

**MODELACIÓN DE DISEÑO OPERACIONAL DE INTERSECCIONES DE LA
CARRERA 7ª CON CALLE 39 Y CALLE 85, BOGOTÁ, CON
IMPLEMENTACIÓN DE PASOS ELEVADOS PARA EL TREN LIGERO**

CALLEJAS CHINCHILLA JOSEP FERNANDO

VILLAMIZAR MOLINA OSCAR EDUARDO

POTIER ANZOLA DANIEL

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Asesor disciplinar: PhD. HERNAN CARVAJAL OSORIO

Asesor metodológico: Lic. LAURA MILENA CALA CRISTANCHO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ, D.C.

2016

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	11
3. OBJETIVOS.....	12
3.1. OBJETIVO GENERAL	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4. ANTECEDENTES.....	13
5. MARCO REFERENCIAL	17
5.1. MARCO CONCEPTUAL	17
5.1.1. Sistemas de transporte masivo.....	17
5.1.2. Modelación de flujo vehicular	19
5.1.3. Intersecciones.....	20
5.2. MARCO GEOGRÁFICO.....	22
5.2.1. Carrera séptima	22
5.3. MARCO LEGAL	26
5.3.1. Decreto 364 de 2013	26
5.3.2. NCP-2014.....	27
5.3.3. Acuerdo 2 de 1980: “Plan Vial para el Distrito Especial de Bogotá y la clasificación de sus vías según capacidad, función y uso.”	27
5.3.4. PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD	28
6. DISEÑO METODOLÓGICO	28
6.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	28
6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
6.3. VARIABLES	29
6.4. FASES DE INVESTIGACIÓN	31
6.5. INSTRUMENTOS Y MEDIOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN. 32	
6.6. INSTRUMENTOS DE MODELACIÓN.....	33
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	34

7.1. Condiciones actuales del tráfico vehicular en las intersecciones en estudio.	34
7.1.1. Calle 39	35
7.1.2. Calle 85	43
7.2. VOLÚMENES DE TRÁNSITO.....	51
7.2.1. Intersección Calle 39	52
7.2.2. Intersección Calle 85	61
7.3. Modelación del comportamiento del tráfico vehicular.....	68
7.3.1. Modelos de las condiciones de tráfico vehicular actuales en la carrera séptima por calle 85 y calle 39.....	72
7.3.2. Modelos con la implementación de pasos elevados para el tránsito del LRT en la carrera séptima por calle 85 y calle 39.....	88
7.3.3. Comportamiento del tráfico y las condiciones operacionales de las dos intersecciones en estudio, con proyección al año 2020.....	105
7.4. Comparación entre el comportamiento actual de las intersecciones y la implementación de los pasos elevados en las mismas.....	122
8. CONCLUSIONES	125
9. RECOMENDACIONES.....	127
BIBLIOGRAFIA	129
ANEXOS	132

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estaciones preliminares del proyecto ALSTOM	23
Ilustración 2. Carrera 7 por Calle 39.....	24
Ilustración 3. Carrera 7 por Calle 85.....	25
Ilustración 4. Intersección Calle 39 por Carrera 7 ^a	35
Ilustración 5. Diagonal 40 a por Carrera 7 ^a	35
Ilustración 6. Movimientos vehiculares Calle 39 por Carrera 7.....	36
Ilustración 7. Características geométricas Calle 39 por Carrera 7 ^a	37
Ilustración 8. Semáforos Calle 39 Por Carrera 7 ^a	38
Ilustración 9. Cll. 39 Por Cra. 7 Señalización horizontal.....	40
Ilustración 10. Señalización horizontal Cra. 7 y Diag. 40a	41
Ilustración 11. Demarcación carril exclusivo BRT Carrera 7 ^a	41
Ilustración 12. Movimiento 7, Calle 39 por Carrera 7	42
Ilustración 13. Movimiento 7, Calle 39 por Carrera 7	43
Ilustración 14. Movimientos vehiculares Calle 85 por Carrera 7.....	44
Ilustración 15. Características geométricas Calle 85 por Carrera 7	45
Ilustración 16. Señales verticales Cra 7 ^a por Cll. 85.....	47
Ilustración 17. Líneas antibloqueo Calle 85 por Carrera 7 ^a	48
Ilustración 18. Movimientos 9(2), 8 y 9(4) Calle 85 por Carrera 7.	49
Ilustración 19. Semáforo Av. circunvalar por Calle 85.....	50
Ilustración 20. Ingreso al programa de tipo de vehículos y velocidades.....	69
Ilustración 21. Ingreso Peatones y velocidad de peatones.	69
Ilustración 22. Ingreso ciclo semafórico Calle 39 por Carrera 7 ^a	70
Ilustración 23. Ingreso ciclo semafórico Calle 85 por Carrera 7 ^a	70
Ilustración 24. Datos de salida <i>software</i> Vissim.	71
Ilustración 25. Conflicto en Mov. 7 Cll. 39 por Cra. 7	73
Ilustración 26. Conflicto en Mov. 9(3) y 7 con el Mov. 1 Cll. 39 por Cra. 7	73
Ilustración 27. Conflicto en Mov. 8 y 4 con el Mov. 2 Cll. 39 por Cra. 7	74
Ilustración 28. Trancón en Mov. 1 Cll. 39 por Cra. 7	74

Ilustración 29. Trancón en el Mov. 2 generado por el Mov. 7 Cll. 39 por Cra. 7...	75
Ilustración 30. Mov. 2 Cll. 39 por Cra. 7	75
Ilustración 31. Calle 85 por Carrera 7 vista desde subida a La Calera.....	81
Ilustración 32. Calle 85 por Carrera 7 Movimiento 1	81
Ilustración 33. Calle 85 por Carrera 7 Puntos de conflicto Mov. 1 y 2	82
Ilustración 34. Ilustración 33. Calle 85 por Carrera 7 a la derecha Mov. 9(2).....	82
Ilustración 35. Dimensiones puente LRT.....	89
Ilustración 36. Calle 39 por Carrera 7ª Implementación de LRT.	90
Ilustración 37. Mov.4 Vista superior izq. Calle 39 por Carrera 7ª Implementación LRT.	91
Ilustración 38. Mov.2 y 7 Calle 39 por Carrera 7ª Implementación LRT.....	91
Ilustración 39. Mov.7 Calle 39 por Carrera 7ª Implementación LRT.....	92
Ilustración 40. Calle 85 por Carrera 7, LRT sobre Mov. 1 y 2.....	97
Ilustración 41. Implementación de tren ligero en Cra. 7 por Cll. 85.	98
Ilustración 42. Vista en planta de la intersección de la Cll. 85 por Cra. 7ª.	99
Ilustración 43. Cra. 7 Por Cll. 39 Mov. 4 e implementación de LRT sobre Cra. 7 Año 2020	108
Ilustración 44. Cra 7. Por Cll. 39 Mov. 7 e implementación de LRT Año 2020. ...	109
Ilustración 45. Cra. 7 por Cll. 39 LRT en paralelo al Mov. 1 Año 2020.	109
Ilustración 46. Implementación de LRT sobre la Cra. 7 por Cll. 39 Año 2020.	110
Ilustración 47. Implementación de LRT en Cra7. Por Cll. 85 Año 2020.	114
Ilustración 48. Mov. 1 Cra. 7 por Cll. 85 Implementación LRT Año 2020.	115
Ilustración 49. Mov. 2 Cra. 7 por Cll. 85 Implementación LRT Año 2020.	115
Ilustración 50. Subida a La Calera Mov. 8, 9(2) y 9 (4) Año 2020.	116
Ilustración 51. Implementación de LRT Cra. 7 por Cll. 85 Año 2020.....	117
Ilustración 52. Paso elevado LRT en Cra. 7 por Cll. 85 vista en planta Año 2020.	117

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES	30
Tabla 2. CICLO SEMAFORICO CALLE 39 POR CARRERA 7 ^a	39
Tabla 3. CICLO SEMAFORICO CALLE 85 POR CARRERA 7 ^a	47
Tabla 4. Resultados Aforo Calle 39 por Carrera 7.....	60
Tabla 5. Resultados Aforo Calle 85 por Carrera 7.....	67
Tabla 6. Tasa de crecimiento.	106
Tabla 7. Volumen proyectado Intersección Calle 39 Por Carrera 7 ^a	107
Tabla 8. Volumen proyectado Intersección Calle 85 Por Carrera 7 ^a	107
Tabla 9. Comparación resultados por movimiento de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 39.....	122
Tabla 10. Comparación resultados por acceso vial de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 39.....	123
Tabla 11. Comparación resultados por movimiento de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 85.....	123
Tabla 12. Comparación resultados por acceso vial de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 85.....	124

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato para registrar los volúmenes vehiculares de la zona	132
Anexo 2. Evidencia fotográfica de la intersección de la carrera 7 ^a por calle 39.	133
Anexo 3. Evidencia fotográfica de la intersección de la carrera 7 ^a por calle 85.	135

INTRODUCCIÓN

La movilidad en Bogotá se ha convertido en una importante problemática en los últimos años, pues el crecimiento de la misma ha conllevado a un descontrolado aumento del parque automotor, hecho que se traduce en el exceso de la capacidad de las vías urbanas, afectando en sobremanera a los ciudadanos; es en este momento donde se deben aplicar las ventajas que ofrecen los sistemas sostenibles de transporte público, analizando la situación del actual sistema desde otra mirada.

La Carrera Séptima, como uno de los principales y más importantes accesos viales no es ajeno a esta realidad, afectada por el constante tráfico que por esta se mueve, actualmente posee un sistema BRT ligero que no ha cumplido con las expectativas esperadas, convirtiéndose más en un problema que una solución para los usuarios que a diario hacen uso de este corredor.

Debido a esta realidad, se ha planteado la iniciativa para el desarrollo de un sistema sostenible como el tren ligero. Los sistemas de tren ligero son propicios para este tipo de situación, ya que pueden soportar una mayor cantidad de demanda y su velocidad de operación es mayor, esto anexo a que se transporta con energía amigable para el medio ambiente. Las intersecciones en estudio sobre la carrera 7 (Calle 39 y calle 85) presentan un gran conflicto con el transporte particular.

Por tal razón, la presente investigación, pretende analizar la implementación del tren ligero con paso elevado, mediante la modelación en software especializado, estudio microscópico del tránsito sobre el corredor de la Carrera 7^a, en las intersecciones en estudio, consideradas más críticas debido a las características tanto geométricas como topográficas, con el fin de tomar a consideración la información más relevante que garantice la viabilidad del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido al crecimiento urbano que la ciudad de Bogotá está experimentando actualmente, es necesario, satisfacer la demanda de movilidad que exigen los ciudadanos; aparte de mejorar el sistema ya existente, también es precisa la creación de un sistema convenientemente preparado y diseñado para satisfacer la demanda que exige la capital. Una de las zonas que requiere la intervención de un nuevo sistema de transporte es la carrera séptima que recorre la ciudad de sur a norte, con una gran presencia de tráfico oficial, público y particular; con apenas dos calzadas de tres carriles de cada una, se convierte en una infraestructura insuficiente para la demanda de la zona. Como una posible respuesta se ha planteado el proyecto de Tren Ligero (LRT) que se trazará en la carrera séptima como una buena opción para satisfacer la necesidad del transporte público de calidad en la zona, esto debido a las problemáticas presentadas en movilidad.

En varias intersecciones el tren ligero podría no afectar la movilidad por la particularidad de la topografía especial de la carrera séptima, facilitando las características físicas para la creación de pasos elevados para el tránsito del tren ligero, que evitarían una influencia negativa sobre el tráfico mixto; esta característica topográfica se hace presente en las intersecciones de las calles 39 y 85, esta última siendo afectada además por una problemática de movilidad debido al alto volumen vehicular proveniente de la carrera séptima, sentido sur – norte, rumbo al Municipio La Calera y la avenida circunvalar, el cual genera un punto de conflicto que afecta a los usuarios de la misma intersección.

Desde el semillero vías y transporte sostenible de la Facultad de Ingeniería Civil Universidad La Gran Colombia, se presentan propuestas de pasos elevados para el tren ligero ubicados en la intersección de la Carrera 7 con Calle 85 y Calle 39 que permitirían un mejor flujo de tráfico sobre la carrera séptima, evitando el paso del LRT a nivel. Sin embargo, es necesario realizar un estudio que garantice la viabilidad del proyecto que considera la implementación del tren ligero en cuanto a sus posibles interferencias o no al tráfico en las intersecciones de la carrera 7°, más teniendo en cuenta que en varios puntos de esta vía el tren ligero pasaría también a nivel del tráfico mixto, lo cual podría generar ciertas afectaciones en la movilidad, como sería el presente caso que ocupa la intersección de la calle 39, donde los vehículos suben de la carrera 13 hacia el Parque Nacional y la Avenida Circunvalar, como también con la opción de seguir hacia el sur o al norte de la carrera 7°, todo esto pudiendo afectar el tránsito fluido que requieren tanto el tren

ligero como los vehículos particulares y de servicios varios. Surge entonces la pregunta:

¿Cuáles serían las condiciones más favorables para el tráfico vehicular y para la operación del tren ligero LRT en las intersecciones de la carrera 7 por calle 39 y carrera 7 por calle 85 en la ciudad de Bogotá, con la implementación de pasos elevados previstos para ambas intersecciones?

2. JUSTIFICACIÓN

Uno de los problemas más importantes que tiene la ciudad de Bogotá radica en lo relacionado con el sector de la movilidad ya que en este sentido Bogotá puede llegar a ser la ciudad más caótica del mundo por su sin fines de congestiones y de retrasos en sus tiempos de viajes que pueden ocasionarse ya sea por un choque o simplemente un semáforo que no se encuentre en funcionamiento dando esto mucho que desear para una ciudad que busca el progreso día tras día de forma acelerada. Esto ocasiona un sinnúmero de malestares para la población que habita dentro de la capital colombiana como para la población flotante, es decir las personas que por algún u otro motivo tiene que acudir a este lugar por motivos personales o viajes, negocios, entre otros. Este problema es lo suficientemente importante que causa no solamente un gran malestar para los usuarios de las numerosas vías de la capital, sino que también una parte de la economía se ve afectada por el tiempo de demora de los viajes que debido a este problema se ve afectado.

La infraestructura vial de Bogotá no es capaz de sostener la demanda de viajes que se produce diariamente en la ciudad esto también debido a la falta de sistemas de transporte eficientes que disminuyan el uso de transporte particular en vehículos motorizados. Este problema se puede evidenciar en el momento de implementar el Tren Ligero por la carrera séptima a lo largo de dos intersecciones importantes como lo son la CARRERA 7 POR CALLE 34 Y CARRERA 7 POR CALLE 85 en la ciudad de Bogotá. Por esta razón, con la ayuda de un software especializado se pretende modelar y analizar cómo se comportaría el tráfico dentro de estas intersecciones.

Mediante el desarrollo de la siguiente investigación se estima predecir el comportamiento del volumen vehicular en las mencionadas intersecciones durante el paso del tren ligero y, en base a las estimaciones obtenidas, analizar si el cruce del mencionado tiene alguna afectación sobre el tráfico; de esta forma desarrollar hipótesis dentro de la misma modelación, para poder mitigar y de ser posible erradicar los resultados negativos obtenidos mediante la misma.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer, mediante modelación computacional, las condiciones operacionales del tráfico vehicular en las intersecciones de la Carrera 7ª con Calle 39 y con Calle 85 de Bogotá, al implementar pasos elevados sobre estas intersecciones para el tren ligero LRT, con proyección al año 2020.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar, mediante inspección visual y mediciones, la información secundaria sobre las características físicas, señalización, condiciones operacionales actuales de tránsito y semaforización de las intersecciones en estudio: Carrera 7ª con Calle 39 y con Calle 85.
- Determinar las condiciones actuales de tránsito en las intersecciones en estudio, por medio de conteos: volúmenes de tráfico y tipos de vehículos, con valores de hora pico y promedios diarios de los flujos vehiculares.
- Desarrollar un modelo sistematizado de tráfico vehicular, utilizando el *software* Vissim, para cada una de las intersecciones en estudio, en consideración a las condiciones operacionales relacionadas y a la implementación y características establecidas de los pasos elevados para el LRT, con proyección al año 2020.
- Establecer mediante el modelo las condiciones de tráfico vehicular en comparación entre el comportamiento actual y la implementación de los pasos elevados para el tren ligero en cada una de las intersecciones en estudio.

4. ANTECEDENTES

Como uno de los más importantes accesos viales de Bogotá, la Carrera Séptima ha sido testigo de la historia de la movilidad, conteniendo diferentes soluciones que el desarrollo tecnológico del momento ha ofrecido. A continuación, se mencionan algunos de los antecedentes respecto a la forma en que se ha venido desarrollando la movilidad de dicha vía.

“El primer transporte ferroviario de Bogotá fue una línea de carros a tracción animal que abrió en 1884. (...) La Bogotá Railway conocida también como Ferrocarril de Bogotá, inauguró el servicio de tranvías el 1 de diciembre del año 1884, desde el Parque de Santander subiendo por la Carrera 7 hasta la calle 26”¹

Para el comienzo del siglo XX, la *Bogotá Railway Company*, operada por un grupo norteamericano, comenzó a electrificar las líneas del tranvía, presentando a la ciudad una nueva flota traída desde los Estados Unidos, que presentaba un diseño diferente al de los vagones tirados por tracción animal.

Sin embargo, hacia los años 50's la desaparición del tranvía en Bogotá era ya un hecho irreversible, como respuesta a la “modernización” que exigía la ciudad sobre la movilidad de los ciudadanos, el cual se consideró como un transporte obsoleto, cuyas características de servicio eran inferiores a las que ofrecían los buses, con la capacidad para transportar un número mayor de usuarios en recorridos más cómodos así como útiles, teniendo acceso a los nuevos barrios que se iban conformando en la ciudad, de igual manera, su eminente desaparición también fue la consecuencia de uno de los hechos históricos más relevantes de la ciudad; con el “Bogotazo”, se provocaría uno de los levantamientos sociales más grandes que ha conocido el país, generando un sinnúmero de negativos resultados, *“34 tranvías fueron incendiados(...), según el historiador Luis Enrique González, un sabotaje de algunos miembros de empresas de transportes privados fue lo que alentó el vandalismo hacia los vehículos”²*. Este penoso acontecimiento acompañado de la decisión del gobernante en turno, dio el aval para que Bogotá se deshiciera del Tranvía y abriera la oportunidad a un nuevo tipo de transporte.

Ese mismo año, es decir 1948, el operador de tranvías de la ciudad, *“Tranvía Municipal de Bogotá” (TMB)*, se encargó de abrir la primer línea de trolebuses, que eran vehículos tipo bus que se movilizaban mediante el uso de electricidad,

¹ MORRISON, Allen. Los tranvías de Bogotá Colombia, texto traducido al español por Marcelo Madariaga. [citado 11 enero 2016]. Disponible en: <http://www.tramz.com/co/bg/ts.html>

² MELO, Andrea. Los 130 años del tranvía de Bogotá. [citado 23 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.enorbita.tv/tranvia>

que a diferencia del tranvía no necesitaba rieles; dicha línea se situaba entre la calle 26 y ciudad universitaria. *“El TMB corrió su último tranvía el 30 de junio de 1951. Entre 1956 y 1959 compro 70 trolebuses usados desde 3 sistemas de transporte de los EE.UU. (...), para el año 1959, el servicio de buses tanto a gasolina como eléctricos fue transferido a la nueva Empresa Distrital de Transportes Urbanos (EDTU)”*³. La nueva EDTU, se encargaría de extender las líneas de los nuevos buses así como de ir adquiriendo con el paso del tiempo nuevas unidades para ampliar la cobertura sobre la ciudad; sin embargo para el final de los 80's, Bogotá tenía en su poder cerca de 300 unidades que nunca se operaron, razón que acompañada del poco mantenimiento que se le brindó a la red, obligó a la administración a la creación de una nueva compañía *“Trolebús Bogotá S.A.”* cuya misión sería la de rescatar el actual sistema de la total ruina, sin embargo esta nunca funcionó y Bogotá tuvo que decirle adiós al trolebús el 15 de agosto del año 1991. Desde entonces, diferentes administraciones han intentado la generación de diferentes iniciativas que logren satisfacer la necesidad de movilización de los bogotanos.

Tal situación ha impulsado diferentes estudios e investigaciones que aporten como solución a la realidad que vive la movilidad bogotana; de esa forma, a continuación se presentan algunos estudios aplicados al corredor vial de la Carrera Séptima, considerado como uno de los accesos más importantes de la ciudad.

- Establecido a un horizonte de 20 años a partir del año 2006, el **PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD**, establece la necesidad del desarrollo de proyectos, estrategias y políticas que permitan alcanzar principios equitativos en materia de movilidad; planteando las estrategias necesarias para el desarrollo de un sistema más sostenible, para cada uno de los puntos le integran en beneficio de Bogotá.
- Durante el periodo de los años 2008-2012, se dio a conocer el *Proyecto Corredor Verde – Solución Urbana Integral Carrera Séptima*, presentado como *“... una oportunidad para el Distrito Capital que permitirá fortalecer el desarrollo integral urbano vinculado con la infraestructura de transporte...”*⁴, el cual en materia de movilidad presentaba un componente de transporte masivo del corredor Carrera séptima, proyecto metro, red de cables aéreos que se dividían en: cable aéreo Chapinero y cable aéreo Usaquén, además de un sistema de transporte eléctrico; todo este

³ MORRISON, Allen. Los trolebuses de Bogotá Colombia, texto traducido al español por Marcelo Madariaga. [citado 22 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.tramz.com/co/bg/b/bs.html>

⁴ Alcaldía Mayor de Bogotá. Proyecto Corredor Verde-Solución Urbana Integral Carrera Séptima. Bogotá. 2011. p 4.

proyecto está basado en la conservación energética y del medio ambiente, mediante la implementación de sistemas amigables con el mismo.

- Los investigadores Daniel A. Rodríguez y Tabitha S. Combs⁵, en su investigación, realizaron el análisis de la disminución de la congestión en la movilidad mediante la implementación del BRT (bus de tránsito rápido) a partir del año 2005, con el fin de disminuir el uso de transporte motorizado particular por parte de los usuarios y de esta manera descongestionar las vías. Esta investigación expone el conocimiento del potencial uso del BRT, como una alternativa al constante uso de vehículos particulares. Aportando una metodología para el análisis conjunto de la forma urbana y la disponibilidad de tránsito en la propiedad del vehículo.
- Los autores Bocarejo, Velásquez y Galarza⁶, revisaron la experiencia de la aplicación de sistemas de autobús de tránsito rápido, en cinco ciudades de Colombia que imitaron los pasos del sistema de Transmilenio en Bogotá. La mayoría de los proyectos tenían sobrecostos y menor demanda, por lo tanto resultaron en un leve desarrollo en comparación a lo esperado en las pruebas. Como parte del análisis se identificó que, la competencia del transporte público y privado así como la capacidad institucional a nivel local son los principales problemas que deben ser abordados. Los autores también examinaron la competencia en los cables aéreos, los cuales son proyectos nuevos promovidos en una serie de ciudades en desarrollo como Cali y el municipio de Soacha en Cundinamarca; tras el éxito del metro cable en Medellín. El desarrollo de proyectos de transporte a nuevas áreas y para otras ciudades es el reto más importante que deben afrontar las entidades pertinentes así como las autoridades locales.
- Los investigadores Romero, Becerra, Herrera y Trujillo⁷, mediante el uso de dinámica de sistemas, realizaron la caracterización y modelación del tráfico de la Carrera Séptima, entre calles 34 y 72; analizando el comportamiento del mismo y su relación con variables como capacidad vial, velocidad promedio, volumen de vehículos, entre otros. Presentando el impacto sobre el desempeño del sistema en horas pico y valle.

⁵RODRIGUEZ, Daniel Y COMBS, Tabitha. Impactos conjuntos del BRT y forma urbana en la propiedad del vehículo: Nueva evidencia de un análisis cuasi longitudinal en Bogotá. Colombia, [en línea]. 2014.pags272-285. [citado 18, septiembre 2015].

⁶BOCAREJO, Juan et al. Desafíos de la implementación de proyectos de transporte modal: Estudio de casos de autobuses de tránsito rápido y teleféricos en Colombia. [en línea]. Colombia, 2012. págs. 131 y sig., [citado 18 septiembre 2015].

⁷ROMERO O,BECERRA M, HERRERA M, Y TRUJILLO. Simulación del tráfico de la carrera séptima en Bogotá D.C. Colombia, entre calles 34 y 72 utilizando dinámica de sistemas.[en línea]. Disponible en: http://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/9-Dinamicas/057_1701714057/. [Fecha de consulta: 17 enero 2016]

- Fabián Cárdenas Rodríguez y Giovanni Roberto Velásquez García, de la Universidad La Gran Colombia, en su propuesta de proyecto de grado⁸, llevaron a cabo el estudio topográfico de la carrera séptima desde la calle 34 hasta la calle 92, con el objeto de evaluar las posibles problemáticas o desfavorecimientos que enfrentaría la construcción del LRT por la séptima, debido a pasos elevados a los que se vería enfrentada dicha línea además de las características geométricas de las calzadas, que al día se podían encontrar, con la finalidad de definir el espacio que realmente ocuparían las estaciones del LRT, de esa forma establecer las condiciones más favorables para el paso del nuevo sistema de transporte.
- José Gonzalo Rios Marín y Maritza Cecilia Villamizar Ropero⁹, llevaron a cabo el estudio geo estadístico en la carrera séptima desde la calle 26 hasta la calle 100, estableciendo el costo/Km/vía, en base a características como usos de suelo, población, características sociales, entre otros, para sistemas como transporte colectivo, Transmilenio, metro subterráneo y metro ligero.
- Hernán Carvajal Osorio¹⁰, presenta en su investigación el estudio realizado sobre las condiciones para la implementación de un sistema LRT sobre la carrera séptima, identificando las condiciones de sostenibilidad del sistema LRT en beneficio a calidad y espacio público, presentando un diseño conceptual de estación especial para el sistema, en consideración a la limitación de espacio que presenta la vía en algunos puntos, enfatizando en la importancia de la reducción de impacto ambiental y el uso de energías renovables.

⁸CARDENAS RODRIGUEZ, Fabián y VELÁSQUEZ GARCÍA, Giovanni. Determinación de intersecciones de la carrera 7ª de Bogotá, entre calles 32 a 100, en condiciones topográficas favorables para pasos elevados del futuro tren ligero-LRT. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería Civil, 2014.

⁹ RIOS MARIN, José Gonzalo y VILLAMIZAR ROPERO, Maritza Cecilia. ESTUDIO GEOESTADISTICO SOBRE LA CRA 7ª DE LA CALLE 26 A LA CALLE 100. Artículo de Investigación. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ingeniería civil. 10h.

¹⁰ CARVAJAL OSORIO, Hernán. EL TREN LIGERO COMO ELEMENTO DE SOSTENIBILIDAD EN MOVILIDAD URBANA, CASO: CARRERA 7a, BOGOTÁ, COLOMBIA. Artículo de investigación. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería. Semillero de investigación VITRASOS.2016. 5H.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO CONCEPTUAL

5.1.1. Sistemas de transporte masivo

Se considera sistema de transporte masivo como el servicio que se presta a través de una combinación organizada de infraestructura y equipos, en un sistema que cubre un alto volumen de pasajeros como también busca suplir las necesidades de movilidad de una población ya sea capital, intermedia regional, departamental y demás.

Un sistema de transporte masivo se puede presentar en distintas formas de acuerdo a la tecnología y la capacidad de satisfacer la demanda en algún lugar determinado, estas formas pueden ser Trenes ligeros, Buses rápidos y el comúnmente utilizado metro por el diseño eficiente y su capacidad para brindar alta oferta.

5.1.1.1. Tren ligero (LRT)

El tren ligero tipo LRT (por sus siglas en inglés) es un sistema de transporte que tiene como infraestructura el material rodante similar al del tranvía pero de mayor capacidad y velocidad, incluyendo segmentos parcial o totalmente segregados por el tráfico, carriles reservados, vías apartadas y túneles, en algunos casos con prioridad en los semáforos.

Características de un vehículo tipo LRT¹¹ en comparación con otros sistemas férreos, son:

- ✓ En comparación con el sistema masivo de transporte metro, los vehículos LRT, se caracterizan por su capacidad para viajar más rápido.
- ✓ Un tren subterráneo o metro tiene capacidad para transportar aproximadamente 1.500 pasajeros o más (en condiciones de alta

¹¹ CARDENAS RODRIGUEZ, Fabián y VELÁSQUEZ GARCÍA, Giovanni. Determinación de intersecciones de la carrera 7ª de Bogotá, entre calles 32 a 100, en condiciones topográficas favorables para pasos elevados del futuro tren ligero-LRT. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería Civil, 2014.

concentración). Un sistema LRT puede transportar desde 350 a 450 pasajeros.

- ✓ Al igual que un metro, los vehículos LRT pueden ser abordados a través de todas las puertas a nivel del suelo, por lo que es accesible a las sillas de ruedas y reduce el tiempo de carga.
- ✓ Los sistemas de tren ligero por lo general obtienen su energía a partir de catenarias, a diferencia del metro que usa un riel carril electrificado debajo del tren, requiriendo estaciones más grandes, más infraestructura y separación de seguridad. Sin embargo, recientemente se están implementando sistemas LRT con alimentación por riel en la vía, eliminando así las catenarias.
- ✓ El LRT puede correr sobre el suelo a nivel de la calle, como los tranvías; sin embargo, operan en carriles separados, lo que significa que no se ven afectados por el tráfico de automóviles y camiones.
- ✓ El LRT posee la capacidad para movilizarse también bajo tierra, a través de túneles cortos o pasos elevados, para evitar conflictos con las carreteras e intersecciones.
- ✓ Para el tren ligero, se prevén paradas cada 500 m aproximadamente, distancia generalmente menor en comparación al sistema metro.
- ✓ El LRT se caracteriza por tener una estructura de menor peso al compararla con la del sistema metro, por lo que requiere de una infraestructura vial menos exigente.

5.1.1.2. BRT

El Bus de Transito Rápido (BRT) es un sistema de transporte basado en bus de alta calidad, generalmente articulado, que ofrece servicios rápidos, cómodos y rentables y capacidades similares a otros sistemas de transporte masivo como lo son el tranvía y el tren ligero. Lo hace generalmente a través de la provisión de carriles exclusivos, con vías de autobús y estaciones, normalmente alineados con el centro de la sección transversal, de recaudo fuera del tablero, y con operaciones rápidas y frecuentes¹².

El sistema de BRT Transmilenio en Bogotá según muchas agencias de transporte y expertos en transporte aseguran, es una solución de transporte bien lograda en Bogotá que ha sido un marco de referencia de otras exitosas implementaciones en múltiples ciudades del mundo, convirtiéndose en soluciones de bajo costo para ciudades con flujos vehiculares demasiado densos. Actualmente este sistema funciona a máxima capacidad de pasajeros/sentido por hora, a pesar de que

¹² Institute for transportation & development policy. What is BRT?.[citado el 02 octubre del 2015].Disponible en : <https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/what-is-brt/>.

cuenta con infraestructura de un BRT calificado como *Golden* según el *BRT Standard 2013* ha sobrepasado su capacidad disminuyendo así tiempos de viaje, comodidad y conformidad para el usuario, esto sin mencionar la reducción en la sensación de seguridad del usuario.

5.1.1.3. Metro

Este sistema de transporte masivo se puede definir como transporte público de tren pesado subterráneo, aunque también es aplicable a sistemas de tren elevados dentro de la ciudad, genera bajo impacto en las vías existentes aumentando así el precio del proyecto (mayor costo por kilómetro cuadrado) debido al uso de tecnologías especiales (TBM), un alto riesgo financiero y generando plusvalía del suelo en donde se ubica el proyecto.

El metro que se quiere implementar dentro de la ciudad de Bogotá atrae muchas expectativas para la modernización de la ciudad implementando un sistema de transporte masivo que se ha querido realizar dentro de la capital colombiana desde 1980 en adelante, pensamos que sería una muy buena opción para aliviar la gran congestión que se genera en Transmilenio con la gran demanda de pasajeros que utilizan este medio masivo, gracias al metro gran variedad de la población que utiliza el Transmilenio podría tener otra opción para movilizarse

5.1.2. Modelación de flujo vehicular

El Distrito Capital ha intentado mejorar las condiciones de la movilidad de los usuarios de las vías públicas mediante la modelación por medio de *software* especializado aplicado a las vías congestionadas, buscando mejores soluciones en materia de tránsito y flujos vehiculares. Esta investigación también se vale de la modelación computarizada del comportamiento vehicular para estudiar la implementación del LRT en el corredor vial de la Carrera Séptima, en este caso, tratando de establecer mejoras en las condiciones para el usuario de la vía en las intersecciones Carrera 7^a por calle 85 y calle 39, en caso de implementar pasos elevados del tren ligero. Para esto, prácticamente se hace necesario prever la mejor condición valiéndose de la herramienta más adecuada, como es un *software* especializado en transporte.

5.1.2.1. VISSIM

VISSIM¹³ es un programa de computación de modelación especializado en la simulación microscópica de tráfico, facilitando considerablemente el estudio de operaciones viales de cualquier índole, permitiendo tanto la comparación de operar con distintos tipos de intersecciones, como el desarrollo y análisis de implementar medidas de prioridad al transporte público o el impacto de un distinto plan de semaforización, como es el caso de aplicación en este proyecto.

El *software* VISSIM ofrece una gran flexibilidad en múltiples aspectos: el concepto de arcos y conectores permite que los usuarios modelen geometrías de cualquier tipo, por muy complejas que sean. Las características de conductores y vehículos permiten una parametrización individual. Además, gracias a la gran variedad de interfaces se pueden integrar sin dificultades otros sistemas de control semafórico, gestión del tráfico, o modelos de emisiones.¹⁴

VISSIM es la herramienta escogida en este proyecto para la modelación de las dos intersecciones en estudio, carrera 7 por calle 39 y por calle 85, Bogotá, ya que cumple con todas las condiciones requeridas para un proyecto de este alcance, con posibilidades de simulaciones de calidad. Dado que esta investigación se basa en el estudio microscópico del tránsito sobre el corredor de la Carrera 7ª en las intersecciones en estudio, teniendo en cuenta la geometría de la vía y de los pasos elevados en caso de implementarse el LRT, este *software* VISSIM se consideró como el más adecuado por sus características para esta modelación.

5.1.3. Intersecciones

La Intersección es la confluencia de varias vías en un mismo punto, por las que el tráfico se mueve en diversas direcciones. Las intersecciones de mayor movimiento están reguladas por sistemas semafóricos, mas no controladas El semáforo regula el paso de los vehículos por las diferentes vías, sin embargo no posee la capacidad de impedir que los conductores se equivoquen por

¹³ Propietario PTV Group, Teléfono: +49 721 9651-300, Email: traffic.sales@ptvgroup.com

¹⁴ PTVGRUP. ¿QUÉ ES LO QUE MANTIENE EL TRANSITO FLUYENDO? En: PTV Vissim (en línea) [citado 12 de Nov. de 2015]. Disponible en: http://vision-traffic.ptvgroup.com/fileadmin/files_ptvvision/Downloads_N/0_General/2_Products/2_PTV_Vissim/E_S_PTV_Vissim_Brochure.pdf

distracción, o bien, que cometan infracciones a causa de la impaciencia o la temeridad.

5.1.3.1. Intersecciones a nivel y desnivel

El diseño vial dispone normalmente de dos tipos de intersecciones o cruces, a nivel, tal es el caso de las calles o caminos que de pronto en un punto dado se cortan pero al mismo nivel.

Por otra parte, existen los que se conocen intersecciones a desnivel o paso a desnivel, que como su denominación nos lo anticipa es la adaptación de dos o más cruces a altura, es decir, llegado el punto del cruce no se encuentran los caminos porque están en niveles diferentes, ejemplos claros son los túneles, puentes o viaductos.

Cabe destacarse que las intersecciones a nivel suelen ser más problemáticas a nivel de potencialidad de accidentes que las que no están a nivel y por ello es que en algunas que resultan ser históricamente complicadas, los municipios, deciden llevar a cabo obras como pasos a nivel para subsanar estos inconvenientes que suelen llevarse la vida de las personas.

5.1.3.2. Tránsito o flujo vehicular

De acuerdo al artículo 2° del Código Nacional de Tránsito Ley 769 del 2002 se define como: Es la movilización de personas, animales o vehículos por una vía pública o privada abierta al público.

La Tránsito vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía se deben conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle.

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.

5.1.3.3. Volúmenes de tránsito

Es el número total de vehículos¹⁵ que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo se clasifican en:

¹⁵ INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y COSTOS DE OPERACIÓN 2010 - 2011 . En: INVIAS [En línea]. Fecha 2010. 1, 1. Citado: 02 oct. 15. Disponible en:

- Tránsito anual (TA): Número total de vehículos que pasan durante un año.
- Tránsito mensual (TM): Número total de vehículos que pasan durante un mes.
- Tránsito semanal (TS): Número total de vehículos que pasan durante una semana.
- Tránsito diario (TD): Número total de vehículos que pasan durante un día.

Es el número total de vehículos que pasan durante un período dado en días completos igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del período. De acuerdo al número de días de este período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsitos promedio diario, dado en vehículos por día:

- Tránsito promedio diario anual (TPDA): $TA/365$
- Tránsito promedio diario mensual (TPDM): $TM/30$
- Tránsito promedio diario semanal (TPDS): $TS/7$

5.1.3.4. Movilidad

La movilidad¹⁶ y fluidez del tráfico de un entorno geográfico dependen en gran medida de las condiciones y normas que establezcan el comportamiento y la manera como se debe dar el desarrollo de la actividad transportadora, observando con gran importancia el objetivo de preservar la vida e integridad de las personas, así como también el adecuado estado de los equipos automotores.

5.2. MARCO GEOGRÁFICO

5.2.1. Carrera séptima

También llamada “TRANSVERSAL EDUARDO POSADA FLORES”, es una de las principales vías arterias que recorre la ciudad de Bogotá de norte a sur en su zona oriental. Es la vía más importante en los ámbitos histórico, cultural, económico y social de la ciudad.

http://www.invias.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/normatividad/cat_view/11-documentos-tecnicos/64-volumenes-de-transito-2008?limit=10&limitstart=0&order=name&dir=DESC.

¹⁶ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Diagnóstico del transporte 2011. En: Ministerio de transporte [En línea]. Fecha 2010. 1, 1. Citado: 02 oct. 15. Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=5608>.

En este corredor vial, se puede observar una gran fluencia del tráfico, en la mayoría del día, debido principalmente a la importancia de la vía y la conexión con los destinos de interés para los usuarios, como lo son bancarios, comerciales, interés popular y laboral además de los institutos universitarios aledaños a la séptima; de igual manera es importante mencionar que esta vía atraviesa cuatro localidades de la ciudad, las cuales son: Usaquén, Chapinero, Santa Fe y Candelaria, lo cual demuestra la necesidad de una optimización a nivel de tránsito y transporte de la vía. En cuanto a las características topográficas de la vía, en base a los resultados del estudio topográfico realizado por los estudiantes de ingeniería Fabián Cárdenas Rodríguez y Giovanni Roberto Velásquez García en su proyecto de grado¹⁷, se puede observar la condición topográfica presente en la carrera séptima desde la calle 34 hasta la calle 92 donde el perfil longitudinal tiene importantes variaciones en curvas verticales, condiciones consideradas poco favorables para tránsito del LRT.

Ilustración 1. Estaciones preliminares del proyecto ALSTOM



Fuente. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=935378&page=462>

¹⁷ CARDENAS RODRIGUEZ, Fabián y VELÁSQUEZ GARCÍA, Giovanni. Determinación de intersecciones de la carrera 7ª de Bogotá, entre calles 32 a 100, en condiciones topográficas favorables para pasos elevados del futuro tren ligero-LRT. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería Civil, 2014

En la ilustración 1 se puede observar el trazado preliminar que realizó la empresa ALSTOM para el proyecto de Tren Ligero por la Carrera séptima, en donde se demuestra el análisis del trazado por las intersecciones en estudio.

5.2.1.1. Calle 39

La calle 39 por séptima es de gran importancia debido a que es una de las dos intersecciones junto a la calle 85 por séptima, para el desarrollo del presente proyecto, debido a las características geométricas que presenta el sector, además, de la cantidad importante de movimientos vehiculares, hecho que desemboca en la generación de gran congestión en horas pico afectando la movilidad y el tiempo de viaje de los usuarios que a diario se desplazan por este corredor.

Ilustración 2. Carrera 7 por Calle 39.



Fuente. Propia.

5.2.1.2. Calle 85

La ilustración 3 hace referencia a la segunda intersección sobre la cual se realizará la modelación, la calle 85, la cual es considerada uno de los pasos críticos que tendría el LRT en su recorrido sobre la séptima, debido al paso de los vehículos con destino hacia el Municipio de La Calera e igualmente la avenida circunvalar. Cabe resaltar la importancia de este acceso vehicular en la implementación del LRT y la necesidad de una buena propuesta ingenieril que no reste importancia y mucho menos afecte a ninguno de los componentes en la intersección. Como se puede observar en la ilustración 3, se presentan algunos de los movimientos vehiculares que ofrece la intersección.

Ilustración 3. Carrera 7 por Calle 85



Fuente. Propia

5.3. MARCO LEGAL

A continuación se presenta el sustento legal y normativo bajo los cuales, se han determinado y actualmente se rigen los cambios en materia de movilidad para la ciudad de Bogotá. Dado que la actuación de las entidades gubernamentales debe actuar en relación estricta con un plan de ordenamiento territorial, se anota lo siguiente al respecto.

“El plan de ordenamiento territorial (POT) es la norma que define como Bogotá puede hacer uso del suelo y donde están las áreas protegidas, en qué condiciones se puede ubicar vivienda, actividades productivas, culturales y de esparcimiento.”¹⁸

Dentro del POT de Bogotá se encuentra la dirección para la reordenación así como la inversión pública y privada con el fin de mejorar la calidad de vida de cada uno de los ciudadanos que la habitan.

5.3.1. Decreto 364 de 2013

“Por el cual se adopta la modificación excepcional de las normas urbanísticas del POT para Bogotá, y por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los decretos distritales 619 de 2000, 469 de 2003 y 10 de 2004”¹⁹

El decreto entre otros aspectos resalta la necesidad de propiciar macro proyectos urbanos así como operaciones urbanas integrales; planteando los corredores del transporte masivo como elementos que incrementan el valor y la rentabilidad del suelo en las diferentes zonas en las que se lleve a cabo.

Actualmente, se elabora el nuevo POT, *Movilidad con sentido*²⁰, con el cual se busca priorizar el transporte sostenible, no motorizado, peatonal y en bicicleta, en áreas de actividad económica intensiva, (áreas centrales).

Asegura la integración de todos los sistemas de movilidad con el fin de promover la reducción en los niveles de congestión y facilitar el acceso de toda la población a un transporte más eficiente.

¹⁸ Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Planeación, Plan de Ordenamiento Territorial, [citado 02 octubre, 2015], Disponible en: http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Que_Es

¹⁹ Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Planeación, decreto 364, [citado 02 octubre, 2015], Disponible en: http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/POT

²⁰ Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Planeación, POT 2020 Lo nuevo. [citado 25 abril, 2015], Disponible en: http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Lo_Nuevo.

5.3.1.1. La movilidad en el decreto 364 de 2013

En esta modificación, el plan de ordenamiento territorial, *“El Distrito Capital priorizará las inversiones y demás decisiones en materia de movilidad en el siguiente orden: Transporte no motorizado (peatón y ciclo usuario), transporte público (privilegiando el modo férreo y tecnologías limpias), transporte de carga y vehículo particular.”*²¹, definiendo los criterios para la gestión de cada uno de los componentes del mismo. El decreto define al sistema vial como una red jerarquizada, integrada al actual sistema SITP, generando conexiones de intercambio modal, que beneficien a los usuarios. De igual manera, en el decreto se reitera, el objetivo de expandir dicho sistema masivo de transporte a nivel rural, buscando la máxima productividad a nivel del territorio, enfatizando en el uso de energías amigables con el medio ambiente y proyectos con el mínimo de consecuencias negativas sobre el mismo.

5.3.2. NCP-2014

*“En el año 2013, en convenio con INVIAS, el AIS (Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica) desarrollo la nueva norma colombiana de diseño de puentes NCP-2014, basada esta vez en la especificación AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 6 edición (2012), fundamentada en la filosofía LRFD que hoy se utiliza en muchos países para el diseño de todo tipo de estructuras.”*²²

5.3.3. Acuerdo 2 de 1980: “Plan Vial para el Distrito Especial de Bogotá y la clasificación de sus vías según capacidad, función y uso.”

*“El Plan Vial es la parte del Plan General de Desarrollo para el Distrito de Bogotá, que define los objetivos y políticas a seguir en los aspectos viales, clasifica las vías según la función que cumplen dentro del Sistema Vial General y define trazados y anchos mínimos de las vías.”*²³

²¹ Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Planeación, decreto 364, [citado 15 enero 2016], Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/actualidad-SDP-home/Decreto-364-baja.pdf>

²² NUEVO CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO DE PUENTES-LRFD-NCP-2014 [citado el 25 de noviembre 2015], disponible en : http://webidu.idu.gov.co:9090/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1337

²³ ACUERDO 2 DE 1980 [citado el 25 noviembre de 2015] disponible en : <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=575>

5.3.4. PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD

“El Plan Maestro de Movilidad fue adoptado por la administración periodo (2012 – 2015) mediante el Decreto 319 de 2006, y establece programas, proyectos y metas, a corto, mediano y largo plazo, con un horizonte a 20 años. El PMM da respuesta a las necesidades de movilidad y al uso racional y eficiente de los 15.348 kilómetros carril que componen la malla vial de Bogotá.”²⁴

Dentro de las iniciativas que propone el plan maestro de movilidad, se encuentra la integración en estructura física, tarifaria y operacional de la flota de transporte público existente, además del establecimiento de los corredores para alta, media y baja capacidad; entre otros componentes.

Sin embargo, ha de anotarse que en la actualidad, con el reciente cambio de administración local, se está estudiando nuevas propuestas y revisando los proyectos de movilidad del Distrito, lo cual conduciría a un nuevo PMM.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es cuantitativo y proyectivo debido a que en el transcurso del desarrollo de la misma, se realiza la descripción de las intersecciones de las calles 39 y 85 por carrera séptima, para identificar los flujos vehiculares y corroborar la información recolectada con planos y trabajos existentes, para posteriormente trabajar con una información fiable que pueda conducir al cumplimiento de los objetivos, como también se elabora un modelo computacional como solución al problema identificado en estas intersecciones de estudio.

De igual manera se desarrollan los cálculos necesarios para identificar el tránsito promedio diario, densidades vehiculares; datos que al ser introducidos al programa de modelación, simularan al máximo el comportamiento del tráfico vehicular, en conjunto con la implementación del LRT, esto con todo un proceso de calibración del modelo ajustándolo a la situación real de las intersecciones de estudio.

²⁴ Alcaldía Mayor de Bogotá (2012 – 2015), Secretaría Distrital de Movilidad, Plan Maestro de Movilidad[citado 02 octubre, 2015], Disponible en: <http://www.transitobogota.gov.co/?sec=170>

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación desarrollada en el presente proyecto tiene un carácter descriptivo, proyectivo y comparativo.

- **Descriptiva:** La investigación se centra inicialmente en el problema de movilidad que presenta la carrera séptima por calles 39 y 85 haciendo una caracterización de la situación en la que se encuentra, tanto en sus condiciones físicas como en la funcionalidad del servicio que presta, debido a que actualmente se presentan puntos de conflicto representativos en diferentes movimientos de las intersecciones, también se describe y explica el nuevo modelo de flujo vehicular con la aplicación del tren ligero.
- **Proyectivo²⁵:** la investigación lleva a la elaboración de una propuesta o modelo como solución a un problema o necesidad.
- **Comparativa:** Se realizara la comparación, una vez obtenidos los resultados de la modelación con la implementación del LRT, entre el comportamiento del tráfico actual por las mencionadas intersecciones y el comportamiento del tráfico en conjunto con la implementación del LRT, es decir se confrontará las condiciones actuales de las intersecciones de la carrera séptima con las nuevas características operacionales en la implementación del nuevo sistema de transporte.

6.3. VARIABLES

En la tabla 1, se presentan las variables consideradas dentro de la presente investigación, seleccionadas por su vital importancia para el desarrollo de la misma.

²⁵ DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES - VICERRECTORÍA ACADÉMICA. Guía Unificada para la presentación de propuestas y antecedentes de investigación. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. s.f. 34 p.

Tabla 1. OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

	Variable	Indicador	Descripción	Medición
Independientes (X)	TIEMPO	Cantidad de tiempo en el cual circulan los vehículos en las intersecciones.	Se utiliza para medir el transcurso de un volumen en un tramo	Horas
	TOPOGRAFÍA	Indica el estado de terreno.	La topografía determina la forma del terreno así como sus características físicas más importantes.	Altimetría / Planimetría
	TRAFICO VEHICULAR.	Cada uno de los vehículos motorizados que circulan en una vía.	Mide la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje	Números de vehículos
	SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PASO ELEVADO	Ancho de puente	Describe el ancho de la sección transversal del punto asumiendo dos carriles para LRT	Metros
Dependientes (y)	VOLUMEN VEHICULAR.	Indica el número vehículos que pasan por punto determinado de un acceso vial durante periodo de tiempo	El volumen muestra el número de vehículos que pasan por un tramo en un tiempo determinado.	Vh/hora
	CICLO SEMAFORICO	Demora del semáforo de rojo a rojo	El tiempo que transcurre en un semáforo de fase rojo a rojo.	Segundos
	VELOCIDAD	Velocidad de operación de los vehículos.	Relación entre el espacio que recorre un cuerpo y el tiempo en que tarda en recorrerla.	Kilómetros por hora

6.4. FASES DE INVESTIGACIÓN

FASE 1. Análisis de las condiciones actuales del tráfico vehicular en las intersecciones en estudio.

- Realizar una inspección visual en las intersecciones en estudio carrera séptima por calle 39 y 85, reconocer el lugar y el entorno físico.
- Identificar los movimientos que se presentan en cada una de las intersecciones e identificar los tipos de vehículos que transitan por las intersecciones.
- Obtener las características geométricas de cada uno de los accesos viales en cada una de las intersecciones de estudio.
- Registrar los ciclos semafóricos presentes en cada una de las intersecciones.

FASE 2. Volúmenes de tránsito de las dos intersecciones en un tiempo estipulado, estimando la condición más desfavorable del sistema en horas pico.

- Realizar los aforos vehiculares para cada intersección.
- Obtención de volúmenes vehiculares y factor de hora pico en cada intersección.

FASE 3. Desarrollar el modelo del tráfico para cada una de las intersecciones en estudio de las condiciones actuales, la implementación de pasos elevados para el tránsito del LRT y las condiciones operacionales con proyección al año 2020.

- Determinar las variables del caso para desarrollar el modelo computarizado
- Estudio y dominio requerido del *software* Vissim para el posterior trabajo que se realizara en este.
- Modelación preliminar con programa Vissim de las intersecciones basado en las inspecciones visuales realizadas detallando ubicación de semáforos y movimientos vehiculares
- Conformar el modelo de las intersecciones analizando las condiciones actuales geométricas del sistema.
- Identificación de los componentes de las variables que intervienen en cada etapa de la modelación.
- Simular los flujos vehiculares analizados en las intersecciones de estudio.
- Determinar los anchos de carril y de la sección transversal de la vía con el supuesto paso elevado que se incluirá en cada intersección, con datos técnicos de otros estudios.

- Analizar los anchos de carriles a implementar en el modelo teniendo en cuenta las diferentes secciones transversales de la vía en todo el tramo de los pasos elevados.
- Observar en el modelo el comportamiento vehicular de las intersecciones en estudio y en los tramos correspondientes con implementación de pasos elevados en los cuales transitara el LRT.
- Realizar los ajustes necesarios junto a una calibración en el modelo de intersecciones según el estudio de las simulaciones con los pasos elevados.
- Analizar el comportamiento de tráfico con paso elevado en cada una de las intersecciones en estudio.
- Definir la operación vehicular más fiable para el modelo.

FASE 4. Realizar la comparación entre el comportamiento actual y la implementación de los pasos elevados en cada una de las intersecciones en estudio.

- Comparar las dos condiciones, actual y con los pasos elevados en cada una de nuestras intersecciones.
- Realizar la proyección del tráfico con la implementación del tren ligero por medio del análisis de la condición actual y a futuro.

6.5. INSTRUMENTOS Y MEDIOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

CAMARA FOTOGRAFICA

Para la inspección visual quedo evidencia el registro fotográfico en los anexos 2 y 3 de la visita realizada a la Carrera 7ª por Calle 39 y Calle 85, en la cual se detalla los distintos movimientos vehiculares, semaforización, señales verticales y horizontales.

En el momento de la recolección de datos se puede observar el registro fotográfico de los aforadores evidenciado en los Anexos digitales (46-48).

FORMATO DE AFOROS

El formato de aforo consta de una matriz (anexo A) con suficientes columnas para clasificar cada uno de los tipos de vehículos que pasan por el acceso vial de estudio, así como con las filas correspondientes para clasificar el tráfico según su movimiento que realice y el horario del aforo, también se utiliza este formato para evidenciar el movimiento que está siendo aforado (ver anexos).

Además, el formato también contiene información geográfica simplificada del lugar de estudio, así como características del punto como son: cantidad de sentidos, fecha, dirección, hora, entre otros.

6.6. INSTRUMENTOS DE MODELACIÓN

SOFTWARE:

Para el uso de este *software* fue necesario hacer contacto con la empresa alemana dueña de productos *PTV Group*, para que se dieran las condiciones de préstamo autorizado del *software* PTV Vissim, en versión estudiantil (ver Anexo digital 49), para su uso limitado a cuestión netamente académico en este proyecto, mecanismo que serviría para seguir haciendo investigación dentro de la academia, ya que el Alma Mater aún no cuenta con el *software*.

El uso del *software* de modelación “Vissim 7” ® permitió simular y proyectar el comportamiento del tráfico vehicular; de esta manera, evaluar el impacto que generaría el paso del tren ligero sobre el entorno de las intersecciones de estudio en el presente estudio. El *software* permite tanto la modelación geométrica del lugar de estudio, sin importar el nivel de complejidad del mismo, como la implementación de sistemas de control semafórico y gestión del tráfico; características que permiten realizar un análisis más profundo y completo del comportamiento del tráfico en la intersección al ser intervenida por la implementación del paso elevado para el LRT.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1. Condiciones actuales del tráfico vehicular en las intersecciones en estudio.

Para este estudio fue necesario revisar mediante inspección visual las condiciones operativas y físicas de las intersecciones en estudio, por lo cual se determinó la operación vehicular en situación actual en las intersecciones de la Carrera 7ª con la Calle 39 y con la Calle 85. Esto de acuerdo a las condiciones geométricas viales, espacio público, señalización existente y movimientos vehiculares, tal como se notifica en esta Sección.

En las visitas a los sitios se pudieron apreciar: comportamiento del flujo vehicular principalmente en la hora pico, tipo de vehículos, servicio de transporte público, flujo peatonal, funcionamiento de los semáforos, habiendo dejado registro fotográfico (Anexo 2 y 3), con los resultados que se detallan a continuación.

7.1.1. Calle 39

Ilustración 4. Intersección Calle 39 por Carrera 7ª.



Ilustración 5. Diagonal 40 a por Carrera 7ª.

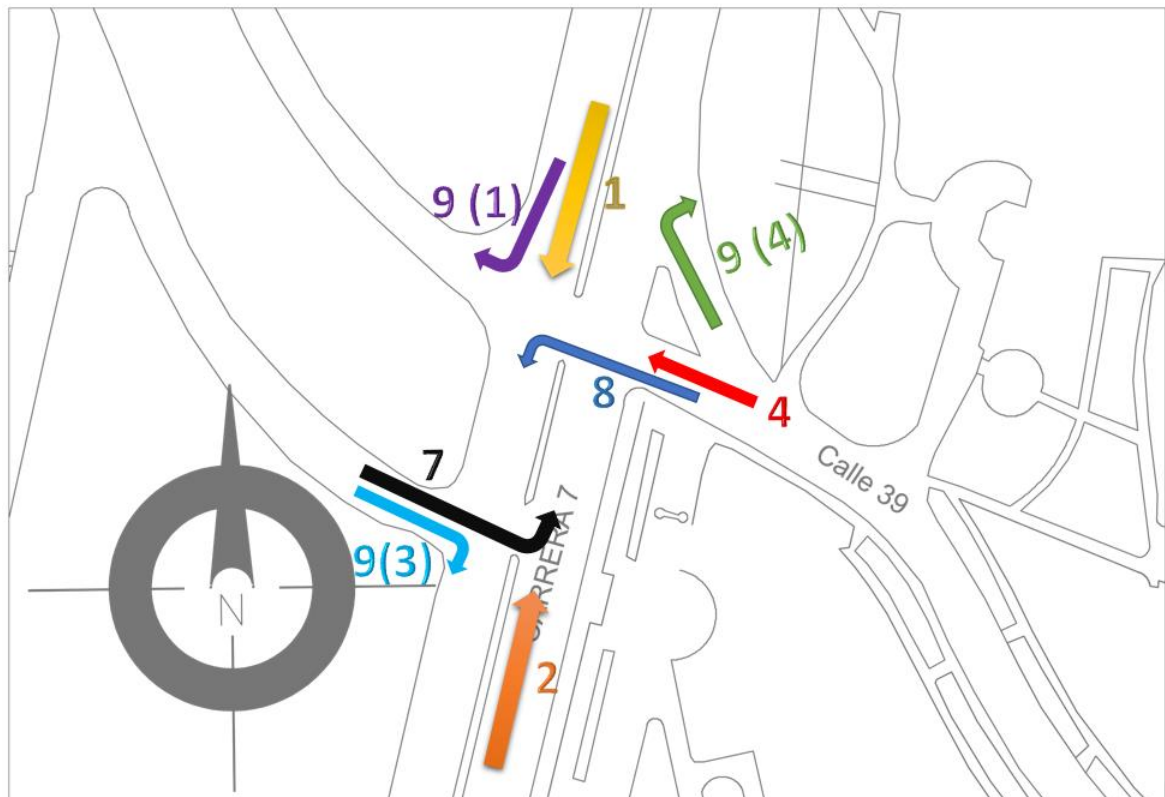


La intersección de la Calle 39 por carrera séptima Ilustración 4 tiene gran importancia al ser la conexión de la carrera 13 con la avenida circunvalar y carrera séptima hacia el sur o el norte, es una intersección canalizada en la que se puede observar el río arzobispo como separador en la calle 39.

Los lugares atractores de viajes de esta intersección más notables son el Campo de tenis del Parque Nacional, la Plaza 39, la empresa ECOPETROL y la Universidad Javeriana.

7.1.1.1. Movimientos vehiculares presentados

Ilustración 6. Movimientos vehiculares Calle 39 por Carrera 7



Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Modificado por los autores.

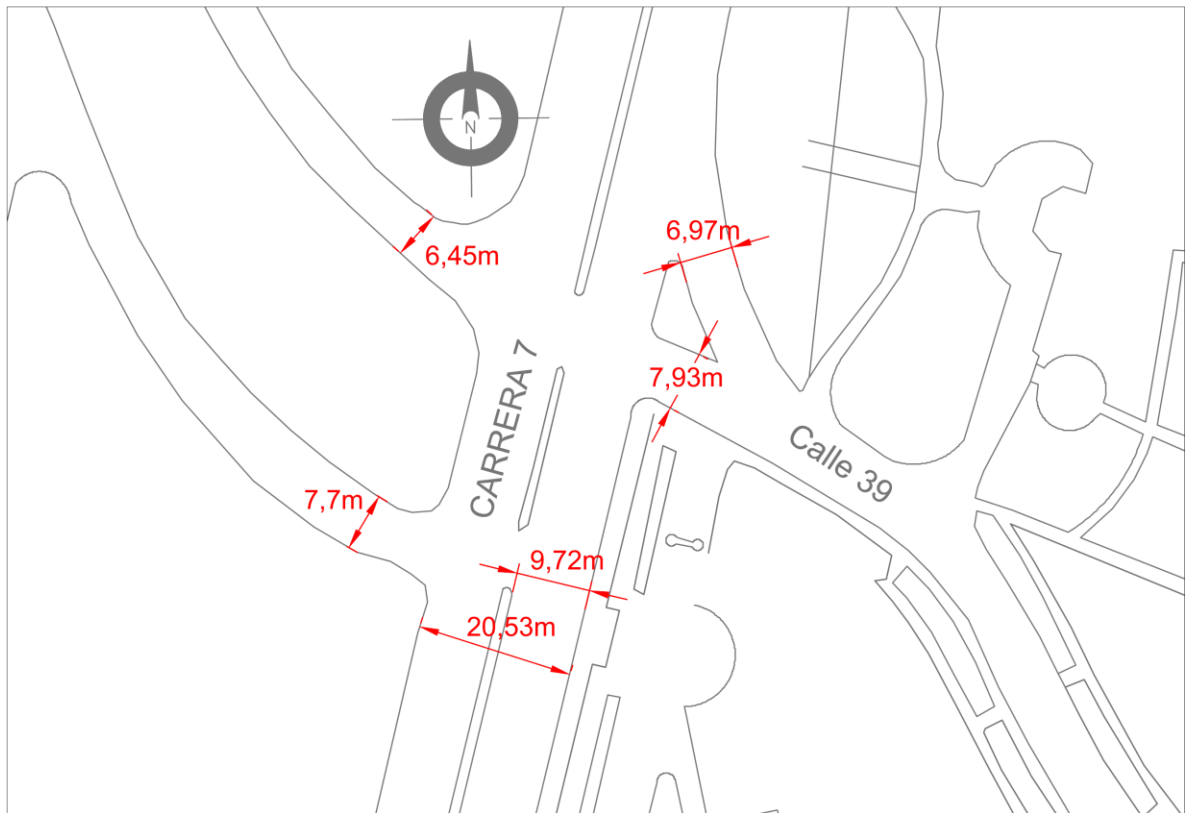
La calle 39 en intersección con la Carrera 7ª (Ilustración 6) presenta ocho movimientos vehiculares, siendo 1 y 2 los que permiten el flujo vehicular sobre la carrera séptima de sur a norte y en sentido contrario; el flujo vehicular que transita sentido norte sur sobre la carrera séptima puede tomar la decisión de transitar hacia el occidente en el movimiento 9(1), con la opción de hacer un retorno al norte por la Av. Caracas o seguir hacia el sur por la Carrera 13 (no mostradas en la Figura).

Los vehículos que transitan de occidente a oriente por la calle 39 pueden transitar al sur con el movimiento 9(3) y al norte con el movimiento 7 por la carrera séptima.

El flujo vehicular que va de oriente a occidente desde la Av. Circunvalar puede tomar la carrera séptima hacia el sur con el movimiento 8 y el norte con el movimiento 9(4), pero también tiene la opción de seguir al oriente con el movimiento 4 para tomar otras vías como la carrera 13 y Av. Caracas.

7.1.1.2. Características geométricas

Ilustración 7. Características geométricas Calle 39 por Carrera 7ª



Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Modificado por los autores.

Las características geométricas en la intersección de la Calle 39 por Carrera 7ª se analizaron a partir de topografía levantada por el IDU²⁶, de donde se tomaron los valores indicados en la Ilustración 7. Entre ellos se encontró que el ancho de la corona carrera séptima tiene un ancho de 20,53 metros y ambas calzadas corresponden a 9,72 metros, en donde además la calzada del movimiento 9(4) presenta el menor ancho con 6,97 metros.

7.1.1.3. Semaforización

Ilustración 8. Semáforos Calle 39 Por Carrera 7ª



²⁶ Estudio de tránsito para la troncal Carrera 7ª (Calle 26 – Calle 170) y Carrera 10ª (Av. Villavicencio – Calle 26), en Bogotá D.C. INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO Plancha 1 de 11. Escala 1:500. Bogotá D.C.

Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Modificado por los autores.

En la etapa de la inspección visual se identificaron los semáforos presentes en la calle 39 por carrera 7ª (Ilustración 8), esto para conformar el modelo computacional de la intersección y así poder determinar los diferentes puntos de conflictos que se presentan en la misma junto al comportamiento vehicular en la zona de estudio con un plan semaforico insertado en el *software*.

En la ilustración 9 se puede observar la demarcación en señalización horizontal que presenta la intersección, además se percibe las cebras peatonales en la calle 39 y en la carrera 7ª (movimientos 1 y 2), junto a las líneas antibloqueo²⁷ que buscan que el conductor siga la norma del manual de señalización vial vigente en Colombia la cual tienen por objeto notificar a los conductores la prohibición de obstruir en una intersección, aun cuando el semáforo se lo permita o gocen de prioridad, si la situación de la circulación es tal, que previsiblemente puedan quedar detenidos de forma que impidan u obstruyan la circulación transversal.

A continuación se presenta el ciclo semaforico (dato de entrada) en la Calle 39 por Carrera 7ª para la modelación del software.

Tabla 2. CICLO SEMAFORICO CALLE 39 POR CARRERA 7ª.

	CICLO SEMAFORICO CALLE 39 POR CARRERA 7ª.			
	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL
Mov. 1 y 2	0°0'61"	0°0'1"	0°0'57"	0°1'59"
Mov. (1 y 8) (2 y 7)	0°0'38"	0°0'1"	0°1'20"	0°1'59"
Mov. 4 y 8 Cll. 39	0°0'56"	0°0'3"	0°1'1"	0°2'00"
Mov. 7 y 9(3) Dg. 40 a	0°0'38"	0°0'1"	0°1'20"	0°1'59"

Fuente: Propia

²⁷ Ministerio de Transporte. Capítulo 3 Señalización Horizontal. En: PINEDA RIVERA Mauricio. Manual de señalización vial. 2004. Bogotá. Pag. 134.

Ilustración 9. Cll. 39 Por Cra. 7 Señalización horizontal.



En la ilustración 10 se puede observar las cebras peatonales correspondientes a la carrera 7ª y a la Diagonal 40ª, En la ilustración 11 se observa la demarcación del carril exclusivo del BRT aunque aún no es muy respetado por los usuarios de la vía, como se observó en la inspección.

Ilustración 10. Señalización horizontal Cra. 7 y Diag. 40a



Ilustración 11. Demarcación carril exclusivo BRT Carrera 7ª.



Fuente: Google Maps Tomado el 12 abril de 2016.

7.1.1.4. Análisis condición actual de las intersecciones

La calle 39 presenta un gran problema en sentido occidente – oriente ya que el tráfico al seguir el movimiento 7 hacia el norte como se observa en la ilustración 12 supera las condiciones geométricas y produce un trancón en el flujo que transita en sentido norte – sur sobre la carrera séptima, esto debido al semáforo sobre la carrera séptima sentido norte – sur, a la vez, ocasionando demora en el acceso.

El tráfico que viene de la avenida Circunvalar hacia el occidente a pesar de que no es en gran cantidad, presenta problemas por dos factores importantes: por una parte por automóviles que se parquean en la acera norte de la calle 39 reduce la operación a un carril esto haciendo peores las condiciones del tránsito; por otra parte, se observa que al tomar el movimiento 8 sobre la carrera séptima hacia el sur se genera trancón debido al semáforo en el sentido sur norte de la carrera séptima.

Ilustración 12. Movimiento 7, Calle 39 por Carrera 7



Fuente: Propia

Ilustración 13. Movimiento 7, Calle 39 por Carrera 7



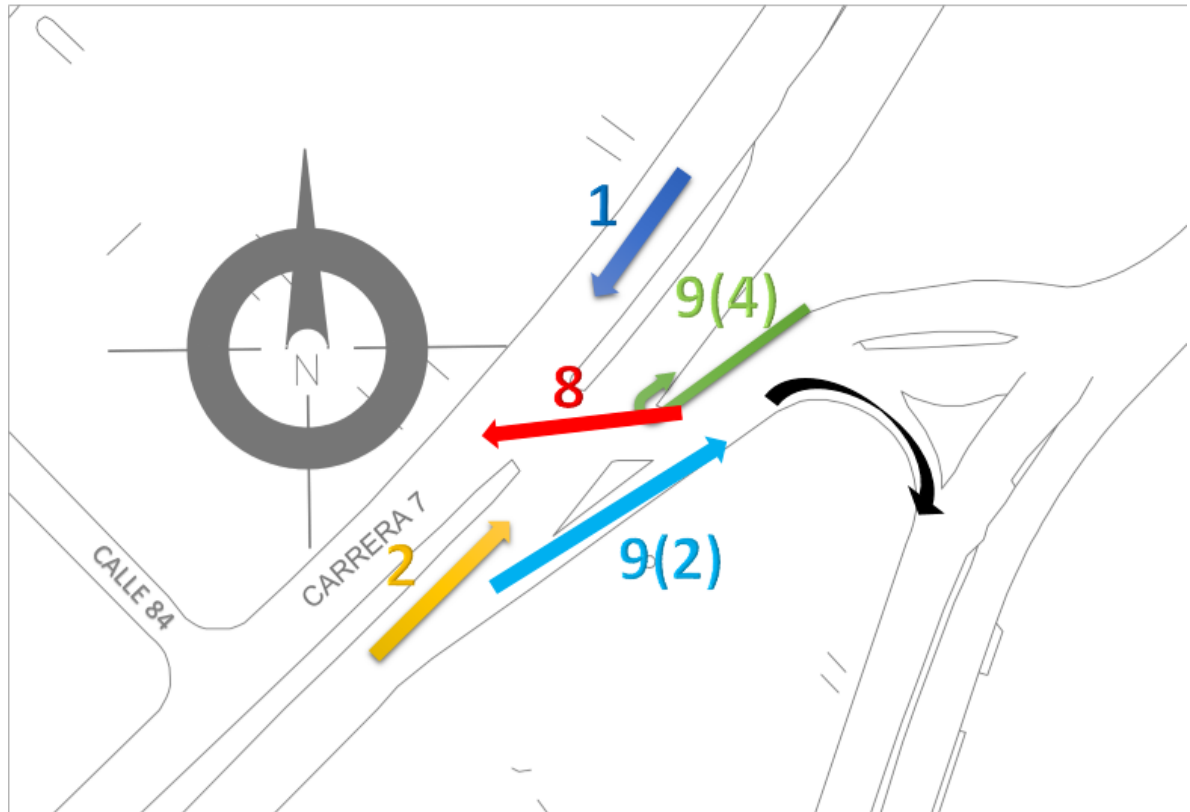
Fuente: Propia

7.1.2. Calle 85

La intersección de la carrera séptima por calle 85 presenta gran importancia para la movilidad de Bogotá y las personas que tienen como origen o destino en el aledaño Municipio de La Calera, ya que en esta intersección se presenta el acceso a La Calera desde la carrera séptima, el flujo vehicular en esta intersección es muy notable ya que se presentan trancones en la carrera séptima sentido sur – norte y en la Av. circunvalar sentido norte – sur.

7.1.2.1. Movimientos vehiculares presentados

Ilustración 14. Movimientos vehiculares Calle 85 por Carrera 7

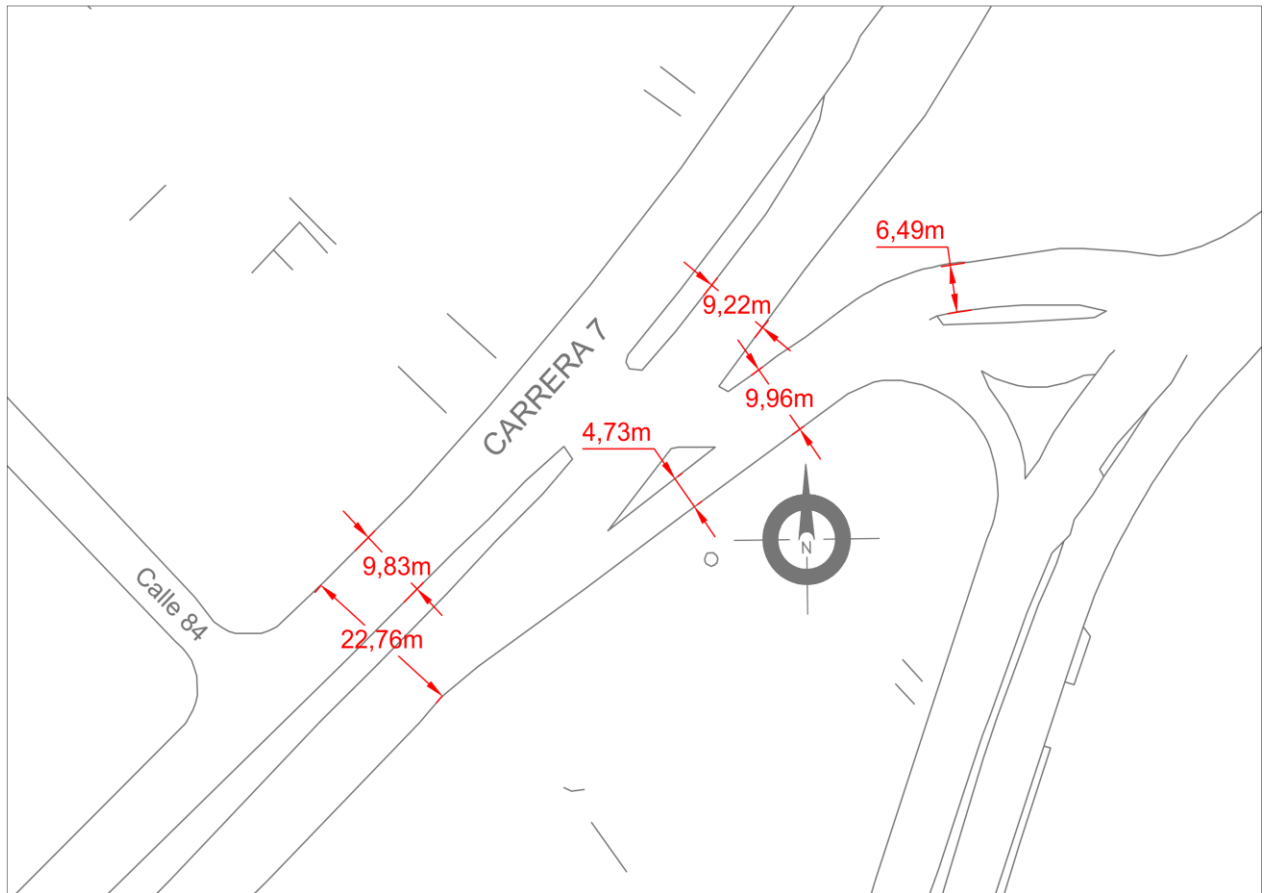


Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Modificado por los autores.

Esta intersección presenta seis movimientos conformados por el movimiento 1, norte – sur y 2 sur – norte sobre la carrera séptima, junto con los movimientos 8 que se toma para seguir por la carrera séptima hacia el sur, el 9(4) para tomar la carrera séptima hacia el norte, el 9(2) para subir hacia la av. Circunvalar y el retorno que hacen los vehículos para tomar la Av. Circunvalar sentido norte – sur.

7.1.2.2. Características geométricas

Ilustración 15. Características geométricas Calle 85 por Carrera 7

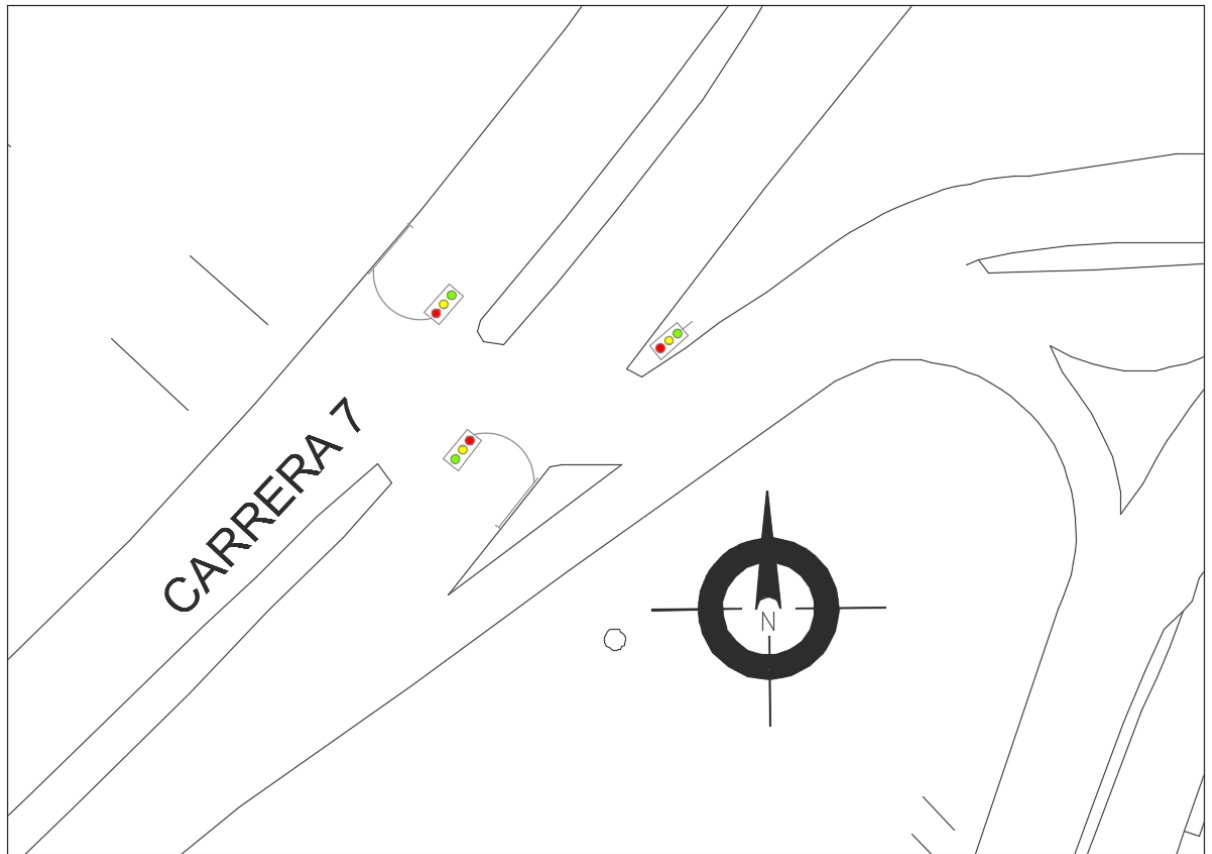


Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Modificado por los autores.

Como características geométricas de la carrera séptima en esta intersección se observa que el ancho de la corona carrera 7ª tiene un ancho de 22,76 metros y las calzadas corresponden a 9,83 metros en donde el carril del movimiento 9(2) presenta un ancho con 4,73 metros.

El movimiento 9(2) y 8 presenta muy poco espacio en ancho de calzada aunque es una vía de acceso muy concurrida presenta estas características poco favorables para un tránsito fluido.

7.1.2.3. Semaforización



Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano IDU. Modificado por los autores.

La intersección de la carrera 7^a por calle 85 presenta alta complejidad en operación vehicular debido al alto volumen presentado en prácticamente todas las horas del día por esto en el marco de la investigación y a partir de la topografía del IDU se ubicaron los semáforos presentes en el sitio de estudio

A continuación se presenta el ciclo semafórico (dato de entrada) en la Calle 85 por Carrera 7^a para la modelación del software.

Tabla 3. CICLO SEMAFORICO CALLE 85 POR CARRERA 7ª.

	CICLO SEMAFORICO CALLE 85 POR CARRERA 7ª.			
	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL
Mov. 1 y 2	0°0'88"	0°0'2"	0°0'31"	0°2'1"
Mov. [8 y 9(4)] y [9(2)]	0°0'31"	0°0'2"	0°0'88"	0°2'1"

Fuente: Propia

Ilustración 16. Señales verticales Cra 7ª por Cl. 85.



Fuente: Google Maps Tomado el 12 abril de 2016.

En la anterior ilustración se puede observar varias señales, la primera de color azul en forma rectangular es una señal informativa que indica el retorno hacia el sur por la Av. Circunvalar, la segunda es una señal reglamentaria de color rojo en forma circular que indica que este acceso el movimiento 9(2) solo puede transitar un peso máximo total permitido de 20 toneladas.

Ilustración 17. Líneas antibloqueo Calle 85 por Carrera 7ª.



En la ilustración 15 se observa las líneas antibloqueo que presenta la intersección para evitar puntos de conflicto en caso de un aumento inesperado en el volumen vehicular, en el círculo amarillo se presenta un prohibido el paso peatonal, ya que la intersección no presenta semáforos peatonales, sin embargo es el único lugar por donde las personas pueden pasar cuando el movimiento 9(4) cede el paso a los peatones.

7.1.2.4. Análisis condición actual de las intersecciones

El movimiento 2 y el 9(2) de la intersección Calle 39 por Carrera 7ª en el momento de la inspección visual representa una gran disminución en la velocidad de operación por el carril de oriente, esto debido al alto flujo vehicular que quiere acceder al movimiento 9 (2) y por los buses de servicio intermunicipal que hacen la parada en este lugar para recoger varios pasajeros, como se puede observar en el círculo amarillo de la ilustración 16. Esta disminución en la velocidad también puede ser causada por el semáforo que se presenta en la av. Circunvalar como se observa en la ilustración 17 dentro del círculo rojo esto debido a que la velocidad de operación y el flujo vehicular en la Av. Circunvalar es mayor.

Ilustración 18. Movimientos 9(2), 8 y 9(4) Calle 85 por Carrera 7.



Fuente: Propia

Ilustración 19. Semáforo Av. circunvalar por Calle 85



Fuente: Propia

7.2. VOLÚMENES DE TRÁNSITO

El estado actual de las intersecciones en estudio conlleva a elaborar aforos vehiculares para desarrollar la simulación del tránsito por medio de *software* Vissim®, de este modo se han realizado para determinar la hora en la que se presenta un mayor número de vehículos, dato de entrada para la simulación virtual de las intersecciones.

Aforos realizados también para determinar la hora más crítica para las intersecciones en estudio en la que se presentan mayor número de vehículos por hora, en estos aforos se tuvieron en cuenta automóviles, buses (BRT de baja calidad y SITP) y camiones C2, que son los que se presentan mayormente en las intersecciones, las motos, ciclomotores y ciclas no fueron evaluadas debido a que el *software* de simulación obtenido (versión estudiantil) no contiene esta facilidad.

En los siguientes numerales podemos referirnos a los formatos y graficas usadas para la modelación de las intersecciones en estudio, en donde podemos observar para cada movimiento de cada intersección (subtitulado en negrilla) el mayor número de vehículos por hora para diseñar la condición actual más crítica de las intersecciones en estudio. El detalle completo lo podemos observar en los anexos digitales (1-44),

7.2.1. Intersección Calle 39

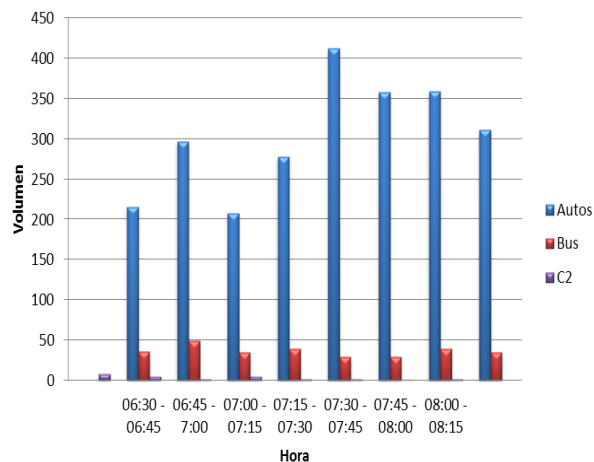
Movimiento 1

Fecha: 18-11-2015	Intersección:
Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30	CALLE 39 POR CARRERA 7
Condicion Climatica: SOLEADO	
Aforador: OSCAR VILLAMIZAR	Movimiento aforado: 1
Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR	

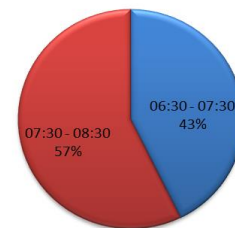


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	216	36	8	0	0	0	0	260		
06:45 - 7:00	297	49	5	0	0	0	0	351		
07:00 - 07:15	208	35	2	0	0	0	0	245		
07:15 - 07:30	278	39	5	0	0	0	0	322	1178	42.71%
07:30 - 07:45	412	30	2	0	0	0	0	444	1362	
07:45 - 08:00	358	29	2	0	0	0	0	389	1400	
08:00 - 08:15	359	39	1	0	0	0	0	399	1554	
08:15 - 08:30	311	35	2	0	0	0	0	348	1580	57.29%
Volumen 2h	2439	292	27	0	0	0	0	2758	2758	100.00%
Composicion	88.43%	10.59%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%		
06:15-07:15	999	159	20	0	0	0	0	1178	FHP=	Vol max.
Composicion	84.80%	13.50%	1.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0.88964	1580
07:15-08:15	1440	133	7	0	0	0	0	1580	FHP=	Vol min.
Composicion	91.14%	8.42%	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.839031	1178

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 1



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA





Movimiento 2.

Fecha: 18-11-2015

Interseccion:

Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30

CALLE 39 POR CARRERA 7

Condicion Climatica: SOLEADO

Aforador: Oscar villamizar

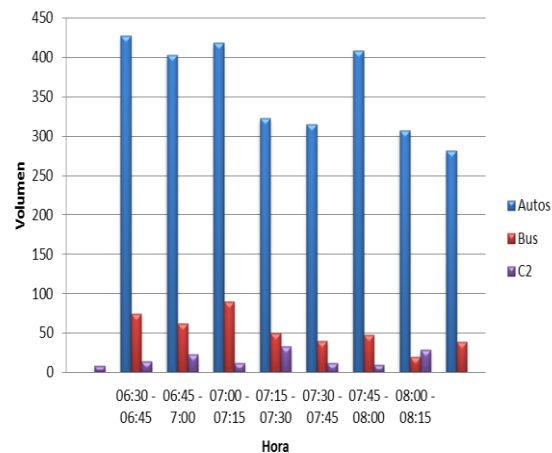
Movimiento aforado: 2

Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR

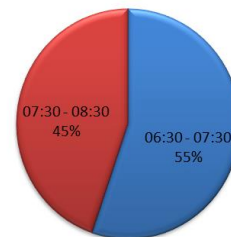


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	427	74	8	0	0	0	0	509		
06:45 - 7:00	403	62	14	0	0	0	0	479		
07:00 - 07:15	418	90	23	0	0	0	0	531		
07:15 - 07:30	322	50	12	0	0	0	0	384	1903	55.24%
07:30 - 07:45	315	40	33	0	0	0	0	388	1782	
07:45 - 08:00	408	48	12	0	0	0	0	468	1771	
08:00 - 08:15	307	20	10	0	0	0	0	337	1577	
08:15 - 08:30	281	39	29	0	0	0	0	349	1542	44.76%
Volumen 2h	2881	423	141	0	0	0	0	3445	3445	100.00%
Composicion	83.63%	12.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%		
06:15-07:15	1570	276	57	0	0	0	0	1903	FHP=	Vol max.
Composicion	82.50%	14.50%	3.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100%	0.895951	1903
07:15-08:15	1311	147	84	0	0	0	0	1542	FHP=	Vol min.
Composicion	85.02%	9.53%	5.45%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.823718	1542

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 2



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Movimiento 4.

Fecha: 18-11-2015

Interseccion:

Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30

CALLE 39 POR CARRERA 7

Condicion Climatica: SOLEADO

Aforador: JOSEP FERNANDO CALLEJAS CHINCHILLA

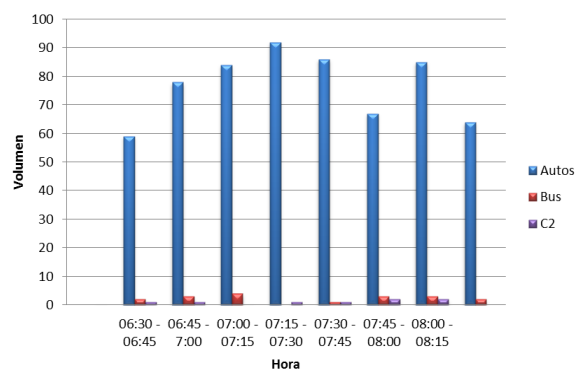
Movimiento aforado: 4

Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR

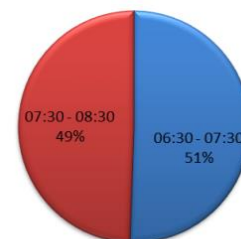


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	59	2	0	0	0	0	0	61		
06:45 - 7:00	78	3	1	0	0	0	0	82		
07:00 - 07:15	84	4	1	0	0	0	0	89		
07:15 - 07:30	92	0	0	0	0	0	0	92	324	50.55%
07:30 - 07:45	86	1	1	0	0	0	0	88	351	
07:45 - 08:00	67	3	1	0	0	0	0	71	340	
08:00 - 08:15	85	3	2	0	0	0	0	90	341	
08:15 - 08:30	64	2	2	0	0	0	0	68	317	49.45%
Volumen 2h	615	18	8	0	0	0	0	641	641	100.00%
Composicion	95.94%	2.81%	1.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
06:15-07:15	313	9	2	0	0	0	0	324	FHP=	Vol max.
Composicion	96.60%	2.78%	0.62%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.953804	351
07:15-08:15	302	9	6	0	0	0	0	317	FHP=	Vol min.
Composicion	95.27%	2.84%	1.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.880556	317

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 4



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Movimiento 7.

Fecha: 18-11-2015

Interseccion:

Hora Inicio: 17:00 Hora Final: 19:00

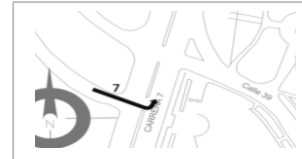
CALLE 39 POR CARRERA 7

Condicion Climatica: SOLEADO

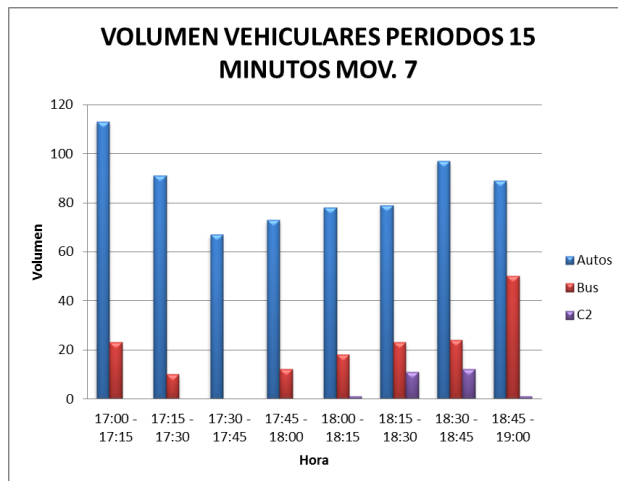
Aforador: Kevin morales

Movimiento aforado: 7

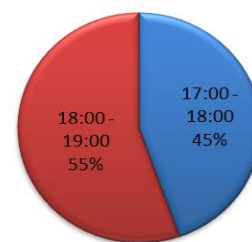
Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR



Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
17:00 - 17:15	113	23	0	0	0	0	0	136		
17:15 - 17:30	91	10	0	0	0	0	0	101		
17:30 - 17:45	67	0	0	0	0	0	0	67		
17:45 - 18:00	73	12	0	0	0	0	0	85	389	44.61%
18:00 - 18:15	78	18	1	0	0	0	0	97	350	
18:15 - 18:30	79	23	11	0	0	0	0	113	362	
18:30 - 18:45	97	24	12	0	0	0	0	133	428	
18:45 - 19:00	89	50	1	0	0	0	0	140	483	55.39%
Volumen 2h	687	160	25	0	0	0	0	872	872	100.00%
Composicion	78.78%	18.35%	2.87%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
17:00 - 18:00	344	45	0	0	0	0	0	389	FHP=	Vol max.
Composicion	88.43%	11.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.8625	483
18:00 - 19:00	343	115	25	0	0	0	0	483	FHP=	Vol min.
Composicion	71.01%	23.81%	5.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.866337	350



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA





Movimiento 8.

Fecha: 18-11-2015

Interseccion:

Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30

CALLE 39 POR CARRERA 7

Condicion Climatica: SOLEADO

Aforador: JOSEP FERNANDO CALLEJAS CHINCHILLA

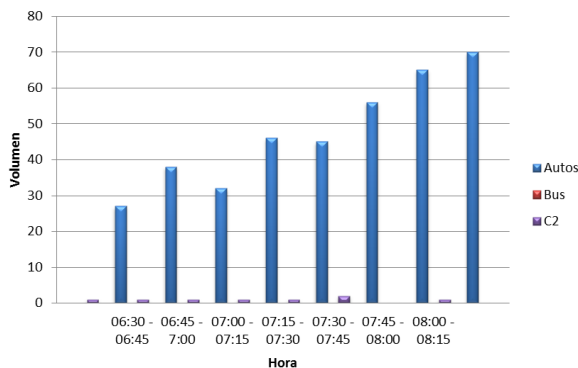
Movimiento aforado: 8

Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR

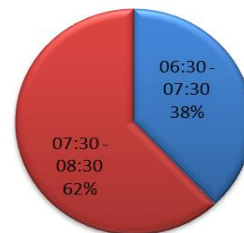


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	27	0	1	0	0	0	0	28		
06:45 - 7:00	38	0	1	0	0	0	0	39		
07:00 - 07:15	32	0	1	0	0	0	0	33		
07:15 - 07:30	46	0	1	0	0	0	0	47	147	37.98%
07:30 - 07:45	45	0	1	0	0	0	0	46	165	
07:45 - 08:00	56	0	2	0	0	0	0	58	184	
08:00 - 08:15	65	0	0	0	0	0	0	65	216	
08:15 - 08:30	70	0	1	0	0	0	0	71	240	62.02%
Volumen 2h	379	0	8	0	0	0	0	387	387	100.00%
Composicion	97.93%	0.00%	2.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
06:15-07:15	143	0	4	0	0	0	0	147	FHP=	Vol max.
Composicion	97.28%	0.00%	2.72%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.84507	240
07:15-08:15	236	0	4	0	0	0	0	240	FHP=	Vol min.
Composicion	98.33%	0.00%	1.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.781915	147

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 8



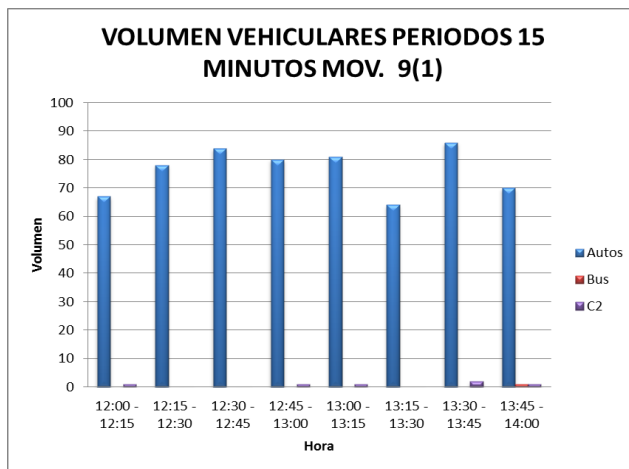
VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Movimiento 9 (1).

Fecha: 18-11-2015	Interseccion:	
Hora Inicio: 12:00 Hora Final: 14:00	CALLE 39 POR CARRERA 7	
Condicion Climatica: SOLEADO		
Aforador: DANIEL POTIER	Movimiento aforado: 9 (1)	
Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR		

Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
12:00 - 12:15	67	0	1	0	0	0	0	68		
12:15 - 12:30	78	0	0	0	0	0	0	78		
12:30 - 12:45	84	0	0	0	0	0	0	84		
12:45 - 13:00	80	0	1	0	0	0	0	81	311	50.41%
13:00 - 13:15	81	0	1	0	0	0	0	82	325	
13:15 - 13:30	64	0	0	0	0	0	0	64	311	
13:30 - 13:45	86	0	2	0	0	0	0	88	315	
13:45 - 14:00	70	1	1	0	0	0	0	72	306	49.59%
Volumen 2h	610	1	6	0	0	0	0	617	617	100.00%
Composicion	98.87%	0.16%	0.97%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
12:00 - 13:00	309	0	2	0	0	0	0	311	FHP=	Vol max.
Composicion	99.36%	0.00%	0.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.967262	325
13:00 - 14:00	301	1	4	0	0	0	0	306	FHP=	Vol min.
Composicion	98.37%	0.33%	1.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.869318	306



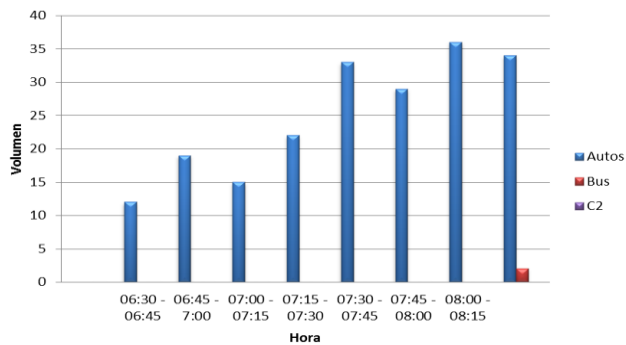


Movimiento 9 (3).

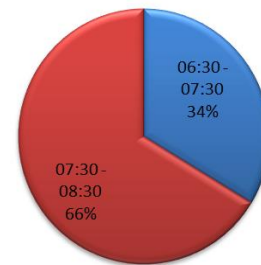
Fecha: 18-11-2015	Interseccion:	
Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30	CALLE 39 POR CARRERA 7	
Condicion Climatica: SOLEADO		
Aforador: DANIEL POTIER	Movimiento aforado: 9(3)	
Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR		

Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	12	0	0	0	0	0	0	12		
06:45 - 7:00	19	0	0	0	0	0	0	19		
07:00 - 07:15	15	0	0	0	0	0	0	15		
07:15 - 07:30	22	0	0	0	0	0	0	22	68	33.66%
07:30 - 07:45	33	0	0	0	0	0	0	33	89	
07:45 - 08:00	29	0	0	0	0	0	0	29	99	
08:00 - 08:15	36	0	0	0	0	0	0	36	120	
08:15 - 08:30	34	2	0	0	0	0	0	36	134	66.34%
Volumen 2h	200	2	0	0	0	0	0	202	202	100.00%
Composicion	99.01%	0.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
06:15-07:15	68	0	0	0	0	0	0	68	FHP=	Vol max.
Composicion	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.930556	134
07:15-08:15	132	2	0	0	0	0	0	134	FHP=	Vol min.
Composicion	98.51%	1.49%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.772727	68

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 9(3)



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA





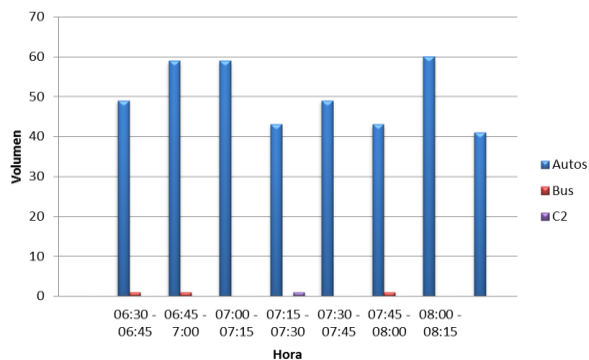
Movimiento 9 (4).

Fecha: 18-11-2015	Interseccion:
Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30	CALLE 39 POR CARRERA 7
Condicion Climatica: SOLEADO	
Aforador: JOSEP FERNANDO CALLEJAS CHINCHILLA	Movimiento aforado: 9(4)
Supervisor: OSCAR VILLAMIZAR	

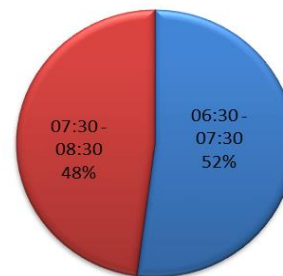


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	49	1	0	0	0	0	0	50		
06:45 - 7:00	59	1	0	0	0	0	0	60		
07:00 - 07:15	59	0	0	0	0	0	0	59		
07:15 - 07:30	43	0	0	0	0	0	0	43	212	52.09%
07:30 - 07:45	49	0	1	0	0	0	0	50	212	
07:45 - 08:00	43	1	0	0	0	0	0	44	196	
08:00 - 08:15	60	0	0	0	0	0	0	60	197	
08:15 - 08:30	41	0	0	0	0	0	0	41	195	47.91%
Volumen 2h	403	3	1	0	0	0	0	407	407	100.00%
Composicion	99.02%	0.74%	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
06:15-07:15	210	2	0	0	0	0	0	212	FHP=	Vol max.
Composicion	99.06%	0.94%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.883333	212
07:15-08:15	193	1	1	0	0	0	0	195	FHP=	Vol min.
Composicion	98.97%	0.51%	0.51%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.8125	195

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 9 (4)



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Para la intersección de la calle 39 por carrera 7 se elaboraron los aforos el día 18 de noviembre del 2015 con una duración de 6 horas, distribuidos en horarios los cuales se considera hora pico para la ciudad de Bogotá de 06:30 a 08:30, de 12:00 a 14:00 y de 17:00 a 19:00 debido a que son los horarios en los que las personas viajan hacia su destino o su origen, esto debido al gran número de viajes que tienen su origen en el sur y su destino en el norte.

Tabla 4. Resultados Aforo Calle 39 por Carrera 7

	MOVIMIENTOS (Veh/Hora) Calle 39 por Carrera 7							
	1	2	4	7	8	9(1)	9(3)	9(4)
06:30 - 08:30	1508	1903	351	345	240	300	134	212
12:00 - 14:00	1232	1318	303	358	124	325	95	142
17:00 - 19:00	1084	1598	332	483	127	281	102	149

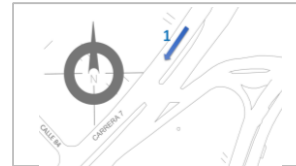
Fuente: Propia

En la anterior tabla se presentan los volúmenes máximos de vehículos, buses y camiones por hora en cada movimiento y por cada intervalo de horario aforado, los resultados subrayados en rojo son los valores de diseño de nuestro modelo virtual de la intersección ya que son los volúmenes máximos, se puede observar que la mayoría de movimientos presentan su volumen más alto en el horario de 06:30 a 08:30 esto debido a que es el tiempo en el que más crítica se presenta la intersección al momento de sumar todos los veh/hora en cada movimiento obtuvimos un total de 4993 veh/hora situados en la intersección.

7.2.2. Intersección Calle 85

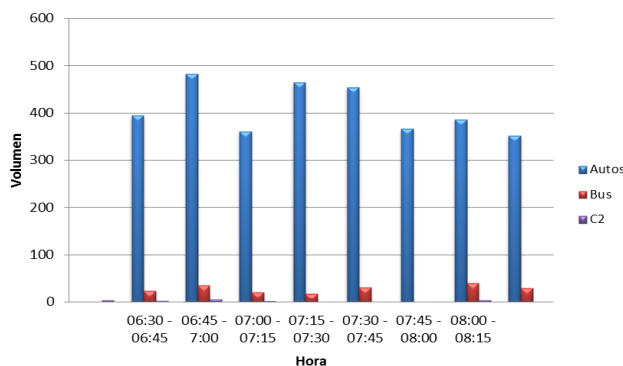
Movimiento 1.

Fecha: 19-11-2015	Interseccion:
Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30	CALLE 85 POR CARRERA 7
Condicion Climatica: SOLEADO	
Aforador: Oscar villamizar	Movimiento aforado: 1
Supervisor: JOSEP FERNANDO CALLEJAS	

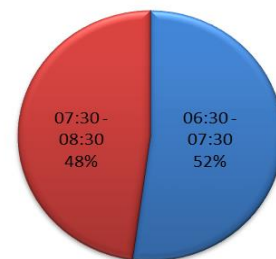


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	394	24	4	0	0	0	0	422		
06:45 - 7:00	482	35	3	0	0	0	0	520		
07:00 - 07:15	360	21	6	0	0	0	0	387		
07:15 - 07:30	464	17	2	0	0	0	0	483	1812	52.17%
07:30 - 07:45	454	30	0	0	0	0	0	484	1874	
07:45 - 08:00	366	0	0	0	0	0	0	366	1720	
08:00 - 08:15	386	40	0	0	0	0	0	426	1759	
08:15 - 08:30	352	29	4	0	0	0	0	385	1661	47.83%
Volumen 2h	3258	196	19	0	0	0	0	3473	3473	100.00%
Composicion	93.81%	5.64%	0.55%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
06:15-07:15	1700	97	15	0	0	0	0	1812	FHP=	Vol max.
Composicion	93.82%	5.35%	0.83%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	1.210594	1874
07:15-08:15	1558	99	4	0	0	0	0	1661	FHP=	Vol min.
Composicion	93.80%	5.96%	0.24%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	1.134563	1661

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 1



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Movimiento 2.

Fecha: 19-11-2015

Interseccion:

Hora Inicio: 17:00 Hora Final: 19:00

CALLE 85 POR CARRERA 7

Condicion Climatica: SOLEADO

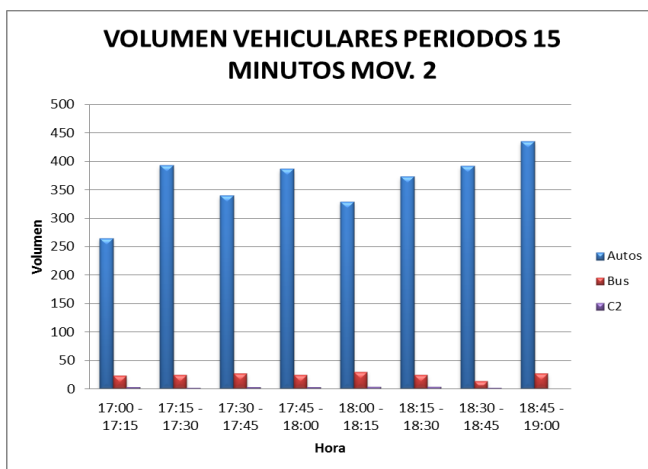
Aforador: Oscar villamizar

Movimiento aforado: 2

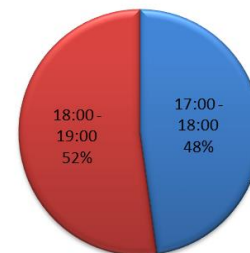
Supervisor: JOSEP FERNANDO CALLEJAS



Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
17:00 - 17:15	265	23	3	0	0	0	0	291		
17:15 - 17:30	393	24	2	0	0	0	0	419		
17:30 - 17:45	340	27	3	0	0	0	0	370		
17:45 - 18:00	387	24	3	0	0	0	0	414	1494	47.76%
18:00 - 18:15	329	30	4	0	0	0	0	363	1566	
18:15 - 18:30	373	24	4	0	0	0	0	401	1548	
18:30 - 18:45	392	14	2	0	0	0	0	408	1586	
18:45 - 19:00	435	27	0	0	0	0	0	462	1634	52.24%
Volumen 2h	2914	193	21	0	0	0	0	3128	3128	100.00%
Composicion	93.16%	6.17%	0.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
17:00 - 18:00	1385	98	11	0	0	0	0	1494	FHP=	Vol max.
Composicion	92.70%	6.56%	0.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.884199	1634
18:00 - 19:00	1529	95	10	0	0	0	0	1634	FHP=	Vol min.
Composicion	93.57%	5.81%	0.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.891408	1494

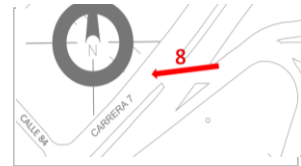


VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



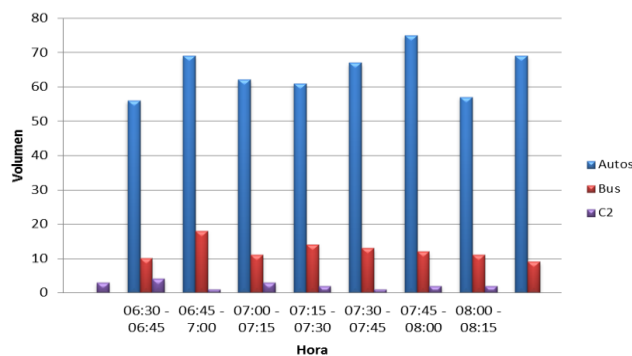
Movimiento 8.

Fecha: 19-11-2015	Interseccion:
Hora Inicio: 06:30 Hora Final: 08:30	CALLE 85 POR CARRERA 7
Condicion Climatica: SOLEADO	
Aforador: JOSEP FERNANDO CALLEJAS	Movimiento aforado: 8
Supervisor: JOSEP FERNANDO CALLEJAS	

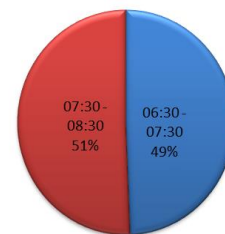


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
06:30 - 06:45	56	10	3	0	0	0	0	69		
06:45 - 7:00	69	18	4	0	0	0	0	91		
07:00 - 07:15	62	11	1	0	0	0	0	74		
07:15 - 07:30	61	14	3	0	0	0	0	78	312	49.37%
07:30 - 07:45	67	13	2	0	0	0	0	82	325	
07:45 - 08:00	75	12	1	0	0	0	0	88	322	
08:00 - 08:15	57	11	2	0	0	0	0	70	318	
08:15 - 08:30	69	9	2	0	0	0	0	80	320	50.63%
Volumen 2h	516	98	18	0	0	0	0	632	632	100.00%
Composicion	81.65%	15.51%	2.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
06:15-07:15	248	53	11	0	0	0	0	312	FHP=	Vol max.
Composicion	79.49%	16.99%	3.53%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.892857	325
07:15-08:15	268	45	7	0	0	0	0	320	FHP=	Vol min.
Composicion	83.75%	14.06%	2.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.857143	312

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 8



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Movimiento 9 (2).

Fecha: 19-11-2015

Interseccion:

Hora Inicio: 17:00 Hora Final: 19:00

CALLE 85 POR CARRERA 7

Condicion Climatica: SOLEADO

Aforador: OSCAR VILLAMIZAR

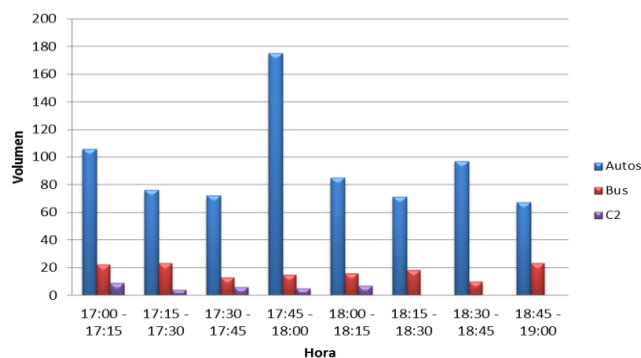
Movimiento aforado: 9(2)

Supervisor: JOSEP FERNANDO CALLEJAS

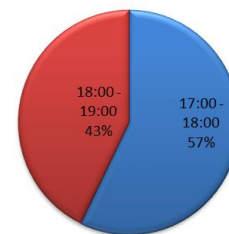


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
17:00 - 17:15	106	22	9	0	0	0	0	137		
17:15 - 17:30	76	23	4	0	0	0	0	103		
17:30 - 17:45	72	13	6	0	0	0	0	91		
17:45 - 18:00	175	15	5	0	0	0	0	195	526	57.17%
18:00 - 18:15	85	16	7	0	0	0	0	108	497	
18:15 - 18:30	71	18	0	0	0	0	0	89	483	
18:30 - 18:45	97	10	0	0	0	0	0	107	499	
18:45 - 19:00	67	23	0	0	0	0	0	90	394	42.83%
Volumen 2h	749	140	31	0	0	0	0	920	920	100.00%
Composicion	81.41%	15.22%	3.37%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
17:00 - 18:00	429	73	24	0	0	0	0	526	FHP=	Vol max.
Composicion	81.56%	13.88%	4.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.674359	526
18:00 - 19:00	320	67	7	0	0	0	0	394	FHP=	Vol min.
Composicion	81.22%	17.01%	1.78%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.912037	394

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 9(2)

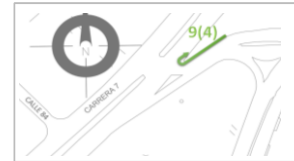


VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



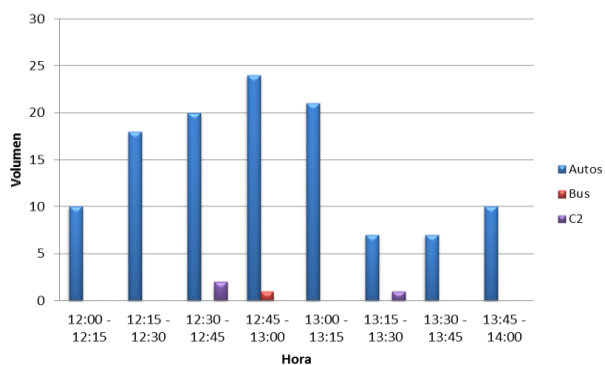
Movimiento 9 (4).

Fecha: 19-11-2015	Interseccion:
Hora Inicio: 12:00 Hora Final: 14:00	CALLE 85 POR CARRERA 7
Condicion Climatica: SOLEADO	
Aforador: Oscar villamizar	Movimiento aforado: 9(4)
Supervisor: JOSEP FERNANDO CALLEJAS	

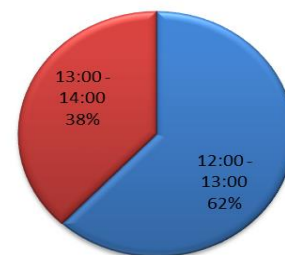


Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
12:00 - 12:15	10	0	0	0	0	0	0	10		
12:15 - 12:30	18	0	0	0	0	0	0	18		
12:30 - 12:45	20	0	2	0	0	0	0	22		
12:45 - 13:00	24	1	0	0	0	0	0	25	75	61.98%
13:00 - 13:15	21	0	0	0	0	0	0	21	86	
13:15 - 13:30	7	0	1	0	0	0	0	8	76	
13:30 - 13:45	7	0	0	0	0	0	0	7	61	
13:45 - 14:00	10	0	0	0	0	0	0	10	46	38.02%
Volumen 2h	117	1	3	0	0	0	0	121	121	100.00%
Composicion	96.69%	0.83%	2.48%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
12:00 - 13:00	72	1	2	0	0	0	0	75	FHP=	Vol max.
Composicion	96.00%	1.33%	2.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.75	75
13:00 - 14:00	45	0	1	0	0	0	0	46	FHP=	Vol min.
Composicion	97.83%	0.00%	2.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.547619	46

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. 9(4)



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



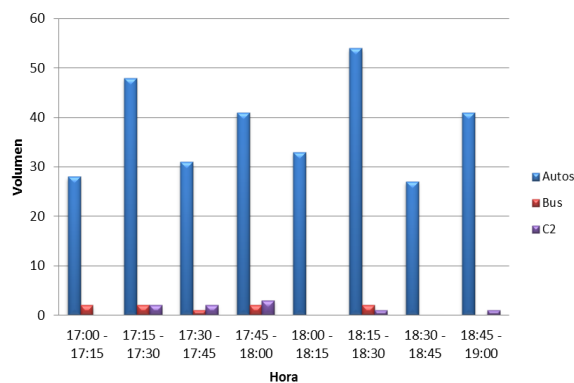


Movimiento Hacia Av. Circunvalar

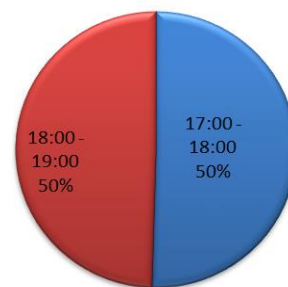
Fecha: 19-11-2015	Interseccion:	
Hora Inicio: 17:00 Hora Final: 19:00	CALLE 85 POR CARRERA 7	
Condicion Climatica: SOLEADO		
Aforador: DANIEL POTIER	Movimiento aforado:	
Supervisor: JOSEP FERNANDO CALLEJAS	Retorno circunvalar	

Hora de Inicio	Autos	Bus	Camiones					Total	Hora	Horaria
			C2	C3	C4	C5	>C5			
17:00 - 17:15	28	2	0	0	0	0	0	30		
17:15 - 17:30	48	2	2	0	0	0	0	52		
17:30 - 17:45	31	1	2	0	0	0	0	34		
17:45 - 18:00	41	2	3	0	0	0	0	46	162	50.47%
18:00 - 18:15	33	0	0	0	0	0	0	33	165	
18:15 - 18:30	54	2	1	0	0	0	0	57	170	
18:30 - 18:45	27	0	0	0	0	0	0	27	163	
18:45 - 19:00	41	0	1	0	0	0	0	42	159	49.53%
Volumen 2h	303	9	9	0	0	0	0	321	321	100.00%
Composicion	94.39%	2.80%	2.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		
17:00 - 18:00	148	7	7	0	0	0	0	162	FHP=	Vol max.
Composicion	91.36%	4.32%	4.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.745614	170
18:00 - 19:00	155	2	2	0	0	0	0	159	FHP=	Vol min.
Composicion	97.48%	1.26%	1.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.697368	159

VOLUMEN VEHICULARES PERIODOS 15 MINUTOS MOV. Retorno circunvalar



VOLUMENES VEHICULARES VARIACION HORARIA



Esta intersección de la calle 85 por carrera 7 es de vital importancia para el tránsito de vehículos hacia el vecino municipio de Bogotá (La Calera), es por eso que se analizaron los movimientos en los horarios que se consideran críticos para la intersección, estos son: 6:30 a 8:30, 12:00 a 14:00 y 17:00 a 19:00, con el fin de determinar los volúmenes máximos en la intersección, también se analizó el movimiento que se puede tomar para el retorno hacia el sur por la Av. Circunvalar ya que el semáforo observado en la ilustración 11 (pag. 37), es gran causante de un punto de conflicto entre buses y autos.

Tabla 5. Resultados Aforo Calle 85 por Carrera 7

	MOVIMIENTOS (Veh/Hora) Calle 85 por Carrera 7					
	1	2	8	9(2)	9(4)	Circunvalar
06:30 - 08:30	1874	1187	325	351	32	120
12:00 - 14:00	1839	1400	289	467	75	137
17:00 - 19:00	1516	1634	222	526	52	170

Fuente: Propia

Para el análisis de estos resultados se tomaron los volúmenes máximos de vehículos, buses y camiones en cada movimiento (señalados en rojo en la Tabla 5) ya que no todos presentan la misma intensidad en el mismo horario, esto conllevó a determinar que la carrera séptima tiene mayor volumen vehicular al sur en las horas de la mañana y también un mayor volumen al norte en las horas de la tarde, esto debido a que gran cantidad de origen de viajes se encuentra en el norte y su destino en el sur hacia el centro de la ciudad.

En las horas de la tarde – noche se presenta mayor número de vehículos por hora que desean tomar hacia el municipio de La Calera.

7.3. Modelación del comportamiento del tráfico vehicular

En el marco de la investigación, para cumplir uno de sus objetivos, fue necesario analizar el comportamiento que tiene el tráfico en tres instancias: comportamiento actual, éste con introducción de los pasos elevados del tren ligero y, finalmente, haciendo una proyección aproximada al año 2020 del tráfico una vez implementados los pasos elevados. Con esto se identificaron con la ayuda del modelo de las intersecciones en estudio; para ello, mediante el uso del *software* Vissim 7 ®, se obtuvieron los siguientes resultados que se indican a continuación.

Para el desarrollo de los modelos, se identificaron las variables mencionadas a continuación.

- Volúmenes vehiculares
- Ciclos semafóricos
- Geometría de la sección
- Número de carriles
- Señalización horizontal
- Sección transversal del paso elevado
- Velocidades de operación

Posteriormente se corrió el software, para luego determinar la operación de la intersección en la Ilustración 20 se indica un ejemplo de entrada al programa como lo es los tipos de vehículos y la velocidad de diseño de la vía; así mismo, la ilustración 22 muestra el ingreso del ciclo semafórico para la Calle 39 por Carrea 7ª esto de gran importancia para la operación.

En la Ilustración 24 se observa una de las salidas obtenidas. Detalles adicionales tanto del programa como del tipo de resultados logrados del programa Vissim puede verse en el Anexo digital 48 y 49 referentes a los videos de la modelación por medio de *software* Vissim.

Ilustración 20. Ingreso al programa de tipo de vehículos y velocidades.

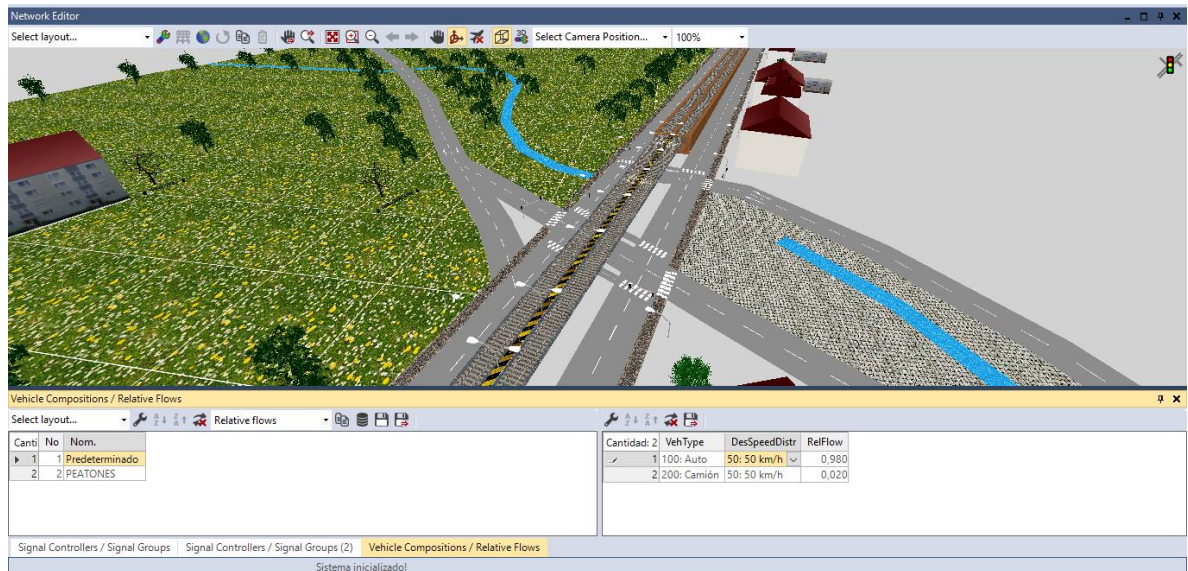


Ilustración 21. Ingreso Peatones y velocidad de peatones.

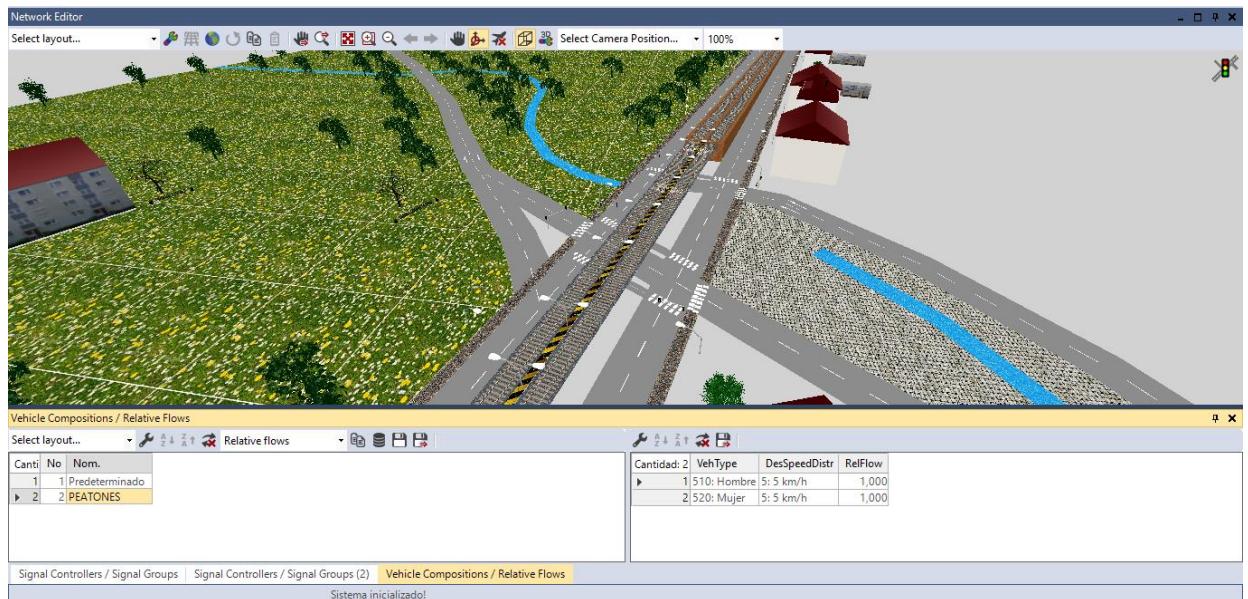


Ilustración 22. Ingreso ciclo semafórico Calle 39 por Carrera 7ª.

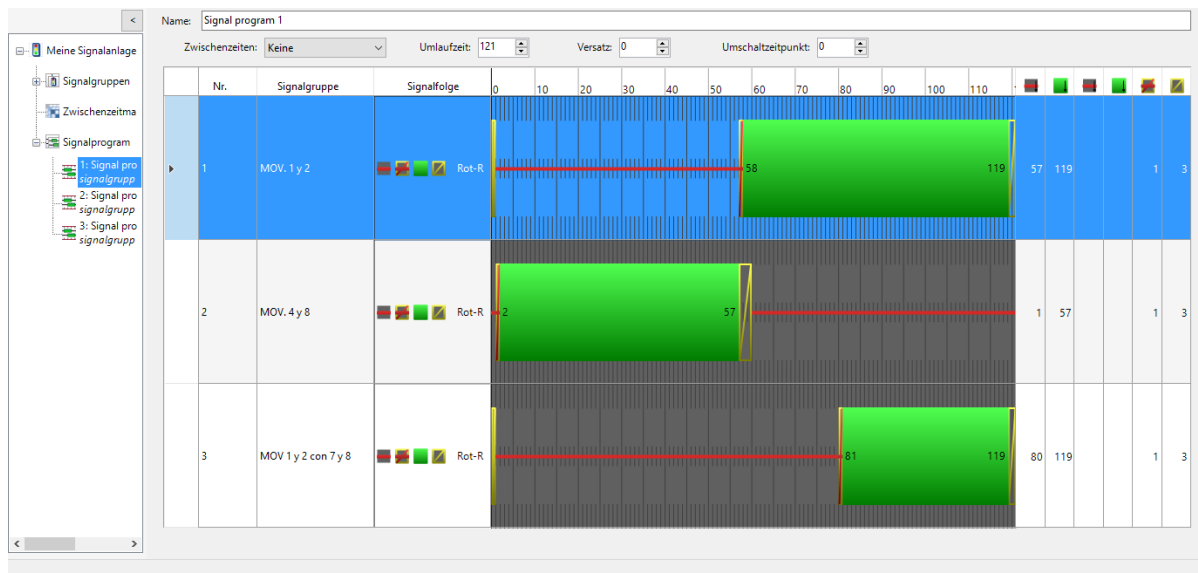


Ilustración 23. Ingreso ciclo semafórico Calle 85 por Carrera 7ª.

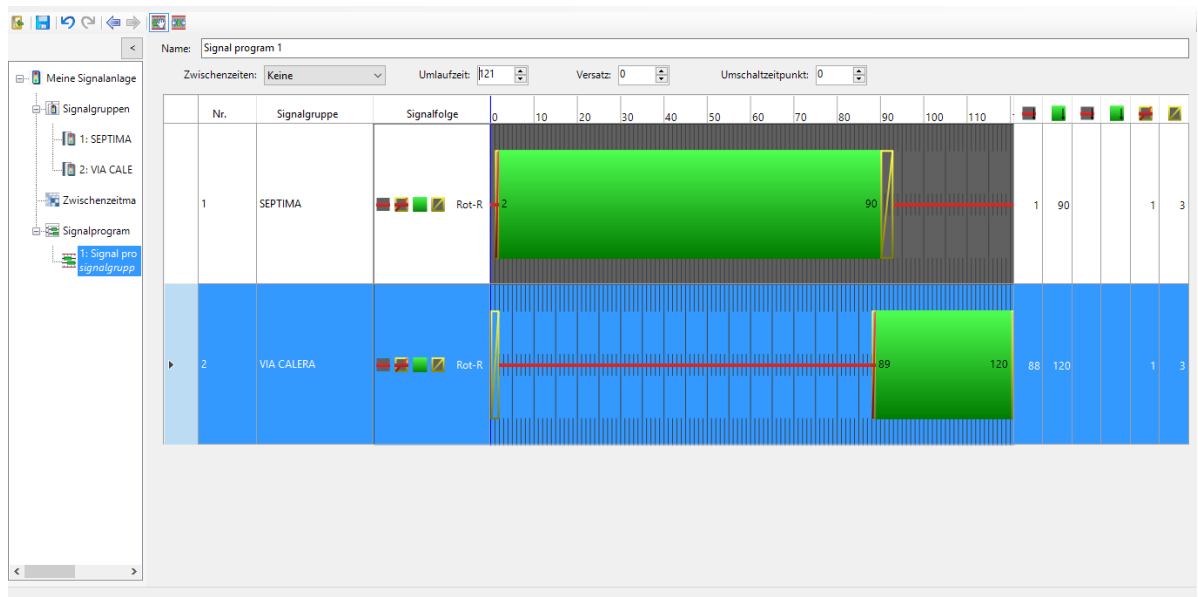
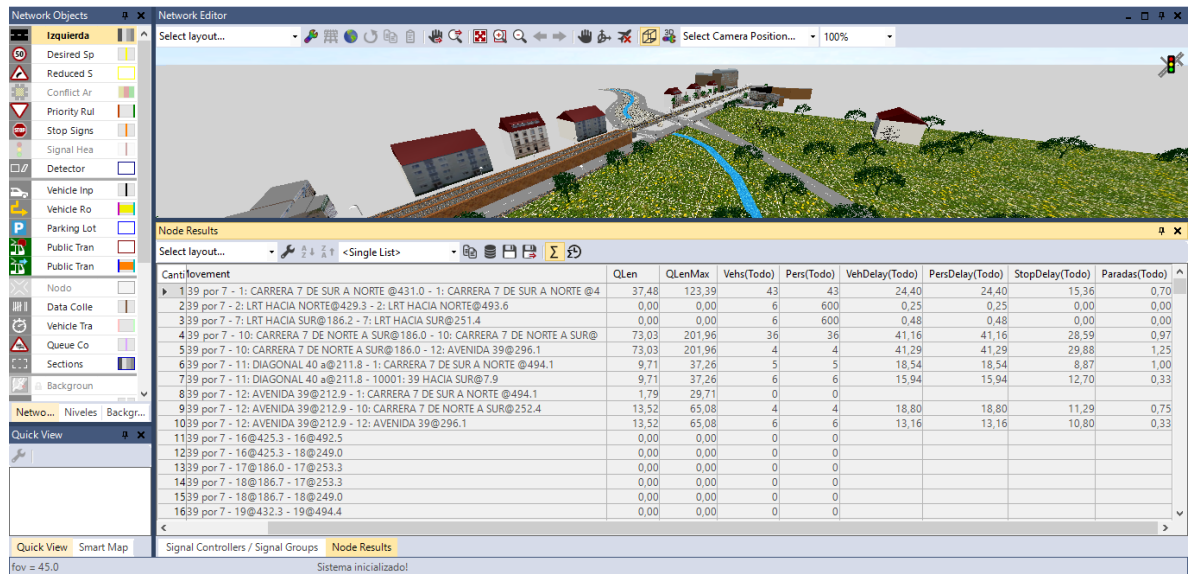


Ilustración 24. Datos de salida *software* Vissim.



En el desarrollo de la modelación, el software realiza el análisis de una zona determinada por el usuario, registrando la información necesaria para determinar el comportamiento del tráfico; para la presente investigación se tuvieron en cuenta los siguientes datos para cada movimiento:

- Longitud de cola.
- Longitud de cola máxima.
- Tiempo de demora de vehículos.
- Tiempo de demora de vehículos detenidos.

Además se obtuvo la siguiente información para cada acceso vial presente en la intersección:

- Tiempo de viaje.
- Densidad vehicular.
- Velocidad promedio

Los siguientes resultados detallados en ilustraciones del *software* fueron tomados de las respectivas modelaciones que se realizaron, se muestran con el fin de analizar las diferentes condiciones presentadas, para un mejor análisis de las modelación se realizaron diferentes anexos digitales (48-53)

7.3.1. Modelos de las condiciones de tráfico vehicular actuales en la carrera séptima por calle 85 y calle 39.

La condición actual de la carrera séptima con gran demanda de pasajeros por hora por sentido hace necesario estudiar distintos modos de transporte más eficientes y sostenibles para el futuro de la ciudad, debido a eso es necesario analizar la condición actual de las dos intersecciones en estudio, ya que en su operación presentan varias deficiencias como se encontró en la inspección visual realizada.

7.3.1.1. Calle 39 condición actual.

A continuación, se presentan los resultados de la condición actual de cada movimiento vehicular de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 39.

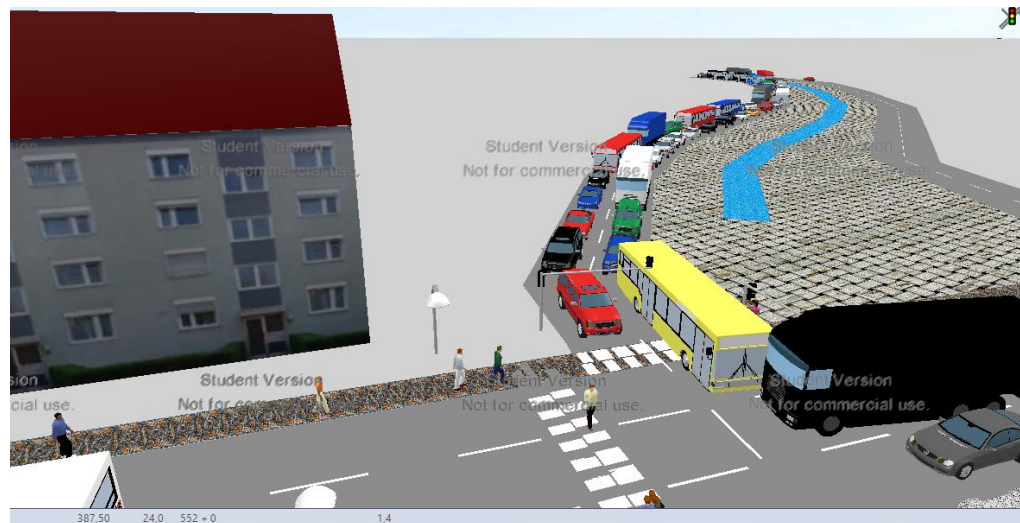
Se puede observar, como muestra la Ilustración 20, las condiciones más críticas que se pueden presentar en la intersección, durante la hora con mayor volumen vehicular; de igual manera las gráficas presentadas demuestran los movimientos o accesos viales que presentan mayor conflicto en características presentadas en el numeral 7.3.1.

Ilustración 25. Conflicto en Mov. 7 Cll. 39 por Cra. 7



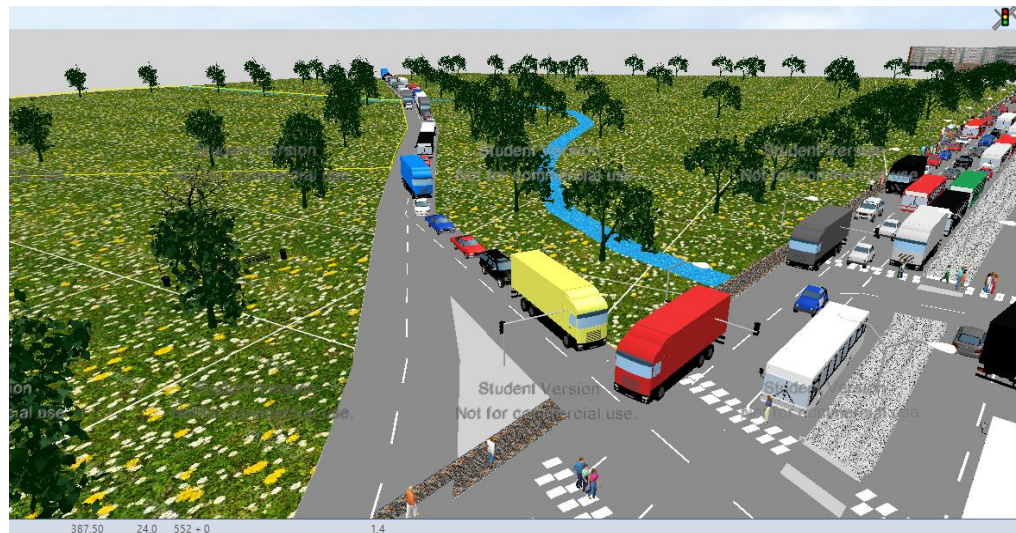
Fuente: Propia

Ilustración 26. Conflicto en Mov. 9(3) y 7 con el Mov. 1 Cll. 39 por Cra. 7



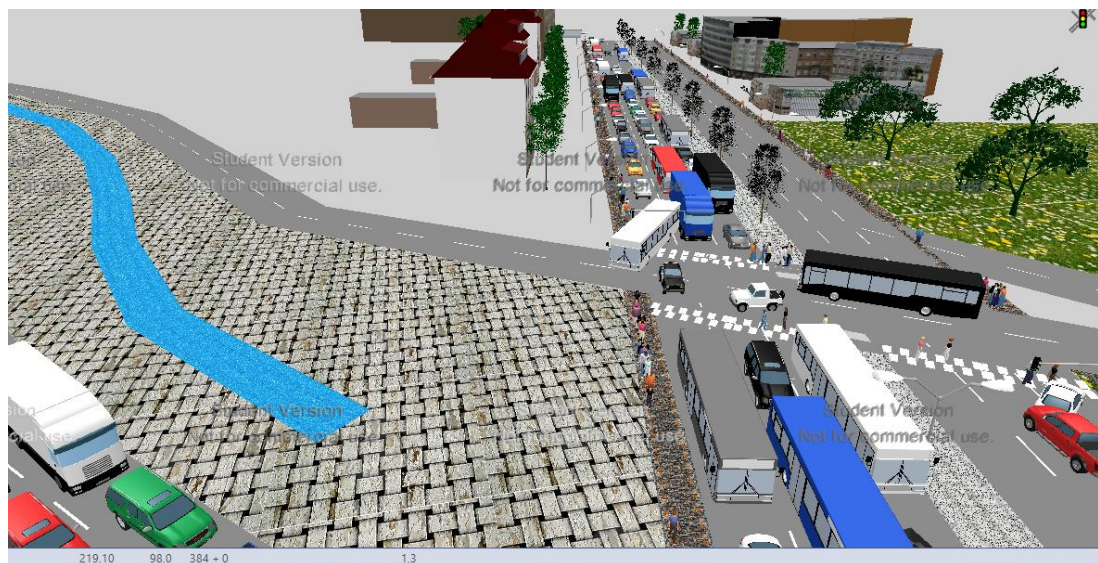
Fuente: Propia

Ilustración 27. Conflicto en Mov. 8 y 4 con el Mov. 2 Cl. 39 por Cra. 7



Fuente: Propia

Ilustración 28. Trancón en Mov. 1 Cl. 39 por Cra. 7



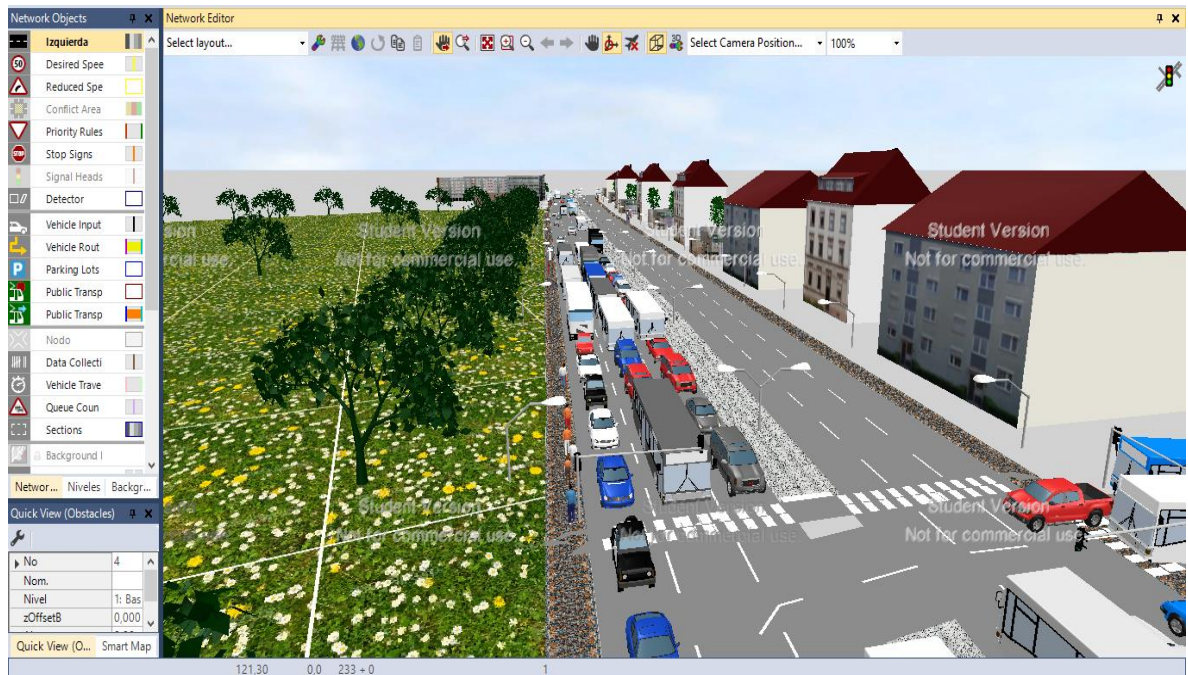
Fuente: Propia

Ilustración 29. Trancón en el Mov. 2 generado por el Mov. 7 Cll. 39 por Cra. 7



Fuente: Propia

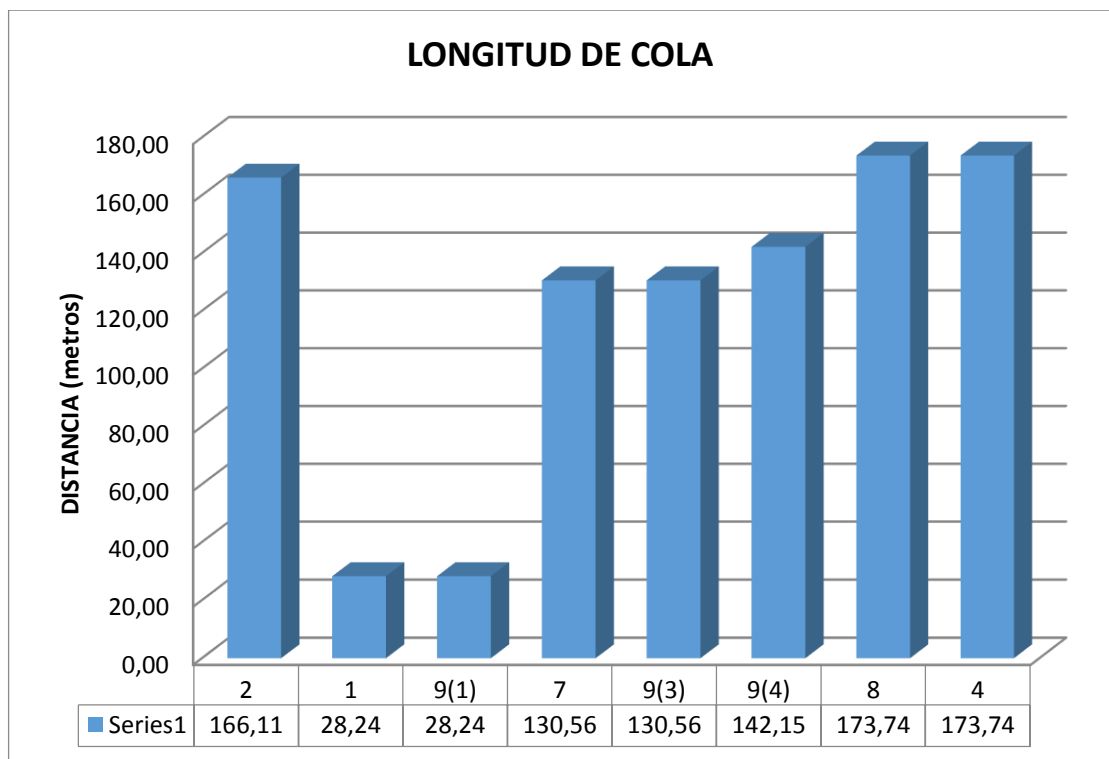
Ilustración 30. Mov. 2 Cll. 39 por Cra. 7



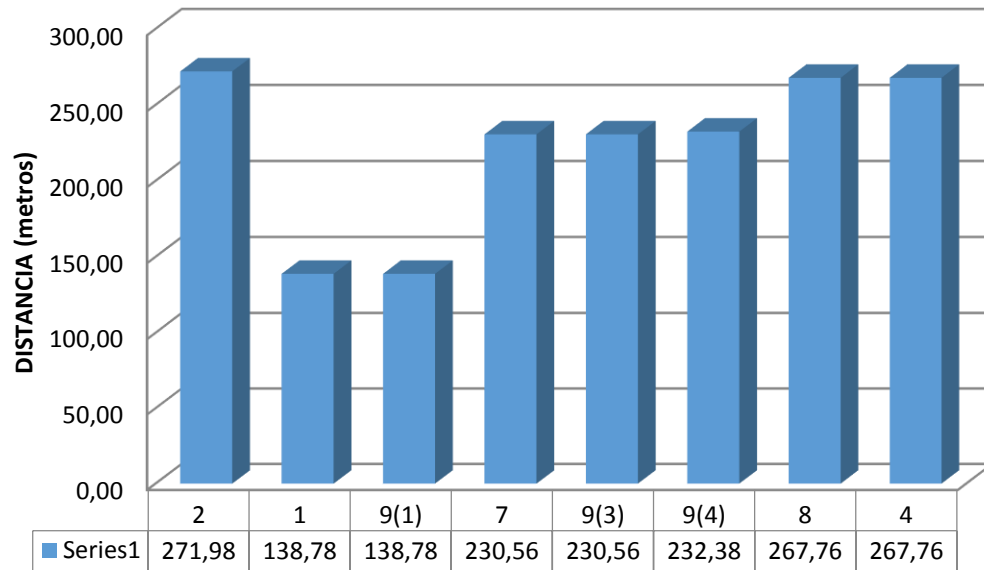
Fuente: Propia

En la Ilustración 26 se observa el conflicto que crea el Mov. 9(3) y 7 con el Mov. 1 esto debido al alto número de vehículos por hora presentes en Mov. 9(3) y 7, en la Ilustración 28. Se observa el trancón en Mov. 1 Cll. 39 por Cra. 7 ya que presenta 1508 veh/hora en el horario de 6:30 a 8:30 también se produce este punto de conflicto debido al siguiente semáforo que controla el volumen vehicular del Mov. 8.

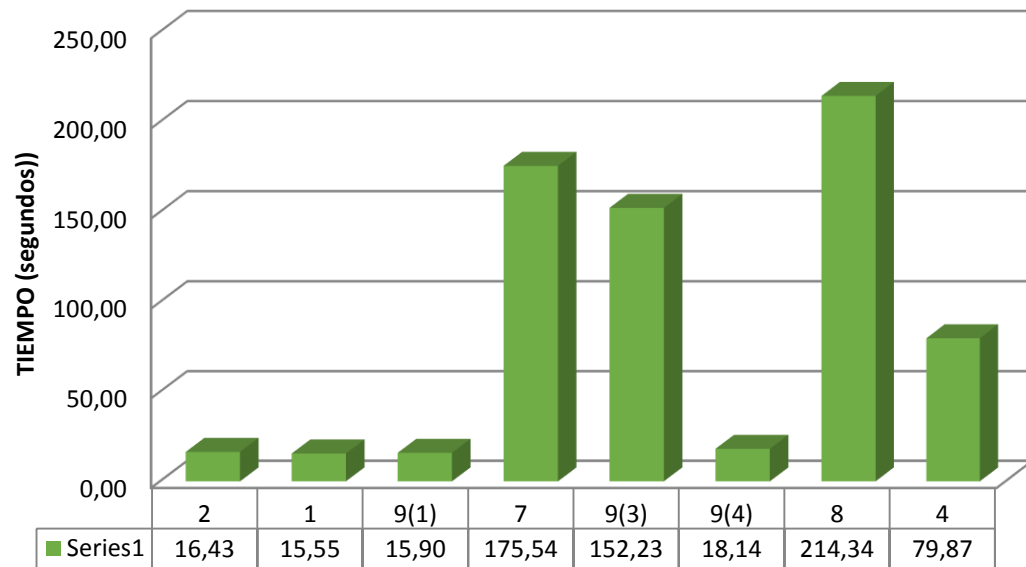
En la Ilustración 29 se observa el conflicto presente en la intersección debido al gran volumen vehicular presente en la diagonal 40ª hacia el norte, en el momento en que este movimiento 7 colapsa, también demora el tránsito del movimiento 2.



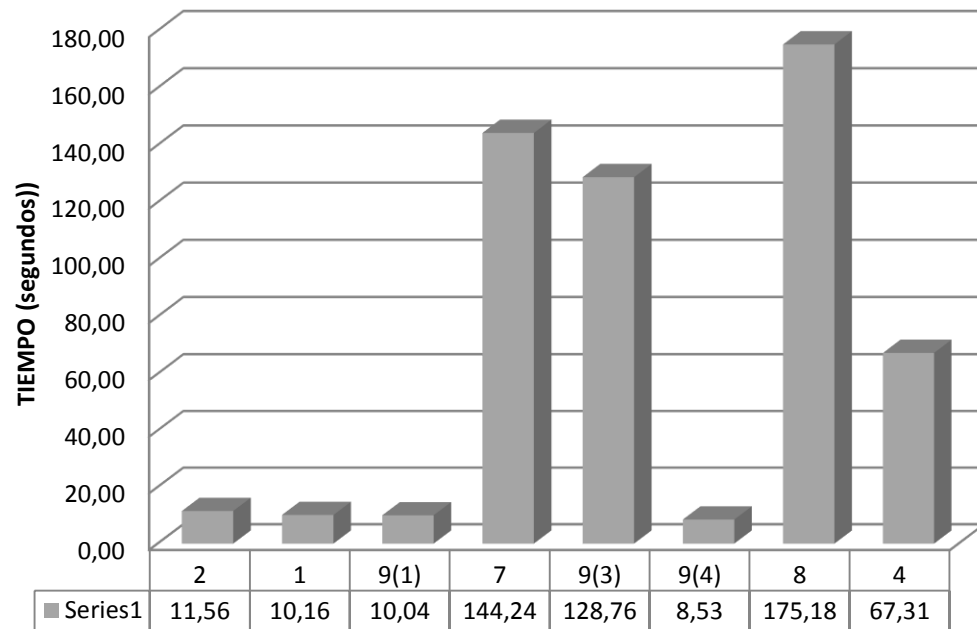
LONGITUD DE COLA MAXIMA



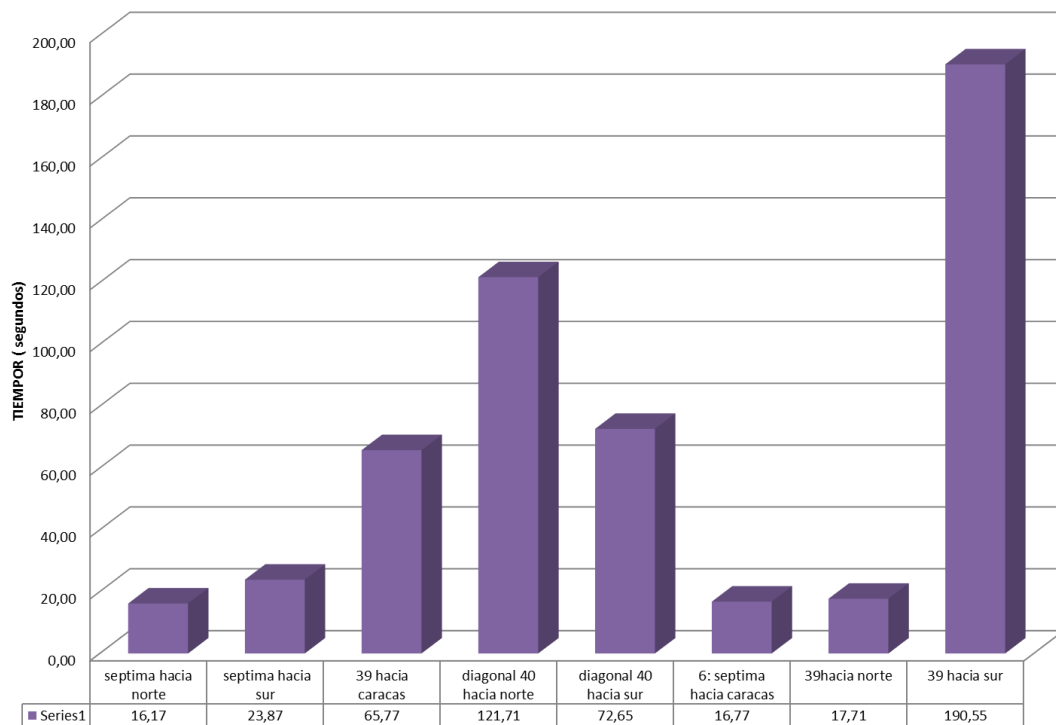
DEMORA DE VEHICULOS



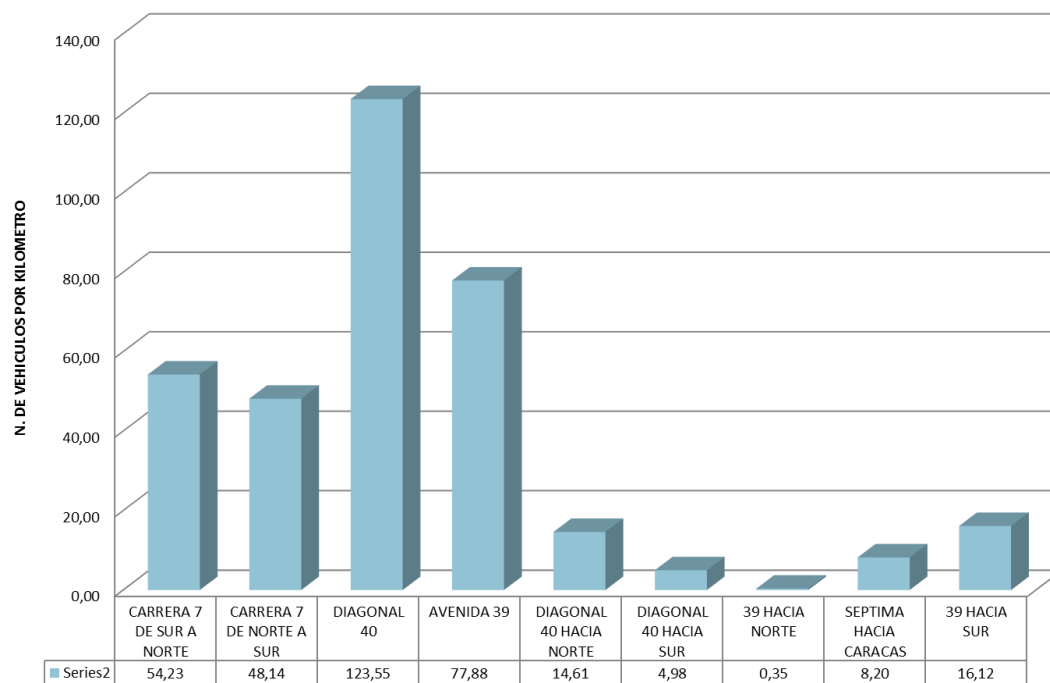
DEMORA POR PARADAS



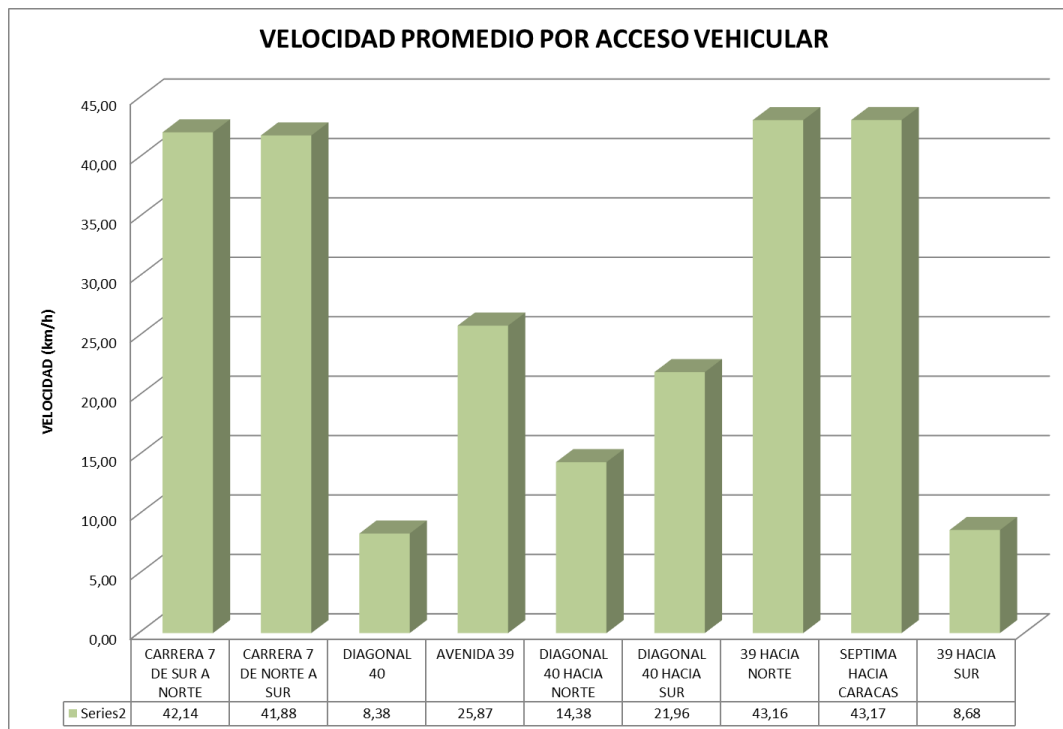
TIEMPO DE VIAJE POR VIA



DENSIDAD VEHICULAR POR ACCESO VEHICULAR



VELOCIDAD PROMEDIO POR ACCESO VEHICULAR



La operación de la condición actual de la intersección refleja, como se puede observar en las tablas de resultados presentadas, algunas de las características más significativas obtenidas mediante la ejecución de la modelación. En primer lugar, se refleja las altas longitudes de cola y cola máxima generadas en los movimientos de la intersección de la calle 39, reflejando la máxima cola en los movimientos 9(4) y 4, tráfico proveniente de la calle 39, hecho que igualmente se refleja en la demora generada por el tráfico sobre el movimiento, en comparación el movimiento 1 refleja la longitud de cola más corta de los movimientos como tráfico proveniente del norte. Las demoras más significativas se obtuvieron en los movimientos 7 y 9(3) los cuales comparten el acceso vial de la calle diagonal 40, además del ya mencionado movimiento 9(4). Respecto a los tiempos de viaje se puede observar como el acceso proveniente de la calle 39 en dirección a la séptima sentido sur (mov. 8) genera el tiempo de viaje más largo para la intersección, seguido del acceso de la calle diagonal 40 en dirección a la séptima norte (mov.7), consecuencia del alto volumen vehicular que toma dicha sección de la intersección (ver ilustración 4). En la gráfica de densidad vehicular por acceso vehicular se puede notar como el acceso de la calle diagonal 40 representa la mayor densidad (veh/km) debido al alto volumen vehicular y las características geométricas de la misma. En promedio, la intersección maneja una velocidad de operación entre 30 – 40 km/h, sin embargo en detalle se puede observar como la carrera séptima, maneja una velocidad de operación relativamente alta en sus dos sentidos, al igual que la conexión de la calle 39 con la séptima, situación aparte que refleja la calle diagonal 40 y el sentido de la calle 39 hacia la séptima sur (8), los cuales representan las velocidades más bajas de operación.

7.3.1.2. Calle 85 condición actual.

A continuación, se presentan los resultados de la condición actual de cada movimiento vehicular de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 85, recordando la vital importancia dentro de la misma debido a la presencia del corredor que permite comunicar a Bogotá con el Municipio de La Calera, problemática que no solo se traduce en los usuarios que hacen uso de esta, sino del servicio de transporte público que por allí transita para realizar dicho recorrido

De igual manera, puede observar las condiciones más críticas que se pueden presentar en la intersección, durante la hora con mayor volumen vehicular; al igual que la presentación de las gráficas que representan los movimientos o accesos viales que presentan mayor conflicto en características presentadas en el numeral 7.3.1.

Ilustración 31. Calle 85 por Carrera 7 vista desde subida a La Calera



Fuente: Propia

Ilustración 32. Calle 85 por Carrera 7 Movimiento 1



Fuente: Propia

Ilustración 33. Calle 85 por Carrera 7 Puntos de conflicto Mov. 1 y 2



Fuente: Propia

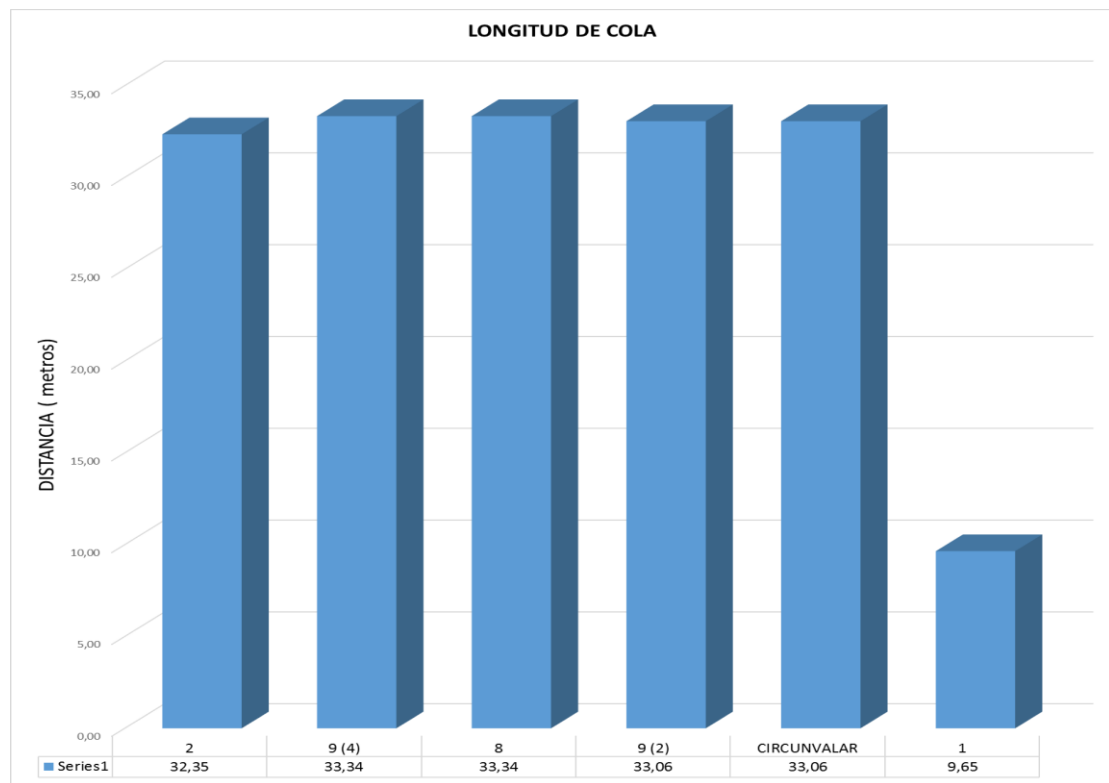
Ilustración 34. Ilustración 33. Calle 85 por Carrera 7 a la derecha Mov. 9(2)

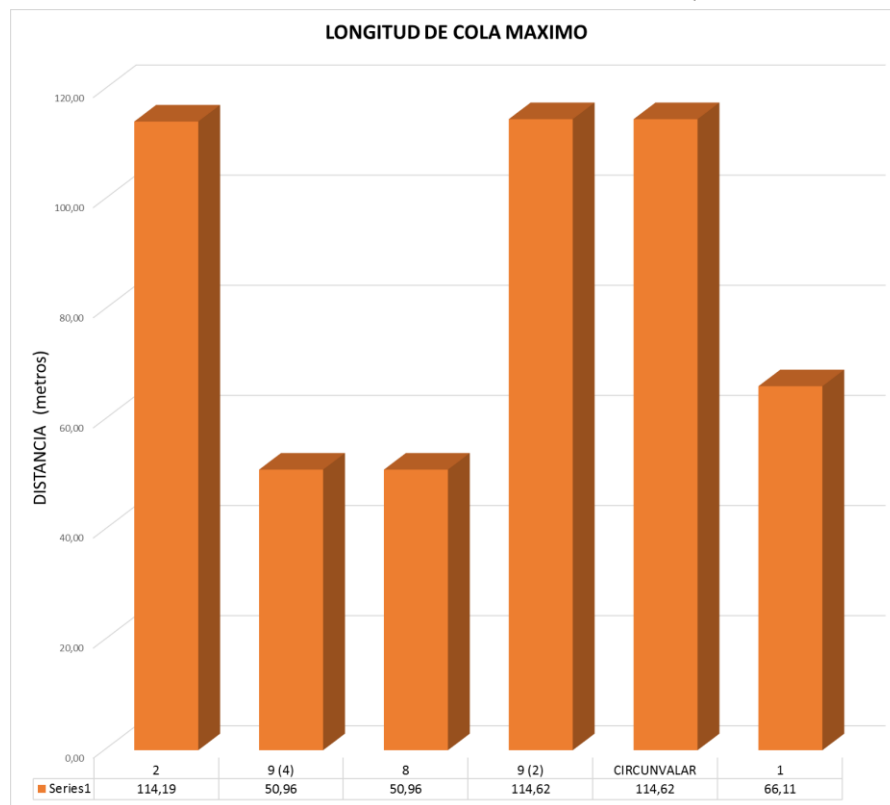


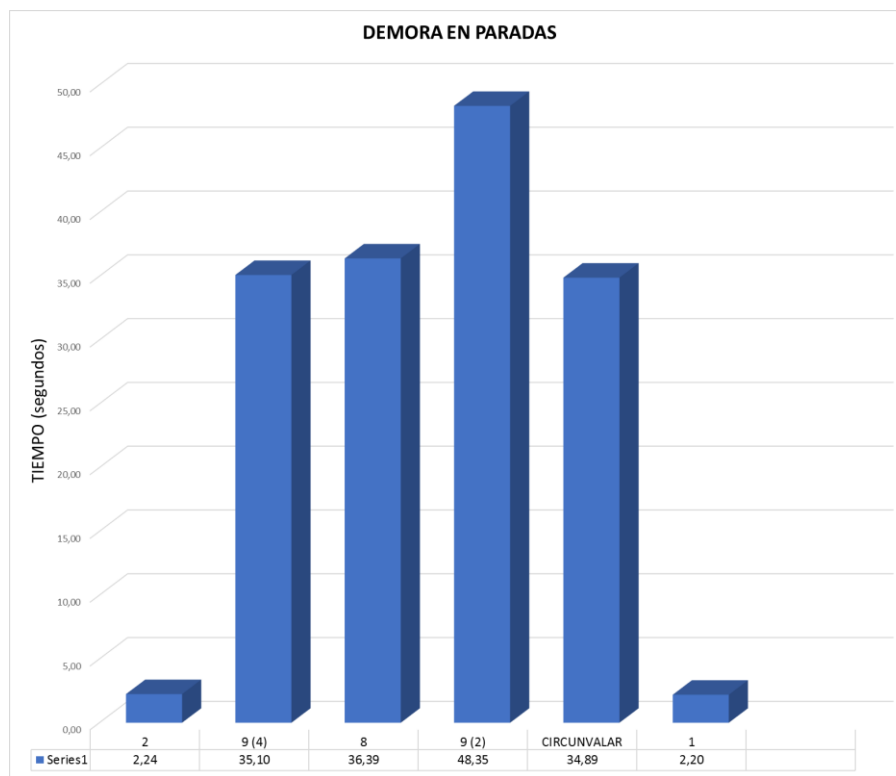
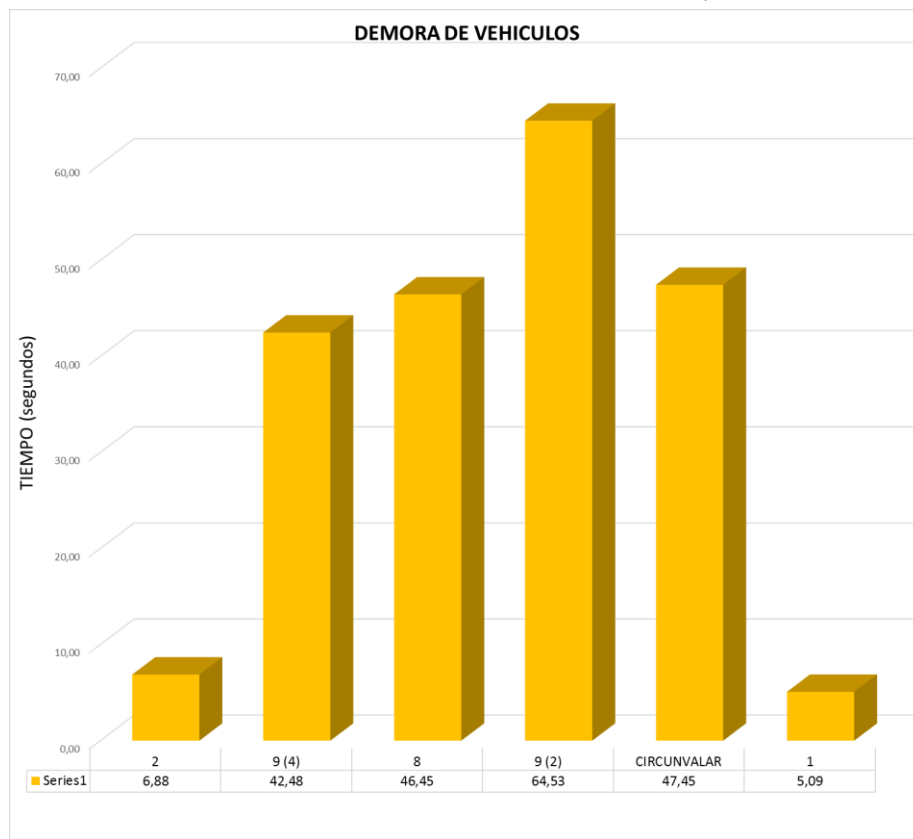
En la ilustración 31 se observa el volumen vehicular que sube y baja de La Calera correspondientes al movimiento 9(2), 9(4) y 8 en donde se crean varios conflictos debido al semáforo situado sobre la Av. Circunvalar en el mov. 9(2).

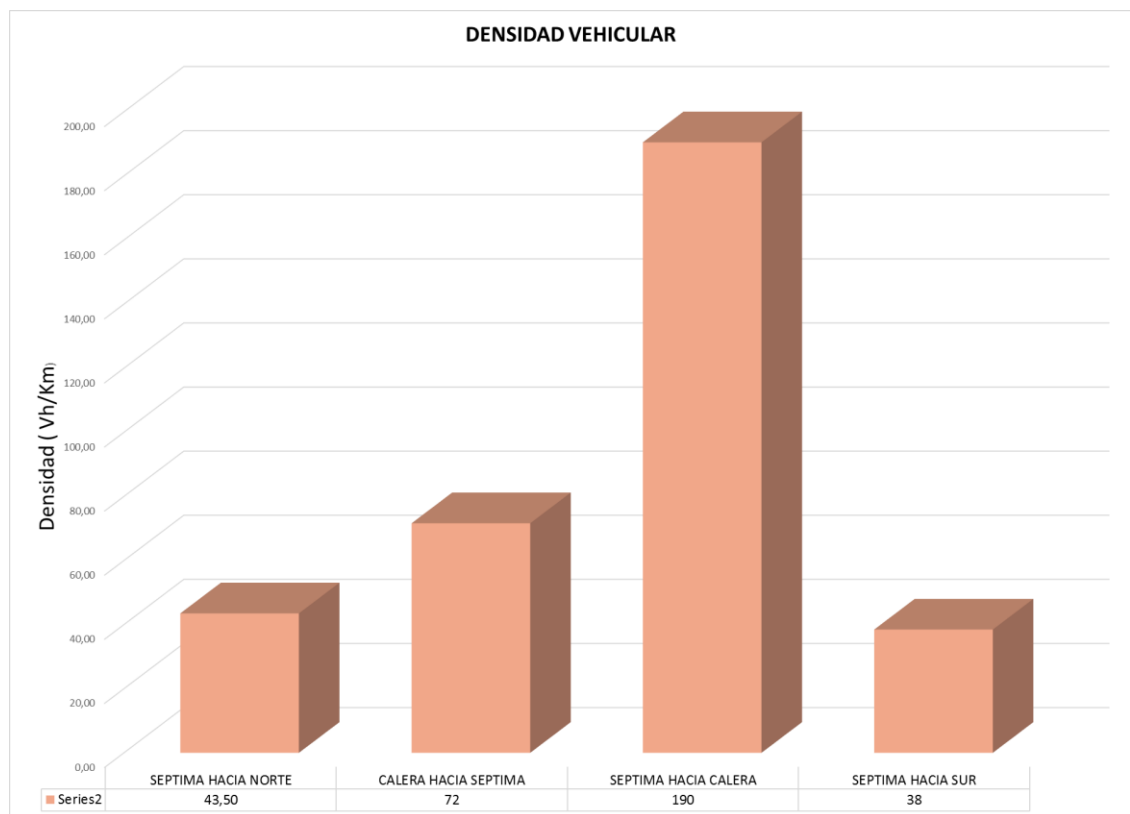
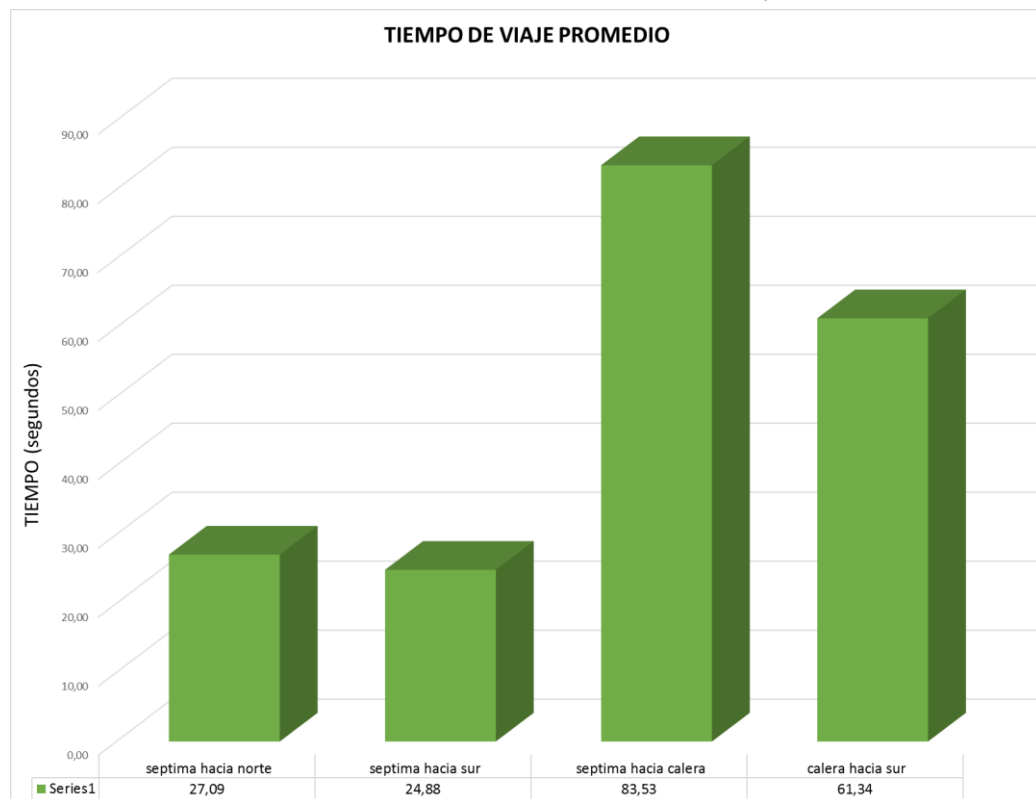
Analizando el conflicto que se presenta en esta intersección podemos visualizar la Ilustración 33 en donde se demuestra el alto volumen vehicular de los movimientos 1 y 2, en el movimiento 2 se presenta obstrucción en algunos carriles debido a los vehículos que desean subir a La Calera.

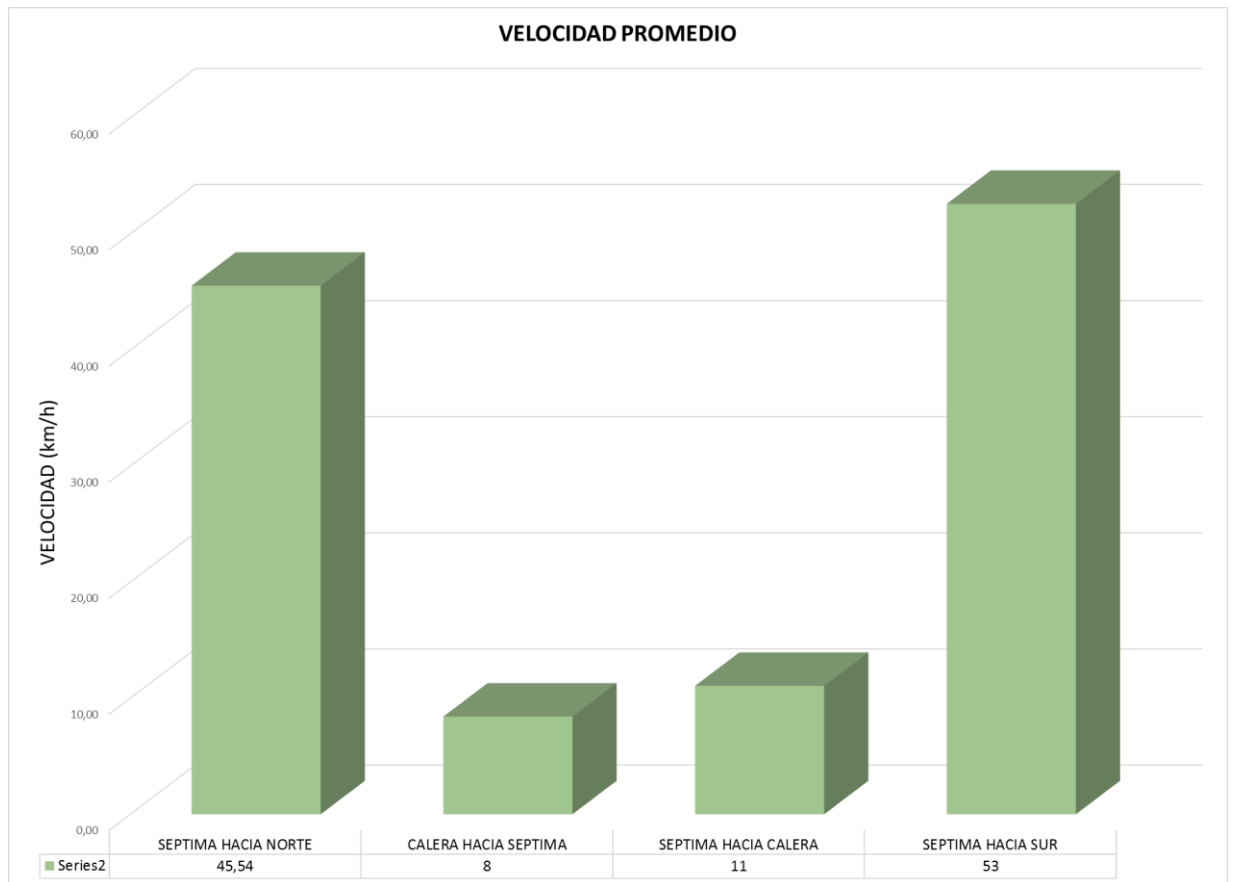
El movimiento 9(2) presenta una disminución en la velocidad de operación debido a la parada de buses intermunicipales como se observa en la ilustración 34, esto con el motivo de recoger personas con destino en el municipio de La Calera.











A pesar de contener menos movimientos que la intersección con la calle 39, la calle 85 no presenta menor complejidad de operación, en primer lugar las longitudes de cola aunque menores en comparación con la calle 39, continúan presentando altas longitudes de congestión, básicamente por la presencia de buses, las máximas colas se presentan en los movimientos que provienen de la parte sur de la ciudad, generando conflicto a la altura de la conexión del movimiento 9(2) con los usuarios que desean o bien seguir hacia el norte por la Séptima o tomar la Av. Circunvalar; dentro de las gráficas presentadas, se refleja la máxima demora de la circulación de vehículos así como por paradas del movimiento 9(2) en comparación con el movimiento 1, el cual refleja el menor valor de demoras en la intersección. Para la caracterización del tiempo de viaje de los usuarios se tuvieron en cuenta los 4 principales accesos (séptima hacia norte, séptima hacia sur, séptima hacia calera y calera hacia sur) de la intersección obteniendo el mayor tiempo de viaje sobre los vehículos que tomaban el acceso vial que conduce tanto a la Av. Circunvalar, como hacia La Calera. De igual manera el menor tiempo de viaje realizado se efectuó sobre el acceso de la Carrera Séptima en sentido sur. La mayor densidad vehicular nuevamente se

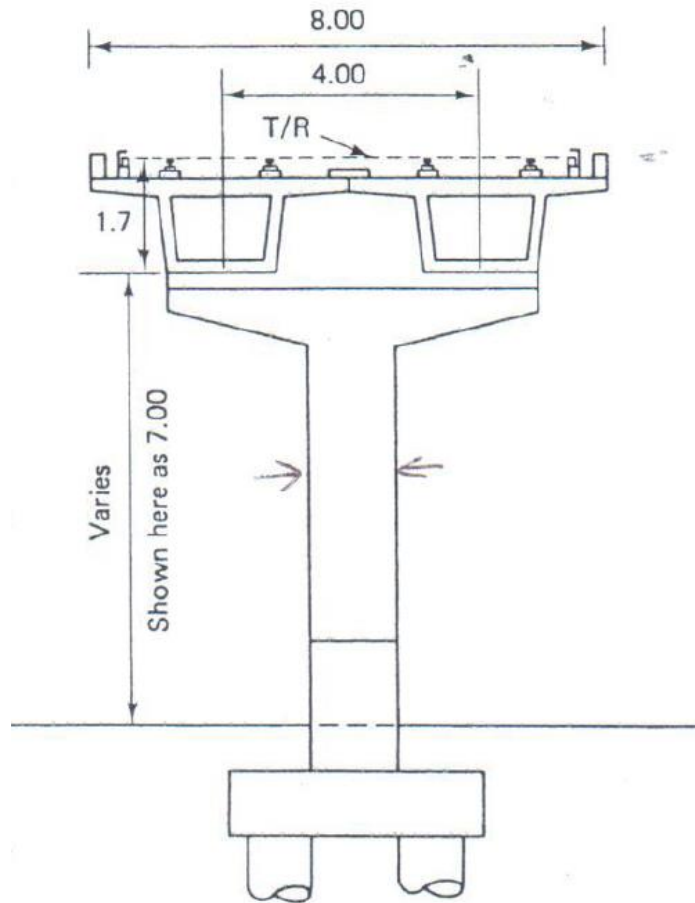
refleja sobre el acceso que conduce a La Calera y Circunvalar, reflejando la importancia de este acceso. En consideración con la velocidad de operación en los 4 principales accesos se puede observar que el tráfico que toma la Séptima en sentido sur presenta mayor velocidad de operación que el tráfico en sentido norte de la misma, la menor velocidad se presenta en los vehículos con origen de la Av. Circunvalar que toman la Carrera Séptima en sentido sur.

7.3.2. Modelos con la implementación de pasos elevados para el tránsito del LRT en la carrera séptima por calle 85 y calle 39.

Para el desarrollo del modelo en cada una de las intersecciones con la implementación de pasos elevados para el tránsito de LRT, se introdujeron de igual manera los máximos volúmenes obtenidos en los aforos realizados, discriminando la presencia de vehículos tipo bus por la carrera séptima; para el caso de la calle 85 se continuo con el tránsito de los buses que realizan el trayecto hacia el Municipio de La Calera.

Para la implementación del modelo, se redujo a dos carriles cada una de las calzadas sentido Norte –Sur y Sur –Norte, para dar lugar a dos carriles centrales elevados para el paso del tren ligero.

Ilustración 35. Dimensiones puente LRT.



Fuente: Vuchic, Vulkan R. Urban transit system and technology. 1a ed. Estados Unidos. Hoboken John Wiley & Sons. 2007. p. 372. ISBN: 047175823X.

En la anterior ilustración 35 se observa el ancho del puente que plantea el señor Vukan R. Vuchic en donde se plantea un ancho de sección transversal de 8 metros, para la conformación del modelo por medio del *software* Vissim se plantea este ancho de la sección transversal del puente sumando a este al principio del puente 0.5 metros a cada lado para advertencia al tráfico mixto.

De igual manera, se continúa con la dinámica presentada anteriormente para cada intersección.

7.3.2.1. Intersección calle 39

En esta intersección se presenta un perfecto perfil longitudinal para la aplicación de un paso elevado del LRT debido a que se presenta una curva vertical cóncava demostrado en investigaciones anteriores²⁸.

Por esto es de vital importancia analizar la operación vehicular en implementación de este paso elevado para observar la reducción de carriles en la carrera séptima.

Ilustración 36. Calle 39 por Carrera 7ª Implementación de LRT.



Fuente: Propia

²⁸ CARDENAS RODRIGUEZ, Fabián y VELÁSQUEZ GARCÍA, Giovanni. Determinación de intersecciones de la carrera 7ª de Bogotá, entre calles 32 a 100, en condiciones topográficas favorables para pasos elevados del futuro tren ligero-LRT. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería Civil, 2014.

Ilustración 37. Mov.4 Vista superior izq. Calle 39 por Carrera 7ª Implementación LRT.



Fuente: Propia

Ilustración 38. Mov.2 y 7 Calle 39 por Carrera 7ª Implementación LRT.



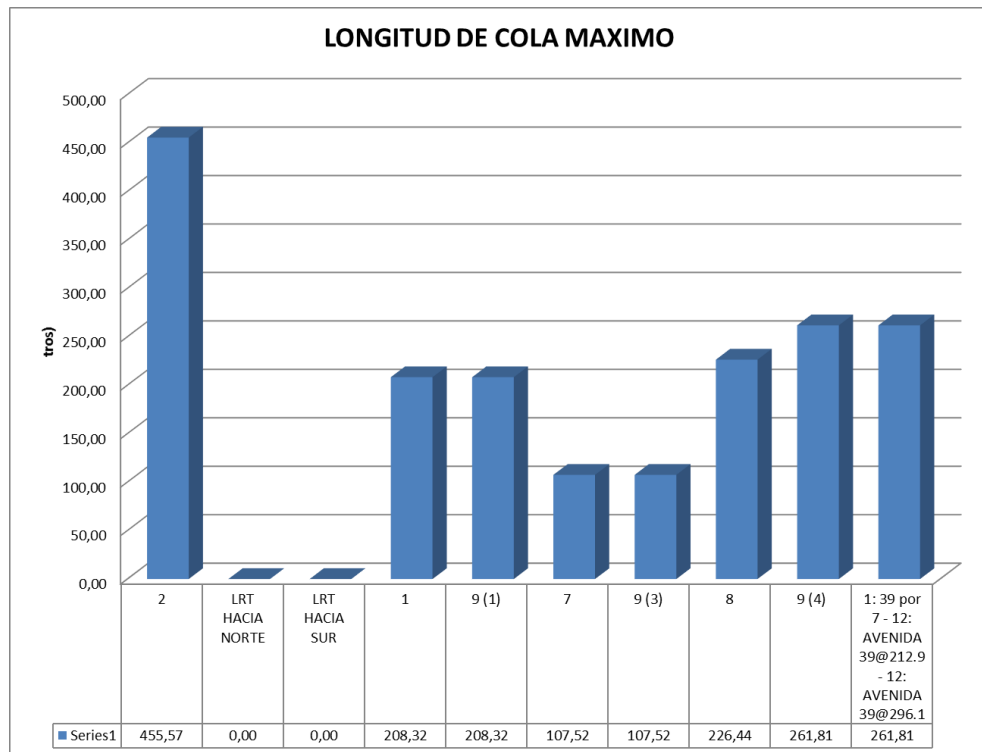
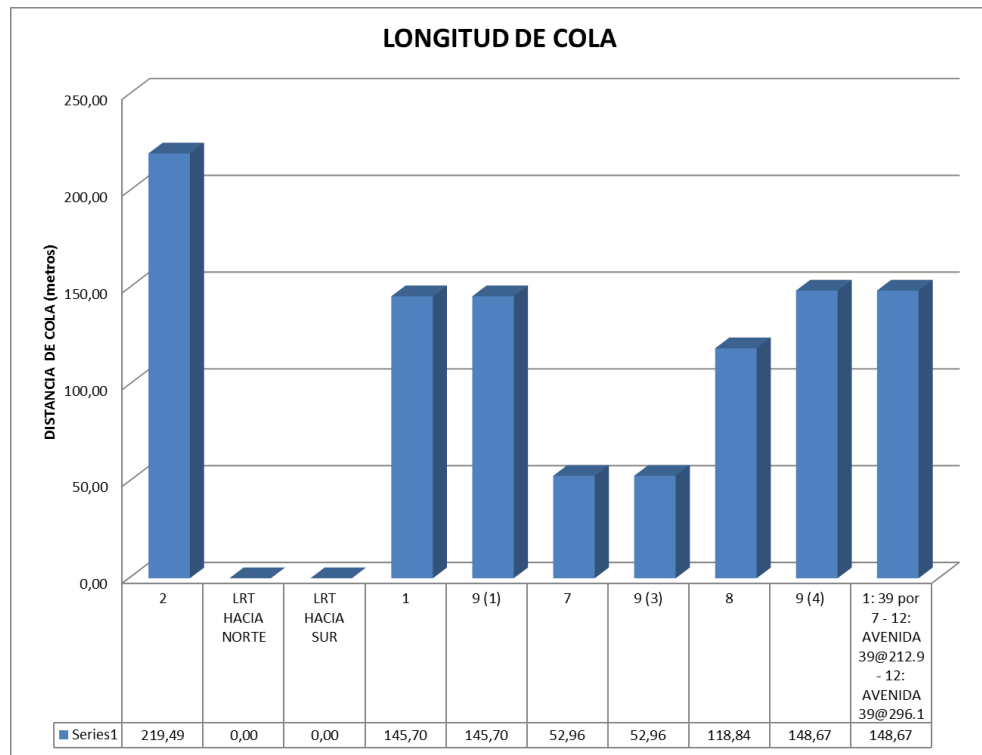
Fuente: Propia

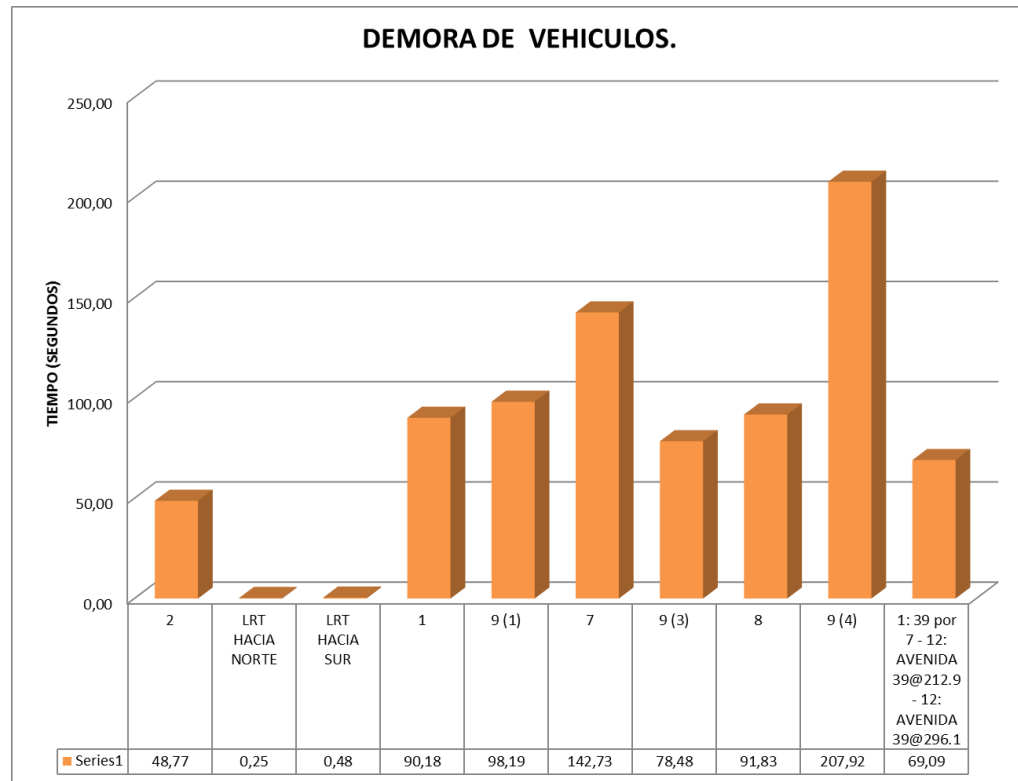
Ilustración 39. Mov.7 Calle 39 por Carrera 7ª Implementación LRT.

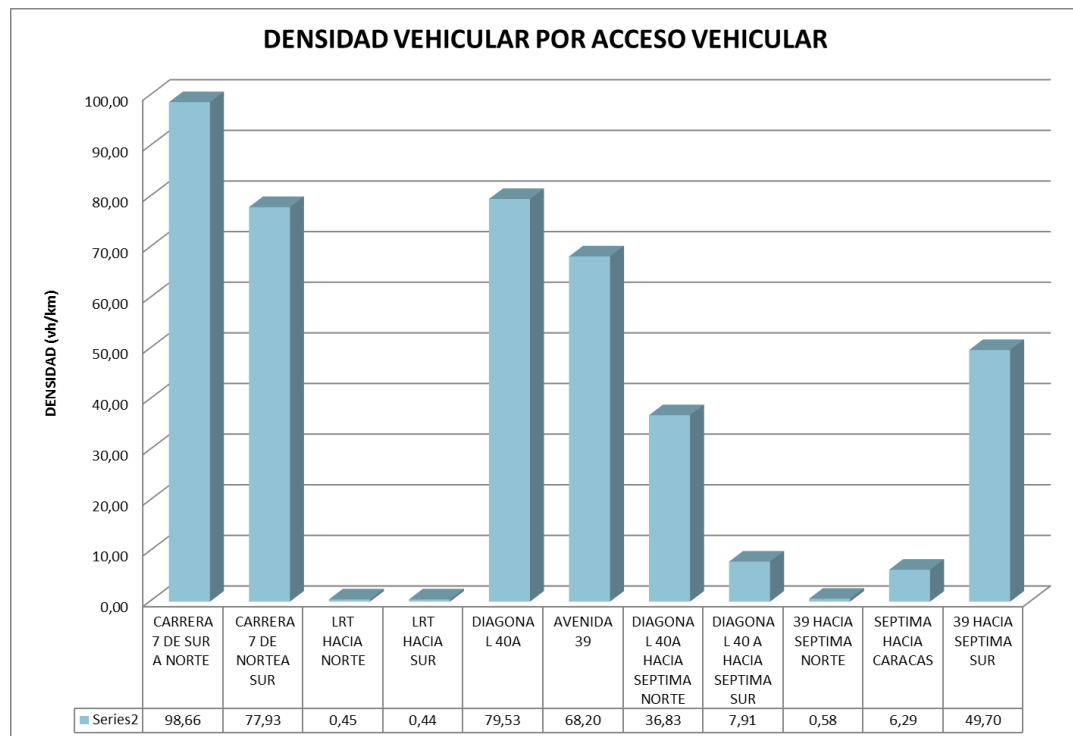
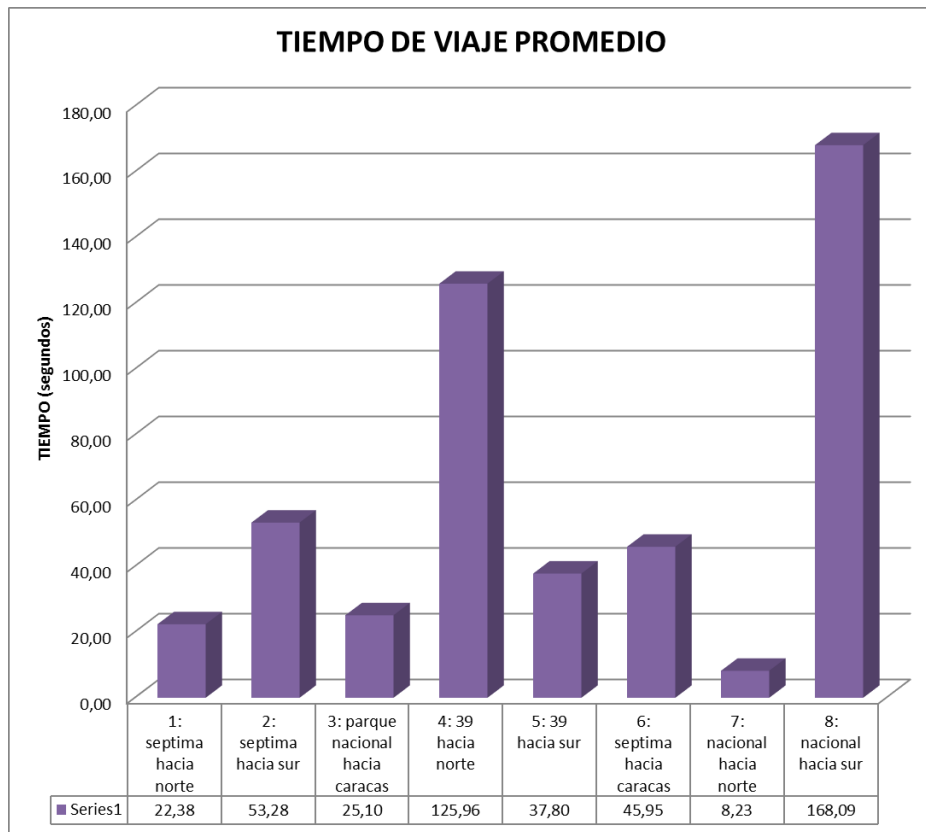


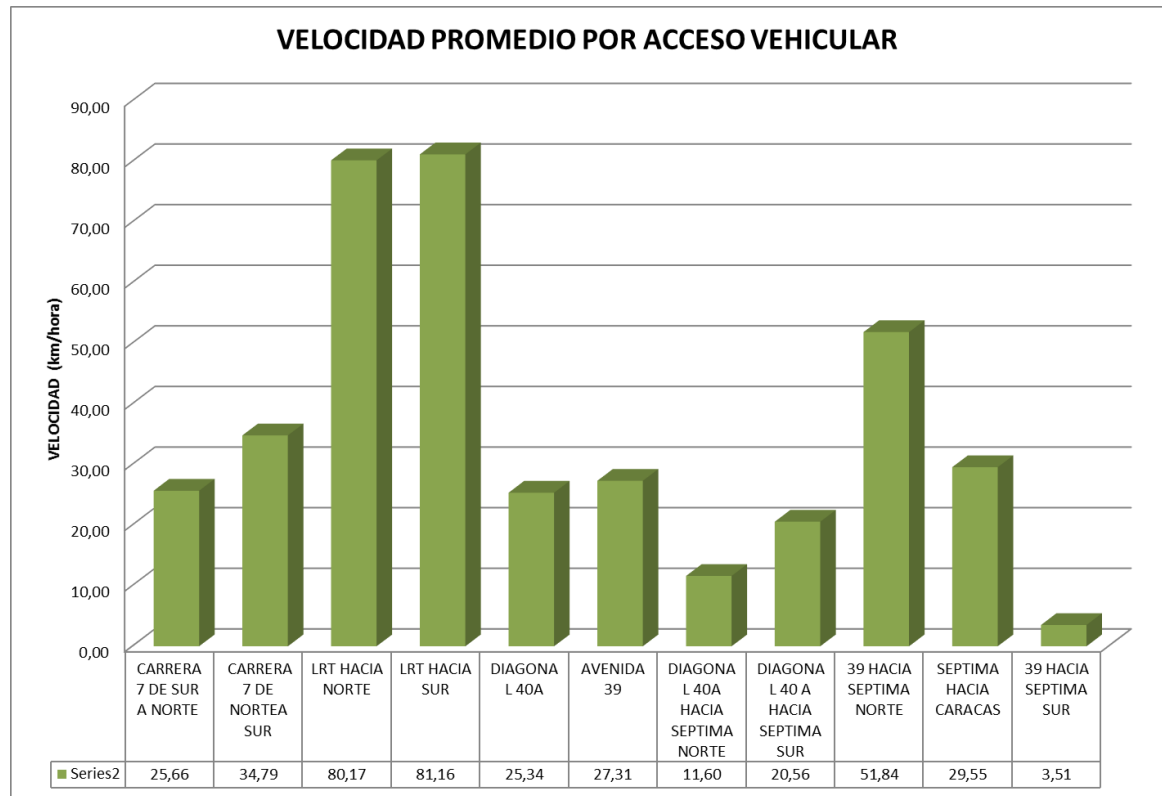
Fuente: Propia

Se puede observar en la Ilustración 38 la disminución de los carriles en la carrera 7ª para implementar el tren ligero y el volumen vehicular de la Diagonal 40 a, en la ilustración 37 se observa con mejor detalle la sección transversal del puente con los carriles del LRT y el separador de emergencia situado en la mitad de la sección transversal.









Para el análisis de los resultados obtenidos de la modelación con la implementación del LRT, se tuvo en cuenta las características sobre los pasos elevados generados para el paso del tren ligero, es importante recordar la reducción de tres a dos carriles en las calzadas de la Carrera Séptima, de igual manera, se generó el tráfico sin presencia de buses; uno de los puntos más críticos en la modelación de la intersección está situado sobre el incremento de las colas generadas por el tráfico, sin embargo, como ya fue mencionado, esta situación se debe a la reducción de los accesos viales de la Séptima, realidad que afectaría de igual manera los demás movimientos presentes en la intersección. Referente al punto de las demoras generadas, se puede observar en las gráficas de resultados que las máximas demoras corresponden al movimiento 9 (4), consecuencia de las colas generadas en todo el acceso vial de la calle 39. Los tiempos de viaje promedio más altos se presentan en el movimiento 8 y el movimiento 7, ubicados en la parte central de la intersección afectados tanto por los tiempos de ciclo semafórico tanto por la complejidad del movimiento realizado y el espacio disponible, afectando el tiempo de viaje de los usuarios, en contraparte el tráfico que proviene de la Séptima en sentido sur registro el tiempo

de viaje menor. Respecto a la densidad vehicular característica de la intersección, los accesos más densos debido a su alto volumen corresponden a la Carrera Séptima en sentido norte y la calle Diagonal 40 debido a su reducida capacidad geométrica, en comparación el acceso menos denso corresponde a la conexión de la calle 39 con la Séptima en sentido norte. Debido a la complejidad de la operación en la intersección, la velocidad promedio de operación está entre 25 - 30 km/h, presentando la máxima velocidad en la conexión de la calle 39 con la Séptima en sentido norte, con la velocidad más baja en el tráfico que se dirige desde la calle 39 hacia la Séptima en sentido sur, en relación con la Carrera Séptima, la cual presenta mayor velocidad en sentido sur que en sentido norte. De nuevo, es la región central de la intersección, la que genera mayor conflicto al tener tanto el sistema semafórico, como el espacio disponible tan limitado a una demanda de volumen como la modelada.

7.3.2.2. Intersección calle 85

Ilustración 40. Calle 85 por Carrera 7, LRT sobre Mov. 1 y 2



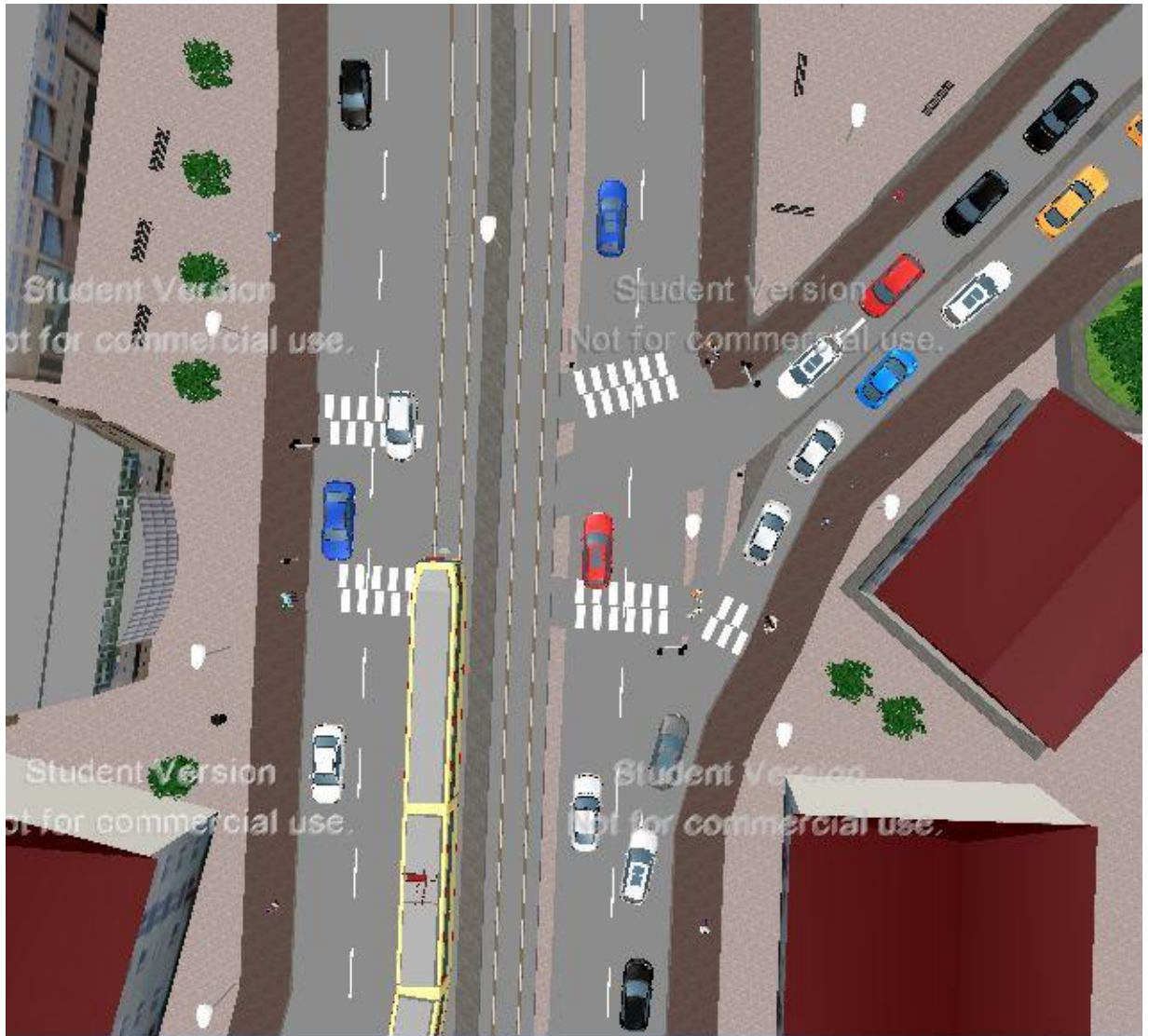
Fuente: Propia

Ilustración 41. Implementación de tren ligero en Cra. 7 por Cll. 85.

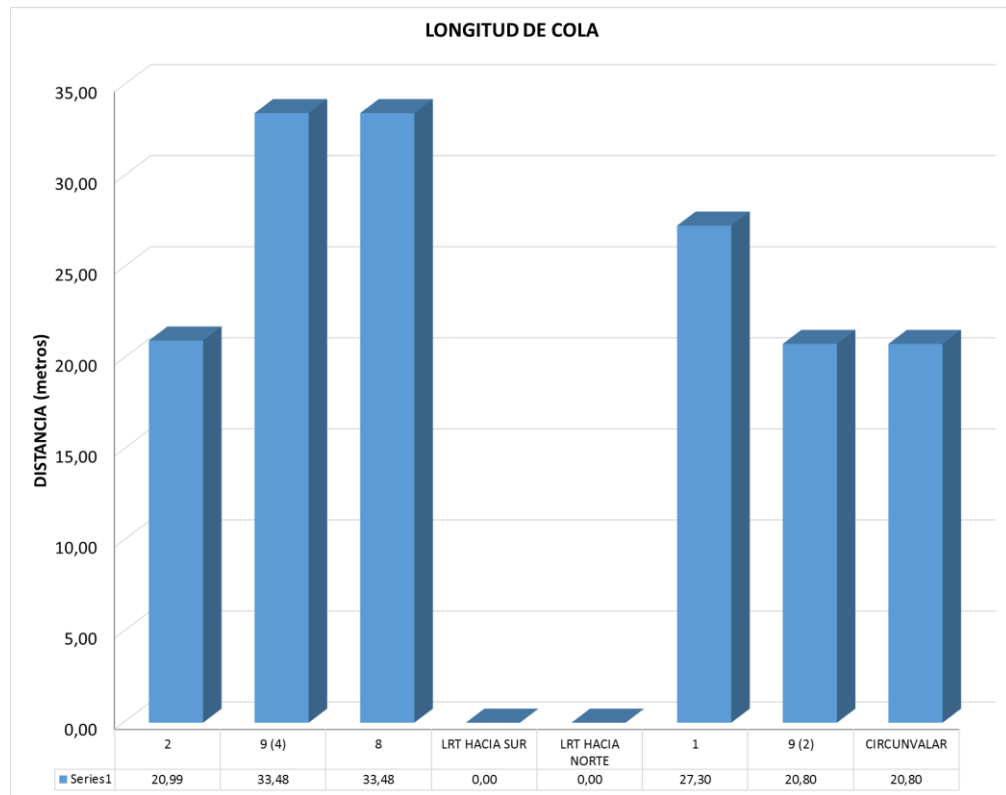


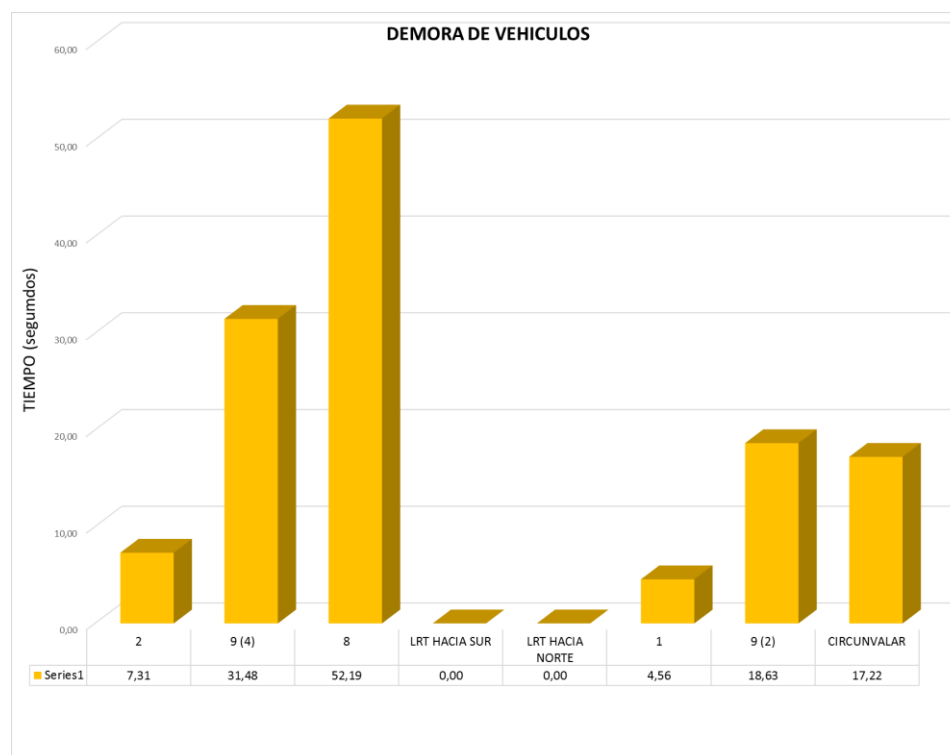
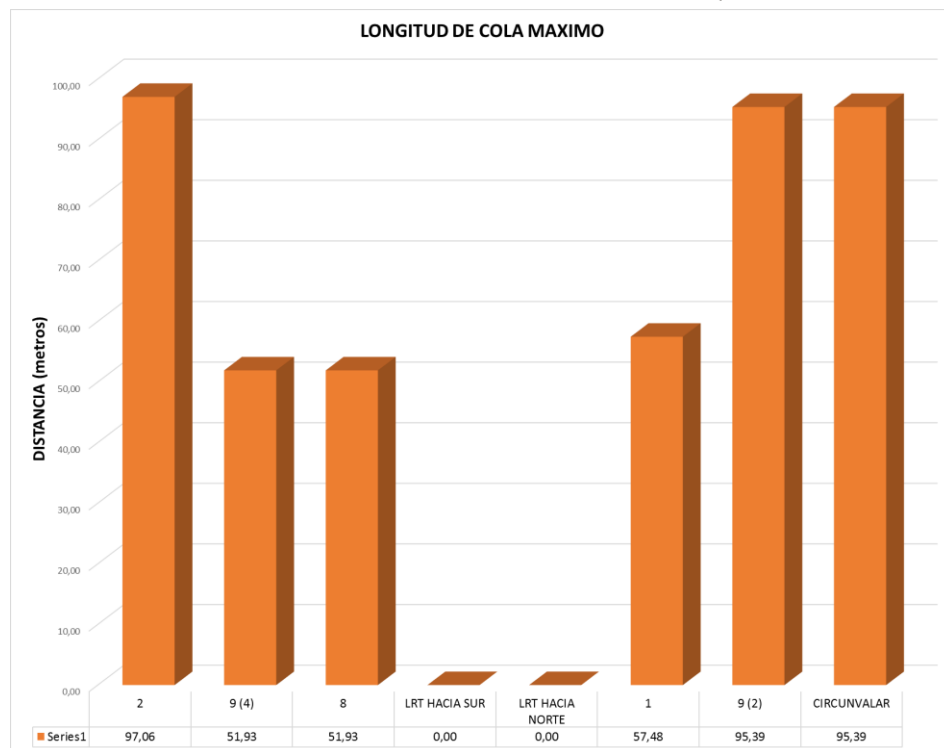
Fuente: Propia

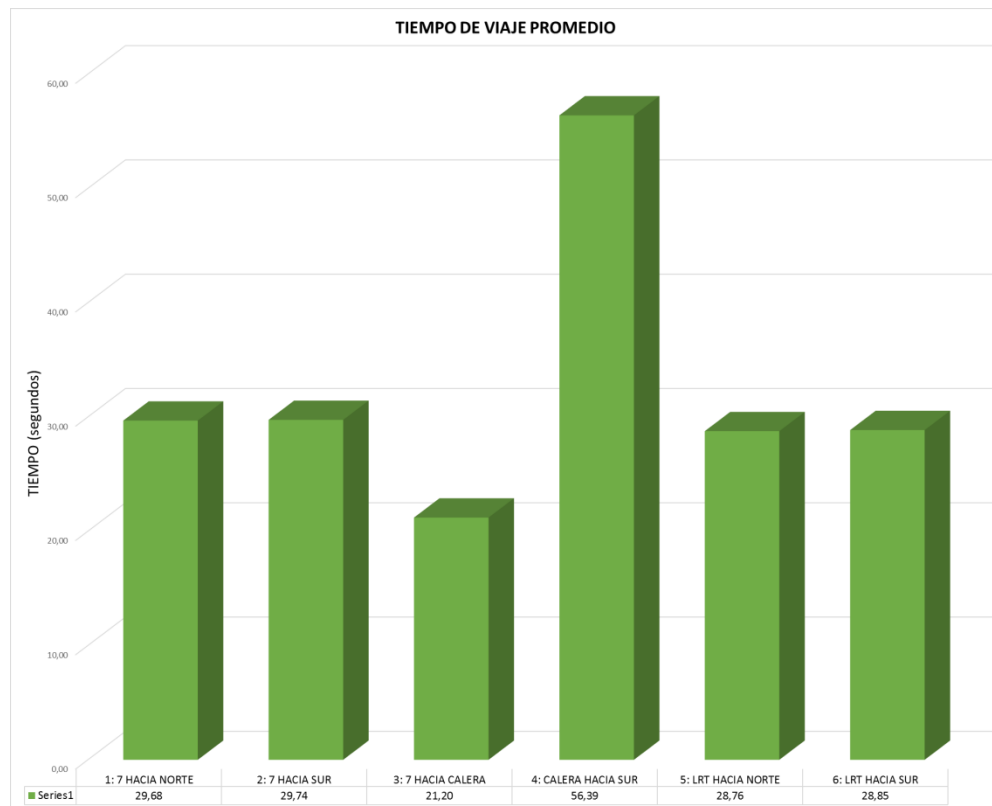
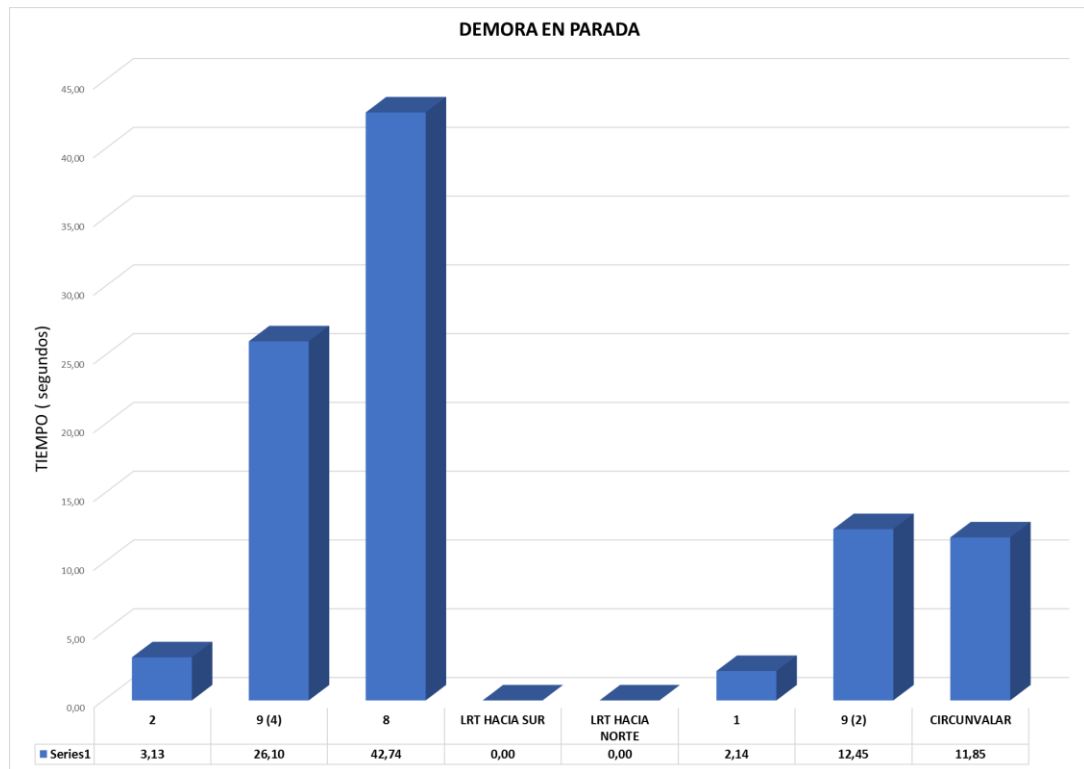
Ilustración 42. Vista en planta de la intersección de la Cll. 85 por Cra. 7ª.

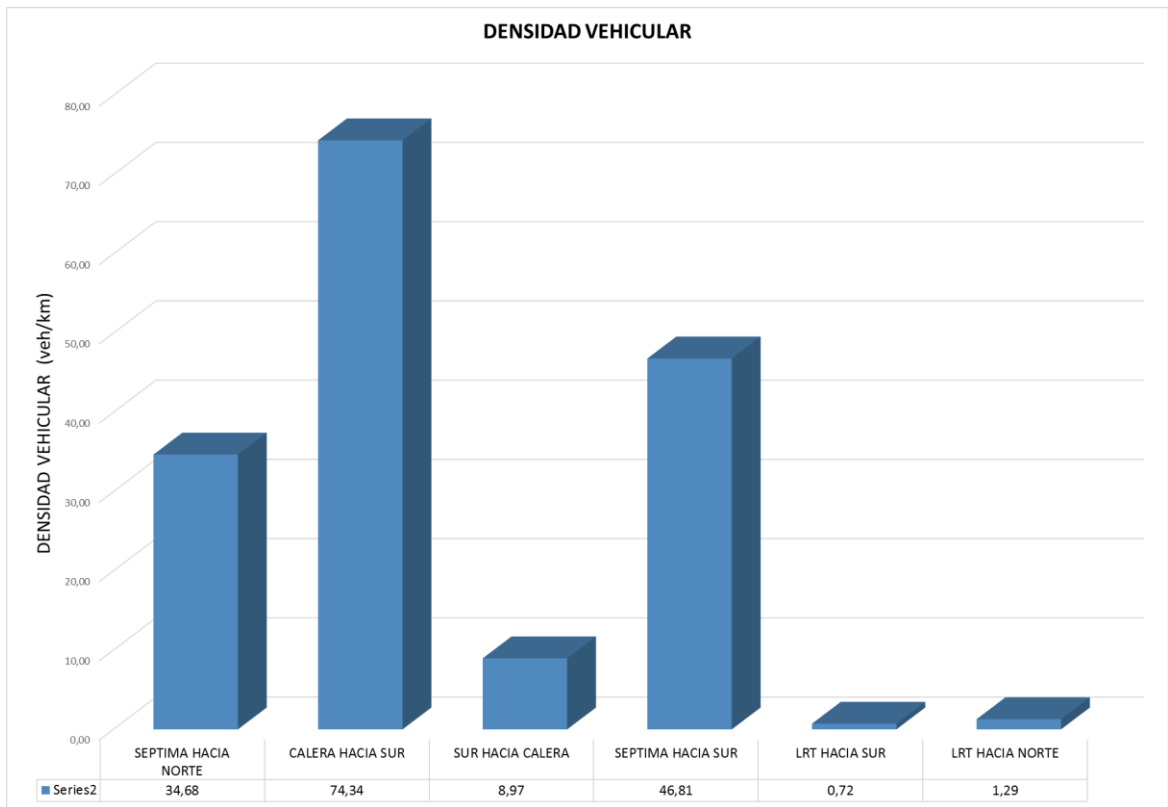


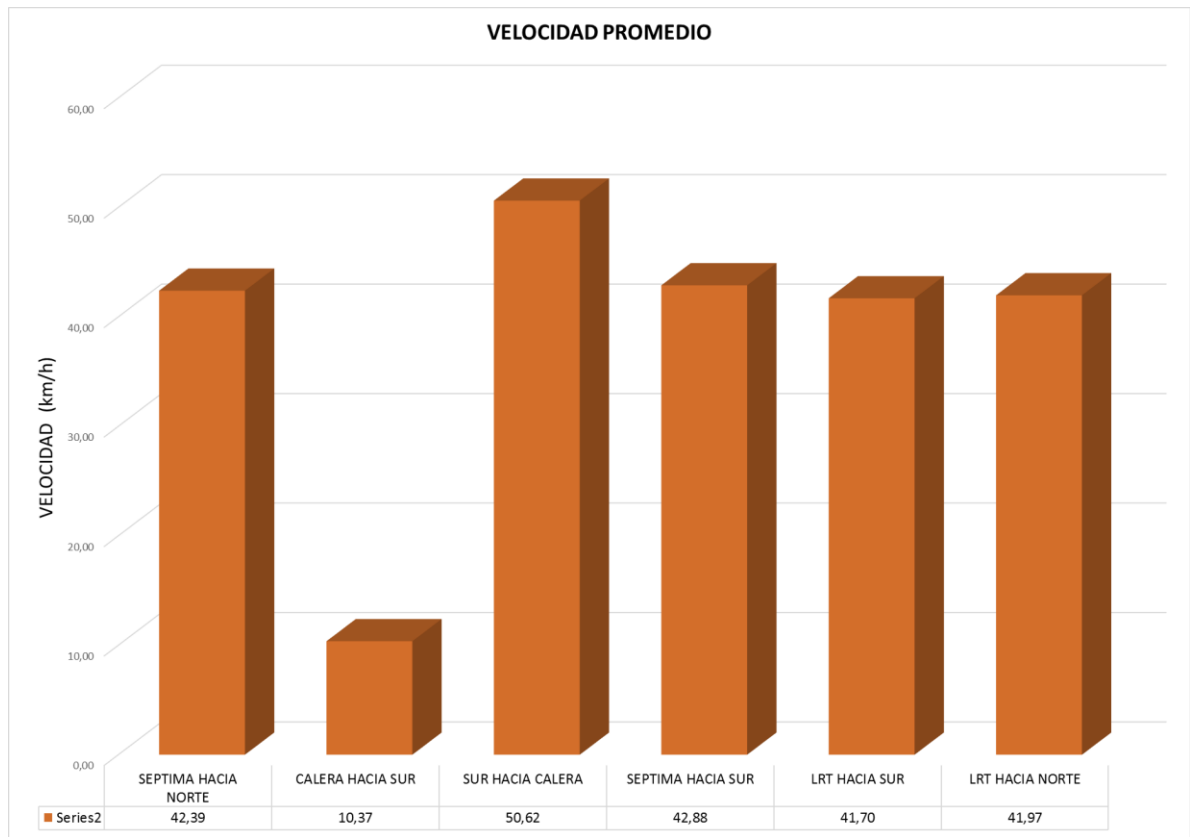
Fuente: Propia











Esencialmente, la problemática de “trancón” se genera en el área de la conexión Circunvalar-Séptima-Circunvalar, seguida por el tráfico presente en el movimiento 1, presentando los máximos puntos de congestión en la conexión de los movimientos 2, 9(2) y Circunvalar. La demora de circulación como por paradas se establece básicamente en su punto máximo sobre el movimiento 8 y su derivado 9(4), en parte por la característica del acceso vial y el ciclo semafórico, en contraste, la Carrera Séptima presenta las demoras más bajas en sus dos sentidos, acompañada de sus movimientos derivados con destino a la Av. Circunvalar. En lo que tiempos de viaje respecta, se obtuvo el máximo tiempo de viaje para el tráfico que realiza el movimiento 8, como resultado del ciclo semafórico y el elevado volumen vehicular que hace uso de este, seguido del tráfico en ambos sentidos de la Carrera Séptima, y un tiempo de viaje más bajo para el movimiento 9(2). En cuanto a la densidad vehicular por acceso se obtuvo una mayor densidad en el acceso del movimiento 8 como consecuencia del alto volumen vehicular y el limitado espacio de la vía. En cuanto a la velocidad de operación del flujo en cada uno de los accesos se presenta una mayor velocidad

de operación en el tráfico con destino Av. Circunvalar y La Calera, reflejando similitud de operación del tráfico entre los dos sentidos de la Carrera Séptima, sin embargo la velocidad de operación del tráfico proveniente de la Av. Circunvalar refleja el valor más bajo dentro de la intersección.

7.3.3. Comportamiento del tráfico y las condiciones operacionales de las dos intersecciones en estudio, con proyección al año 2020.

Estudiada las situaciones de operaciones de tráfico vehicular en ambas intersecciones, según se muestra en las secciones anteriores, se consideró conveniente analizar la situación con proyección al año 2020, de la manera como se indica enseguida.

Para realizar la proyección del tráfico a un cierto año, se toma la ecuación,

$$TF = TI(1 + i)^n \quad , \text{ Ecuación 1. Tráfico Futuro}$$

Dónde:

- TF = Tráfico final.
- TI= Tráfico inicial.
- i = Porcentaje de crecimiento por año.
- n = Número de años a determinar.

Para definir los porcentajes de crecimiento vehicular anual, se adoptan los análisis realizados por el grupo Consultor CAL Y MAYOR Asociados S.A. y DUARTE Guterman CIA y Ltda., del estudio *para la definición de estrategias y zonas de reserva para las intersecciones del plan vial del POT de Bogotá, DAPD-2006*, para un escenario de crecimiento bajo. La Tabla 6, tomada de esta referencia, indica el crecimiento de población.

Para el cálculo del crecimiento de tráfico se usa el porcentaje correspondiente a la sumatoria de los porcentajes de tasa de crecimiento entre el año 2016 a 2020 de la tabla 6 y posteriormente se aplica la ecuación 1 al volumen actual de todos los movimientos estudiados, los resultados proyectados se presentan en la tabla 7 y 8 correspondiente a la intersección Cra 7ª por Cll. 39 y Cll. 85 respectivamente.

Tabla 6. Tasa de crecimiento.

Año	Población No. habitantes	Tasa de Crecimiento (%)
2000	6,539,525	2.7%
2001	6,710,787	2.6%
2002	6,882,682	2.6%
2003	7,067,445	2.7%
2004	7,238,520	2.4%
2005	7,408,482	2.3%
2006	7,578,093	2.3%
2007	7,747,083	2.2%
2008	7,915,252	2.2%
2009	8,082,438	2.1%
2010	8,248,496	2.1%
2011	8,408,989	1.9%
2012	8,564,101	1.8%
2013	8,716,865	1.8%
2014	8,867,689	1.7%
2015	9,016,455	1.7%
2016	9,165,179	1.6%
2017	9,278,507	1.2%
2018	9,371,292	1.0%
2019	9,465,005	1.0%
2020	9,559,655	1.0%
2021	9,636,132	0.8%

FUENTE: Información extraída del Estudio del Estudio para la definición de estrategias y zonas de reserva para las Intersecciones del Plan Vial del POT de Bogotá, Cal y Mayor y Asociados S.C. 2006. Tomo I, Capítulo II, Pág. 2-1

Tabla 7. Volumen proyectado Intersección Calle 39 Por Carrera 7ª

MOVIMIENTO	VOLUMEN ACTUAL	VOLUMEN PROYECTADO (2020)
1	1375	1723
2	1627	2039
4	343	430
7	368	461
8	240	301
9 (1)	324	406
9 (3)	132	165
9 (4)	211	264

Fuente: Propia

Tabla 8. Volumen proyectado Intersección Calle 85 Por Carrera 7ª.

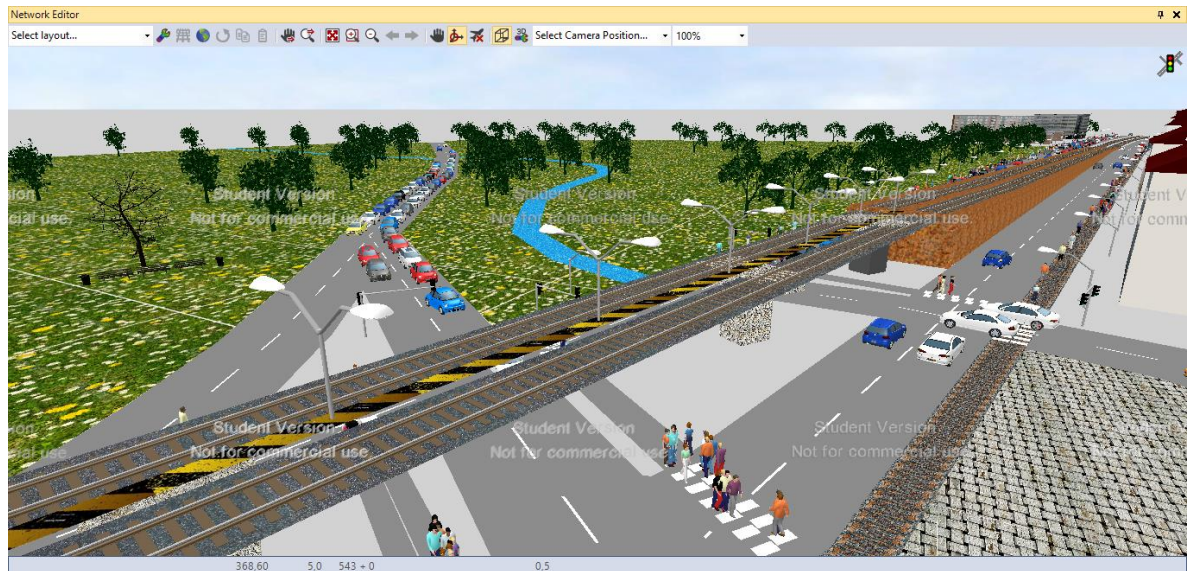
MOVIMIENTO	VOLUMEN ACTUAL	VOLUMEN PROYECTADO (2020)
1	1771	2219
2	1539	1928
8	269	337
9 (2)	453	568
9 (4)	74	93
CIRCUNVALAR	170	213

Fuente: Propia

Obtenidos los volúmenes proyectados al año 2020, se obtuvieron los resultados en la modelación para cada una de las intersecciones, presentados a continuación:

7.3.3.1. Intersección calle 39

Ilustración 43. Cra. 7 Por Cll. 39 Mov. 4 e implementación de LRT sobre Cra. 7
Año 2020



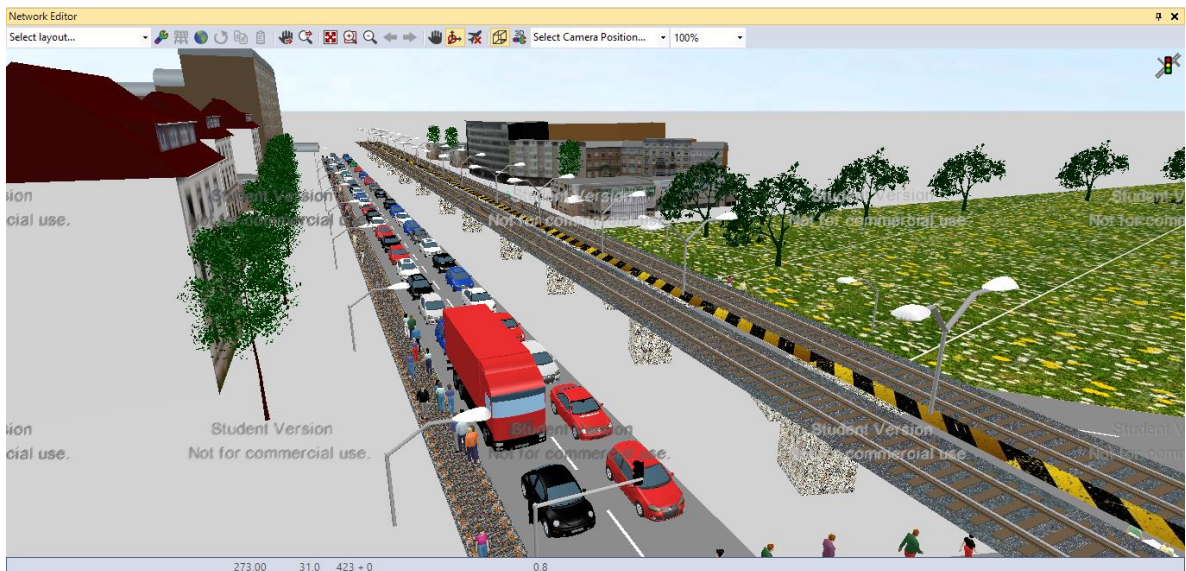
Fuente: Propia

Ilustración 44. Cra 7. Por Cll. 39 Mov. 7 e implementación de LRT Año 2020.



Fuente: Propia

Ilustración 45. Cra. 7 por Cll. 39 LRT en paralelo al Mov. 1 Año 2020.

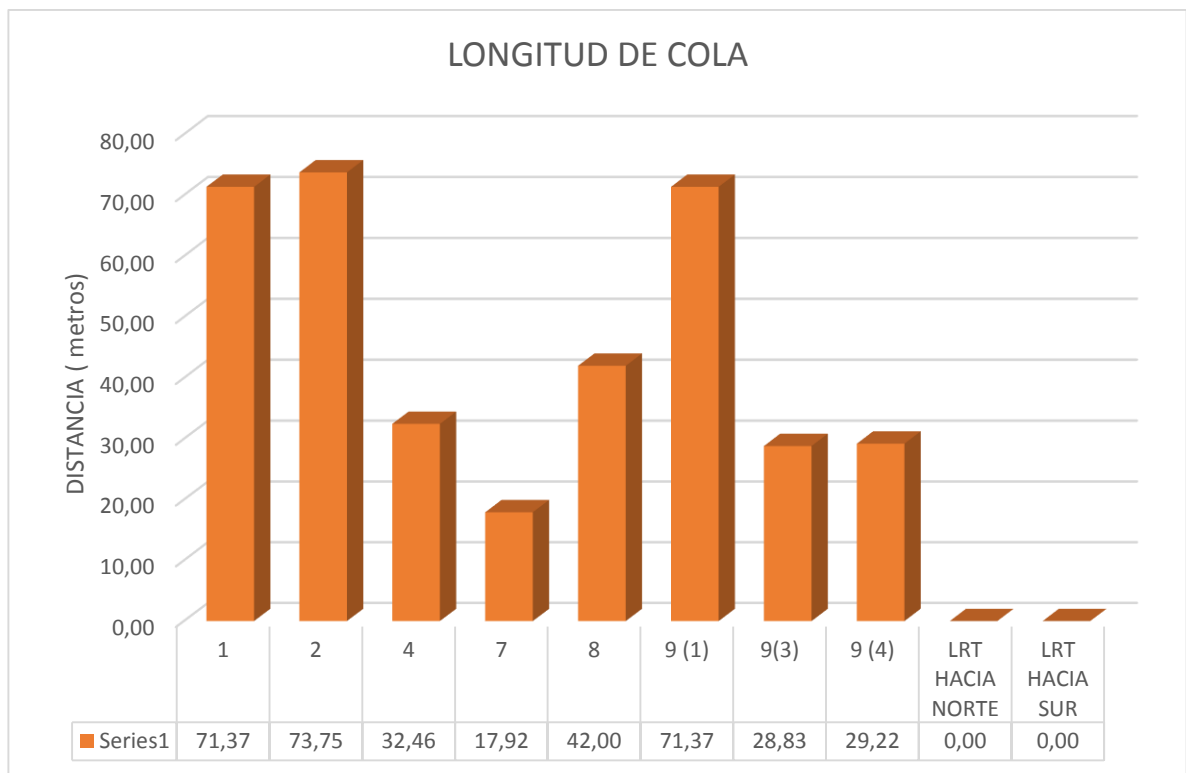


Fuente: Propia

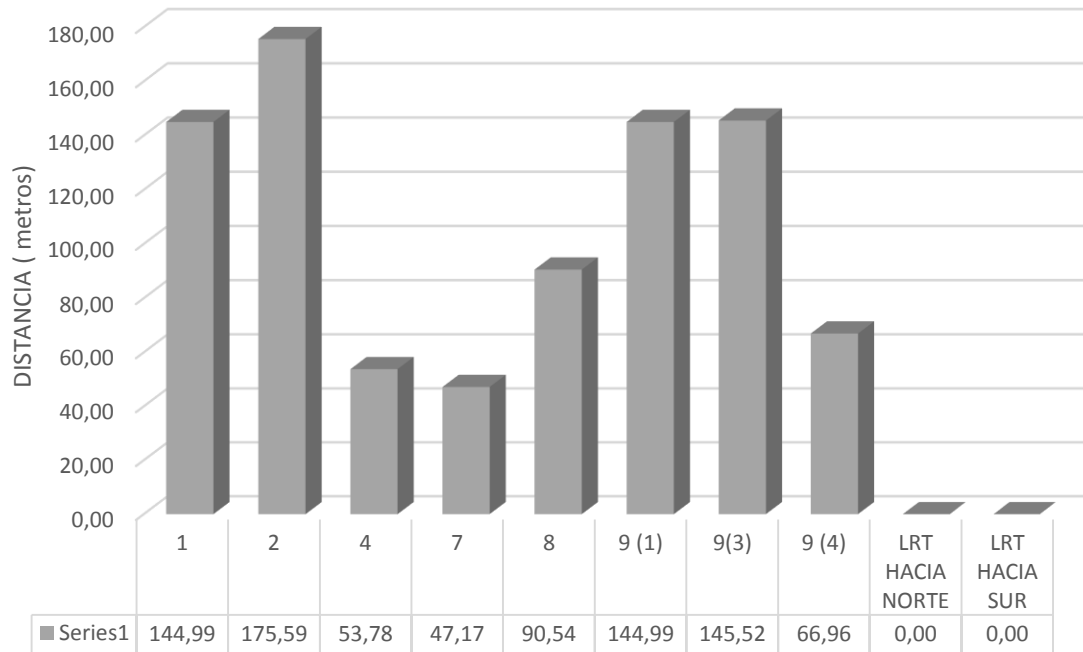
Ilustración 46. Implementación de LRT sobre la Cra. 7 por Cll. 39 Año 2020.



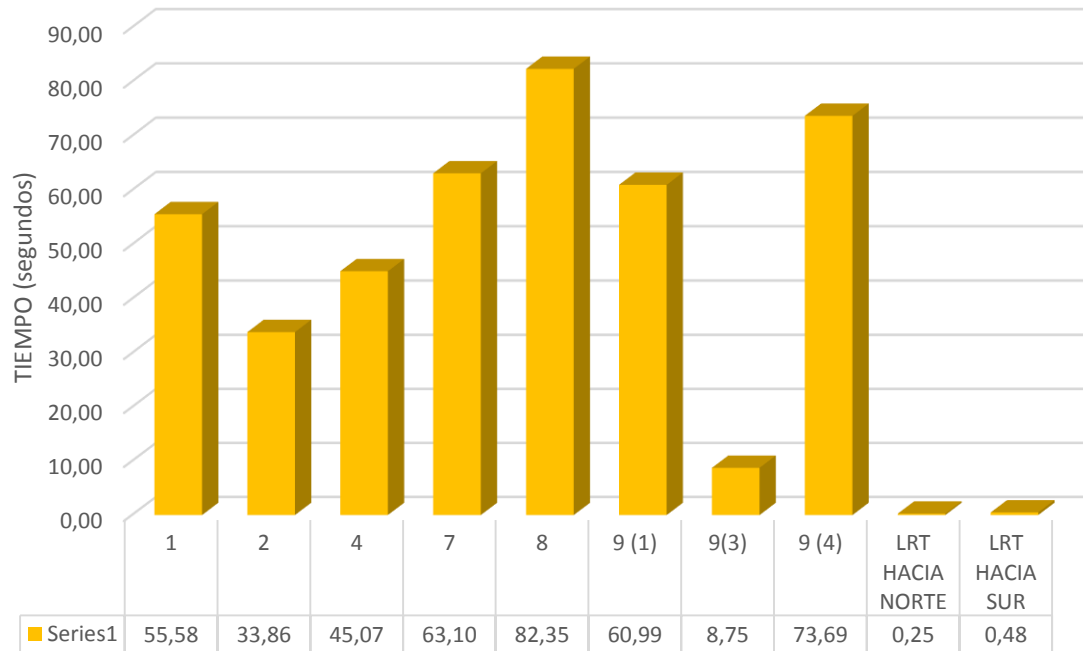
Fuente: Propia

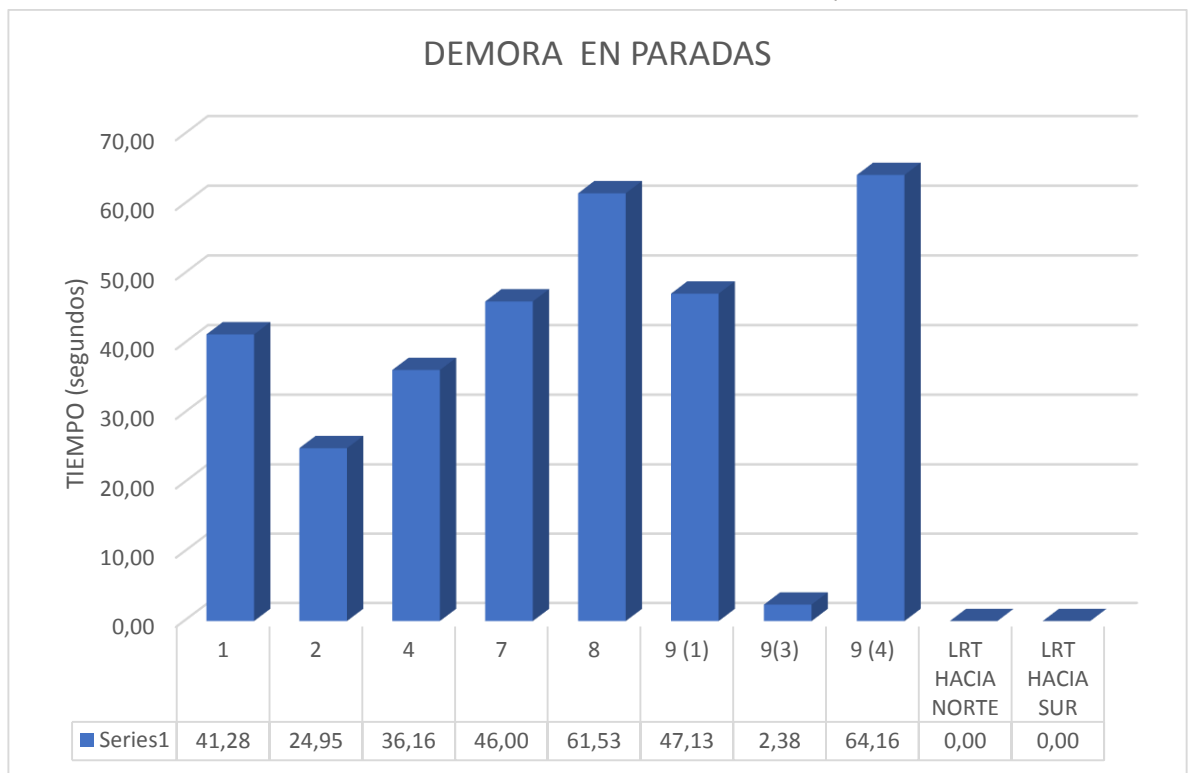


LONGITUD DE COLA MAXIMA

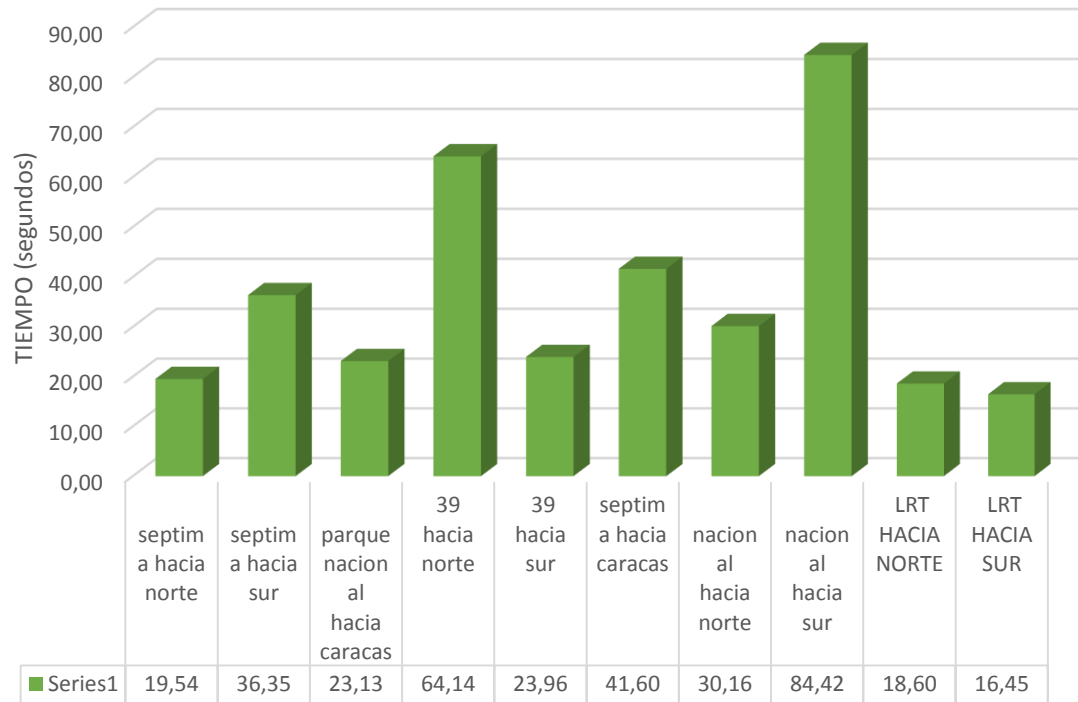


DEMORA DE VEHICULOS

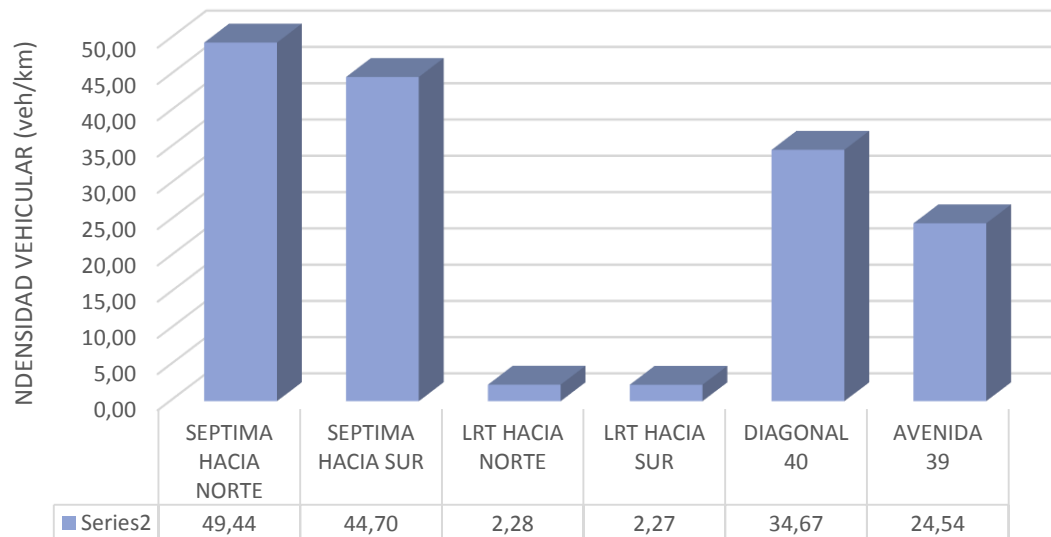


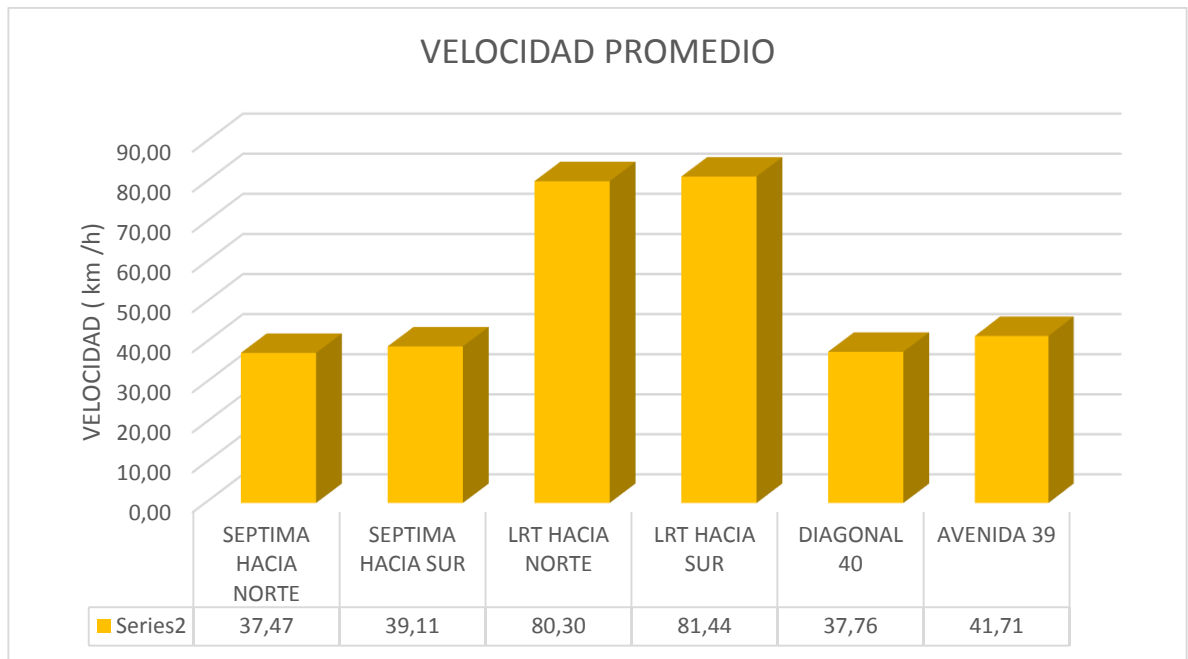


TIEMPO DE VIAJE



DENSIDAD VEHICULAR





7.3.3.2. Intersección calle 85

Ilustración 47. Implementación de LRT en Cra7. Por Cll. 85 Año 2020.



Fuente: Propia

Ilustración 48. Mov. 1 Cra. 7 por Cll. 85 Implementación LRT Año 2020.



Fuente: Propia

Ilustración 49. Mov. 2 Cra. 7 por Cll. 85 Implementación LRT Año 2020.



Fuente: Propia

Ilustración 50. Subida a La Calera Mov. 8, 9(2) y 9 (4) Año 2020.



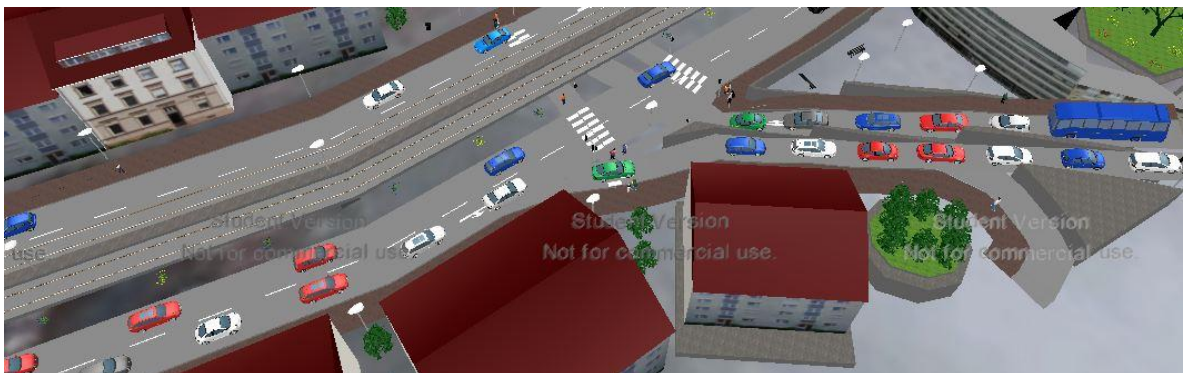
Fuente: Propia

Ilustración 51. Implementación de LRT Cra. 7 por Cll. 85 Año 2020.



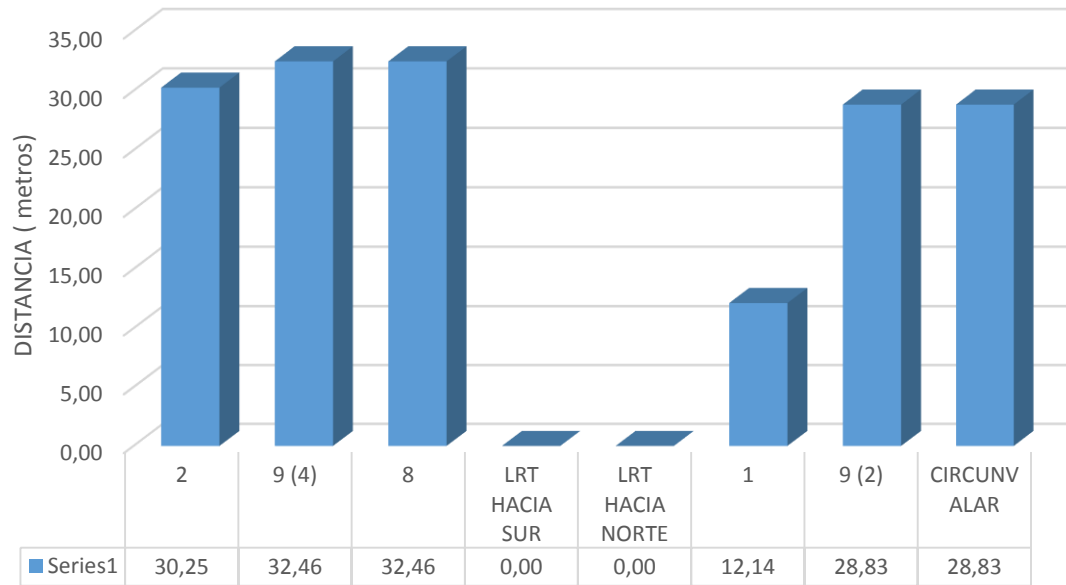
Fuente: Propia

Ilustración 52. Paso elevado LRT en Cra. 7 por Cll. 85 vista en planta Año 2020.

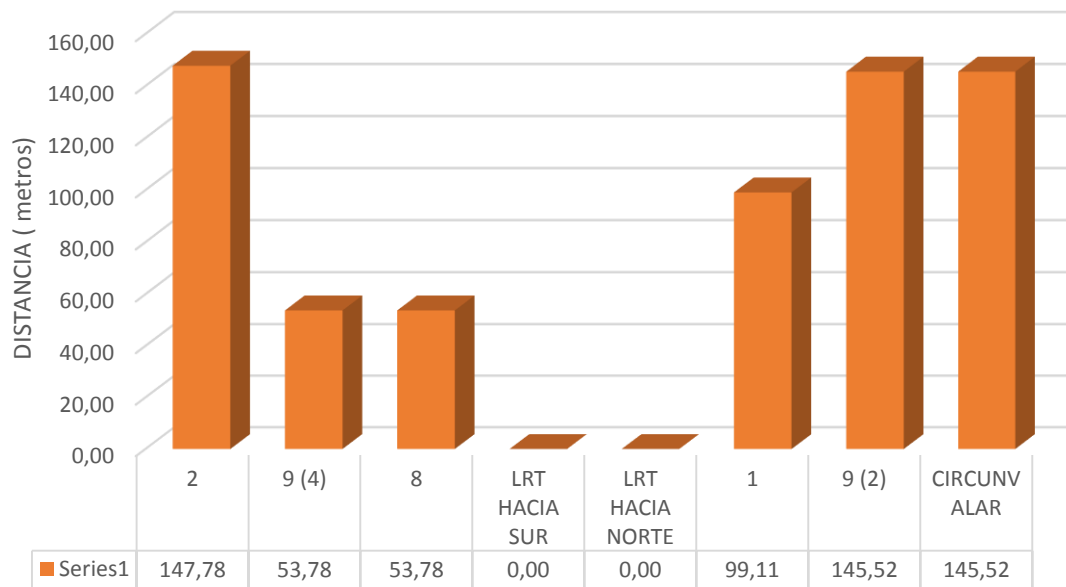


Fuente: Propia

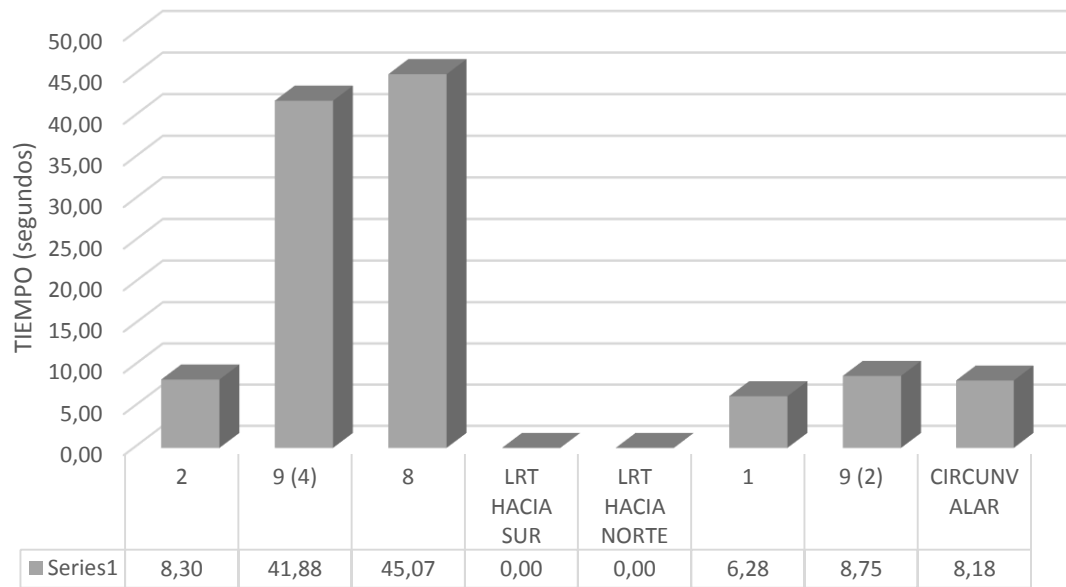
LONGITUD DE COLA



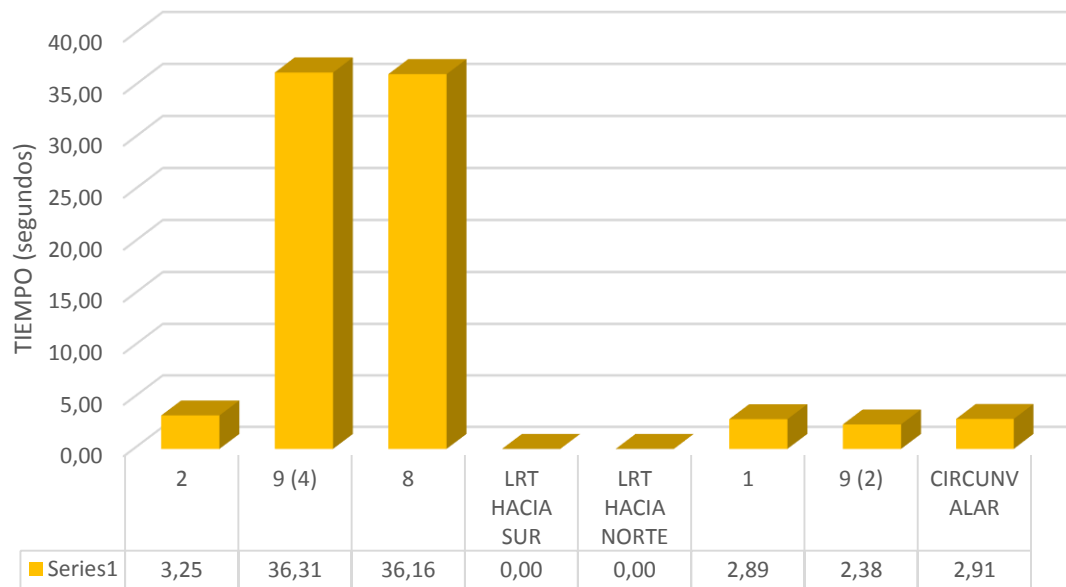
LONGITUD DE COLA MAXIMA



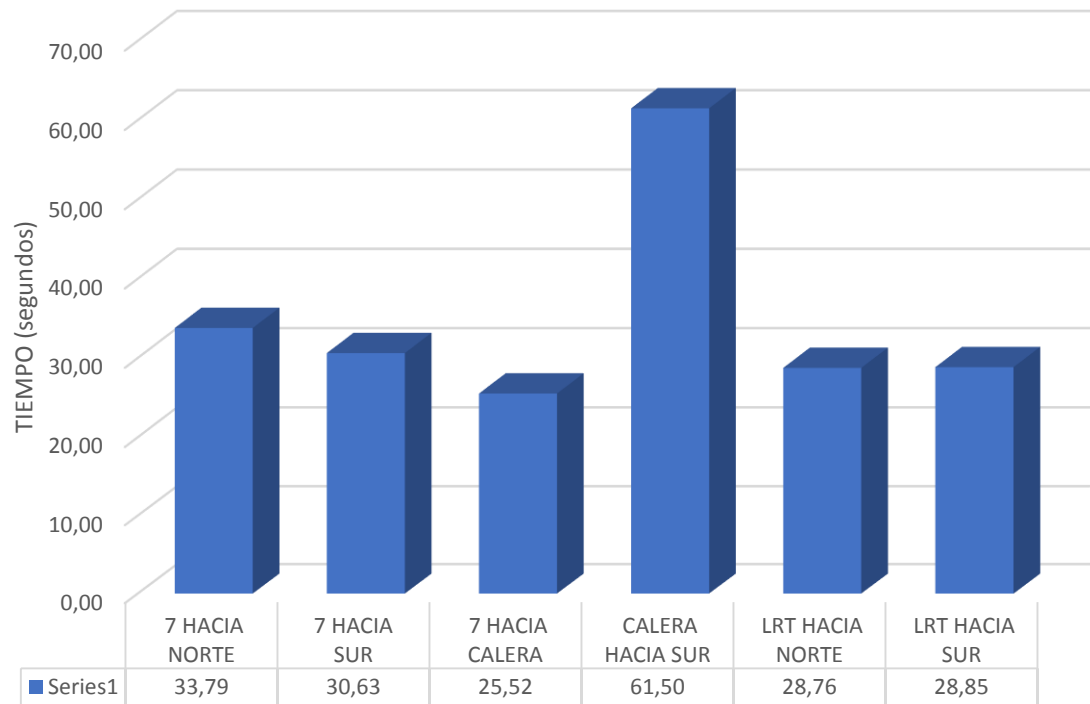
DEMORA VEHICULAR



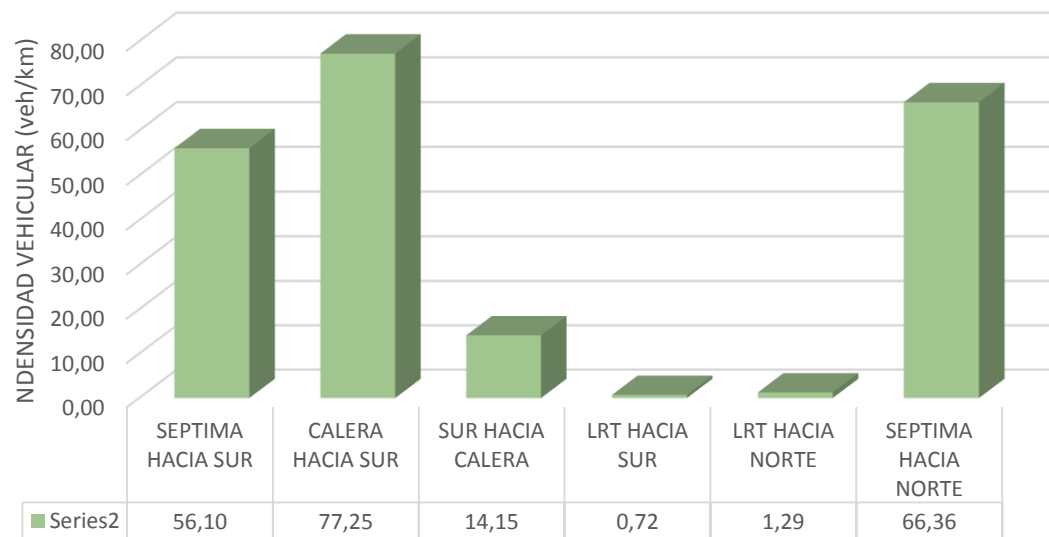
DEMORA EN PARADA

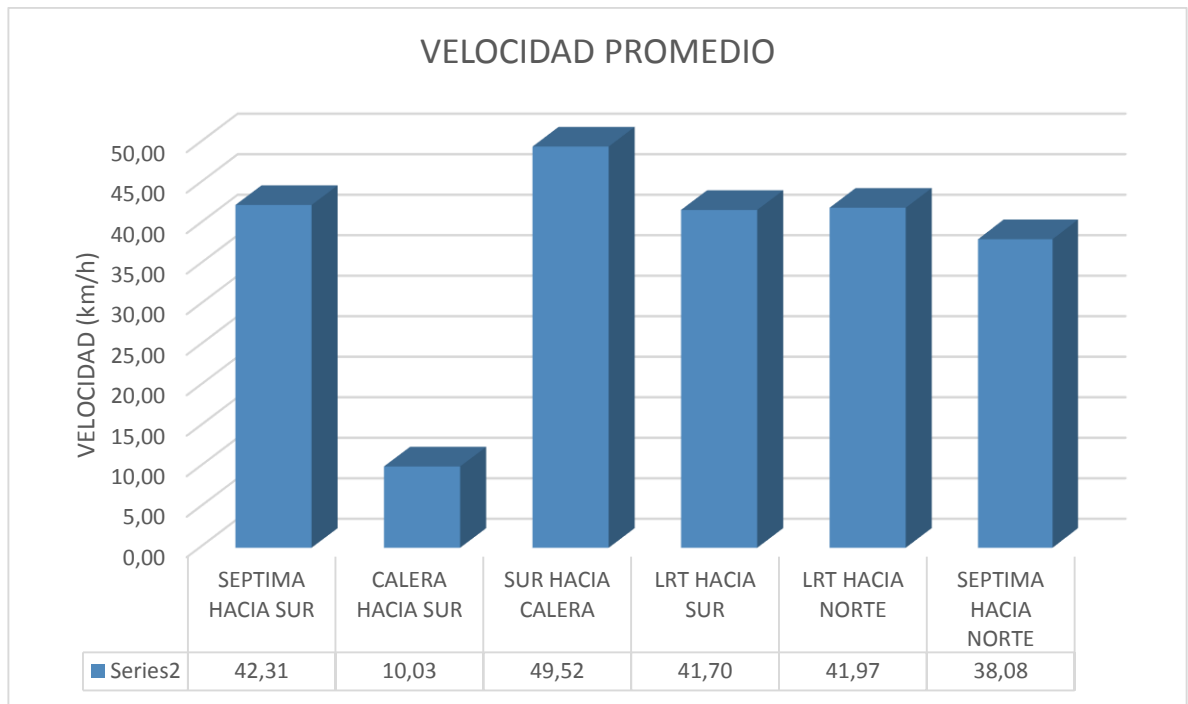


TIEMPO DE VIAJE



DENSIDAD VEHICULAR





7.4. Comparación entre el comportamiento actual de las intersecciones y la implementación de los pasos elevados en las mismas.

Con la ejecución del software y los resultados obtenidos por el mismo, se pudo observar en cada una de las tablas recopiladas correspondientes a cada intersección, el respectivo cambio generado a partir de los cambios realizados en la proyección de cada una de las intersecciones en estudio, a continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos para cada caso.

Estos resultados comparativos son de utilidad para identificar los problemas mayores que se presentarían a futuro próximo si no se toman medidas, principalmente las relacionadas con los tiempos de semáforos y cruces permitidos, pudiendo llegarse a recomendaciones al respecto para reducir las interferencias.

Tabla 9. Comparación resultados por movimiento de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 39.

MOVIMIENTO	LONGITUD DE COLA (m)		LONGITUD DE COLA MAXIMA (m)		DEMORA VEHICULOS (seg)		DEMORA POR PARADAS (seg)	
	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT
1	28,24	127,09	138,78	213,77	15,55	56,77	10,16	45,97
2	166,11	193,25	271,98	442,32	16,43	43,99	11,56	36,48
4	173,74	121,43	267,76	261,64	79,87	28,88	67,31	21,47
7	130,56	55,58	230,56	108,13	175,54	135,40	144,24	103,64
8	173,74	121,43	267,76	261,64	214,34	163,82	175,18	113,74
9(1)	28,24	127,09	138,78	213,77	15,90	64,93	10,04	54,36
9(3)	130,56	55,58	230,56	108,13	152,23	94,92	128,76	63,14
9(4)	142,15	91,97	232,38	226,26	18,14	18,22	8,53	8,60

Tabla 10. Comparación resultados por acceso vial de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 39.

ACCESO VIAL	TIEMPO DE VIAJE (s)		DENSIDAD VEHICULAR (VEH/km)		VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)	
	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT
SEPTIMA SENTIDO NORTE	22,38	16,17	54,23	98,66	42,14	25,66
SEPTIMA SENTIDO SUR	53,28	23,87	48,14	77,93	41,88	34,79
CLL 39 HACIA NORTE	8,23	17,71	0,35	0,58	43,16	51,84
CLL 39 HACIA SUR	168,09	190,55	16,12	49,70	8,68	3,51
CALLE 39	25,10	65,77	77,88	68,20	25,87	27,31
SEPTIMA HACIA CARACAS	45,95	16,77	8,20	6,29	43,17	29,55
DG 40 HACIA NORTE	125,96	121,71	14,61	36,83	14,38	11,60
DG 40 HACIA SUR	37,80	72,65	4,98	7,91	21,96	20,56

Tabla 11. Comparación resultados por movimiento de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 85.

MOVIMIENTO	LONGITUD DE COLA		LONGITUD DE COLA MAXIMA		DEMORA VEHICULOS		DEMORA POR PARADAS	
	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT
1	9,65	27,30	66,11	57,48	5,09	4,56	2,20	2,14
2	32,35	20,99	114,19	97,06	6,88	7,31	2,24	3,13
9(2)	33,06	20,80	114,62	95,39	64,53	18,63	48,35	12,45
CIRCUNVALAR	33,06	20,80	114,62	95,39	47,45	17,22	34,89	11,85
8	33,34	33,48	50,96	51,93	46,45	52,19	36,39	42,74
9(4)	33,34	33,48	50,96	51,93	42,48	31,48	35,10	26,10

Tabla 12. Comparación resultados por acceso vial de la intersección de la Carrera Séptima por Calle 85.

ACCESO VIAL	TIEMPO DE VIAJE (s)		DENSIDAD VEHICULAR (VEH/km)		VELOCIDAD PROMEDIO (km/h)	
	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT	Condición actual	Implementación LRT
SEPTIMA HACIA NORTE	27,09	29,68	43,50	34,68	45,54	42,39
SEPTIMA HACIA SUR	24,88	29,74	38	46,81	53	42,88
SEPTIMA HACIA CALERA	83,53	21,20	190	8,97	11	50,62
CALERA HACIA SUR	61,34	56,39	72	74,34	8	10,37

8. CONCLUSIONES

- Una de las principales razones de conflicto operacional de las intersecciones en estudio, se presenta por la presencia del actual sistema de transporte (SITP Y Transmilenio ligero), representando un importante porcentaje respecto a los volúmenes obtenidos en el desarrollo de la investigación; es importante recordar, la cantidad de movimientos vehiculares tanto de la calle 39, con 8 movimientos permitidos, así como de la calle 85 , con 6 movimientos permitidos, de los cuales en la gran mayoría los buses hacen uso, generando puntos de conflicto en los diferentes accesos que conforman dichas intersecciones.
- La intersección de la calle 85, cumple una importante función dentro del funcionamiento de la Carrera Séptima debido a su conexión tanto con la Av. Circunvalar como con el Municipio de La Calera, convirtiéndose en ruta obligada tanto del tráfico mixto como del transporte especial que comunica a los bogotanos con el vecino municipio; debido a dicha realidad, se estableció la necesidad de un paso elevado, que no entre en conflicto con el tráfico proveniente de dichos corredores, evitando la generación de congestión vial.
- Como puede observarse en el numeral 7.3.1.2, correspondiente a la modelación del estado actual de la intersección, en base a los volúmenes máximos obtenidos para cada movimiento, obteniendo los resultados más críticos sobre el movimiento 9 (2), debido al alto tráfico que genera el deseo de viaje hacia la Av. Circunvalar como La Calera.
- Uno de los principales generadores del conflicto en la intersección de la 85, es la presencia del semáforo presentado en la ilustración 17, generando los resultados demostrados en el numeral 7.3.1.2, además de la negativa influencia que provocan los “colectivos” con las constantes paradas para recoger y dejar a sus usuarios.
- Dentro del modelo generado (Anexo Digital 48 - 53), se puede observar el constante conflicto que existe entre el tráfico que recorre la Séptima en sentido norte y el tráfico que desea tomar el acceso hacia La Calera, generando muchas veces demoras en el flujo e incluso imprudencias al cambiar bruscamente de carril.

- La presencia de buses sobre la Carrera Séptima genera aun mayor conflicto debido a las constantes paradas y cambios de carril que realizan, afectando considerablemente la operación del tráfico, sobre todo la altura de la conexión con el movimiento 9 (2).
- Para la proyección realizada en el software, del paso elevado para la implementación del LRT, se tuvieron en cuenta condiciones básicas como la disminución de la calzada a 2 carriles, además de la circulación únicamente para tráfico mixto y camiones descartando cualquier servicio tipo bus exceptuando el servicio que comunica Bogotá – La Calera.
- Dentro de los resultados obtenidos en el numeral 7.3.2.2, puede considerarse la variación de las características de cola y velocidad de operación como positivas para la operación de la intersección, sin embargo, en algunos movimientos se incrementa el tiempo de viaje debido a la reducción de la calzada.
- Por la comparación hecha entre el modelo de la condición actual de las intersecciones Y con paso elevado para LRT, inclusive de ajustes en los diseños geométricos de la intersección. Esto indica la necesidad de revisar en estudios posteriores posibles cambios de diseño y localización de los pasos elevados del tren ligero, en caso de demostrar su inconveniencia en las dos intersecciones aquí escogidas.

9. RECOMENDACIONES

- La investigación se planteó para analizar las variables de operación de las intersecciones y el cambio al implementar el tren ligero; a futuro se considera importante realizar un estudio de atracción de viajes del LRT, de esta forma se analiza la cantidad de pasajeros que suben al sistema ya que con este sistema sostenible se busca reducir el transporte motorizado con combustible fósil, se busca atraer al sistema a las personas que conducen automóvil particular y el actual sistema BRT.
- Las modelaciones anteriormente mencionadas, para lograr que los resultados tenga una precisión que se ajuste más a la realidad , es necesario hacer una calibración, pero esta lastimosamente no llega a ser de todo tan precisa para llegar a parecerse a la realidad se acerca mucho pero le faltan aspectos que juegan en tráfico vehicular y esto no se logra porque el software que provee la empresa PTV Vissim en su versión de estudiante que es la versión 7.0, no permite modelar o que en el modelo interactúen vehículos como son las motos , que como pudimos evidenciar en mientras hicimos nuestras visitas de campo o en los momentos que estuvimos en las intersecciones , observamos que eran de gran numero , por eso el modelo necesita una calibración pero que no llega hacer en el todo exacto, pues si se tiene en cuenta que las motos juegan un papel de gran importancia en el flujo vehicular con sus movimientos cuando se meten entre carros ,a veces sus imprudencias que generan cuando se mueven dentro de los corredores vehiculares, es por eso que la modelo no llega hacer de todo preciso, para tener unos resultados más ligados a la realidad , se tendría que buscar la facilidad de PTV Vissim que en la versión de estudiante facilitara una versión más actual que permita poner en el modelo las motos como vehículos por default.
- Para el modelo de la calle 39 con carrera 7° aquí analizado, se evidencia y se demuestra que los movimientos que más generan conflictos son los en la diagonal 40a sentido norte y de la calle 39 sentido sur (mov. 7 y 8), porque atrasan el paso de los movimientos 1 y 2 generando grandes colas en estos movimientos y retrasos, se recomienda modificar para los movimientos 7 y 8 su diseño geométrico buscando subsanar el paso de los autos por estos movimientos. Otra recomendación que se debería tener en cuenta es la de ampliar los tiempos del semáforo en los movimientos en

conflicto así los autos que se mueven en estos podrían cruzar de una forma más adecuada y evitando atascos o quedar en mitad de la calle por el cambio del semáforo.

- En el modelo de la calle 85 con carrera 7° se tiene gran conflicto con los buses intermunicipales ya que estos son los que en esta intersección son los que generan la mayoría de conflicto en el movimiento 9(2) no permitiendo que el tráfico vehicular fluya de una forma aceptada gracias a que ellos tienen que recoger sus usuarios que son en gran cantidad puesto que muchos trabajan en la ciudad de Bogotá, la recomendaciones que planteamos es modificar la ruta para busquen otro acceso a la calera que pueda ser más eficaz y no cause todo ese colapso en el flujo vehicular, cambiar el diseño geométrico de la intersección pues como se ve en imágenes y visitas de campo en la subida es muy reducida gracias a que solo se presenta un carril dificultando en el momento que los buses intermunicipales quieren recoger un usuario bloqueando toda la subida deteniendo totalmente el flujo y ampliar los tiempos del semáforo en el semáforo queda justamente en la subida a la calera y la circunvalar.

BIBLIOGRAFIA

- ACUERDO 2 DE 1980 [citado el 25 noviembre de 2015] disponible en : <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=575>
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Planeación, [citado 02 octubre, 2015], Disponible en: http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Que_Es
- Alcaldía Mayor de Bogotá. Proyecto Corredor Verde-Solución Urbana Integral Carrera Séptima. Bogotá. 2011. p 4.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Planeación, decreto 364,[citado 15 enero 2016], Disponible en: <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/actualidad-SDP-home/Decreto-364-baja.pdf>
- ASISTRA, Asesores en sistemas de tránsito.[citado 09 noviembre, 2015] Disponible en : <http://www.asistra.com/Servicios-aforo.html>
- BOCAREJO, Juan et al. Desafíos de la implementación de proyectos de transporte modal: Estudio de casos de autobuses de tránsito rápido y teleféricos en Colombia, [en línea], Colombia, 2012, págs. 131 y sig., [citado 18 septiembre, 2015].
- Biblioteca virtual Luis ángel Arango. El Arzobispo, más que un separador vial. [citado el 02 de octubre 2015]. Disponible en : <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/memorias-del-agua/el-arzobispo>
- CARDENAS RODRIGUEZ, Fabián y VELÁSQUEZ GARCÍA, Giovanni. Determinación de intersecciones de la carrera 7ª de Bogotá, entre calles 32 a 100, en condiciones topográficas favorables para pasos elevados del futuro tren ligero-LRT. Trabajo de grado. Ingeniero Civil. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería Civil, 2014.
- CARVAJAL OSORIO, Hernán. EL TREN LIGERO COMO ELEMENTO DE SOSTENIBILIDAD EN MOVILIDAD URBANA, CASO: CARRERA 7a,

BOGOTÁ, COLOMBIA. Artículo de investigación. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. Facultad de ingeniería. Semillero de investigación VITRASOS.2016. 5H.

- DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES - VICERRECTORÍA ACADÉMICA. Guía Unificada para la presentación de propuestas y antecedentes de investigación. Bogotá: Universidad La Gran Colombia. s.f. 34 p.
- Institute for transportation & development policy. What is BRT?.[citado el 02 octubre del 2015]. Disponible en: <https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/the-bus-rapid-transit-standard/what-is-brt/>.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y COSTOS DE OPERACIÓN 2010 - 2011. En: INVIAS [En línea]. Fecha 2010. 1, 1. Citado: 02 oct. 15. Disponible en: http://www.invias.gov.co/index.php/servicios-al-ciudadano/normatividad/cat_view/11-documentos-tecnicos/64-volumenes-de-transito-2008?limit=10&limitstart=0&order=name&dir=DESC.
- MELO,Andrea. Los 130 años del tranvía de Bogotá. [citado 23 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.enorbita.tv/tranvia>
- MINISTERIO DE TRANSPORTE. Diagnóstico del transporte 2011. En: Ministerio de transporte [En línea]. Fecha 2010. 1, 1. Citado: 02 oct. 15. Disponible en: <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=5608>
- MINISTERIO DE TRANSPORTE. Capítulo 3 Señalización Horizontal. En: PINEDA RIVERA Mauricio. Manual de señalización vial. 2004. Bogotá. Pag. 134.
- MORRISON, Allen. Los tranvías de Bogotá Colombia, texto traducido al español por Marcelo Madariaga. [citado 11 enero 2016]. Disponible en: <http://www.tramz.com/co/bg/t/ts.html>
- MORRISON, Allen. Los trolebuses de Bogotá Colombia, texto traducido al español por Marcelo Madariaga. [citado 22 febrero 2016]. Disponible en: <http://www.tramz.com/co/bg/b/bs.html>

- NUEVO CÓDIGO COLOMBIANO DE DISEÑO DE PUENTES-LRFD-NCP-2014 [citado el 25 de noviembre 2015], disponible en : http://webidu.idu.gov.co:9090/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1337
- PTVGRUP. ¿QUÉ ES LO QUE MANTIENE EL TRANSITO FLUYENDO? En: PTV Vissim (en línea) [citado 12 de Nov. de 2015]. Disponible en: http://visiontraffic.ptvgroup.com/fileadmin/files_ptvvision/Downloads_N/0_General/2_Products/2_PTV_Vissim/ES_PTV_Vissim_Brochure.pdf
- RODRIGUEZ, Daniel Y COMBS, Tabitha. Impactos conjuntos del BRT y forma urbana en la propiedad del vehículo: Nueva evidencia de un análisis cuasi longitudinal en Bogotá. Colombia, [en línea]. 2014.pags272-285. [citado 18, septiembre 2015].
- ROMERO O,BECERRA M, HERRERA M, Y TRUJILLO. Simulación del tráfico de la carrera séptima en Bogotá D.C. Colombia, entre calles 34 y 72 utilizando dinámica de sistemas. [en línea]. Disponible en: http://www.urosario.edu.co/Administracion/documentos/9-Dinamicas/057_1701714057/. [Fecha de consulta: 17 enero 2016]
- RIOS MARIN, José Gonzalo y VILLAMIZAR ROPERO, Maritza Cecilia. ESTUDIO GEOESTADISTICO SOBRE LA CRA 7ª DE LA CALLE 26 A LA CALLE 100. Artículo de Investigación. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ingeniería civil. 10h.
- PTVGRUP. PTV Vissim 8 Highlights [12 de Noviembre de 2015]. Disponible en: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/en-uk/products/ptv-vissim/release-highlights/>
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Metro (Sistema de transporte). [citado 02 octubre 2015]. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102905/2013_2/Act._11._Reconocimiento_unidad_3/metro_sistema_de_transporte.html.



ANEXOS

Anexo 1. Formato para registrar los volúmenes vehiculares de la zona

 UNIVERSIDAD La Gran Colombia		ESTUDIO DE VOLÚMENES VEHICULARES FORMATO DE CAMPO		ANÁLISIS Y MODELACIÓN DE DISEÑO OPERACIONAL DE INTERSECCIONES DE LA CARRERA 7 CON CALLE 39 Y CON CALLE 85, BOGOTÁ, PARA MEJORAMIENTO DE TRÁFICO VEHICULAR EN IMPLEMENTACIÓN DE TREN LIGERO.	
Fecha: (D.M.A.) _____ Ubicación: _____ Hoja: ____ De: ____					
Hora Inicio: _____ Hora Final: _____					
Condición Climática: _____					
Aforador: _____					
Supervisor: _____					
Sentido	Período	Autos	Buses - Busetas	Camiones	
_____	_____				

	TOTAL				
_____	_____				

	TOTAL				
_____	_____				

	TOTAL				
_____	_____				

	TOTAL				
Observaciones:					
Firma Supervisor: _____			Firma Aforador: _____		

Anexo 2. Evidencia fotográfica de la intersección de la carrera 7ª por calle 39.





Anexo 3. Evidencia fotográfica de la intersección de la carrera 7ª por calle 85.

