 7.1: *Plan de mantenimiento y conservación de la malla vial de Bucaramanga*

El objetivo general de este proyecto es mantener y conservar en condiciones ideales los segmentos viales de Bucaramanga, con la disminución de los costos

de su mantenimiento, el mejoramiento de la movilidad del parque automotor en la ciudad, la disminución de los costos de operación vehicular y alcanzar ahorros en los tiempos de viaje. El plan de mantenimiento y conservación de la malla vial de Bucaramanga, está establecido para un periodo de 15 años.

El sector de estudio de este Proyecto, se encuentra entre el área a recuperar por parte del gobierno, se encuentra establecida entre las áreas que necesitan rehabilitación y mantenimiento periódico.

→ Proyecto 7.2: Nueva infraestructura vial

Con este proyecto se trata de optimizar las condiciones geométricas de las vías, la conexión de los sectores de la ciudad y conseguir una conectividad de la malla vial arterial, todo esto con el fin de alcanzar mejores niveles de servicio en los corredores saturados por el tráfico y tener una mejor velocidad media en los tramos de la ciudad.



Figura 19. Ubicación Nuevos proyectos de infraestructura Vial
Fuente: Elaboración propia, Plan maestro de movilidad – Bucaramanga 2010 – 2030

La figura anterior nos muestra la ubicación de una parte de los nuevos proyectos de infraestructura en Bucaramanga, allí se puede observar que en el sector de estudio del proyecto; se encuentran dos proyectos planteados. Estos son:

5 -> Calle 56 con carrera 33 (Tercer carril – giro izquierda)

34 -> Prolongación deprimido calle 56 entre carreras 23 y 28

En busca de complementar la información secundaria mostrada anteriormente, se recurrió a visitar la Secretaria de Infraestructura y movilidad requiriendo cualquier tipo de información complementaria, como también adquirir estudios de tránsito, informes, documentos, volúmenes, etc; del sector donde se proyecta realizar las obras de infraestructura **(1. Calle 56 con carrera 33 (Tercer carril – giro izquierda), 2. Prolongación deprimido calle 56 entre carreras 23 y 28)** en busca de tener una mejor base de datos, pero el personal encargado de suministrar esta información, dejó en claro que por el momento este tipo de datos y estudios no se han realizado, ofreciendo al instante los estudios de suelos del sector, pero dado el tema de este Proyecto de Grado no se justifica referenciar ni adjuntar dicha información.

7.3 MICROSIMULACION SITUACION ACTUAL DEL SECTOR DE ESTUDIO

La microsimulación de la situación actual del sector de estudio se realizó en el software VISSIM, teniendo como base los datos recolectados en campo se procedió a realizar la microsimulación, describiendo los pasos a seguir a continuación.

7.3.1 Creación de la Red

El primer paso a seguir en la microsimulación del sector deseado, es la creación de una red, para esto existen herramientas que facilitan este proceso como: google maps y google earth; permitiendo tener acceso a imágenes del sector en el que se desea trabajar. Estas imágenes facilitan el trazado de la red y permiten tener una escala real para el modelo.

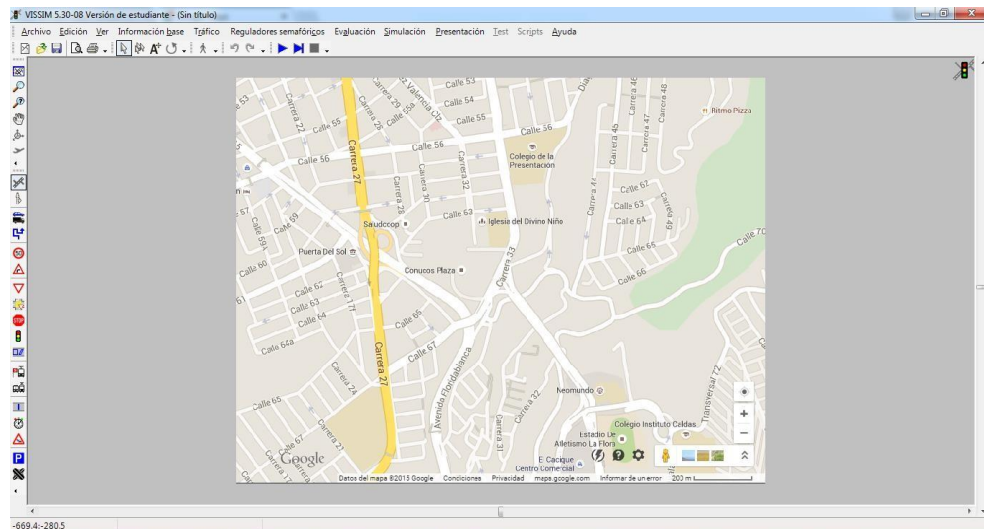


Figura 20. Creación de la Red en VISSIM
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

Teniendo el fondo cargado y escalado para el modelo, se procede a dibujar los tramos y conectores requeridos para la microsimulación, al elegir en la barra de herramientas ubicada en la parte izquierda del programa la opción Tramos y Conectores, se inicia el diseño y trazado de la red, ingresando las características reales de la vía, como ancho de carril, número de carriles, restricción de carril, etc.

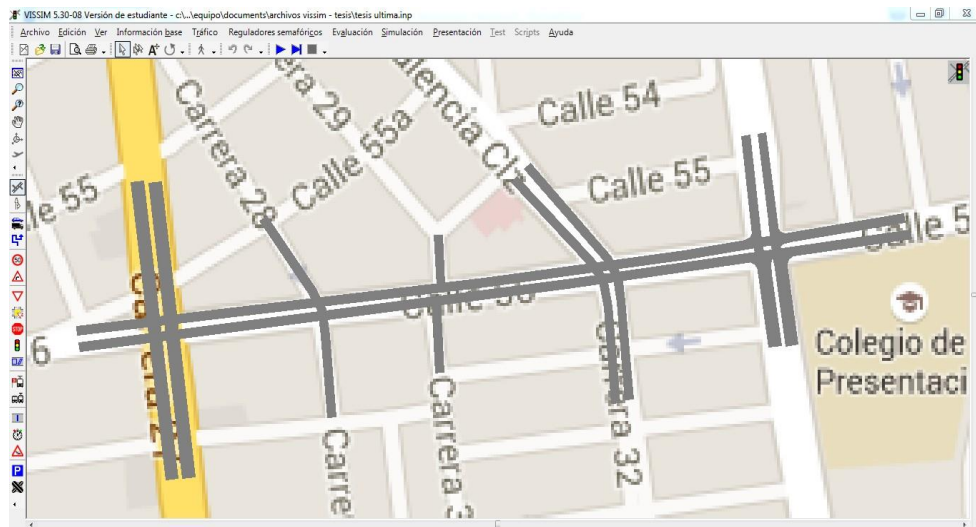


Figura 21. Trazado de la Red
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

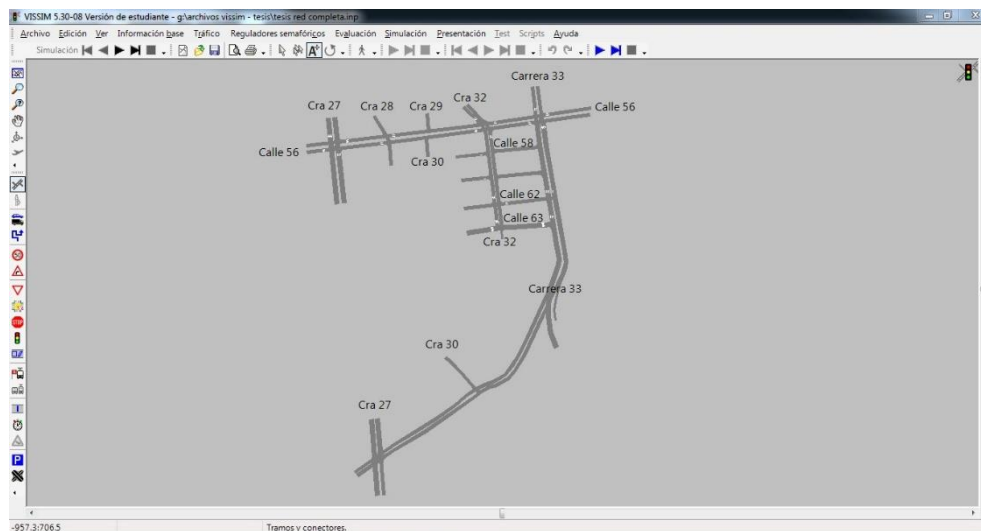


Figura 22. Trazado Red completa
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.2 Distribución Vehicular

Para lograr conseguir simular la situación real del sector de estudio en el modelo, es de vital importancia tener los tipos de vehículo presentes en la zona, en esta microsimulación se tuvieron en cuenta cuatro tipos de vehículo: Automóviles, Motos, Buses y Camiones.

El software VISSIM por defecto trae algunos tipos de vehículos básicos, en este caso puntual fue necesario crear un solo tipo de vehículo, la Motocicleta. De igual manera se pueden editar los tipos de vehículos en 3D que vienen por defecto en el programa, para conseguir que sus características sean las más reales al momento de ser observadas en la microsimulación.

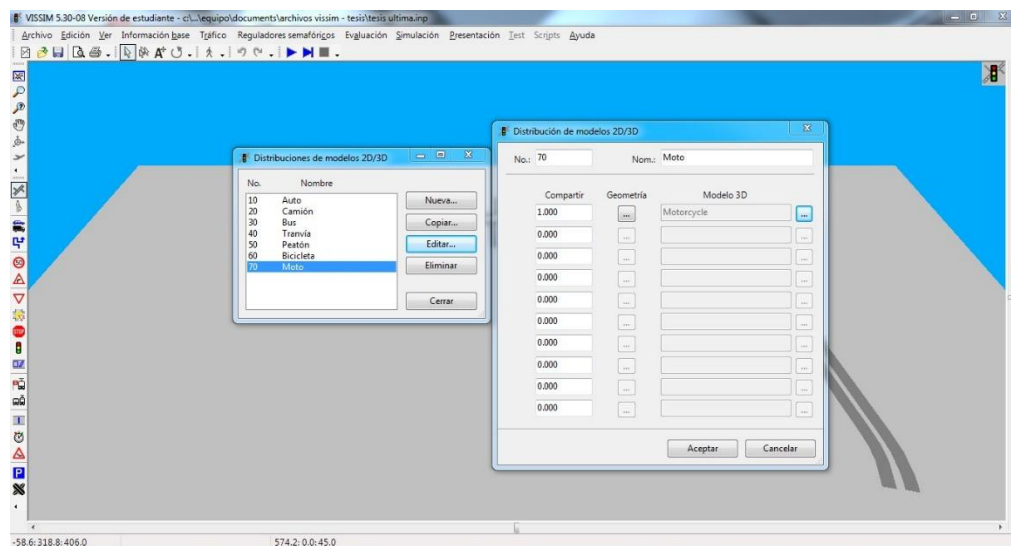


Figura 23. Comando Distribuciones de Modelos 2D/3D
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

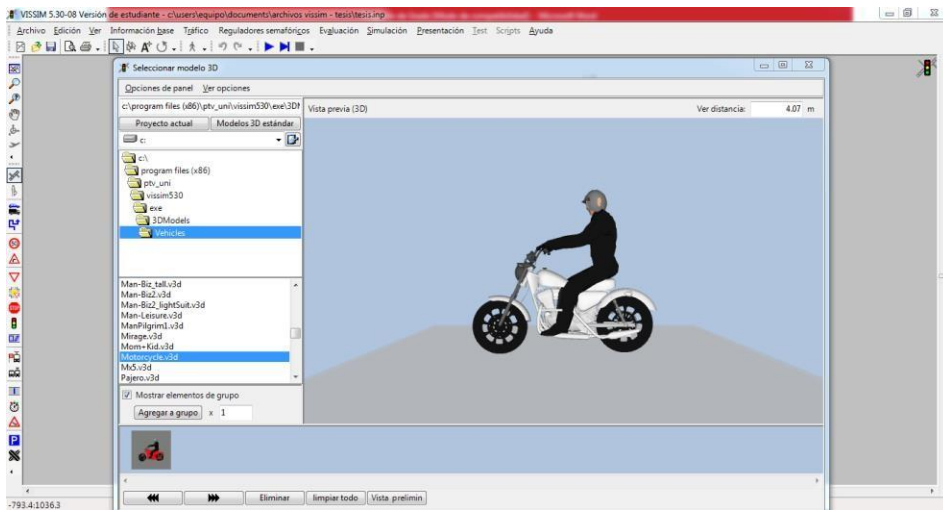


Figura 24. Selección modelo en 3D
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.3 Rutas Vehiculares

Realizado el estudio de volúmenes vehiculares se pudo establecer la cantidad de vehículos que ingresan y salen por los múltiples accesos presentes en el modelo, de esta forma se deben ingresar en VISSIM las diferentes rutas y la cantidad de vehículos que transitan por estas. El comando Decisiones de Ruta en VISSIM nos permite realizar estas operaciones.

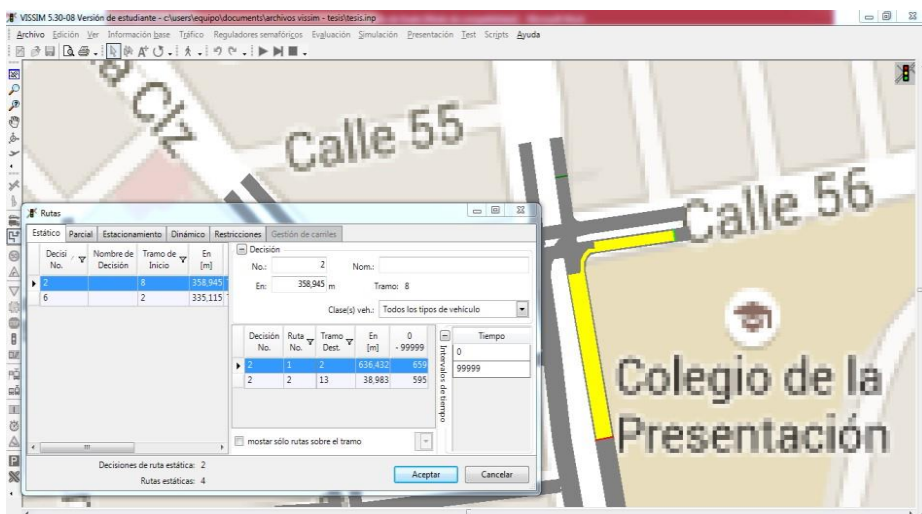


Figura 25. Decisiones de Ruta
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.4 Asignación del tráfico

7.3.4.1 Composiciones Vehiculares

Los volúmenes vehiculares obtenidos en estudios previos a la microsimulación, nos permite ingresar en este ítem la cantidad de vehículos presentes en la red, se ingresa el volumen vehicular por tipo de vehículo; autos, motos, buses, camiones; por cada acceso a la red vehicular y con la velocidad que transitan.

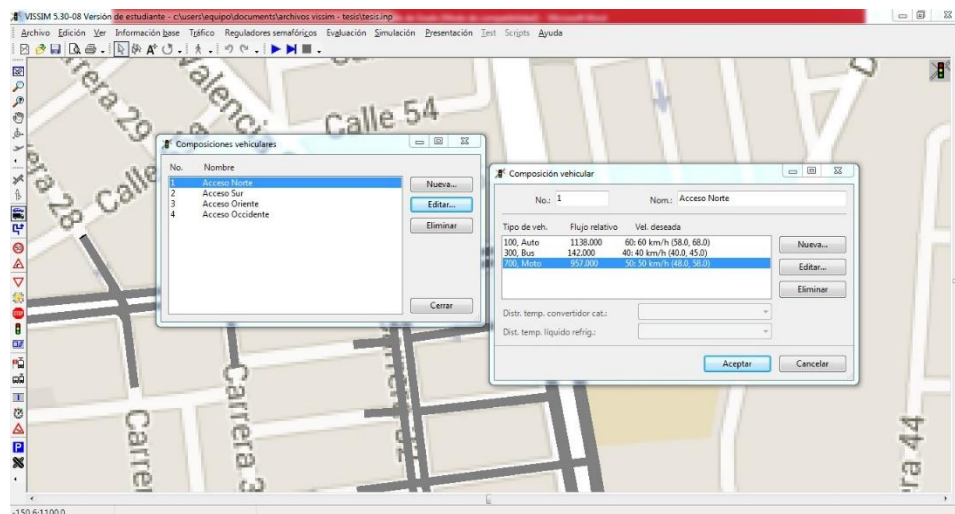


Figura 26. Composiciones vehiculares
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.4.2 Entrada de Vehículos

Al tener definido y haber ingresado en VISSIM el volumen vehicular por tipo de vehículo con su respectiva velocidad, se procede a ingresar la cantidad de vehículos mixtos por cada acceso a la red.

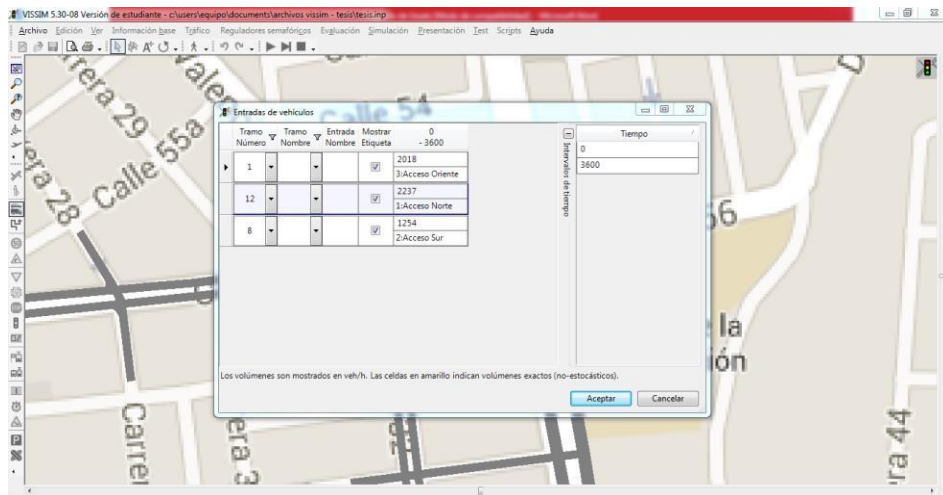


Figura 27. Entradas de Vehículos
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.5 Red Semafórica

La red semafórica es de gran importancia en este modelo ya que estamos analizando las intersecciones semafóricas, para esto se ubica en cada intersección de la red la cantidad de semáforos presentes con sus respectivos ciclos y fases. Para esto se realizó un estudio y toma de información en campo de los diferentes semáforos del sector, lo que nos permite tener una simulación lo más real posible.

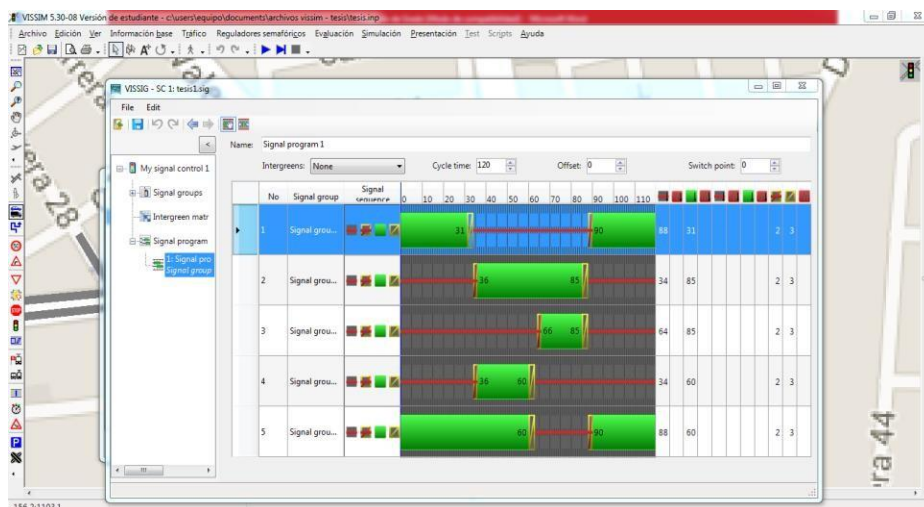


Figura 28. Regulador semafórico
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

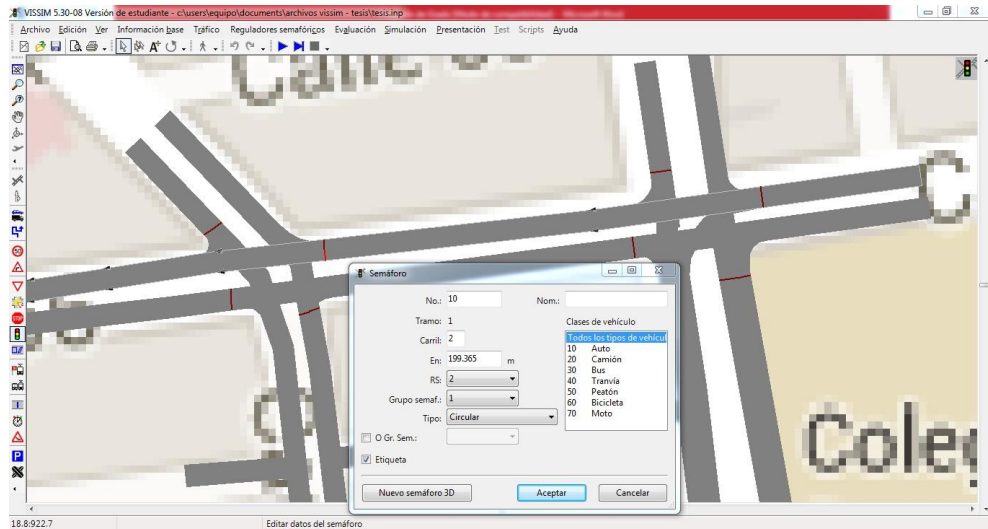


Figura 29. Ubicación Semáforos
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

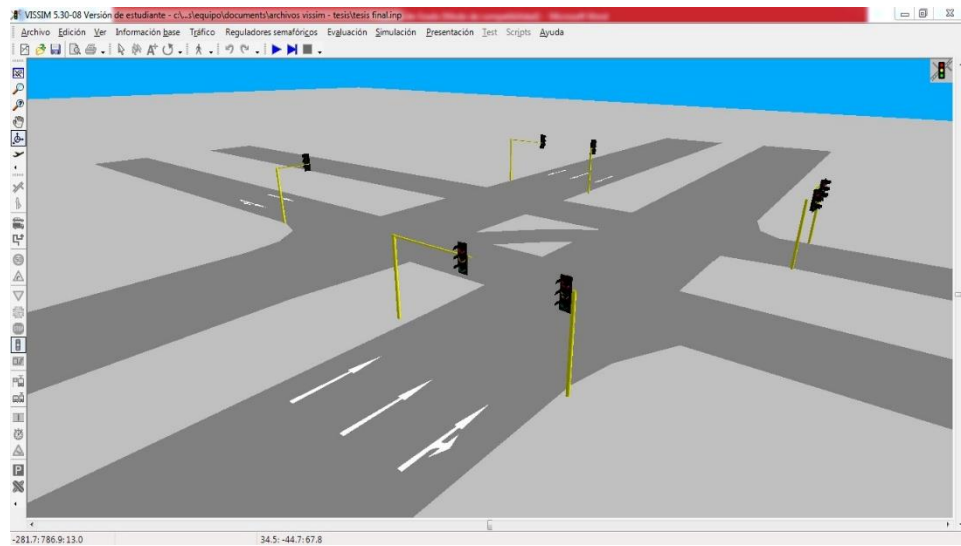


Figura 30. Semáforos 3D
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.6 Nodos

Los nodos deben ser ubicados en cada una de las intersecciones de la red, se puede poner un número indefinido de nodos en el modelo, el software evalúa los sectores y tramos que se encuentren dentro del nodo.

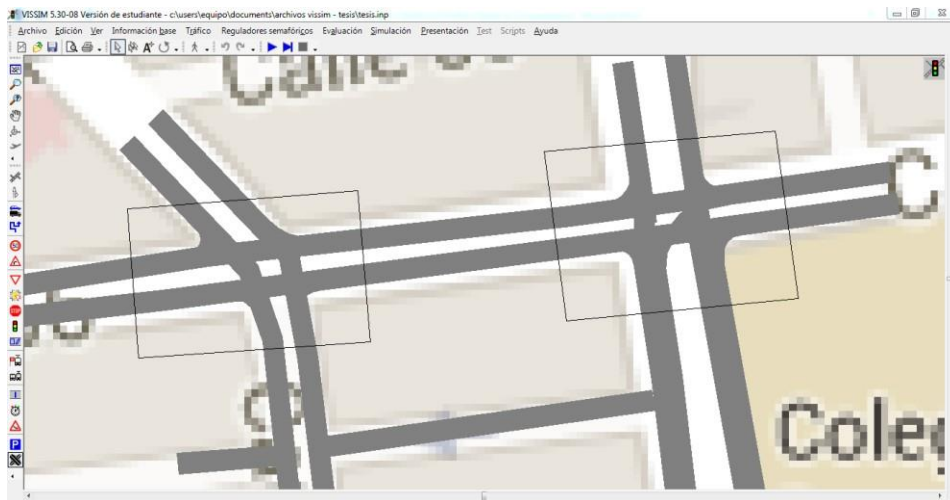


Figura 31. Nodos
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

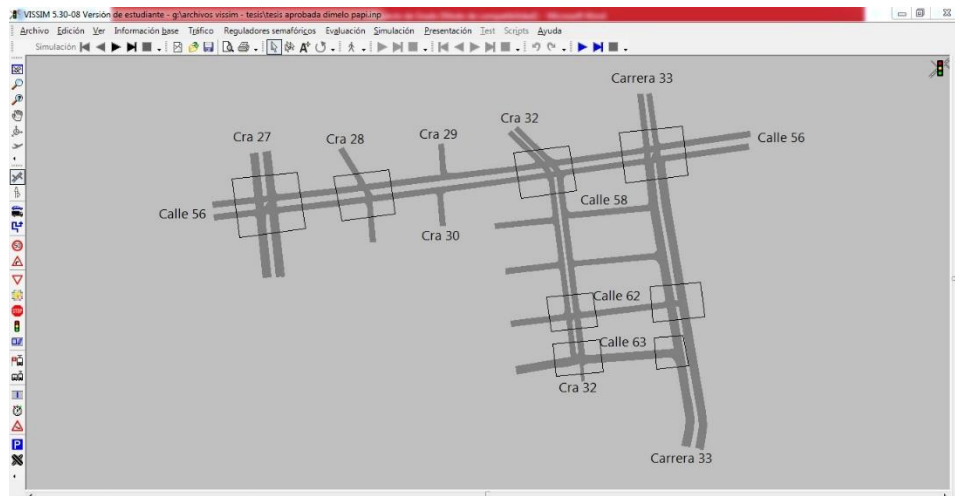


Figura 32. Nodos Red Completa
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.7 Correr el Modelo

Al tener finalizado el diseño y montaje de la red, el modelo se guarda y se corre la simulación seleccionando en la barra de herramientas la opción Simulación Continua, en este momento se puede observar el funcionamiento vehicular del modelo en la hora de máxima demanda.

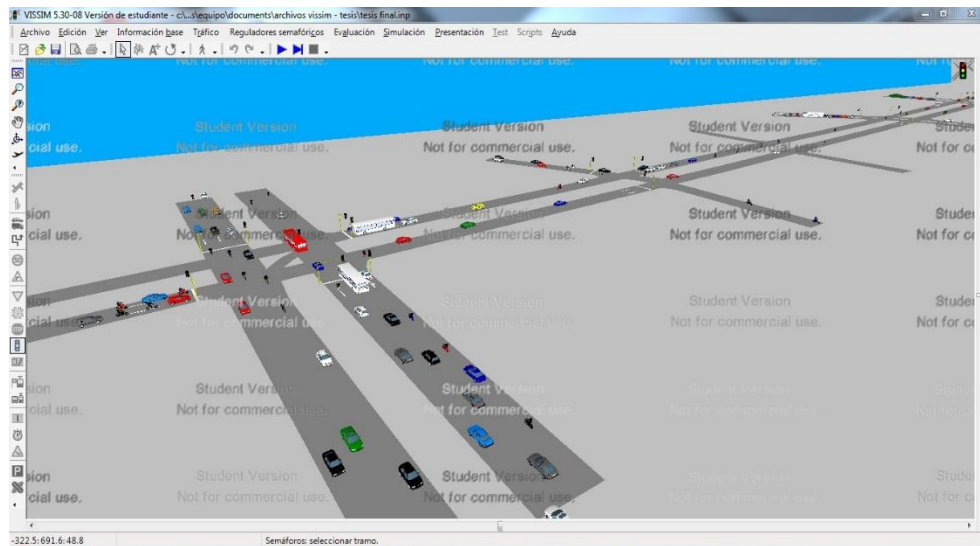


Figura 33. Corrida del Modelo 3D
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.3.8 Generación de Reportes

Para finalizar, VISSIM realiza un análisis de los Nodos ubicados en la red generando resultados en Excel, dando información como el Nivel de servicio, entre otros.

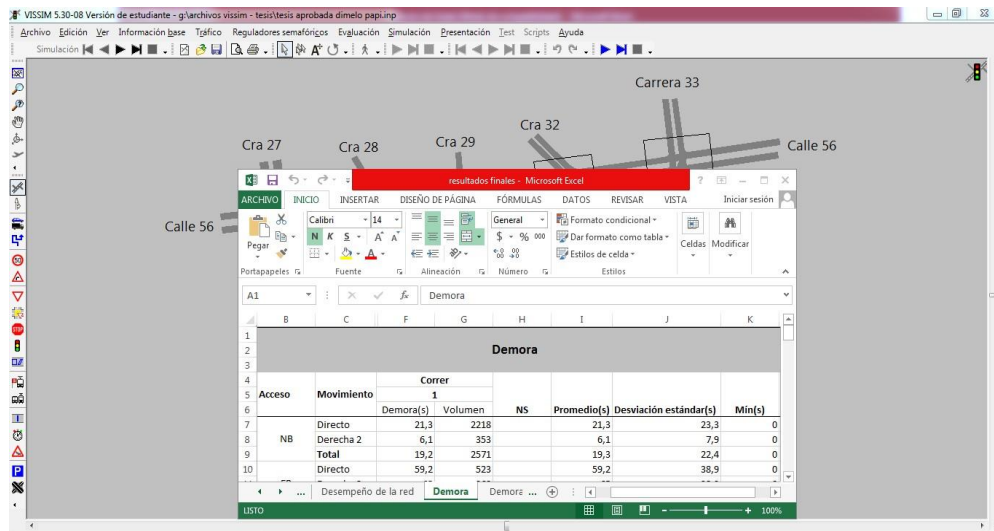


Figura 34. Generación de Reportes
Fuente: Elaboración propia, tomada del software VISSIM

7.4 CALCULO DE CAPACIDAD

Al analizar los resultados generados en VISSIM de la red actual, se procede a calcular la capacidad. Con ayuda del HCM 2010 (Highway Capacity Manual 2010) y reconociendo el sector de mayor problemática en el flujo vehicular, se aplica la relación v/c , con la siguiente ecuación:

$$\frac{V}{c} = \frac{vp}{c}$$

Ecuación 3. Relación v/c

Fuente: HCM 2010 (Highway Capacity Manual 2010)

7.5 CALCULO DE DENSIDAD

El cálculo de la densidad se realiza para el sector de mayor problemática presente en el sector de estudio, esto con ayuda de la velocidad de operación de los vehículos y volúmenes.

$$D = \frac{vp}{s}$$

Ecuación 4. Ecuación Densidad

Fuente: HCM 2010 (Highway Capacity Manual 2010)

7.6 PROPUESTAS DE SOLUCIÓN AL SECTOR DE ESTUDIO

Al analizar las causas de la problemática de movilidad presentes en el sector de estudio, se plantean soluciones viables en busca de mejoras reales en esta zona de la ciudad.

Se realizó la microsimulación en VISSIM con las propuestas a la movilidad deseadas, y se determinaron algunas conclusiones respecto a estas buscando las mejores alternativas para este sector de la ciudad, teniendo siempre presente que sean soluciones eficientes.

8. ANALISIS DE RESULTADOS

8.1 DESCRIPCION DE MOVIMIENTOS VEHICULARES

Para realizar la nomenclatura adecuada de cada intersección ubicada en la zona de estudio, se tomó como referencia la **Norma Rilsa** que establece la numeración a cada movimiento vehicular de las intersecciones.

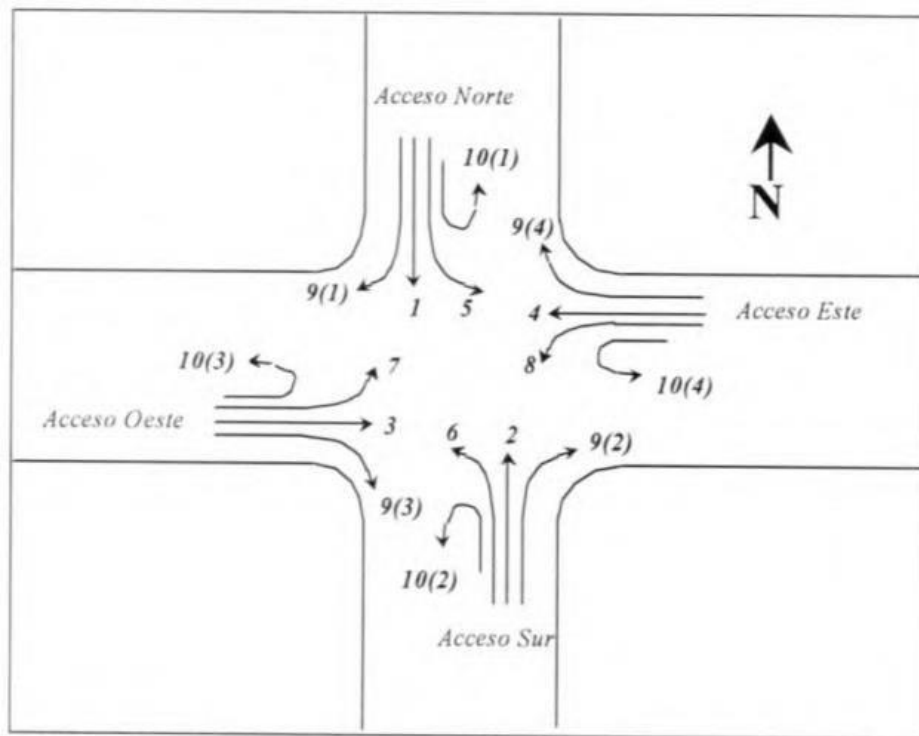


Figura 35. Nomenclatura Norma Rilsa

Fuente: <http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/37133/7/60020746-03.pdf>

La siguiente tabla, contiene la descripción detallada de la nomenclatura utilizada en las intersecciones semaforicas, teniendo en cuenta el acceso y movimiento se le dará un código a los volúmenes vehiculares.

ACCESO	MOVIMIENTO	CODIGO
NORTE	Directo	1
	Giro a izquierda	5
	Giro a derecha	9 (1)
	Giro en U	10 (1)
Sur	Directo	2
	Giro a izquierda	6
	Giro a derecha	9 (2)
	Giro en U	10 (2)
Occidental	Directo	3
	Giro a izquierda	7
	Giro a derecha	9 (3)
	Giro en U	10 (3)
Oriental	Directo	4
	Giro a izquierda	8
	Giro a derecha	9 (4)
	Giro en U	10 (4)

Tabla 11. Descripción de Movimientos Vehiculares
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/97131630/Practica-2-Transito-2012#scribd>

A continuación se mostrara la numeración vehicular, en cada una de las intersecciones semaforicas localizadas en la zona de estudio.



Figura 36. Movimientos vehiculares, intersección Cra 33 – Calle 56
Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth



Figura 37. Movimientos vehiculares, intersección Cra 32 – Calle 56
Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth

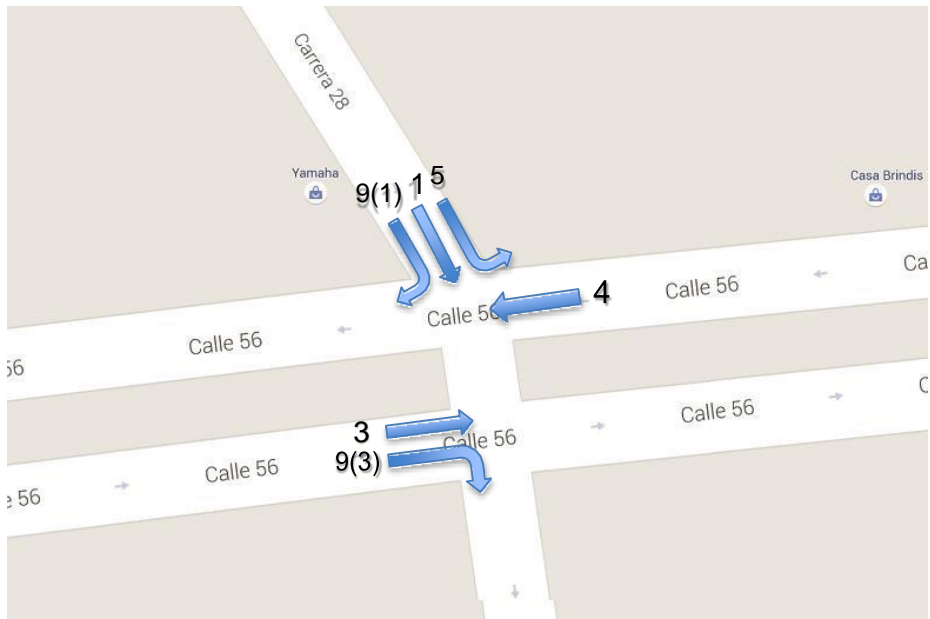


Figura 38. Movimientos vehiculares, intersección Cra 28 – Calle 56
 Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.

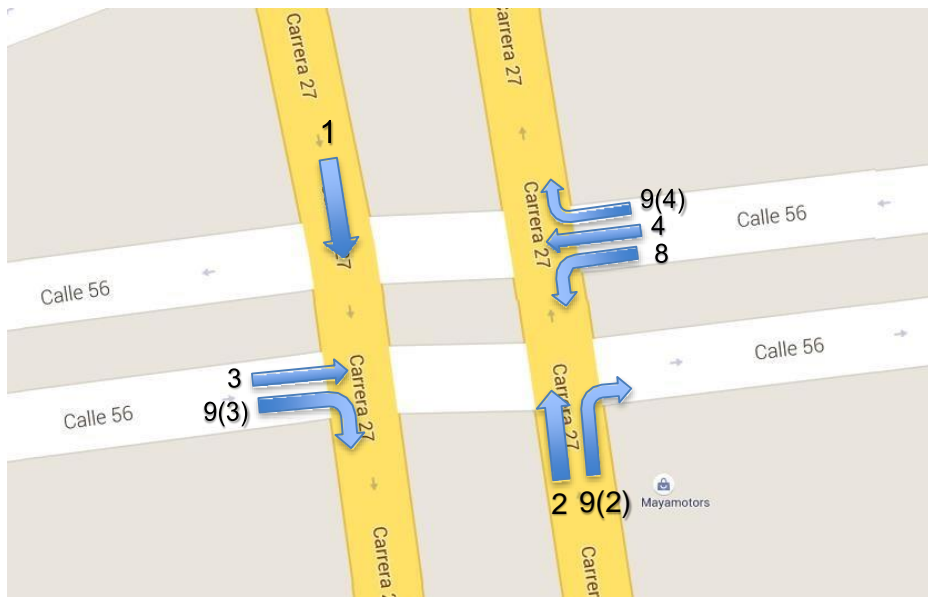


Figura 39. Movimientos vehiculares, intersección Cra 27 – Calle 56
 Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.



Figura 40. Movimientos vehiculares, intersección Cra 32 – Calle 62
 Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.



Figura 41. Movimientos vehiculares, intersección Cra 32 – Calle 63
 Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.

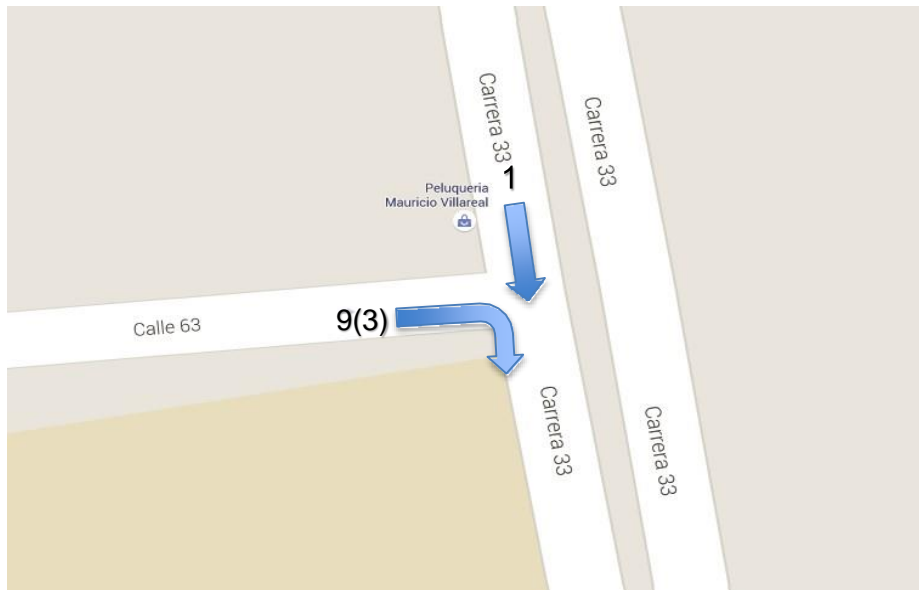


Figura 42. Movimientos vehiculares, intersección Cra 33 – Calle 63
Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.



Figura 43. Movimientos vehiculares, intersección Cra 33 – Calle 62
Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.



Figura 44. Movimientos vehiculares, intersección Cra 30 – Calle 67
 Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.



Figura 45. Movimientos vehiculares, intersección Cra 27 – Calle 67
 Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth.

8.2 VOLUMENES

Con la información adquirida en los aforos vehiculares, se obtuvo que la hora de máxima demanda fue de 5:45 pm – 6:45 pm, teniendo los datos cada 15 minutos se realizó una tabulación con los volúmenes vehiculares por cada tipo de vehículo; buses, autos, motos y camiones, de esta forma se logró saber cuántos vehículos ingresan a la red a la hora de máxima demanda. A continuación se muestra el gráfico de la distribución vehicular en la hora de máxima demanda.

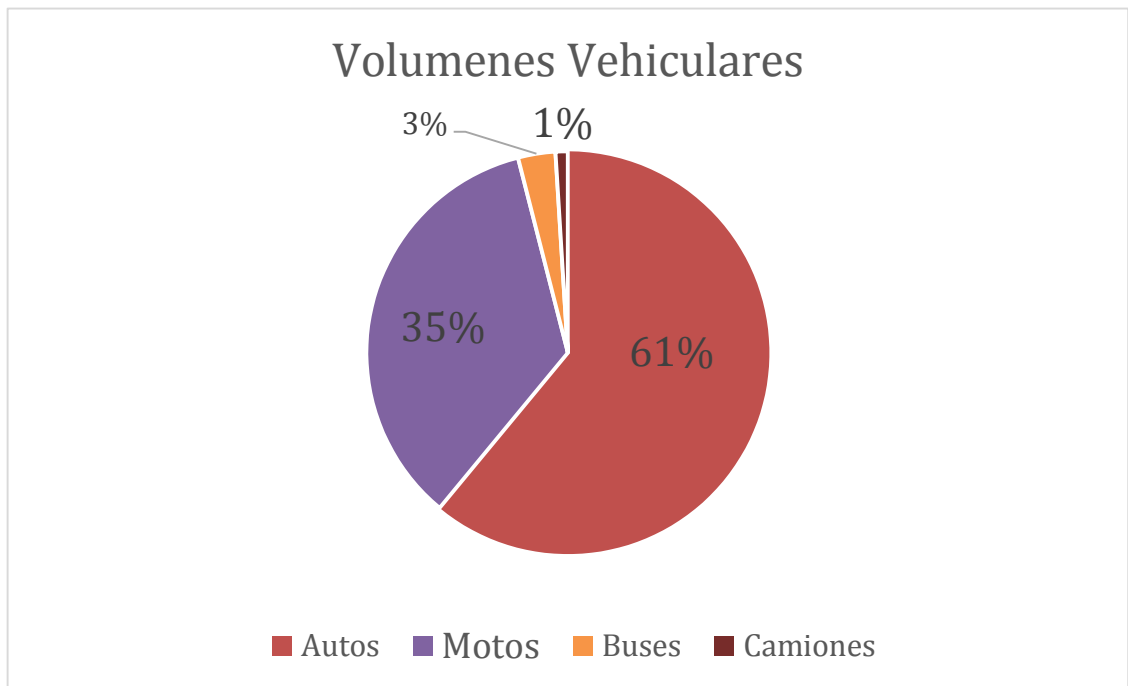


Figura 46. Volúmenes Vehiculares que ingresan a la red
Fuente: Elaboración Propia

AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	TOTAL
11220	6541	455	163	18404
61 %	35 %	3%	1%	100%

Tabla 12. Porcentaje de Vehículos que ingresan a la red
Fuente: Elaboración propia

Dirección	Autos	Motos	Camiones	Buses	Total
Cra 27 - Calle 56 (Norte)	2060	779	45	37	2921
Cra 27 - Calle 56 (Occidente)	400	407	7	18	832
Cra 27 - Calle 56 (Sur)	1370	1080	35	43	2528
Cra 28 - Calle 56 (Norte)	429	319	2	0	750
Cra 30 - Calle 56 (Sur)	13	15	0	0	28
Cra 32 - Calle 56 (Norte)	1080	590	8	8	1686
Cra 32 - Calle 58 (Occidente)	22	0	0	0	22
Cra 32 - Calle 60 (Occidente)	35	0	0	0	35
Cra 32 - Calle 63 (Occidente)	414	289	2	0	705
Cra 33 - Calle 56 (Norte)	935	747	0	151	1833
Cra 33 - Calle 56 (Oriente)	697	395	0	11	1103
Cra 30 - Calle 67 (Occidente)	845	568	8	40	1461
Cra 27 - Calle 67 (Sur)	841	505	17	40	1428
Cra 27 - Calle 67 (Occidente)	540	228	3	47	818
Cra 27 - Calle 67 (Norte)	1539	619	36	60	2254

Tabla 13. Volúmenes Vehículos Mixtos por acceso a la red
Fuente: Elaboración Propia

De igual forma se presenta a continuación una tabulación de los volúmenes vehiculares por cada intersección semafórica presente en la red, mostrando la cantidad de vehículos por movimiento permitido en la intersección.

Intersección Carrera 32 – Calle 63

		CLL63-CRR32							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
17:45-18:45	2	21	11	0	0	32	Norte	1306	5
	3	287	216	0	0	503	Sur	62	9(2)Y2
	5	826	457	15	8	1306	Oriente	0	-
	9(2)	20	10	0	0	30	Occidente	705	3y7
	7	127	73	0	2	202			

Tabla 14. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 63
Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 32 – Calle 62

		CLL62-CRR32							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)			
17:45-18:45	1	791	425	12	8	1236			
	2	150	84	0	2	236	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
	4	98	61	9	3	171	Norte	1576	1y9(1)
	8	57	33	3	0	93	Sur	236	2
	9(4)	252	225	21	0	498	Oriente	762	4;8;9(4)
	9(1)	215	125	0	0	340	Occi dente	-	-

Tabla 15. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 62
Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 33 – Calle 62

		CRR33-CLL62							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
17:45-18:45	1	1104	830	116	0	2050	Norte	2162	1Y9(1)
	2	839	509	96	6	1450	Sur	2100	2Y6
	6	345	269	33	3	650	Oriente	0	-
	9(1)	62	50	0	0	112	Occi dente	0	-

Tabla 16. Volúmenes intersección Carrera 33 – Calle 62
Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 33 – Calle 63

		CLL63-CRR33							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
17:45-18:45	1	1104	830	116	0	2050	Norte	2050	1
	9(3)	1135	684	15	8	1842	Sur	-	-
							Oriente	-	-
							Occi dente	1842	9(3)

Tabla 17. Volúmenes intersección Carrera 33 – Calle 63
Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 32 – Calle 56

		CRA32-CALLE56							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)			
17:45- 18:45	1	918	493	8	8	1427			
	2	379	265	17	2	663	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
	3	263	142	14	0	419	Norte	1686	1y9(1)
	4	301	188	46	0	535	Sur	725	2y9(2)
	9(1)	162	97	0	0	259	Oriente	872	4;9(4)
	9(2)	30	28	4	0	62	Occi dente	566	3y9(3)
	9(3)	88	55	4	0	147			
	9(4)	240	97	0	0	337			

Tabla 18. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 56
Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 33 – Calle 56

		CLL56-CRR33							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)			
17:45- 18:45	1	675	593	110	0	1378			
	2	571	325	94	2	992	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
	3	150	81	18	0	249	Norte	1833	1y9(1)
	4	310	155	5	0	470	Sur	1450	2y9(2)
	8	311	185	6	0	502	Oriente	1103	4,8y9(4)
	9(1)	260	154	41	0	455	Occi dente	481	3y9(3)
	9(2)	300	152	2	4	458			
	9(3)	143	89	0	0	232			
	9(4)	76	55	0	0	131			

Tabla 19. Volúmenes intersección Carrera 33 – Calle 56
Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 28 – Calle 56

		CLL56-CRR28							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)			
17:45 - 18:45	1	155	103	0	2	260			
	3	265	125	18	0	408	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
	4	384	280	46	0	710	Norte	750	1; 5; 9(1)
	5	90	75	0	0	165	Sur	-	2y9(2)
	9(1)	184	141	0	0	325	Ori ente	710	4
	9(3)	155	273	0	2	430	Occi dente	838	3y9(3)

Tabla 20. Volúmenes intersección Carrera 28 – Calle 56

Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 27 – Calle 56

		Cra27 -Calle 56							
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)			
17:45 - 18:45	1	2060	779	37	45	2921			
	2	1205	922	41	29	2197	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento
	3	255	240	16	1	512	Norte	2921	1
	4	253	187	31	0	471	Sur	2523	2y9(2)
	8	213	151	15	0	379	Oriente	1035	4,8y9(4)
	9(2)	165	158	2	1	326	Occidente	832	3y9(3)
	9(3)	145	167	2	6	320			
	9(4)	102	83	0	0	185			

Tabla 21. Volúmenes intersección Carrera 32 – Calle 62

Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 30 – Calle 67

		Cra 30- Calle 67				TOTAL				
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento	
17:45 - 18:45	1	700	365	3	4	1072	Norte	1072	1	
	3	498	387	40	5	930	Sur	779	2	
	2	494	198	87	0	779	Oriente	0	Ninguno	
	9(3)	86	33	0	3	122	Occidente	1052	3y9(3)	

Tabla 22. Volúmenes intersección Carrera 30 – Calle 67
Fuente: Elaboración Propia

Intersección Carrera 27 – Calle 67

		Cra 27- Calle 67								
HORA	MOVIMIENTO	AUTOS	MOTOS	BUSES	CAMIONES	(VEH/MIXTOS)	Acceso	Total veh/mixtos	Movimiento	
17:45 - 18:45	1	1476	587	15	35	2113				
	2	731	440	20	17	1208				
	3	384	133	42	0	559	Norte	2210	1y9(1)	
	4	379	209	1	4	593	Sur	1428	2y9(2)	
	8	304	133	1	1	439	Oriente	1194	4,8y9(4)	
	7	156	95	5	3	259	Occidente	818	3y7	
	9(1)	63	32	2	1	97				
	9(2)	110	65	45	0	220				
	9(4)	103	56	1	2	162				

Tabla 23. Volúmenes intersección Carrera 27 – Calle 67
Fuente: Elaboración Propia

8.3 VELOCIDADES

La toma de información en campo, nos permite tener datos necesarios y precisos para realizar un estudio de velocidades al flujo vehicular presente en el tramo de estudio. Los datos obtenidos nos permiten tener una calibración más precisa con la situación real de la red. En esta sección se describe el análisis de resultados del estudio de velocidades por cada tipo de vehículo. De igual manera se muestran las tablas de estudios de velocidades por tipo de vehículo y sus respectivos histogramas.

Para realizar el estudio de velocidades se debe conocer el tamaño de la muestra a tomar y evaluar. Para esto se realizó una prueba piloto donde se recolectaron 40 datos con el fin de obtener una desviación estándar por cada tipo de vehículo a evaluar, partiendo de esto se realiza el estudio de velocidades.

Prueba Piloto

Desviación estándar obtenida

Moto -> 6,70

Auto -> 7,30

Bus -> 4,40

Camión -> 5,75

Al tener los valores de la desviación estándar de la prueba piloto, se realizaron los cálculos para conocer el tamaño de la muestra por cada tipo de vehículo, usando la siguiente formula.

$$N = \frac{\sigma^2 * K^2 * 2}{2 * E^2}$$

N: Tamaño de la muestra (cantidad de vehículos)

σ: Desviación estándar estimada de la muestra

K: Constante correspondiente a un nivel de confianza deseado

E: Error permitido en la estimación de la velocidad

La siguiente tabla muestra los valores usados en la formula anterior, de igual forma que el resultado final del tamaño de la muestra por tipo de vehículo.

	AUTO	MOTO	BUS	CAMION
Desviación Estándar	7,30	6,70	4,40	5,75
Nivel de confiabilidad	95%	95%	95%	95%
K (constante)	1,96	1,96	1,96	1,96
Error permitido	1,5	1,5	1,5	1,5
Tamaño de la muestra	90	77	33	56

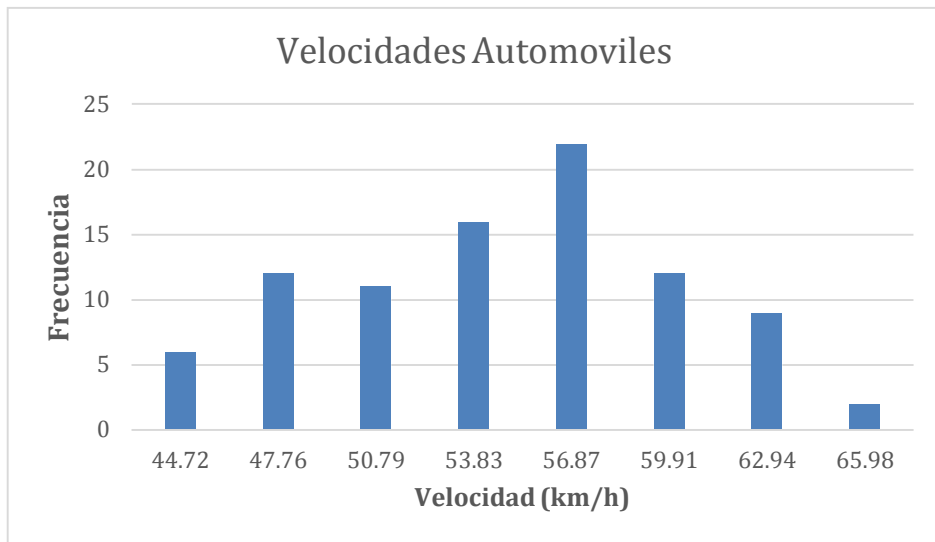


Figura 47. Velocidades Automóviles
Fuente: Elaboración Propia

- El histograma de frecuencias de las velocidades a flujo libre de los automóviles presentes en la red, muestra como tendencia la velocidad promedio de 56,87 km/h con una frecuencia de 22 vehículos, sabiendo que este estudio contó con 90 vehículos de muestra.
- La velocidad de 65,98 km/h presenta la menor frecuencia del estudio de velocidades.
- El estudio de velocidades muestra una velocidad de 59,34 km/h en el percentil 85, siendo esta la velocidad en que opera el 85% de los conductores cuando no existe congestión.

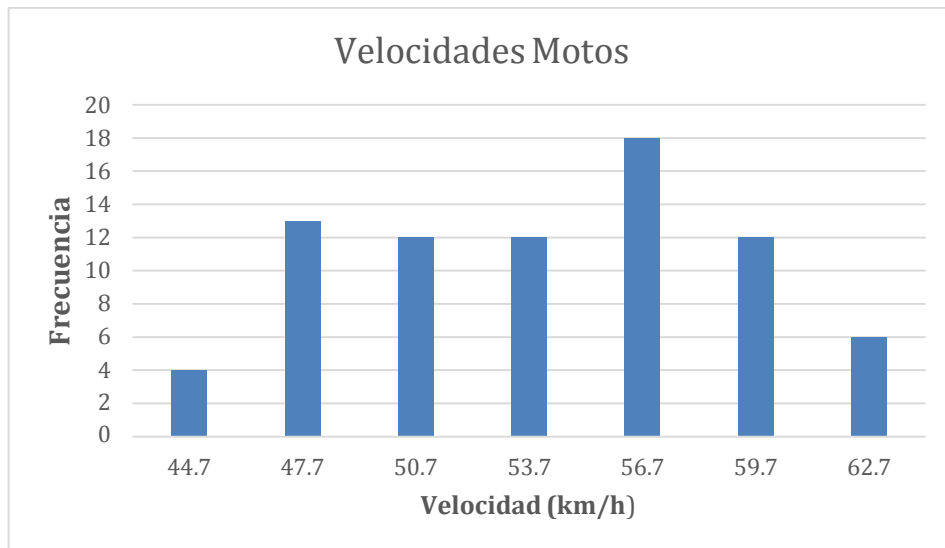


Figura 48. Velocidades Motos
Fuente: Elaboración Propia

- El histograma de frecuencias de las velocidades de las motos, muestra como tendencia la velocidad promedio de 56,7 km/h con una frecuencia de 18 motos, sabiendo que este estudio contó con 77 vehículos de muestra. Exponiendo que el comportamiento de velocidad de las motos y los automóviles en la red son similares.
- La velocidad de 44,7 km/h presenta la menor frecuencia del estudio de velocidades de las motos.
- Las velocidades oscilan entre el rango de 44,7 km/h y 62,7 km/h.
- El estudio de velocidades muestra una velocidad de 58,39 km/h en el percentil 85, siendo esta la velocidad en que opera el 85% de los conductores cuando no existe congestión.

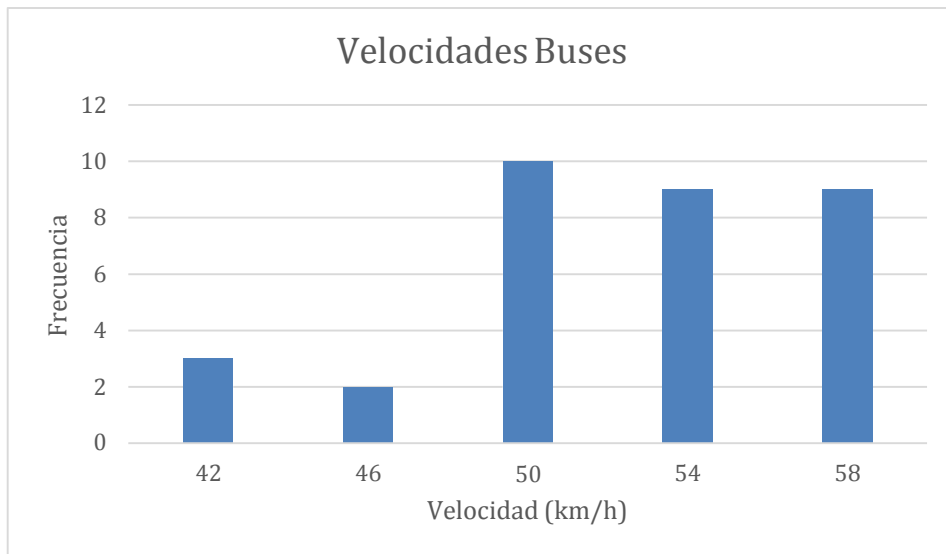


Figura 49. Velocidades Buses
Fuente: Elaboración Propia

- El histograma de frecuencias de las velocidades de los Buses, muestra como tendencia la velocidad promedio de 50 km/h con una frecuencia de 10 buses, sabiendo que este estudio contó con 33 buses de muestra. De esta manera podemos notar que los buses transitan con velocidades más bajas respecto a los automóviles y motocicletas.
- La velocidad de 46 km/h presenta la menor frecuencia del estudio de velocidades de los Buses.
- Las velocidades oscilan en un rango entre 42 km/h y 58 km/h.
- El estudio de velocidades muestra una velocidad de 56,16 km/h en el percentil 85, siendo esta la velocidad en que opera el 85% de los conductores cuando no existe congestión.

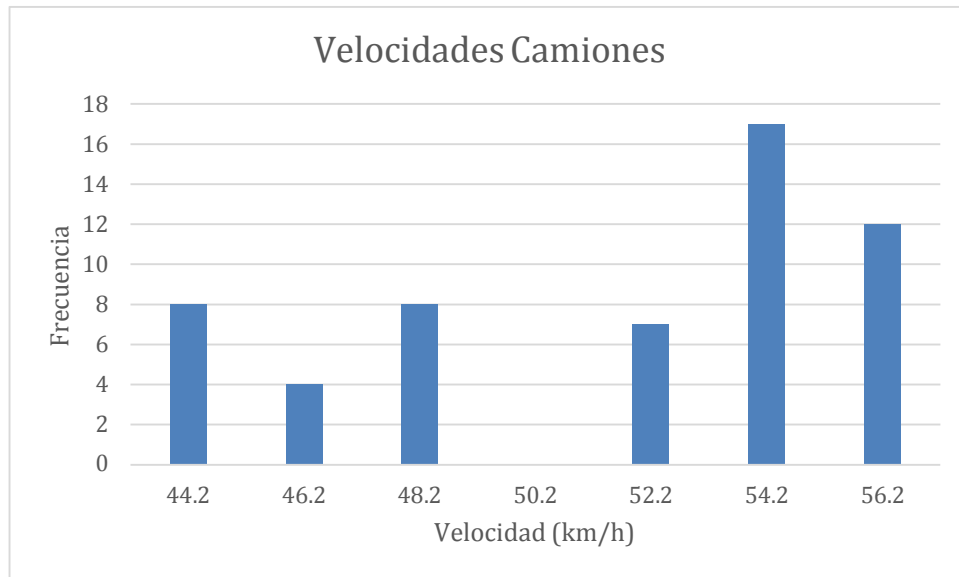


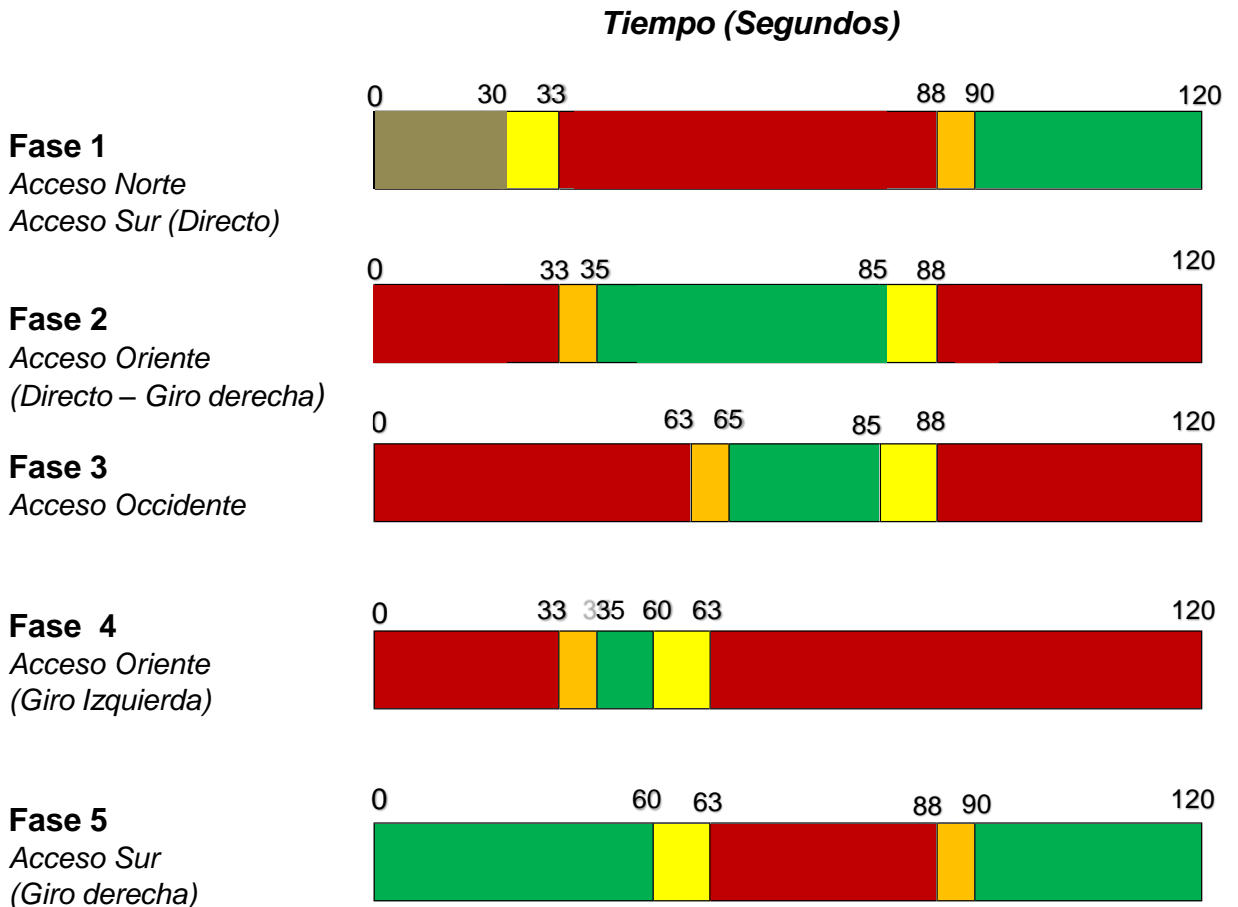
Figura 50. Velocidades Camiones
Fuente: Elaboración Propia

- El histograma de frecuencias de las velocidades a flujo libre de los camiones presentes en la red, muestra como tendencia la velocidad promedio de 54,2 km/h con una frecuencia de 17 camiones, sabiendo que este estudio contó con 56 camiones de muestra.
- Las velocidades oscilan en un rango entre 44,2 km/h y 56,2.
- El estudio de velocidades muestra una velocidad de 51,75 km/h en el percentil 85, siendo esta la velocidad en que opera el 85% de los conductores cuando no existe congestión. Mostrando que los camiones son los vehículos que transitan con menor velocidad en la red.

8.4 SEMAFOROS

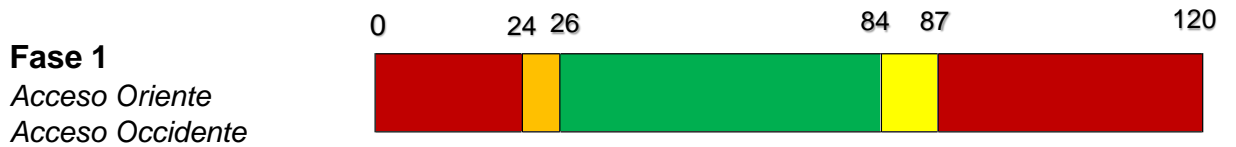
La información en campo adquirida para el estudio de semáforos, nos ha permitido tener los siguientes tiempos de ciclos y el número de fases presentes en cada intersección. El procedimiento para adquirir estos tiempos de ciclos y el número de fases esta descrito con mayor profundidad en la toma de información en campo, mostrada anteriormente en la Metodología del Proyecto.

Intersección Carrera 33 – Calle 56



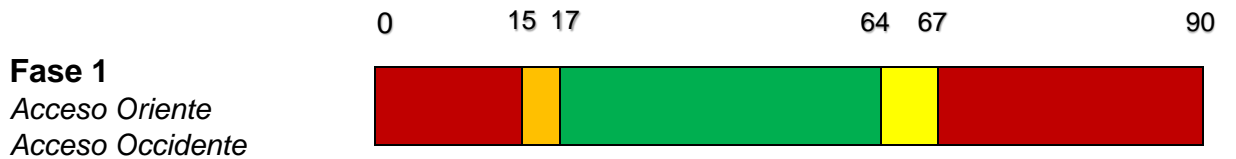
Intersección Carrera 32 – Calle 56

Tiempo (Segundos)



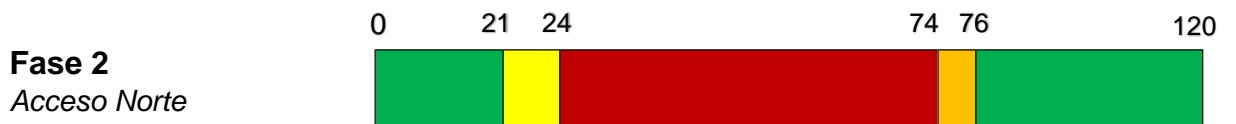
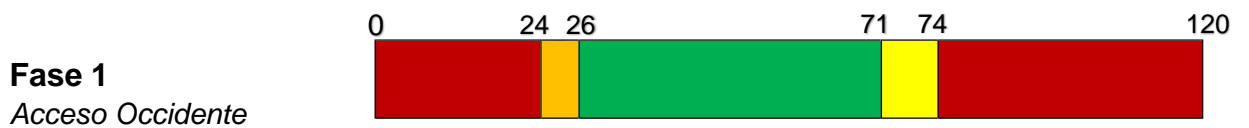
Intersección Carrera 28 – Calle 56

Tiempo (Segundos)



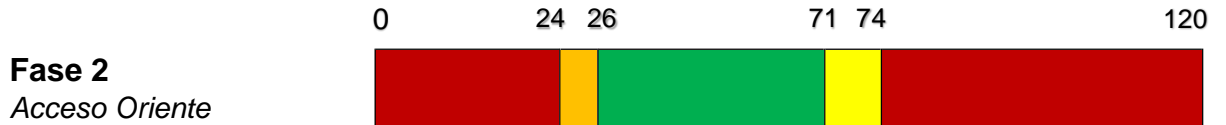
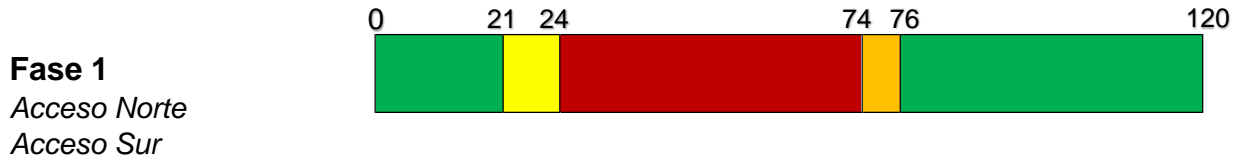
Intersección Carrera 32 – Calle 63

Tiempo (Segundos)



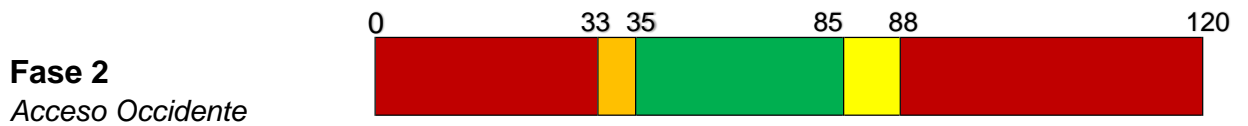
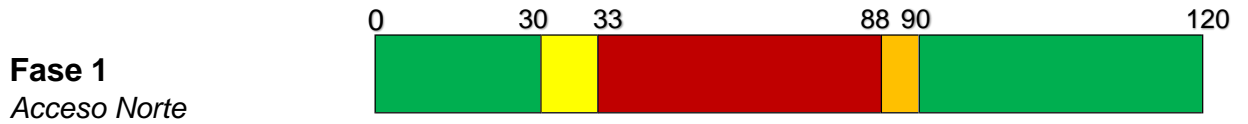
Intersección Carrera 32 – Calle 62

Tiempo (Segundos)



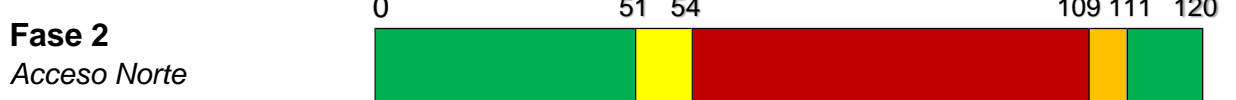
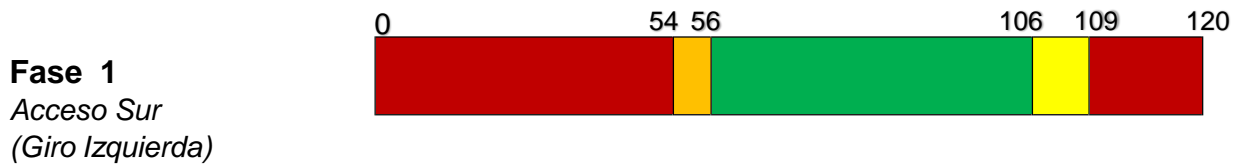
Intersección Carrera 33 – Calle 63

Tiempo (Segundos)



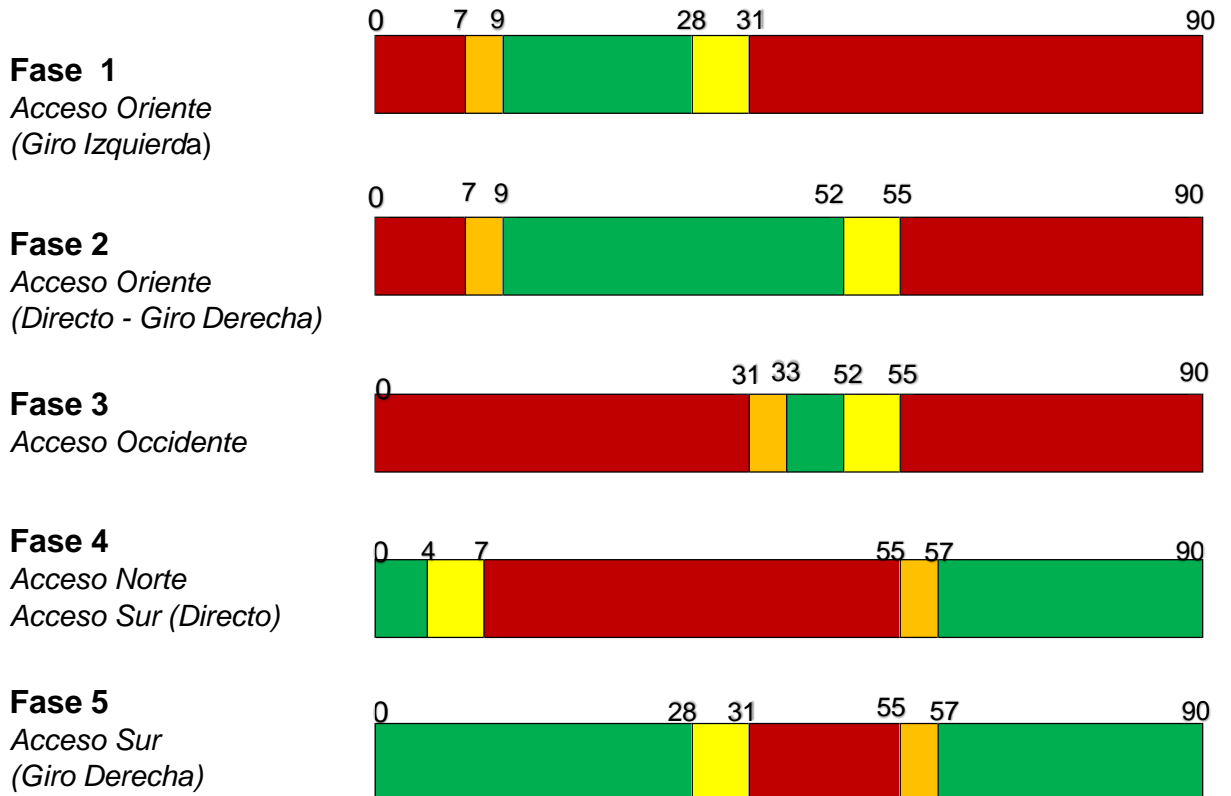
Intersección Carrera 33 – Calle 62

Tiempo (Segundos)



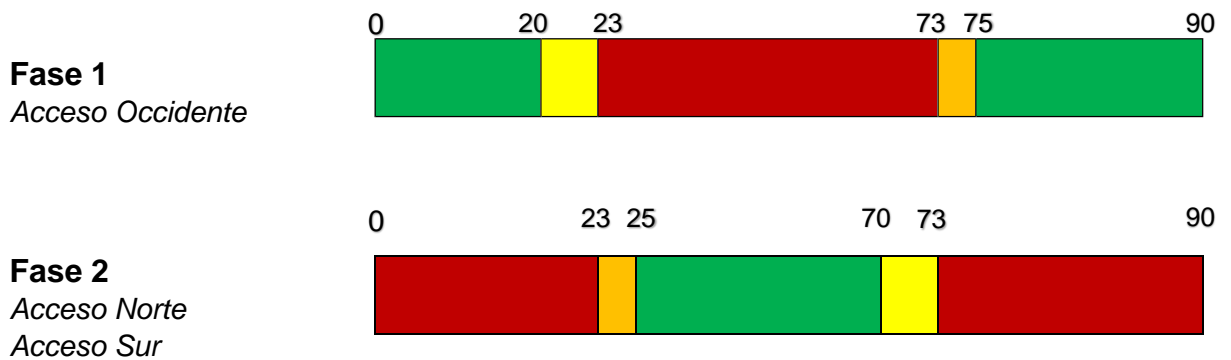
Intersección Carrera 27 – Calle 56

Tiempo (Segundos)



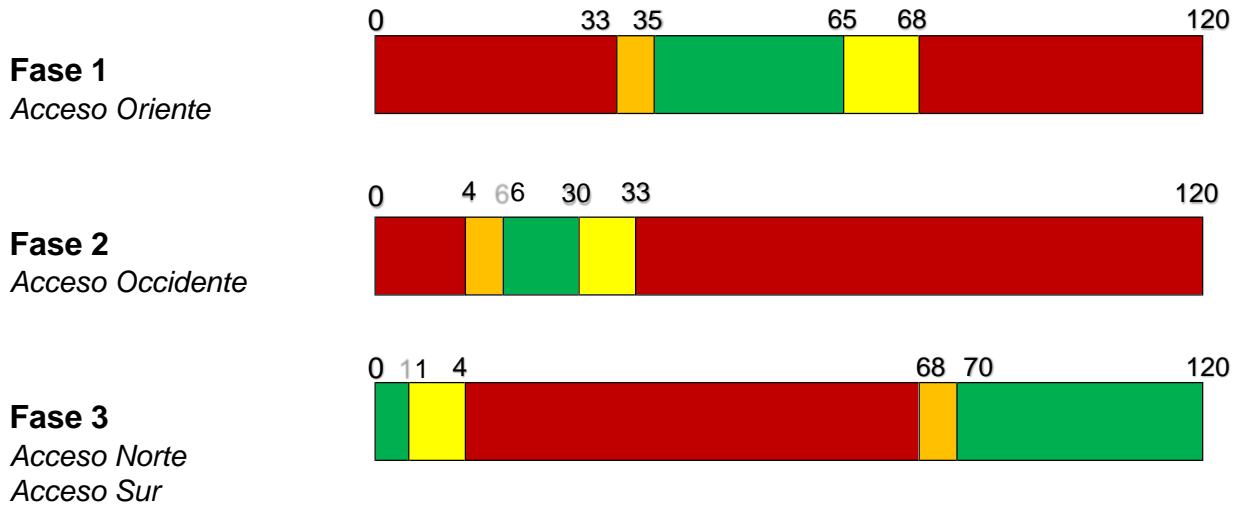
Intersección Carrera 30 – Calle 67

Tiempo (Segundos)



Intersección Carrera 27 – Calle 67

Tiempo (Segundos)



8.5 ACCIDENTALIDAD

Indagar y analizar los datos de accidentalidad en Bucaramanga, esencialmente en el sector de estudio, es un punto clave de este proyecto de Grado, a continuación se presenta una tabla con índices que muestran los sitios de mayor accidentalidad del Municipio en el año 2011.

MORBILIDAD MORTALIDAD EN BUCARAMANGA SITIOS CRÍTICOS ENERO DICIEMBRE 2011					
PUNTOS	LUGAR	ACC CON MUERTO	ACC CON HERIDOS	ACC SOLO DAÑOS	TOTAL
1	ANILLO VIAL DESDE CALLE 45 A CEMENTO	4	35	53	92
2	AUTOPISTA NORTE (VIA LA COSTA)	4	34	51	89
3	CARRERA 27 DESDE LA CALLE 41 A CALLE 56	3	29	52	84
4	AUTOPISTA FLORIDA	3	28	80	111
5	CALLE 70 (VIA GIRON)	2	35	45	82
6	TRANSVERSAL ORIENTAL	2	14	30	46
7	DIAGONAL 15 DESDE LA CALLE 54 A CALLE 61	2	16	26	44
8	TRANSVERSAL METROPOLITANA	2	14	20	36
9	VIA MATANZA	2	5	7	14
10	CARRERA 21 CALLES 28	2	2	2	6

Tabla 24. Sitios Críticos de accidentalidad año 2011

Fuente: MESA PABON, José Mauricio y LOPEZ MENDOZA, Susana Cristina. Determinación de los parámetros de tránsito del corredor de la autopista desde la puerta del sol hasta quebrada seca utilizando el programa VISSIM. Tesis de Grado. 2012.

Teniendo estos datos se puede observar, que el sector en estudio de este proyecto no presenta gran cantidad de mortalidad, los antecedentes de accidentes muestran la *Carrera 27 con calle 56*, como uno de estos sectores, siendo este uno de los límites de la red vehicular estudiada.

A continuación se muestra una nueva tabla, que indica y refleja las causas principales que llevan a desencadenar estos accidentes. Exponiendo que la causa principal es por *Desobedecer Señales*, lo que lleva a deducir que la INTELIGENCIA VIAL en los conductores no es la adecuada, sabiendo que esta salvaría muchas vidas.

10. CAUSAS PRINCIPALES		
Código	HIPOTESIS	Cantidad
112	DE SOBEDECER SEÑALES	1.405
121	NO MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD	335
107	CAMBIO DE CARRIL SIN INDICACIÓN	125
104	ADELANTAR INVADIENDO VIA	128
101	ADELANTAR EN CURVA	90
134	IMPERICIO EN EL MANEJO	336
133	REVERSO IMPRUDENTE	108
98	TRANSITAR ENTRE VEHÍCULOS	210
402	SALIR POR DELANTE DE UN VEHICULO	213
116	EXCESO DE VELOCIDAD	124
119	FRENAR BRUSCAMENTE	129
0	SIN ESTABLECER	784
Total		3.987

Tabla 25. Causas principales de accidentalidad año 2011

Fuente: MESA PABON, José Mauricio y LOPEZ MENDOZA, Susana Cristina. Determinación de los parámetros de tránsito del corredor de la autopista desde la puerta del sol hasta quebrada seca utilizando el programa VISSIM. Tesis de Grado. 2012.

Los datos anteriores tal vez no sean los más recientes, pero son muy útiles y de gran ayuda al analizar la accidentalidad. A continuación se mostrará una tabla con datos y estadísticas de los últimos tres años (2012-2015), obtenida en la Dirección de Tránsito y Transporte de Bucaramanga, donde se marcarán los accidentes ocurridos en el sector de estudio, entre la Carrera 33 y Carrera 27 con Calle 56 y Calle 67.

FECHA	GRAVEDAD	PEATON	AUTOMOVIL	BUS	CAMION	MOTO
28/01/2012	CON HERIDOS	0	2	0	0	0
31/01/2012	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	0
11/02/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
24/02/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
29/02/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
12/04/2012	SOLO DAÑOS	0	3	0	0	0
04/05/2012	SOLO DAÑOS	0	1	0	1	0
01/06/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
01/07/2012	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1

09/07/2012	SOLO DAÑOS	0	1	1	0	0
14/07/2012	CON HERIDOS	0	0	0	0	1
17/07/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
28/07/2012	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
31/07/2012	CON HERIDOS	1	1	0	0	0
26/08/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
12/09/2012	SOLO DAÑOS	0	1	1	0	0
17/09/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
26/09/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
03/10/2012	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
04/12/2012	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	0
18/12/2012	SOLO DAÑOS	0	1	1	0	0
09/02/2013	CON HERIDOS	0	1	0	0	1
26/02/2013	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
16/03/2013	SOLO DAÑOS	0	4	0	0	0
18/03/2013	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
23/03/2013	CON HERIDOS	0	0	0	0	1
14/04/2013	CON MUERTOS	0	0	0	0	1
17/05/2013	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
10/07/2013	CON HERIDOS	0	1	0	0	1
18/07/2013	CON HERIDOS	0	1	0	0	1
22/07/2013	SOLO DAÑOS	0	1	0	1	0
12/09/2013	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
13/10/2013	CON HERIDOS	1	0	0	0	1
17/10/2013	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
25/10/2013	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
30/10/2013	SOLO DAÑOS	0	1	0	1	0
28/01/2014	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	0
05/02/2014	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
12/02/2014	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
15/02/2014	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
14/03/2014	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
17/03/2014	CON HERIDOS	0	0	0	0	1
10/04/2014	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
23/04/2014	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	0
15/05/2014	CON HERIDOS	0	1	0	0	1
15/05/2014	CON HERIDOS	0	1	0	0	1
15/07/2014	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	0
27/07/2014	SOLO DAÑOS	0	2	0	0	1
03/09/2014	SOLO DAÑOS	0	2	1	0	0

04/09/2014	SOLO DAÑOS	0	1	1	0	0
06/11/2014	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
20/11/2014	CON HERIDOS	0	1	0	0	1
12/12/2014	CON HERIDOS	0	1	0	0	1
28/12/2014	SOLO DAÑOS	0	1	0	1	0
11/02/2015	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	0
27/02/2015	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
24/03/2015	SOLO DAÑOS	0	1	0	0	1
05/04/2015	CON HERIDOS	0	0	0	0	2
17/04/2015	SOLO DAÑOS	0	1	0	1	0
Totales		2	77	5	5	25

Tabla 26. Accidentalidad sector comprendido entre la Carrera 33 y Carrera 27 con Calle 56 y Calle 67 (2012 – 2015)

Fuente: Dirección de Tránsito y Transporte de Bucaramanga

Para observar de mejor manera los datos de la tabla anterior, se procede a tabular esta información y graficar la cantidad de accidentes por tipo de vehículo.

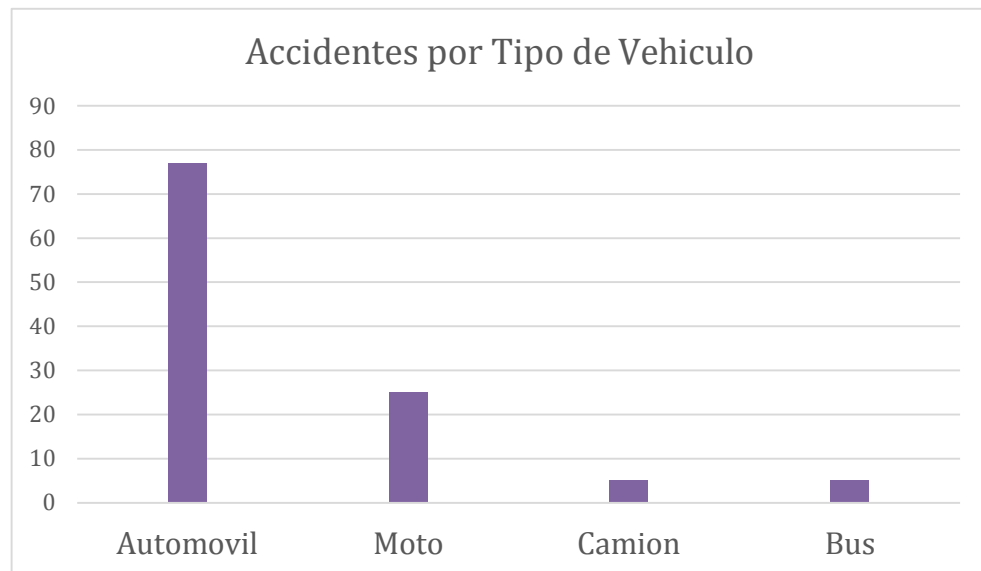


Figura 51. Tabulación Accidentalidad sector comprendido entre la Carrera 33 y Carrera 27 con Calle 56 y Calle 67 (2012 – 2015)

Fuente: Elaboración Propia

Nótese que la gran mayoría de accidentes se presentan por conductores maniobrando automóviles, seguido de las motocicletas y terminando en los buses y camiones, siendo estos los de menor número de accidentes.



Figura 52. Puntos críticos de accidentalidad en el sector de estudio
Fuente: Plan Maestro de Movilidad - Bucaramanga 2010 – 2030

La Figura anterior, nos grafica los puntos más críticos de accidentalidad en la red de estudio, dejando ver que los accidentes se presentan principalmente en las intersecciones semafóricas ubicadas en: **Carrera 27 – Calle 56, Carrera 28 – Calle 56, Carrera 33 – Calle 62.**

Posibles Causas de los Accidentes

Se puede analizar que los accidentes que concurren en la zona, en su mayoría pueden ser evitables, ya que gran cantidad de estos son producidos por falta de Inteligencia Vial de los conductores, muy pocos accidentes se producen por fallas mecánicas del vehículo.

No respetar las señales de tránsito, transitar entre vehículos, no mantener distancia de seguridad, cambio de carril sin indicación; son algunas de las causas que nos indican que la Inteligencia Vial es el principal causal de estas tragedias.

Posible Soluciones a los Accidentes

La solución más efectiva está en cada uno de los conductores que habitualmente transitan por estas vías, Dirección de tránsito y Transporte como también algunas otras entidades han venido trabajando es busca de una mejora en la Inteligencia Vial; campañas publicitarias, charlas gratuitas y obligatorias (a conductores involucrados en accidentes), son estrategias para inculcar esta inteligencia Vial en los conductores de la Ciudad.

Aumentar el seguimiento al cumplimiento de normas y señales de tránsito también sería beneficioso, como también realizar una modernización y mantenimiento de las señales de tránsito en el lugar.

8.6 REPORTES VISSIM

Al finalizar el montaje de toda la red y verificar su correcto funcionamiento, se procede a correr el modelo y generar los reportes con los resultados finales, a los cuales se procede a realizarles un análisis detallado.

8.6.1 Porcentaje de error Calibración

Es recomendable conocer el porcentaje de error de la calibración del programa, esto se realiza con la información recolectada en campo, en este caso en particular se encuentra el porcentaje de error de calibración por medio de los volúmenes vehiculares, de esta forma podremos conocer el porcentaje de ajuste de la red simulada en VISSIM con la realidad. A continuación se presenta la tabla con el desempeño Global de la red, tomando los volúmenes para conocer el porcentaje de error.

Network Performance								
Vehicle Class	Number of Vehicles	Total			Avg Speed(km/h)	Per Vehicle		
		Travel Time(h)	Distance(km)	Delay(h)		Avg Delay (s)	Avg Number of Stops	Avg Stop Delay (s)
Run 1(1)								
Auto (10)	10960	339,89	4822,3	249,29	14,19	81,88	2	56,39
Camión (20)	159	2,78	42,27	1,85	15,22	42	1	30,6
Bus(30)	411	18,61	256,72	13,24	13,8	115,96	2	70,08
Tranvía (40)	0	0	0	0	0	0	0	0
Peatón (50)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicicleta (60)	0	0	0	0	0	0	0	0
Moto (70)	6354	196,42	2798,43	142,39	14,25	89,64	2	61,37
Total	17884	564,16	8028,64	411,11	14,23	82,75	2	56,71

Tabla 27. Desempeño de la red
Fuente: Reporte VISSIM

Análisis

Teniendo la *Tabla 12. Porcentaje de Vehículos que ingresan a la red*, donde se muestra la cantidad de los volúmenes vehiculares por tipo de vehículo que se ingresaron a la red diseñada en VISSIM, se puede tener una calibración general de los vehículos comparando estos datos con los resultados obtenidos en la simulación.

Tipo de Vehículo	Volúmenes
Auto	11220
Moto	6541
Camión	163
Bus	480

Tabla 28. Volúmenes hora pico
Fuente: Elaboración propia

Para conocer el porcentaje de error aplicamos la siguiente fórmula:

$$\% \text{ error} = [(\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental}) / \text{Valor teórico}] * 100$$

Tipo de Vehículo	Valor teórico	Valor experimental	% error
Auto	11220	10960	2,3
Moto	6541	6354	2,9
Camión	163	159	2,5
Bus	455	411	9,7

Tabla 29. Porcentaje de error calibración del programa
Fuente: Elaboración propia

De igual forma se realizó una calibración más al detalle en diferentes intersecciones de la red. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Interseccion Cra 30 - Calle 67	NEB	Right 1	802	0
		Total	802	0
	SEB	Left 1	842	0
		Right 2	126	0
		Total	968	0
	WB	Left 1	978	0
		Total	978	0
	Total			2748

Movimiento	Valor teórico	Valor experimental	% error
1	1072	978	8,8
3	930	842	9,5
2	779	802	3,0
9(3)	122	126	3,3

Interseccion Cra 33 - Calle 62	NB	Left 2	617	0
		Through	1367	0
		Total	1984	0
	SB	Through	1894	0
		Right 2	102	0
		Total	1996	0
	Total			3980

Movimiento	Valor teórico	Valor experimental	% error
1	2050	1894	7,6
2	1450	1367	5,7
6	650	617	7,9
9(1)	112	102	9,0

Interseccion Cra 28 - Calle 56	EB	Through	446	0
		Right 2	400	0
		Total	846	0
	SEB	Left 1	148	0
		Right 1	236	0
		Right 3	291	0
		Total	675	0
	WB	Through	652	0
		Total	652	0
	Total			2173

Movimiento	Valor teórico	Valor experimental	% error
1	260	236	9,2
3	408	446	9,3
4	710	652	8,2
5	165	148	10,3
9(1)	325	291	10,5
9(3)	430	400	7,0

Interseccion Cra 32- Calle 62	NB	Through	224	0
		Total	224	0
	SB	Through	1131	0
		Right 2	311	0
		Total	1442	0
	WB	Left 2	97	0
		Through	158	0
		Right 2	448	0
		Total	703	0
	Total			2369

Movimiento	Valor teórico	Valor experimental	% error
1	1236	1131	8,5
2	236	224	5,1
4	171	158	7,6
8	93	97	4,3
9(4)	498	448	6,3
9(1)	340	311	8,5

8.6.2 Reporte Situación Actual

La tabla expuesta a continuación nos muestra el reporte de demora (delay), con las características más específicas de cada intersección (volumen vehicular por cada movimiento realizado, nivel de servicio, demora).

Delay									
Intersection	Approach	Movement	Run		LOS	Average(s)	Standard Deviation(s)	Min(s)	Max(s)
			1						
			Delay(s)	Volume					
Interseccion Cra 27 - Calle 56	NB	Through	37,7	2026		37,7	20,5	0	56,4
		Right 2	6,3	353		6,3	8,2	0	29,4
		Total	33	2379		33	22,2	0	56,4
	EB	Through	61,5	497		61,5	38,4	0	165
		Right 2	63,3	269		63,3	38,1	0	165,3
		Total	62,1	766		62,2	38,3	0	165,3
	SB	Through	14,7	2893		14,7	19,9	0	54,6
		Total	14,7	2893		14,7	19,9	0	54,6
	WB	Left 2	73,6	284		73,6	32	0	211,5
		Through	56,4	467		56,4	33,7	0	213,2
		Right 2	54,9	173		54,9	42,2	0,1	217,8
		Total	61,4	924		61,4	35,8	0	217,8
	Total		32,4	6962	C	32,4	31,7	0	217,8
	Interseccion Cra 28 - Calle 56	EB	Through	13,2	446		13,2	17,9	0
Right 2			14,2	400		14,2	18,8	0	68,8
Total			13,7	846		13,7	18,3	0	68,8
SEB		Left 1	62,2	148		62,2	53,1	0,5	239,7
		Right 1	57,2	236		57,2	49	0	247,3
		Right 3	95,1	291		95,1	61,2	0,5	302,9
		Total	74,6	675		74,6	58,2	0	302,9
WB		Through	92,7	652		92,7	69,1	0	301,1
		Total	92,7	652		92,7	69,1	0	301,1
Total			56,3	2173	E	56,3	61,8	0	302,9

Interseccion Cra 32- Calle 56	NB	Left 1	35,3	631		35,3	14,6	0	73,7
		Right 2	35,5	53		35,5	14	0	55,7
		Total	35,3	684		35,3	14,6	0	73,7
	EB	Through	140	409		140	103,5	0	448,4
		Right 2	143,1	129		143,1	110,1	0	427,8
		Total	140,7	538		140,7	105	0	448,4
	SEB	Right 1	20,9	1332		20,9	29,5	0	91,6
		Right 3	25,6	263		25,6	31,5	0	94,3
		Total	21,7	1595		21,6	29,9	0	94,3
	WB	Through	17,3	533		17,3	21,5	0	105,5
		Right 1	15,4	286		15,4	19,7	0	80,4
		Total	16,6	819		16,6	20,9	0	105,5
	Total		40,7	3636	D	40,7	62,7	0	448,4
Interseccion Carrera 33 - Calle 56	NB	Through	8,5	920		8,5	13,1	0	61,1
		Right 2	4,1	437		4,1	7,5	0	28,9
		Total	7,1	1357		7,1	11,8	0	61,1
	EB	Through	155,7	185		155,7	83,4	0	443,3
		Right 2	157,9	253		157,9	73,5	0,1	388,6
		Total	157	438		157	77,8	0	443,3
	SB	Through	24,6	1275		24,6	28,8	0	105,3
		Right 2	31,6	366		31,6	31,9	0	111,3
		Total	26,2	1641		26,1	29,6	0	111,3
	WB	Left 2	97,1	503		97,1	30,9	2,8	185
		Through	27,4	467		27,4	22,5	0	74,7
		Right 2	22,3	131		22,3	21,4	0	68,6
		Total	58,6	1101		58,7	44,2	0	185
Total		41	4537	D	41	56,7	0	443,3	
Interseccion Cra 32- Calle 62	NB	Through	27,9	224		27,9	13,8	0	50,3
		Total	27,9	224		27,9	13,8	0	50,3
	SB	Through	20,6	1131		20,6	25,9	0	89,2
		Right 2	24	311		24	26,4	0	88,7
		Total	21,3	1442		21,3	26,1	0	89,2
	WB	Left 2	54,6	97		54,6	26,3	0,8	108,1
		Through	50,7	158		50,7	27,2	0	150,9
		Right 2	54,3	448		54,3	26	0	155,5
		Total	53,5	703		53,5	26,3	0	155,5
Total		31,5	2369	C	31,5	29,1	0	155,5	
Interseccion Cra 32- Calle 63	NB	Through	6,6	29		6,6	2,1	4	13,3
		Right 2	8,6	29		8,6	4,6	4	23,1
		Total	7,6	58		7,6	3,7	4	23,1
	EB	Left 2	32,4	195		32,4	24,1	0,7	82,3
		Through	31,7	514		31,7	26,1	0	100,5
		Total	31,9	709		31,9	25,6	0	100,5
	SB	Left 2	9,1	1215		9,1	16,5	0	61,6
		Total	9,1	1215		9,1	16,5	0	61,6
	Total		17,2	1982	B	17,2	22,8	0	100,5

Interseccion Cra 33 - Calle 62	NB	Left 2	43,6	617		43,6	32,6	0	171
		Through	21,4	1367		21,4	30,6	0	168,5
		Total	28,3	1984		28,3	32,9	0	171
	SB	Through	22,2	1894		22,2	20,4	0	72,2
		Right 2	27,2	102		27,2	22,4	0,1	84,5
		Total	22,5	1996		22,5	20,5	0	84,5
Total		25,4	3980	C	25,4	27,5	0	171	
Interseccion Cra 33 - Calle 63	EB	Right 2	31,6	1735		31,6	24,3	0	72,2
		Total	31,6	1735		31,6	24,3	0	72,2
	SB	Through	11,1	1885		11,1	20,8	0	60,3
		Total	11,1	1885		11,1	20,8	0	60,3
	Total		20,9	3620	C	21	24,7	0	72,2
Interseccion Cra 27 - Calle 67	NB	Through	28,2	1206		28,2	28,4	0	192,8
		Right 1	29,7	224		29,7	31,9	0	191,9
		Total	28,4	1430		28,4	29	0	192,8
	NEB	Left 1	29,7	185		29,7	36,9	0	93,1
		Through	33,5	584		33,5	35,7	0	96,6
		Total	32,6	769		32,6	36	0	96,6
	SB	Through	24,2	1921		24,2	32,8	0	104,2
		Right 1	28,3	278		28,3	35,2	0	106,5
		Total	24,7	2199		24,7	33,1	0	106,5
	SWB	Left 1	91,9	357		91,9	36	0	193
		Through	97,9	537		97,9	39,8	0	199,5
		Right 3	101,7	147		101,7	50,6	0	200,5
		Total	96,4	1041		96,4	40,4	0	200,5
Total		40,5	5439	D	40,5	43,6	0	200,5	
Interseccion Cra 30 - Calle 67	NEB	Right 1	19,4	802		19,4	26,1	0	147,6
		Total	19,4	802		19,4	26,1	0	147,6
	SEB	Left 1	32,2	842		32,2	29,3	0	185,5
		Right 2	51,4	126		51,4	45,6	0	200,4
		Total	34,7	968		34,7	32,5	0	200,4
	WB	Left 1	62,6	978		62,6	57,8	0	233,7
		Total	62,6	978		62,6	57,8	0	233,7
	Total		40,2	2748	D	40,2	45,6	0	233,7
NETWORK TOTAL		34,7	37446		34,7	43,8	0	448,4	

Tabla 30. Reporte Demora
Fuente: Reportes VISSIM

La tabla anterior nos muestra los niveles de servicio, siendo estos los siguientes:

- Intersección Carrera 27 - Calle 56 **NS -> C**
- **Intersección Carrera 28 - Calle 56 NS -> E**
- Intersección Carrera 32 - Calle 56 **NS -> D**
- Intersección Carrera 33 - Calle 56 **NS -> D**
- Intersección Carrera 32 - Calle 62 **NS -> C**
- Intersección Carrera 32 - Calle 63 **NS -> B**
- Intersección Carrera 33 - Calle 62 **NS -> C**
- Intersección Carrera 33 - Calle 63 **NS -> C**
- Intersección Carrera 27 - Calle 67 **NS -> D**
- Intersección Carrera 30 - Calle 67 **NS -> D**

La intersección ubicada en la CARRERA 28 – CALLE 56 es la intersección con mayor afectación en el tráfico vehicular, presentando un nivel de servicio E, indicando que es una intersección que está al límite de su capacidad y maneja unos niveles de velocidad muy bajos. Esto dado al gran volumen vehicular que accede a ella por el sentido oriente (calle 56) y también por la intersección de la Carrera 27- Calle 56 que genera una cola demasiado larga debido al cruce a la izquierda, generando que dicha cola afecte a la intersección de la Carrera 28 – Calle 56.

De igual manera hay cuatro intersecciones más que presentan un nivel de servicio D (Carrera 32 - calle 56, Carrera 33 – calle 56, Carrera 27 – calle 67, Carrera 30 – calle 67), que también demuestra gran afectación en su flujo vehicular.

8.6.3 Calculo Capacidad

Teniendo los reportes generados en VISSIM mostrados anteriormente, se procede a calcular la capacidad de la intersección ubicada en la CARRERA 28 – CALLE 56 siendo ésta la de mayor afectación en el flujo vehicular.

Para realizar el cálculo de la capacidad en intersecciones semafóricas es importante conocer el Flujo de Saturación, Verde efectivo y el ciclo del semáforo, a continuación se presentan las fórmulas empleadas para dichos cálculos. El anexo 5, contiene la tabla usada para hallar el flujo de saturación por el método factores de ajuste.

$$S = S_o * N * f_a * f_{hv} * f_p * f_i * f_{aut} * f_{a} * f_{der} * f_{izq}$$

Donde:

S = tasa de saturación para el grupo de carriles, vphpv (vehículos por hora por verde)

S_o = tasa de saturación ideal por carril, (vehículo por hora por verde por carril)

N = número de carriles en el grupo de carriles

F_a = factor de ajuste por el ancho del carril

F_{hv} = factor de ajuste por vehículos pesados

F_p = factor de ajuste por pendiente del afluente

F_{aut} = factor de ajuste para el efecto de bloqueo de autobuses que se paran cerca de la intersección.

F_a = factor de ajuste para el tipo de área.

F_{der} = factor de ajuste para giros a la derecha en el grupo de carriles.

F_{izq.} = factor de ajuste para giros a la izquierda.

$$C = S * (\text{Verde efectivo} / \text{Ciclo})$$

Donde:

C = Capacidad

S = tasa de saturación

A continuación se muestra una tabla con los valores finales de Capacidad, obteniendo la relación volumen – capacidad.

Acceso	Flujo Saturación	Ciclo	Verde efectivo	Capacidad	Volumen	V/C
Norte	2935	90	33	1076	902	0,83
Sur	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Oriente	2250	90	43	1075	854	0,80
Occidente	3467	90	43	1656	930	0,56

8.6.4 Calculo Densidad

El HCM 2010 nos muestra la siguiente ecuación para el cálculo de la densidad:

$$D = \frac{Vp}{S}$$

Ecuación 6. Densidad del tramo
Fuente: Manual HCM 2010

D = Densidad (vehículos / kilometro)

Vp = Tasa de flujo equivalente en 15 minutos

S = Velocidad de flujo base

Acceso	Vp	S	Densidad
Norte	902	16,3	55
Sur	-----	-----	-----
Oriente	854	14,8	58
Occidente	930	17,4	53

8.7 POSIBLES SOLUCIONES EN EL SECTOR

Al Simular y analizar las la red de estudio de este Proyecto de Grado, se pudo observar que la intersección semafórica con mayor problemática es la intersección ubicada en la CARRERA 28 – CALLE 56, presentando mayor congestión en la calle 56 (oriente – occidente) teniendo un nivel de servicio E.

Teniendo este punto de partida, se han decidido proponer las siguientes soluciones en esta zona:

→ Solución 1: *Eliminar Giros a la izquierda en la Carrera 33 – Calle 56 y Carrera 27 – Calle 56*

Esta solución busca eliminar los giros a la izquierda presentes en la Calle 56 del sector de estudio, siendo estos los que se encuentran ubicados en dos intersecciones de la calle 56 (Carrera 33 – Calle 56, Carrera 27 – Calle 56).

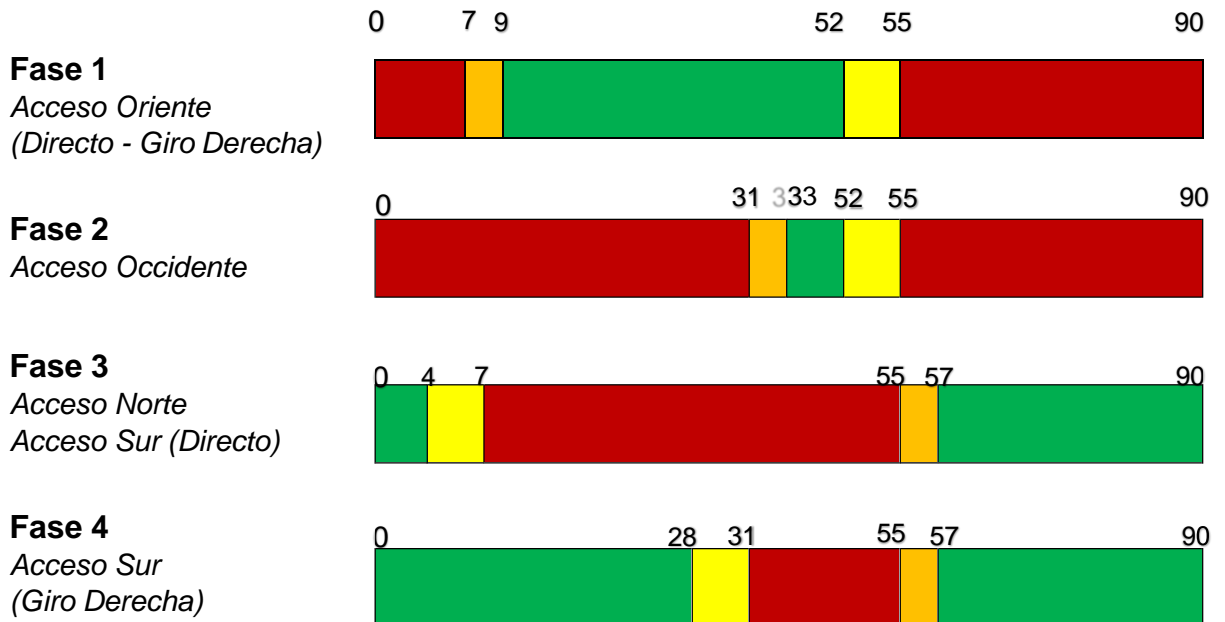
Con esto se busca dejar una sola fase semafórica en el sentido oriente- occidente de la calle 56 de cada intersección, al tener un giro a la izquierda estas intersecciones presentan dos fases semafóricas en el mismo acceso a la intersección (oriente- occidente), siendo una fase la que permite el cruce a la izquierda y la otra fase la que permite el cruce directo o a la derecha en la intersección, advirtiendo que el ciclo de verde del cruce a la izquierda es muy mínimo produciendo una congestión dada por los vehículos que desean girar a la izquierda.

Con esta solución, se plantea dejar solo el movimiento directo o a la derecha en la calle 56, permitiendo que los todos los vehículos realicen estos dos movimientos con una misma fase y evacuen más rápido la intersección.

A continuación se muestra el nuevo diagrama de fases que funcionara en las dos intersecciones semafóricas.

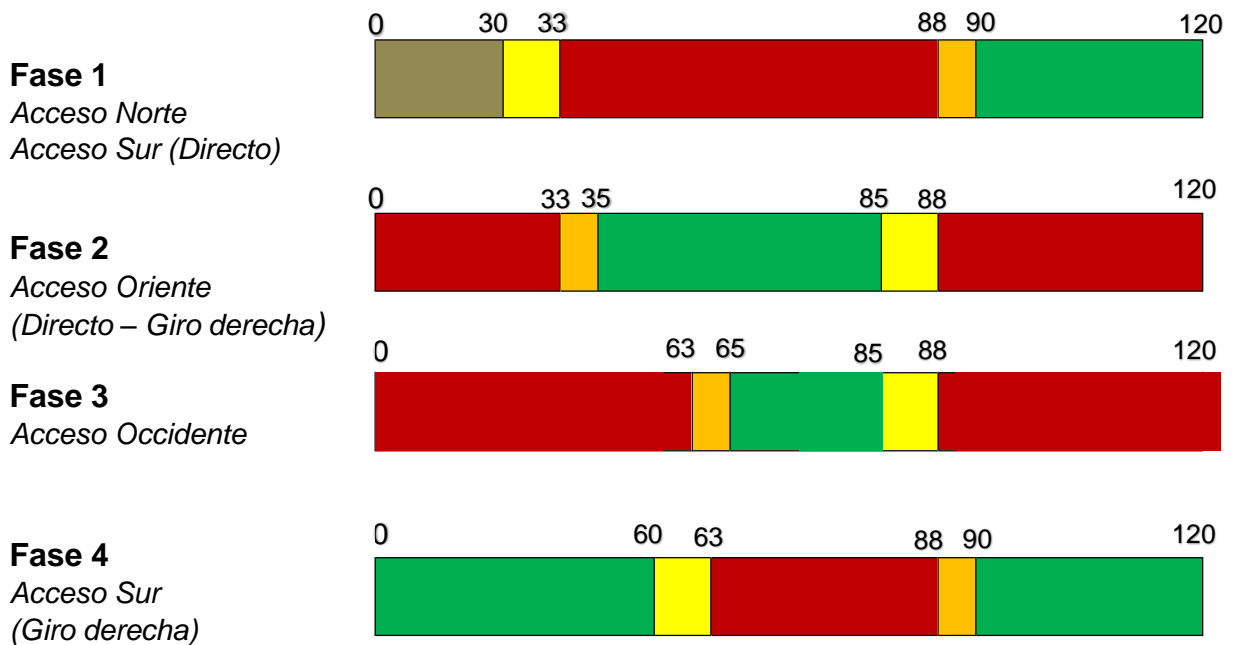
Intersección Carrera 27 – Calle 56

Tiempo (Segundos)



Intersección Carrera 33 – Calle 56

Tiempo (Segundos)



El nuevo diagrama de fases en las dos intersecciones (Carrera 33 – Calle 56, Carrera 27 – Calle 56) mostrado anteriormente funcionara con 4 fases semafóricas, eliminando una fase respecto al funcionamiento de la red actual. El acceso oriente en ambas intersecciones contaba con dos fases semafóricas, al eliminar el giro a la izquierda también se eliminó la fase que daba funcionamiento a dicho movimiento.

De esta manera el acceso oriente en las dos intersecciones, funcionara con los tiempos de semaforización con los que cuenta en la actualidad el movimiento **Oriente (directo – giro a la derecha)**.

Al eliminar el cruce a la izquierda en estas intersecciones, se presentan a continuación las rutas vehiculares alternativas que podrán tomar los conductores que se ven afectados por la eliminación de este cruce.

Rutas vehiculares alternativas Carrera 33 – Calle 56



Figura 53. Ruta vehicular alternativa 1, Carrera 33 – Calle 56
Fuente: Elaboración propia, Google Earth

Al tomar esta ruta el conductor aumentará su recorrido 0,45 km (450 metros).



Figura 54. Ruta vehicular alternativa 2, Carrera 33 – Calle 56
Fuente: Elaboración propia, Google Earth

Al tomar esta ruta el conductor aumentará su recorrido 0,65 km (650 metros).

Rutas vehiculares alternativas Carrera 27 – Calle 56



Figura 55. Ruta vehicular alternativa 1, Carrera 27 – Calle 56
Fuente: Elaboración propia, Google Earth

Al tomar esta ruta el conductor aumentará su recorrido 0,72 km (720 metros).



Figura 56. Ruta vehicular alternativa 2, Carrera 27 – Calle 56
Fuente: Elaboración propia, Google Earth

Al tomar esta ruta el conductor aumentará su recorrido 0,62 km (620 metros).



Figura 57. Ruta vehicular alternativa 3, Carrera 27 – Calle 56
Fuente: Elaboración propia, Google Earth

Al tomar esta ruta el conductor aumentará su recorrido 0,40 km (400 metros).

Esta solución, puede producir incomodidad a los conductores que normalmente acceden a girar a la izquierda en estas intersecciones, dado que tendrán que recorrer un poco más de distancia al tomar las rutas alternativas mostradas anteriormente, pero esta incomodidad será aliviada con la mejora en la movilidad.

Al simular en VISSIM esta solución propuesta, obtuvimos los siguientes resultados, que confirman una mejora en el flujo vehicular en esta zona.

Delay										
Intersection	Approach	Movement	Run		LOS	Average(s)	Standard Deviation(s)	Min(s)	Max(s)	
			1							
			Delay(s)	Volume						
Interseccion Cra 27 - Calle 56	NB	Through	37,7	2026		37,7	20,5	0	56,4	
		Right 2	11,3	353		11,3	19,2	0	96	
		Total	33,8	2379		33,8	22,3	0	96	
	EB	Through	62,1	511		62,1	37,3	0	181,2	
		Right 2	67,4	272		67,4	37,5	0	169,5	
		Total	63,9	783		63,9	37,4	0	181,2	
	SB	Through	15,2	2893		15,2	20,3	0	57,3	
		Total	15,2	2893		15,2	20,3	0	57,3	
	WB	Through	17	755		17	18,3	0	104,8	
		Right 2	12,8	186		12,8	14,7	0	60,6	
		Total	16,2	941		16,2	17,7	0	104,8	
	Total		27,1	6996	C	27,1	27,9	0	181,2	
	Interseccion Cra 28 - Calle 56	EB	Through	34,8	446		34,8	50,4	0	211,6
			Right 2	23,7	409		23,7	37,1	0	180,4
Total			29,5	855		29,5	44,8	0	211,6	
SEB		Left 1	40,6	191		40,6	30,8	0,1	129,8	
		Right 1	23,1	288		23,1	21,2	0	101,5	
		Right 3	24,2	387		24,2	18,7	0	113,3	
		Total	27,5	866		27,4	23,7	0	129,8	
WB		Through	12,5	566		12,5	14,9	0	70,9	
		Total	12,5	566		12,5	14,9	0	70,9	
Total			24,5	2287	C	24,5	32,7	0	211,6	
Interseccion Cra 32- Calle 56	NB	Left 1	35,1	610		35,1	16,5	0	94,1	
		Right 2	37,8	55		37,8	16,7	6,2	67,5	
		Total	35,3	665		35,3	16,5	0	94,1	
	EB	Through	172,7	401		172,7	122,9	0	395,5	
		Right 2	170,3	134		170,3	115,1	0	431,6	
		Total	172,1	535		172,1	120,9	0	431,6	
	SEB	Right 1	20,3	1343		20,3	28,2	0	95,8	
		Right 3	23,1	271		23,1	29,4	0	95,5	
		Total	20,8	1614		20,8	28,4	0	95,8	
	WB	Through	40	518		40	28,2	0	94,3	
		Right 1	39,2	521		39,2	28,7	0	93,8	
		Total	39,6	1039		39,6	28,4	0	94,3	
	Total		49,4	3853	D	49,4	71,6	0	431,6	

Interseccion Carrera 33- Calle 56	NB	Through	5,3	878		5,3	7,3	0	60,8
		Right2	4,1	437		4,1	7,5	0	28,9
		Total	4,9	1315		4,9	7,4	0	60,8
	EB	Through	160,1	174		160,1	92,7	0	455,4
		Right2	163,2	257		163,2	86,5	0	511,8
		Total	161,9	431		162	89	0	511,8
	SB	Through	27,5	1224		27,5	29,6	0	98,8
		Right2	36,2	345		36,2	31,3	0	169,6
		Total	29,4	1569		29,4	30,2	0	169,6
	WB	Through	122,3	720		122,3	45,9	5,1	207,6
		Right2	129,4	75		129,4	47	43,9	207,4
		Total	123	795		123	46	5,1	207,6
Total		53,6	4110	D	53,6	68,9	0	511,8	
Interseccion Cra 32- Calle 62	NB	Through	28,3	227		28,3	14,3	0	53
		Total	28,3	227		28,3	14,3	0	53
	SB	Through	18,2	1166		18,2	24,8	0	90,7
		Right2	25,7	309		25,7	28	0	91,1
		Total	19,8	1475		19,7	25,7	0	91,1
	WB	Left2	49,9	84		49,9	27,9	0,5	93,9
		Through	49,7	141		49,7	25	0	75,9
		Right2	49	427		49	26,5	0	83,1
		Total	49,3	652		49,3	26,3	0	93,9
Total		28,8	2354	C	28,7	28,2	0	93,9	
Interseccion Cra 32- Calle 63	NB	Through	6,3	29		6,3	2,1	3,5	13,3
		Right2	9,2	29		9,2	6,7	3,7	34,2
		Total	7,7	58		7,7	5,2	3,5	34,2
	EB	Left2	32,2	198		32,2	25,7	0,5	109
		Through	33	511		33	26,4	0	97,5
		Total	32,8	709		32,8	26,2	0	109
	SB	Left2	9,4	1220		9,4	16,8	0	71,1
		Total	9,4	1220		9,4	16,8	0	71,1
	Total		17,7	1987	B	17,7	23,3	0	109
Interseccion Cra 33- Calle 62	NB	Left2	53,5	574		53,5	32,3	0	174,7
		Through	29,1	1320		29,1	35,8	0	176,9
		Total	36,5	1894		36,5	36,5	0	176,9
	SB	Through	7,6	1362		7,6	10,3	0	68,2
		Right2	12,5	95		12,5	13,6	0	66,4
		Total	7,9	1457		7,9	10,6	0	68,2
	Total		24,1	3351	C	24,1	31,7	0	176,9

Interseccion Cra 33 - Calle 63	EB	Right 2	30,3	1736		30,3	23,8	0	70,4
		Total	30,3	1736		30,3	23,8	0	70,4
	SB	Through	12,2	1357		12,2	21,9	0	61,5
		Total	12,2	1357		12,2	21,9	0	61,5
	Total		22,4	3093	C	22,3	24,7	0	70,4
Interseccion Cra 27 - Calle 67	NB	Through	29,6	1210		29,6	30,4	0	131,2
		Right 1	36	220		36	35,1	0	186,9
		Total	30,6	1430		30,6	31,3	0	186,9
	NEB	Left 1	30	183		30	35,8	0	93,4
		Through	33,4	586		33,4	35,9	0	96,6
		Total	32,6	769		32,6	35,9	0	96,6
	SB	Through	25,5	1835		25,5	34,3	0	130,2
		Right 1	30,4	269		30,4	37,3	0	172,8
		Total	26,1	2104		26,2	34,7	0	172,8
	SWB	Left 1	50,3	327		50,3	26,9	0	135,8
		Through	49,9	501		49,9	28,4	0	131,7
		Right 3	50,9	131		50,9	27,6	0	135
		Total	50,2	959		50,2	27,8	0	135,8
	Total		32,7	5262	C	32,7	33,9	0	186,9
	Interseccion Cra 30 - Calle 67	NEB	Right 1	62,6	759		62,6	67,3	0
Total			62,6	759		62,6	67,3	0	235,6
SEB		Left 1	51,9	792		51,9	55	0	224,1
		Right 2	47,8	119		47,8	44,7	0	160,5
		Total	51,4	911		51,4	53,8	0	224,1
WB		Left 1	12,5	868		12,5	14,1	0	45
		Total	12,5	868		12,5	14,1	0	45
Total			41,4	2538	D	41,4	54	0	235,6
NETWORK TOTAL			33,1	35831		33,1	45,2	0	511,8

Tabla 31. Reporte VISSIM, solución 1

Fuente: Reporte VISSIM

Se puede notar, que con esta solución se consigue una gran mejora en el flujo vehicular en la intersección de la Calle 56 – Carrera 28, presentando con esta alternativa de solución un Nivel de Servicio C, siendo una mejora muy importante ya que en la red actual presenta un Nivel de Servicio E, esto comprueba un éxito en la propuesta de esta alternativa de solución.

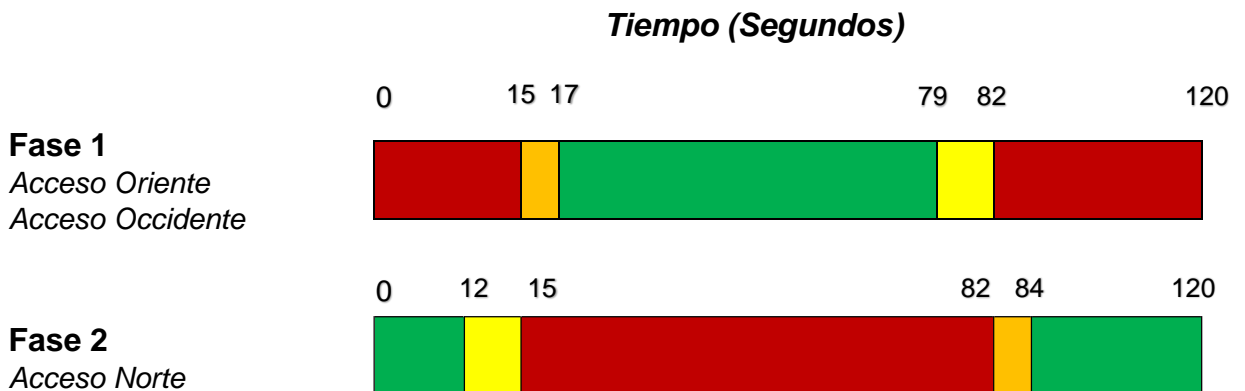
→ Solución 2: Aumentar Ciclos Semafóricos en la Carrera 27 – Calle 56 y Carrera 28 – Calle 56

En la actualidad los Ciclos semafóricos en las intersecciones de la Carrera 27 – Calle 56 y Carrera 28 – Calle 56 tienen una duración de 90 segundos, al aumentar estos ciclos semafóricos a 120 segundos se tendría una mejor circulación del tráfico.

Las intersecciones de la Carrera 33 – Calle 56 y Carrera 32 – Calle 56 tienen ciclos de 120 segundos, al aumentar los ciclos de las intersecciones propuestas en esta solución, se tendrán todas las intersecciones de la Calle 56 de este sector de estudio, como la misma duración en sus ciclos (120 segundos).

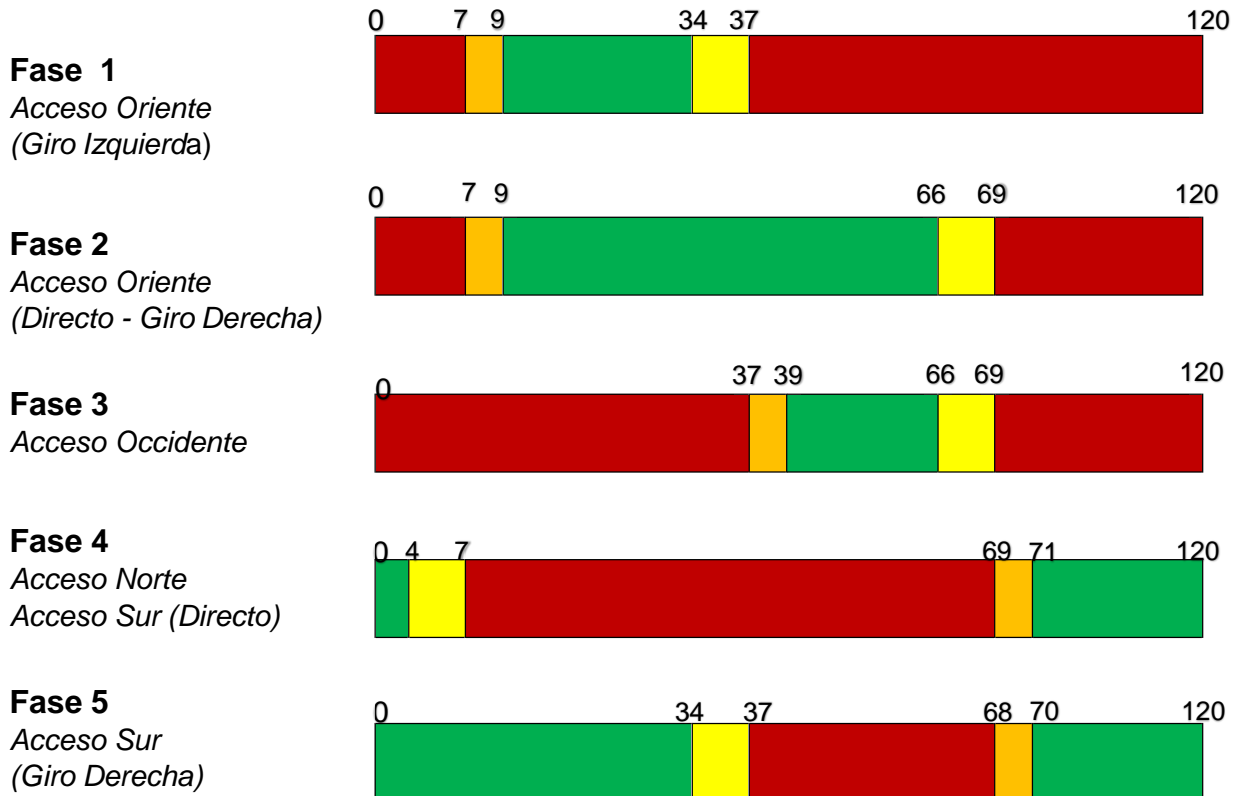
A continuación se mostrarán los nuevos ciclos semafóricos de la intersección reprogramados, aumentando 30 segundos la duración de sus ciclos respecto a los actuales y los resultados obtenidos al simular en VISSIM esta propuesta de solución con los ciclos semafóricos modificados.

Intersección Carrera 28 – Calle 56



Intersección Carrera 27 – Calle 56

Tiempo (Segundos)



Delay									
Intersection	Approach	Movement	Run		LOS	Average(s)	Standard Deviation(s)	Min(s)	Max(s)
			1						
			Delay(s)	Volume					
Interseccion Cra 27 -Calle 56	NB	Through	37,7	2026		37,7	20,5	0	56,4
		Right2	5,8	353		5,8	7,9	0	28,1
		Total	33	2379		33	22,2	0	56,4
	EB	Through	59,1	526		59,1	38,4	0	239,4
		Right2	63	275		63	42,9	0	241,8
		Total	60,4	801		60,5	40	0	241,8
	SB	Through	15,2	2893		15,2	20,3	0	57,3
		Total	15,2	2893		15,2	20,3	0	57,3
	WB	Left2	70,2	278		70,2	37,6	0	235,8
		Through	48,7	451		48,7	39,5	0	231
		Right2	50,4	164		50,4	45,4	0	231
		Total	55,7	893		55,7	41,2	0	235,8
	Total		31,7	6966	C	31,6	32	0	241,8
	Interseccion Cra 28 -Calle 56	EB	Through	9,1	457		9,1	15,1	0
Right2			10,3	419		10,3	16,2	0	61,2
Total			9,7	876		9,7	15,6	0	61,2
SEB		Left1	50,9	158		50,9	44,1	0,2	170,4
		Right1	42,6	244		42,6	40,8	0	203,3
		Right3	73,7	312		73,7	59	0,6	279,1
		Total	58	714		58	52,1	0	279,1
WB		Through	104,7	608		104,7	101,3	0	371,5
		Total	104,7	608		104,7	101,3	0	371,5
Total			51,7	2198	D	51,7	72,9	0	371,5
Interseccion Cra 32-Calle 56	NB	Left1	35,6	606		35,6	17,8	0	152
		Right2	36,9	53		36,9	15,5	10,4	61,6
		Total	35,7	659		35,7	17,6	0	152
	EB	Through	78,7	425		78,7	78,1	0	320,4
		Right2	82,7	139		82,7	88,3	0	323
		Total	79,7	564		79,7	80,7	0	323
	SEB	Right1	25,8	1174		25,8	31,8	0	107,3
		Right3	34,4	231		34,4	42,2	0	180,4
		Total	27,2	1405		27,2	33,9	0	180,4
	WB	Through	41,8	519		41,8	49,5	0	250,6
		Right1	30,1	287		30,1	37,1	0	212,6
		Total	37,6	806		37,6	45,8	0	250,6
Total		39,9	3434	D	39,9	49,2	0	323	

Interseccion Carrera 33- Calle 56	NB	Through	5,9	869		5,9	9	0	58,6
		Right2	4,1	437		4,1	7,5	0	28,9
		Total	5,3	1306		5,3	8,6	0	58,6
	EB	Through	141,4	191		141,4	81	2	368,9
		Right2	130,8	270		130,8	66,8	0	378,5
		Total	135,2	461		135,2	73,1	0	378,5
	SB	Through	27	1250		27	32	0	187,8
		Right2	33,7	357		33,7	36,7	0	191,6
		Total	28,5	1607		28,5	33,2	0	191,6
	WB	Left2	97,1	503		97,1	30,7	2,8	184,7
		Through	34,3	467		34,3	29,2	0	149,5
		Right2	27,8	131		27,8	26,5	0	95,6
		Total	62,2	1101		62,2	43,6	0	184,7
Total		41	4475	D	41	53,7	0	378,5	
Interseccion Cra 32- Calle 62	NB	Through	28,6	226		28,6	14,1	0	53,2
		Total	28,6	226		28,6	14,1	0	53,2
	SB	Through	18,8	1053		18,8	23,8	0	85,5
		Right2	21,6	274		21,6	24,8	0	77,1
		Total	19,4	1327		19,4	24	0	85,5
	WB	Left2	57,1	87		57,1	22,7	0,6	93,2
		Through	47,8	144		47,8	27,2	0	89,7
		Right2	49,6	429		49,6	26,6	0	101,7
		Total	50,2	660		50,2	26,3	0	101,7
Total		29,5	2213	C	29,5	27,6	0	101,7	
Interseccion Cra 32- Calle 63	NB	Through	6,3	29		6,3	2,1	4	11,8
		Right2	6,7	29		6,7	2,5	3,7	14,9
		Total	6,5	58		6,5	2,3	3,7	14,9
	EB	Left2	31,1	197		31,1	23,9	0,7	94,8
		Through	30,7	512		30,7	25,7	0	100,7
		Total	30,8	709		30,8	25,2	0	100,7
	SB	Left2	8,6	1110		8,6	15,8	0	58,9
		Total	8,6	1110		8,6	15,8	0	58,9
	Total		16,9	1877	B	16,9	22,4	0	100,7
Interseccion Cra 33- Calle 62	NB	Left2	53,8	578		53,8	32	0	187,8
		Through	27,2	1315		27,2	35,3	0	170,7
		Total	35,3	1893		35,3	36,5	0	187,8
	SB	Through	26	1886		26	24,6	0	164,2
		Right2	39,7	99		39,7	33,7	0,2	172,4
		Total	26,7	1985		26,7	25,3	0	172,4
	Total		30,9	3878	C	30,9	31,5	0	187,8

Interseccion Cra33-Calle 63	EB	Right 2	30,5	1636		30,5	24,6	0	72,1
		Total	30,5	1636		30,5	24,6	0	72,1
	SB	Through	10,5	1877		10,5	20,3	0	61,3
		Total	10,5	1877		10,5	20,3	0	61,3
	Total		19,8	3513	B	19,8	24,5	0	72,1
Interseccion Cra27-Calle 67	NB	Through	27,4	1211		27,4	27,6	0	104,4
		Right 1	32,8	219		32,8	29,7	0	150,3
		Total	28,2	1430		28,3	28	0	150,3
	NEB	Left 1	30	183		30	35,8	0	93,4
		Through	32,9	586		32,9	35,9	0	96,6
		Total	32,2	769		32,2	35,9	0	96,6
	SB	Through	25,5	1835		25,5	34,3	0	130,2
		Right 1	30,4	269		30,4	37,3	0	172,8
		Total	26,1	2104		26,2	34,7	0	172,8
	SWB	Left 1	96	353		96	38,9	0	255,6
		Through	101,6	526		101,6	42,7	0	250,2
		Right 3	101,4	144		101,4	45,1	0,7	206,1
		Total	99,6	1023		99,6	41,8	0	255,6
	Total		41,7	5326	D	41,7	44,8	0	255,6
	Interseccion Cra30-Calle 67	NEB	Right 1	42	782		42	46,5	0
Total			42	782		42	46,5	0	175,6
SEB		Left 1	54,3	770		54,3	57,5	0	270,6
		Right 2	68,7	115		68,7	61,1	0	241
		Total	56,2	885		56,1	58,1	0	270,6
WB		Left 1	57,3	972		57,3	42,1	0	171,1
		Total	57,3	972		57,3	42,1	0	171,1
Total			52,4	2639	D	52,4	49,7	0	270,6
NETWORK TOTAL			35,6	36519		35,6	43,6	0	378,5

Tabla 32. Reporte VISSIM, solución 2

Fuente: Reporte VISSIM

Se puede notar, que esta solución también es favorable para el sector ya que mejora el Nivel de servicio en la zona de más afectación de la situación actual, la intersección de la Carrera 28 – Calle 56 presenta un NS = D con esta alternativa de solución, mejorando el estado del flujo vehicular mostrado en la actualidad.

→ Solución 3: **IMPLEMENTAR PEMS EN LA CIUDAD Y SU AREA METROPOLITANA**

Los PEMS (planes integrales de movilidad sostenible), son una puesta a punto que busca mejoras significativas en la movilidad de las ciudades, teniendo como objetivo una movilidad sostenible. El Carpooling (Uso compartido del vehículo), Horarios flexibles o Teletrabajo, Bicicletas Publicas, son algunas de las nuevas alternativas de movilidad que hacen parte de estos planes de movilidad sostenible.

Bucaramanga y su área metropolitana deben empezar a implementar estas nuevas alternativas, tanto el sector público como el sector privado deben pensar en el bienestar de los ciudadanos. Grandes empresas a nivel nacional y mundial ya están aplicando estas estrategias, al igual que algunas universidades de nuestro país. A continuación se muestran algunas de las empresas que ya conforman la red PEMS en nuestro país.



El Automóvil Club de Colombia -ACC-, en su búsqueda de iniciar planes y proyectos que favorezcan con la movilidad de las ciudades, delineó y puso en funcionamiento la aplicación Carro compartido, una herramienta estratégica que puede ser utilizada por las comunidades cerradas para poder transportarse garantizando la seguridad de todos sus usuarios, evitando la desconfianza que puede producir este tipo de aplicaciones.

Carro Compartido es un programa con énfasis en la responsabilidad social que entrega *sin costo* alguno a las empresas que decidan vincularse con esta nueva iniciativa como una forma de contribuir y ayudar con la movilidad y calidad de vida de sus empleados; por lo cual tampoco tiene ningún tipo de costo para sus usuarios y por el contrario, crea ahorro de tiempo para quienes decidan usar esta aplicación.



Dieciséis entidades privadas, una pública, y cuatro universidades de Bogotá se unirán la próxima semana (semana 18 de agosto) en torno a la movilidad de la capital. Han decidido hacerse partícipes animando a sus colaboradores para compartir el carro con compañeros de trabajo o universidad, en lo que se convertirá en la Primera Semana del Carro Compartido de la capital.

Esta iniciativa corresponde al proyecto Planes Empresariales de Movilidad Sostenible –PEMS-, siendo liderado por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), la Fundación Chevrolet y la Universidad de los Andes, que intenta convocar aproximadamente 35 mil funcionarios y estudiantes en esta alternativa de transporte sostenible, impulsada en la capital.

Los viajes desde o hacia la oficina de trabajo o universidad representan más de la mitad de los recorridos diarios en la ciudad de Bogotá, pero, según la Secretaría de Movilidad, solo el 10 % de los capitalinos comparte su vehículo con dos o más personas. Con la semana del carro compartido en Bogotá, el principal objetivo es que vayan 4 o 5 personas por carro.

Esto demuestra que para conseguir una movilidad sostenible se necesitan crear estrategias ingeniosas, no solo basta con construir nuevas vías, se debe empezar a pensar un poco más en conjunto.

CONCLUSIONES

-> Se puede concluir, que las soluciones planteadas en este Proyecto de Grado serán soluciones viables para la comunidad, garantizando mejoras en el flujo vehicular del sector.

-> Las rutas vehiculares alternativas propuestas en la Solución 1, presentarán cierta incomodidad entre los conductores dado que deberán recorrer un poco más de distancia, pero esto se equilibrará al notarse la calle 56 despejada de trancones molestos para todos.

-> Las dos soluciones propuestas en el proyecto evidencian una gran mejora en el sector de mayor afectación, el cual cuenta con un nivel de servicio E; mostrando la problemática del flujo vehicular allí. Estas soluciones llevan a alcanzar un nivel de servicio C (solución 1) y D (solución 2), dejando en claro su gran mejoría.

-> Al recolectar información secundaria necesaria para el proyecto (*Plan maestro de movilidad – Bucaramanga 2010 – 2030*), notamos dos obras de infraestructura importantes propuestas y proyectadas para el sector estudiado, lo que mejorará y presentará un impacto positivo para la movilidad en este punto de la ciudad.

-> Al identificar las obras de infraestructura propuestas en el sector, reconocimos inoficioso plantear nuestra tercera solución, siendo ésta la construcción de dos intercambiadores ubicados en la Carrera 33 – Calle 56 y Carrera 27 – Calle 56.

-> Pensando en un desarrollo integral y sostenible, se pensó en plantear una cuarta solución, que indicara la construcción de una ciclo-ruta en el sector; al recolectar la información secundaria identificamos que ya se encuentra planteada una ciclo-ruta en gran parte de la ciudad, en este sector específico no entraría la ciclo-ruta, pero en sus alrededores si se construiría afectando de manera positiva esta zona.

RECOMENDACIONES

-> Se recomienda investigar e Implementar más a fondo los PEMS (planes integrales de movilidad sostenible), Carpooling (Uso compartido del vehículo), Horarios flexibles o Teletrabajo, Bicicletas Publicas; siendo una alternativa ingeniosa en busca de culturizar a la sociedad en pro de mejorar la movilidad.

-> Debido a la nueva infraestructura que se construirá en el sector estudiado, sería muy bueno realizar una simulación de este sector incluyendo estas obras de infraestructura futuras.

-> Es recomendable adquirir nuevas tecnologías para fortalecer y modernizar las intersecciones semaforizadas de la ciudad, permitiendo tener estándares internacionales en su regulación, de igual manera que estas intersecciones cuenten con la capacidad de auto programarse y regular el tráfico vehicular de acuerdo con la hora e intensidad.

-> Dado que este proyecto no consideró a los peatones en la simulación del sector de estudio, es recomendable realizar una modelación teniendo en cuenta el flujo peatonal buscando obtener resultados con esta situación.

-> Se observó un al alto porcentaje de motocicletas presentes en los volúmenes vehiculares del sector estudiado. Debido al comportamiento de los conductores de este tipo de vehículo, siendo más agresivos y maniobrando de una forma muy diferente a los demás vehículos, es recomendable estudiar e investigar alternativas como Moto-vías que se puedan incursionar en la ciudad.

BIBLIOGRAFIA

[1] Plan Maestro de Movilidad - Área Metropolitana de Bucaramanga 2011 – 2030. [En línea]. [Consultado 18 de Mayo de 2015]. Disponible en:
<http://www.amb.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=283:plan-maestro-de-movilidad&catid=80:ciudadanos>

[2] Plan maestro de Movilidad - Bucaramanga 2010 – 2030. [En línea]. [Consultado 18 de Mayo de 2015]. Disponible en:
<http://www.amb.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=283:plan-maestro-de-movilidad&catid=80:ciudadanos>

[3] Movilidad Vial. [Artículo en línea]. [Consultado 20 de Mayo de 2015]. Disponible en:
<http://funcoherencia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=87&Itemid=89>

[4] Ciudad Bonita y Movilidad. [Artículo en línea]. [Consultado 20 de Mayo de 2015]. Disponible en:
<<https://racionalidadltda.wordpress.com/2013/10/08/ciudad-bonita-y-movilidad/>>

[5] Intersecciones Semaforizadas. [En línea]. [Consultado 22 de Mayo de 2015]. Disponible en:
<<http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCUrbanismo/Comision%20PGOUM/InstruccionViaPublica/Ficheros/fic5.2.pdf>>

[6] ARDILA RUEDA, Euclides. Modernizar los semáforos de Bucaramanga vale \$50 mil millones. [Periódico en línea]. [Consultado 22 de Mayo de 2015]. Disponible en:
<<http://www.vanguardia.com/santander/bucaramanga/205262-modernizar-los-semaforos-de-bucaramanga-vale-50-mil-millones>>

[7] Prototipo de Simulador de Tráfico vehicular. [En línea]. [Consultado 24 de Mayo de 2015]. Disponible en:

<<http://www.pladema.net/~jpdamato/papers/Prototipo%20de%20simulador%20de%20tr%C3%A1fico%20vehicular.pdf>>

[8] JIMENEZ PEREZ, Edgar Ramiro. Estudio Sobre Velocidad Puntual Av. Ambalá entre Calles 67 y 69 Ibagué (Tolima). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Manizales. 2007

[9] Capacidad Y Niveles de Servicio. [En línea]. [Consultado 1 de Junio de 2015]. Disponible en:

<<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A6.pdf?sequence=6>>

[10] ESCOBAR CERQUERA, Flor Ángela. Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela Ingeniería de Transporte y Vías. Tunja. 2007.

[11] LOPEZ VAZQUEZ, José Federico. Determinación del Máximo Valor de Flujo de Saturación en Intersecciones Semaforizadas. Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Septiembre de 1998.

[12] Teoría del Flujo Vehicular. [En línea]. [Consultado 2 de Junio de 2015]. Disponible en:

<<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A4.pdf?sequence=4>>

[13] CHIO, Juan Carlos. En el área hay matriculados más de 553 mil vehículos. [Periódico en línea]. [Consultado 14 de octubre de 2015]. Disponible en: <<http://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/300330-en-el-area-hay-matriculados-mas-de-553-mil-vehiculos>>

Anexo 2. Formato aforos Volúmenes Vehiculares

<i>AFOROS VOLUMENES VEHICULARES</i>					
Fecha			Movimiento		
Estacion Aforo			Hora inicio		Hora Fin
Observaciones			Aforador (a)		
Periodo	Movim.	Autos	Motos	Buses	Camiones
Subtotales					
Subtotales					
Subtotales					
Subtotales					

Anexo 3. Desempeño de la Red, Solución 1

Network Performance								
Vehicle Class	Number of Vehicles	Total			Avg Speed(km/h)	Per Vehicle		
		Travel Time(h)	Distance(km)	Delay(h)		Avg Delay (s)	Avg Number of Stops	Avg Stop Delay (s)
Run 1(1)								
Auto (10)	10795	318,04	4532,19	238,42	14,25	79,51	2	52,83
Camión (20)	159	2,48	41,45	1,61	16,74	36,45	1	25,91
Bus (30)	401	20,39	244,49	15,27	11,99	137,13	3	78,12
Tranvía (40)	605	6,57	103,96	4,54	15,81	26,99	0	20,36
Peatón (50)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicicleta (60)	0	0	0	0	0	0	0	0
Moto (70)	5634	182,23	2639,42	135,18	14,48	86,38	2	57,39
Total	17594	529,7	7561,5	395,02	14,28	80,83	2	53,51

Anexo 4. Desempeño de la Red, Solución 2

Network Performance								
Vehicle Class	Number of Vehicles	Total			Avg Speed(km/h)	Per Vehicle		
		Travel Time(h)	Distance(km)	Delay(h)		Avg Delay (s)	Avg Number of Stops	Avg Stop Delay (s)
Run 1(1)								
Auto (10)	10771	349,12	4700,99	265,01	13,47	88,57	2	57,46
Camión (20)	158	2,5	40,57	1,65	16,25	37,52	1	26,36
Bus (30)	403	21,51	251,05	16,27	11,67	145,32	3	81,46
Tranvía (40)	605	6,57	103,96	4,54	15,81	26,99	0	20,36
Peatón (50)	0	0	0	0	0	0	0	0
Bicicleta (60)	0	0	0	0	0	0	0	0
Moto (70)	5642	199,11	2726,58	150,29	13,69	95,9	2	61,96
Total	17579	578,81	7823,15	437,75	13,52	89,65	2	57,9

Anexo 5. Tabla Factor de Ajuste para el Flujo de Saturación

Factor	Formula	Definition of Variables	Notes
Lane width	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W = lane width (m)	W ≥ 2.4 If W > 4.8, a two-lane analysis may be considered
Heavy vehicles	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \% HV(E_T - 1)}$	% HV = % heavy vehicles for lane group volume	E _T = 2.0 pc/HV
Grade	$f_G = 1 - \frac{\% G}{200}$	% G = % grade on a lane group approach	-6 ≤ % G ≤ +10 Negative is downhill
Parking	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{16N_m}{3600}}{N}$	N = number of lanes in lane group N _m = number of parking maneuvers/h	0 ≤ N _m ≤ 180 f _p ≥ 0.050 f _p = 1.000 for no parking
Bus blockage	$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N}$	N = number of lanes in lane group N _B = number of buses stopping/h	0 ≤ N _B ≤ 250 f _{bb} ≥ 0.050
Type of area	f _a = 0.900 in CBD f _a = 1.000 in all other areas		
Lane utilization	$f_{LU} = v_0 / (v_{01}N)$	v ₀ = unadjusted demand flow rate for the lane group, veh/h v ₀₁ = unadjusted demand flow rate on the single lane in the lane group with the highest volume N = number of lanes in the lane group	
Left turns	Protected phasing: Exclusive lane: f _{LT} = 0.95 Shared lane: $f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$	P _{LT} = proportion of LTs in lane group	See Exhibit C16-1, Appendix C, for nonprotected phasing alternatives
Right turns	Exclusive lane: f _{RT} = 0.85 Shared lane: f _{RT} = 1.0 - (0.15)P _{RT} Single lane: f _{RT} = 1.0 - (0.135)P _{RT}	P _{RT} = proportion of RTs in lane group	f _{RT} ≥ 0.050
Pedestrian-bicycle blockage	LT adjustment: f _{jab} = 1.0 - P _{LT} (1 - A _{jabT}) (1 - P _{LTA}) RT adjustment: f _{jab} = 1.0 - P _{RT} (1 - A _{jabT}) (1 - P _{RTA})	P _{LT} = proportion of LTs in lane group A _{jabT} = permitted phase adjustment P _{LTA} = proportion of LT protected green over total LT green P _{RT} = proportion of RTs in lane group P _{RTA} = proportion of RT protected green over total RT green	Refer to Appendix D for step-by-step procedure