
MODELO DE UN DISEÑO GEOMÉTRICO PARA INTERSECCIONES VIALES
BASADOS EN UN SISTEMA DE RETORNOS

OSCAR ALEXIS FANDIÑO CALDERÓN
FREDDY GAMBA MORENO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2015

MODELO DE UN DISEÑO GEOMÉTRICO PARA INTERSECCIONES VIALES
BASADOS EN UN SISTEMA DE RETORNOS

OSCAR ALEXIS FANDIÑO CALDERÓN
FREDDY GAMBA MORENO

Trabajo de grado
Modalidad trabajo final para optar por el título de:
Ingeniero Civil

Asesor Disciplinar
Ing. NANCY CIFUENTES OSPINA
Mgs. Tránsito y Transporte

Asesor Metodológico
Ing. OLGA LUCIA VANEGAS ALFONSO

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2015



Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Noviembre de 2015

GENERALIDADES

Planteamiento de un diseño geométrico para solucionar problemas de congestión vehicular en una intersección vial basados en un sistema de retornos.

LINEA DE INVESTIGACION

Vías y Transportes para el desarrollo de la infraestructura física, regional, sostenible, competitiva, económica y social.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Planeación y transporte

NOMBRE DE LOS INVESTIGADORES

Óscar Alexis Fandiño Calderón
Freddy Gamba Moreno

NOMBRE DEL ASESOR DISCIPLINAR

M. Nancy Cifuentes Ospina

NOMBRE ASESOR METODOLÓGICO

ing. Olga lucia Vanegas Alfonso

LUGAR DONDE SE REALIZA EL PROYECTO

MUNICIPIO: Bogotá

DEPARTAMENTO: Cundinamarca

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTOS

Dedicamos la elaboración de este documento en primer lugar a Dios por habernos brindado la paciencia y sabiduría para alcanzar las metas propuestas durante todo el proceso del periodo académico.

A nuestros padres por brindarnos ese apoyo no solo económico sino moral día a día y haber creído en nosotros.

A la Universidad La Gran Colombia, por habernos acogido en su gran familia y darnos la oportunidad de superarnos como personas y profesionales.

A las Ingenieras Nancy Cifuentes Ospina asesora disciplinar y Olga lucia Vanegas Alfonso asesora metodológica quienes gracias a su gran colaboración y apoyo se desarrolló satisfactoriamente el presente proyecto de investigación.

Al Ingeniero Fabián González Hernández, por su apoyo y aportes técnicos que fueron de gran contribución para poder mostrar los objetivos propuestos.

A cada uno de los profesores y compañeros que nos orientaron y acompañaron en cada una de asignaturas, y quienes nos dieron la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de estos diez semestres.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	1
3. OBJETIVOS.....	1
3.1. OBJETIVO GENERAL	1
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
4. MARCO DE REFERENCIA	1
4.1. ANTECEDENTES.....	1
4.2. MARCO TEÓRICO	4
4.2.1 Generalidades de intersecciones	4
4.2.2 Tipos de intersección	5
4.2.3 Elementos y criterios de una intersección vial.....	9
4.2.4 Tránsito	10
4.2.5 Vehículos equivalentes	11
4.2.6 Principios para el diseño de intersecciones a nivel	11
4.2.7 Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio	12
4.3. MARCO CONCEPTUAL	18
4.4. MARCO GEOGRÁFICO	20
4.5. MARCO HISTORICO.....	21
4.6. MARCO LEGAL	22
5. DISEÑO METODOLÓGICO	23
5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	23
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
5.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
6. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA.....	25
6.1. CONDICIONES TOPOGRÁFICAS ACTUALES	25
6.2. COMPORTAMIENTO DEL TRÁNSITO EXISTENTE	25
6.2.1 Registro de volúmenes vehiculares.....	26
6.3. PROCESAMIENTO DE DATOS DE ENTRADA	29
6.3.1 Volúmenes vehiculares	29
6.3.2 Volúmenes vehiculares día típico.....	29
6.3.3 Volúmenes vehiculares día atípico.....	53
6.3.4 Análisis de volúmenes vehiculares.....	76
6.4. PARAMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO PROPUESTOS	84
6.4.1 Consideraciones y configuración del diseño geométrico tipo rotonda.....	84
6.4.2 Consideraciones y configuración del diseño geométrico sistema de retornos.....	86
6.5. GENERACION DE LOS MODELOS DE TRÁNSITO.....	91
6.5.1 Modelo condición actual.....	91
6.5.2 Modelo tipo rotonda.....	97
6.5.3 Análisis de resultados	97
6.5.4 Modelo sistemas de retornos	100

6.5.5	Análisis de resultados	102
7.	CONCLUSIONES y recomendaciones.....	113
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	114
9.	ANEXOS.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Vehículos equivalentes	11
Tabla 2. Referencias legales en Colombia	22
Tabla 3. Parámetros geométricos actuales.....	25
Tabla 4. Movimientos aforados	27
Tabla 5. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 1	30
Tabla 6. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(1)	31
Tabla 7. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 5	32
Tabla 8. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	33
Tabla 9. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	34
Tabla 10. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 2	35
Tabla 11. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(2)	36
Tabla 12. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 6	37
Tabla 13. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	38
Tabla 14. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	39
Tabla 15. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 3	40
Tabla 16. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(3)	41
Tabla 17. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 7	42
Tabla 18. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	43
Tabla 19. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	44
Tabla 20. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 4	45
Tabla 21. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(4)	46
Tabla 22. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	47
Tabla 23. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	48
Tabla 24. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total Accesos	49
Tabla 25. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total Accesos	50
Tabla 26. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – H.M.D.....	51
Tabla 27. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Accesos.	52
Tabla 28. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 1	53
Tabla 29. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(1)	54
Tabla 30. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 5	55
Tabla 31. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	56
Tabla 32. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	57
Tabla 33. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 2	58
Tabla 34. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(2)	59
Tabla 35. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 6	60

Tabla 36. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	61
Tabla 37. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	62
Tabla 38. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 3	63
Tabla 39. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(3)	64
Tabla 40. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 7	65
Tabla 41. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	66
Tabla 42. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	67
Tabla 43. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 4	68
Tabla 44. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(4)	69
Tabla 45. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	70
Tabla 46. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso	71
Tabla 47. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total Acceso.	72
Tabla 48. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total Accesos	73
Tabla 49. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – H.M.D.....	74
Tabla 50. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Accesos	75
Tabla 51. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Día Típico	76
Tabla 52. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Día Atípico.....	76
Tabla 53. Tasas de flujo y densidades condición actual.	83
Tabla 54. Longitudes de cola.....	83
Tabla 55. Criterio de diseño de glorietas	84
Tabla 56 Longitud carril de aceleración	89
Tabla 57.Longitud carril de desaceleración	90
Tabla 58 Longitud de entrecruzamiento.....	91
Tabla 59. Volúmenes vehiculares en la hora pico – condición actual	92
Tabla 60.niveles de servicio condición actual	96
Tabla 61. Volúmenes vehiculares en la hora pico – diseño rotonda	97
Tabla 62. Volúmenes vehiculares en la hora pico – condición sistema de retornos	100
Tabla 63. Resultados niveles de servicio diseño retornos.	111
Tabla 64.Cuadro resumen de resultados obtenidos	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rotonda donde reemplazar los cruces	2
Figura 2. Esquema base intersección en Cruz “+” o Equis “X”	6
Figura 3. Esquema base intersección en Cruz “+” o Equis “X” con separador y carril de giro a la izquierda.....	7
Figura 4. Esquema básico de una glorieta.....	8
Figura 5. Esquema metodológico para análisis de segmentos de vía.	15
Figura 6. Tasas de flujo	16
Figura 7. Localización general	20
Figura 8. Esquema de movimientos existentes.....	26
Figura 9. Esquema ubicación de cámara 1 – Registro de Aforo.....	28
Figura 10. Esquema ubicación de cámara 2 – Registro de Aforo.....	28
Figura 11. Esquema intersección tipo rotonda.....	85
Figura 12. Esquema inconveniente diseño rotonda	86
Figura 13. Esquema Diseño Geométrico Propuesto.....	87
Figura 14. Vehículo de diseño	87
Figura 15. Esquema dimensionamiento mínimo para retornos.....	88
Figura 16. Simulación de Modelo existente	92
Figura 17. Volúmenes vehiculares intersección existente	92
Figura 18. Porcentaje - tiempos de bloqueo actuales.....	93
Figura 19. Condiciones de congestión existente.....	94
Figura 20. Velocidades de operación existente por acceso	95
Figura 21. Tiempos de retraso por acceso	96
Figura 22. Volúmenes vehiculares intersección tipo rotonda.....	97
Figura 23. Porcentaje - tiempos de bloqueo Rotonda.....	98
Figura 24. Condiciones de congestión rotonda.....	98
Figura 25. Velocidades de operación existente por acceso.....	99
Figura 26. Simulación de Modelo sistema de retornos	100
Figura 27. Movimientos generados en el diseño sistema de retornos	101
Figura 28. Volúmenes vehiculares en el modelo sistema de retornos	101
Figura 29. Represamientos modelo sistema de retornos.....	102
Figura 30. Velocidades de operación modelo sistema de retornos.....	103
Figura 31. Punto de aplicación calculo nivel de servicio, sistema de retornos.....	104
Figura 32. Tasas de flujo Acceso Norte (retornos).....	106
Figura 33. Tasas de flujo Acceso Sur (retornos).....	107
Figura 34. Tasas de flujo Acceso Oeste (retornos).....	108
Figura 35. Tasas de flujo Acceso Este (retornos)	110

MODELO DE UN DISEÑO GEOMÉTRICO PARA INTERSECCIONES VIALES BASADOS EN UN SISTEMA DE RETORNOS

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El dinamismo que actualmente registra la ciudad de Bogotá en cuanto a crecimiento urbano, densidad poblacional y aumento de automóviles, ha generado una excesiva necesidad de transformar los temas relacionados con movilidad e infraestructura vial, circunstancias por el cual el parque automotor ha registrado una evolución significativa desde el 2005, consecuencias que conllevan a que la venta de autos nuevos ha aumentado sólidamente, llegando incluso a triplicar su volumen¹, de acuerdo con estudios realizados por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (Andi), el comportamiento del mercado automotor en el 2014 se vendieron más de 329.000 vehículos, circunstancias que hace que Bogotá tenga el parque automotor más grande de Colombia y así mismo represente el 39% del parque vehicular del país², consideraciones que están directamente ligadas con el desarrollo social y económico de la ciudad, sin embargo la infraestructura vial para vehículos particulares no han tenido la misma tendencia, debido a que actualmente sobre las vías de Bogotá se presentan represamientos y congestiones constantemente.

En este sentido y con el ánimo de mitigar tales impactos, el Ministerio de Transporte bajo Manual de Señalización Vial de 2015 recomienda la implementación de los dispositivos semafórico en intersecciones, debido a que con la instalación de los semáforos se espera optimizar la regularización de la velocidad de los vehículos, controlar la circulación y reducir la gravedad de los accidentes.

No obstante a lo anterior, para la viabilidad y la instalación de estos dispositivos semafóricos, no se ha tenido en cuenta el elevado costo que esto le genera a la ciudad, consideraciones que de acuerdo con el artículo del periódico el Tiempo “Las razones de por qué faltan y sobran semáforos en Bogotá” menciona que la instalación de los semáforos para una intersección típica puede tener un costo aproximado de 187.500.000 millones de pesos, cifras que pueden elevarse por cuestiones de mantenimiento que debe hacerse periódicamente y eso sin tener en cuenta el vandalismo que presenta la ciudad de Bogotá, ya que como se menciona en este mismo artículo en menos de dos semanas, la intersección de la

¹ ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, Octubre 2015. (En línea). Disponible en: <http://www.andi.com.co/cinau>

² INVEST IN BOGOTA. Automoción y transporte en Bogotá. (En línea) 5 de 10 de 2015. [Citado el: 3 de noviembre de 2015.] Disponible en: <http://es.investinbogota.org/invierta-en-bogota/invertir-bogota/industriales-bogota/industria-automocion-transporte-bogota>

Avenida sexta por carrera 18 fue reparada, como también para el año 2006 fueron robadas 193 intersecciones y sus reparaciones le costaron al distrito 1.894.260.177 millones de pesos.

Considerando los inconvenientes expuestos anteriormente, otra de las problemáticas de las intersecciones semaforicas, es la demora de circulación que se presenta en algunos movimientos que se dan en las intersecciones, debido a circunstancias como la duración del ciclo del semáforo en su fase roja.

Como consecuencia a tal problemática, uno de los corredores que presenta inconvenientes debido a los semáforos es la Calle 53, circunstancias que obedecen a que entre las Carreras 68 y 50 se presentan múltiples dispositivos semaforicos, dificultando así la movilidad continua del sector, y por lo tanto es evidente que los semáforos no son de total solución para resolver los problemas de congestión vehicular que se presentan en las intersecciones.

Por lo tanto basados en los parámetros geométricos contemplados en el manual de Diseño Geométrico de Carreteras y teniendo como referencia las limitaciones de infraestructura vial que actualmente sufren las ciudades, en especial la ciudad de Bogotá, en función de las condiciones existentes y del espacio público disponible de cada intersección y con el propósito de garantizar un mejoramiento en la circulación vehicular y la seguridad vial de las intersecciones, se determinó como punto de aplicación la calle 53 por carrera 60, el cual es uno de los puntos que presenta los inconvenientes mencionados anteriormente, por lo tanto el presente documento se enfoca en determinar:

¿Cuál sería el modelo geométrico óptimo para mejorar las condiciones del flujo vehicular en una intersección, teniendo en cuenta parámetros de seguridad vial?

2. JUSTIFICACIÓN

Tomando en cuenta el acelerado crecimiento poblacional y automotor que ha presentado la ciudad de Bogotá a partir del año 2005³, se muestra que actualmente la infraestructura vial sobre todo en intersecciones no ha tenido el mismo desarrollo y crecimiento, condiciones por las cuales actualmente los corredores viales vienen presentando problemas de saturación y congestión vehicular; problemática que se evidencia debido a los deterioros de la malla vial y a los represamientos que se generan en las intersecciones, situación que conlleva a que el flujo vehicular no sea constante y por lo tanto se generen problemas de movilidad.

Debido a la anterior problemática, la Secretaria Distrital de Movilidad con el ánimo mitigar tales inconvenientes y optimizar el manejo en temas relacionados con la congestión vehicular, control del tránsito y priorización de los cruces de peatones, ha decidido instalar dispositivos semafóricos sobre cada una de las intersecciones de Bogotá, sin embargo la instalación de dichos dispositivos no ha solucionado por completo los inconvenientes, debido a que actualmente la interrupción del tránsito y el represamiento vehicular son generados por los cruces viales.⁴

Como consecuencia a lo anterior los usuarios de las vías urbanas de Bogotá pierden gran parte de su tiempo detenidos en represamientos, con lo cual esto conlleva a que se aumentan los niveles de estrés y que con el tiempo se verán reflejados en problemas de salud.

Así mismo la congestión vehicular por la cual pasa la ciudad Bogotá es la primera causa del aumento de consumo de combustible en los vehículos y por lo tanto estos son gastos adicionales que se generan sobre cada uno de los usuarios, de igual forma estas congestiones hace que los conductores con el fin de disminuir el tiempo de recorrido, toman la decisión de vulnerar los respectivos elementos señalización y semaforización aumentando los riesgos de accidentalidad poniendo en riesgo su vida y la de los demás.

³ INVEST IN BOGOTA. Automoción y transporte en Bogotá. (En línea) 5 de 10 de 2015. [Citado el: 3 de noviembre de 2015.] Disponible en: <http://es.investinbogota.org/invierta-en-bogota/invertir-bogota/industriales-bogota/industria-automocion-transporte-bogota>

⁴ REDACCION DE VEHICULOS.. Los trancones en las intersecciones se convirtieron en un problema para la movilidad. El tiempo 1 de agosto de 2014, 2014. (En línea). Disponible en: <http://www.eltiempo.com/revista-motor/actualidad/tecnologia/trancones-intersecciones-convirtieron-problema-movilidad/19045>

Por lo tanto el presente estudio pretende brindar una propuesta a la problemática que se genera en las intersecciones, teniendo en cuenta como caso de estudio la calle 53 por carrera 60, para lo cual se pretende realizar un modelo geométrico vial que minimice los problemas de congestión y saturación vehicular, brindando eficiencia y confort sobre cada uno de los usuarios que transitan sobre los corredores viales de Bogotá.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Generar un modelo de diseño geométrico para intersecciones a nivel con flujo constante, minimizando problemas de congestión e intervención de la infraestructura vial existente, tomando como estudio de caso la calle 53 por carrera 60.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Definir las condiciones topográficas actuales de la intersección de la Avenida Calle 53 por Carrea 60 objeto del presente estudio.
- ✓ Establecer el comportamiento de los flujos vehiculares actuales de la intersección de estudio.
- ✓ Determinar los parámetros de tránsito y geométricos para generar un modelo que simule las condiciones actuales y propuestas.
- ✓ Analizar los resultados obtenidos mediante la modelación y establecer el diseño geométrico óptimo para solucionar los problemas de congestión que se presentan en la intersección de la Calle 53 por Carrea 60

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. ANTECEDENTES

El diseño y solución a intersecciones en el entorno urbano ha evolucionado con las necesidades del tránsito actual, esto varía según el criterio del diseñador e ingeniero a cargo pues las opciones se ligan a múltiples condiciones que pueden volver los casos muy particulares. Pero sería ideal poder tipificar los diseños para tener una aplicación directa en puntos específicos, pero a su vez se puede hablar de una actualización de diseños a los requerimientos de hoy en día. Es decir como tradicionalmente los diseños geométricos estaban sujetos a las normas o manuales estandarizados, los que siguen funcionando ya que dan una guía completa de los criterios necesarios en el proceso, pero hoy en día ya se comenzaron a generar variaciones.

Una de tantas alternativas son las rotondas una buena opción para gestionar una intersección, pero tienen sus limitaciones. Sin embargo, una propuesta de un ingeniero Yemení acaba con ellas, o al menos eso deducimos del vídeo presentado y que está enamorando en las redes sociales. La ventaja de esta nueva rotonda es que no obliga a detener los vehículos en ninguna circunstancia, con lo que el tráfico es más fluido.

Es la forma más segura, eficiente y ecológica de regular un cruce, estos diseños han ganado popularidad en las ciudades pues sin duda ayuda a mejorar la circulación en todos los aspectos algunos de ellos son la fluidez del tráfico, en seguridad por que evitara las colisiones laterales las que tienen una gravedad importante asociadas a muertes, los costos pues el mantenimiento con respecto a los semáforos es notable, un menor impacto ambiental pues al no acumular vehículos detenidos no generara una emisión alta de gases.⁵

Así como tiene muchas ventajas también tiene inconvenientes y está directamente asociado al mal uso de la misma, que no son fáciles de controlar pues el comportamiento humano es una variable muy desconcertante ya que acciones como la entrada a grandes velocidades, la no indicación de la luz intermitente para hacer el cruce requerido, y por otra parte que simplemente que colapse por capacidad y densidad en el interior de la rotonda, pero con el diseño del Ingeniero Yemení de la Figura 1 se puede cambiar en algo estas perspectivas, logrando llevar al usuario de una manera mas simple y dándole muchas opciones para evitar generar situaciones irregulares, este diseño en la teoría cumple con las expectativas por esto mismo se hace interesante poder aplicar esta innovación

⁵ MENDIOLA, Jose. .Es esta la rotonda perfecta? Hipertextual. [En línea] 26 de Enero de 2015. [Citado el: 07 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://hipertextual.com/2015/01/rotonda-perfecta>.

en algunos puntos y poder obtener un acercamiento a la realidad encontrando una funcionalidad real.

Figura 1. Rotonda donde reemplazar los cruces



Fuente: hipertextual. [En línea] <http://hipertextual.com/2015/01/rotonda-perfecta>.

La evolución de la población mundial la cual se incrementa igualmente a la cantidad de vehículos, creando la necesidad de construir, ampliar o mejorar las carreteras. Adicionalmente que los vehículos de transporte automotor, con capacidad cada día mayor y con velocidades más elevadas hacen que se genere un desarrollo en pro de la seguridad y economía a los usuarios como a la protección del medio ambiente, todo esto implica generar diseños de manera rigurosa según lo técnico y normativo como en esta investigación la cual basado en el manual colombiano genera diseños ajustado a la misma. Adicional se debe tener en cuenta que la construcción de vías influye de manera importante en el desarrollo económico de una región, incrementando la producción y el consumo, disminuyendo costos mejorando así la calidad de vida de la población ubicada en la zona de influencia.⁶

Las consideraciones de diseño están dadas a nivel general sin importar la ciudad de desarrollo como lo plantean en esta tesis de Argentina donde el objeto del diseño es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular de acuerdo a las necesidades viales, Para esto el uso de herramientas complementarias que

⁶ AGUDELO OSPINA, John Jairo.. Diseño Geométrico de Vías ajustado al manual colombiano. Tesis de grado para optar al título de Especialista en vías y transporte . Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2002. 531 pag.

hoy en día tenemos gracias a la tecnología como software representa una ayuda para optimizar un diseño, sin embargo una recopilación de todos estos aspectos y la información necesaria para desarrollar un diseño integral y viable permitiéndole al diseñador controlar más variables sin dejar puntos importantes por contemplar.⁷

Con este vistazo a lo que sucede tanto en nuestro país como afuera del vemos que a pesar de la existencia de normativas y estándares en cuanto al diseño en unos casos se requiere modificar para poder evolucionar a la par de las necesidades, claro está sin dejar de contemplar la bases las cuales fueron creadas con criterios adecuados y sin exponer la integridad de los futuros usuarios

⁷ ROLON, Rocio. Diseño Geométrico de Vías Urbanas. Trabajo de grado area de estudio del transporte. Facultad Reginal La Plata. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional, La Plata. 2006, 153 p.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1 Generalidades de intersecciones

Para el diseño, tanto de vías nuevas como intersecciones urbanas, es necesario conocer la jerarquización de las vías existentes y así determinar una solución que permita solucionar el problema sin traumar la red vial general. En nuestro caso para la ciudad de Bogotá la clasificación dispuesta en el POT (Plan de Ordenamiento Territorial), decreto 619 de Julio 28 de 2000, en el Artículo 158, determina las secciones viales y tiene como base, entre otros, los anchos mínimos para desarrollar las vías, y muy de la mano dentro de la normativa y guía “El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras” enfocando en las vías urbanas allí nos dan una pautas muy importantes pero el diseñador debe conocer el estado de los elementos existentes y los pronósticos de planificación relacionados con la vía, el sector y los servicios públicos ya que éstos son determinantes en las características de la vía y plantear el proyecto a un nivel macro, teniendo en cuenta las características locales del sector.

Para efectos de determinar su prelación, dentro del perímetro urbano las vías se clasifican de la siguiente manera:

Primarias son consideradas en Colombia las troncales y transversales principalmente en los accesos del departamento, el concepto latino América como vía urbana la cual depende de su función con algunas características de diseño e intensidad lo que cataloga y dan nombre propio como las Autopistas las cuales son de alta capacidad con TMDA mayores 20.000Veh/día, las Multicarril con 40.000Veh/día.

Secundarias unen cabeceras municipales y conectan entre sí con carretera primaria, Colectoras, Ordinarias, Locales, Privadas, Ciclo rutas, Peatonales, esto de forma general pues la funcionalidad marca mejor la clasificación como lo dice el Manual, para el análisis usaremos las primarias en el plano urbano las cuales reúne a troncales, transversales y accesos a capitales que cumplen con integrar la zonas de producción y consumo. La presencia de peatones en las vías y zonas para ellos diseñadas, les otorgarán prelación, excepto sobre vías férreas, autopistas y vías arterias.

La definición de la zona de trabajo es decir la intersección es denominada como el área donde dos o más vías tienen un punto de encuentro o entre cruzamiento y el conjunto de infraestructura y acondicionamiento necesario para la movilización de vehículos y peatones de acuerdo a todos los movimientos posibles, funcionan

como elementos discontinuos en una red vial que genera por maniobras de entrada y salida de la misma situaciones complejas de movilidad en el recorrido.⁸

Generalmente se presentan en el entorno urbano, donde se generan problemas de tránsito los cuales se pueden establecer soluciones como lo son; intersección no semafórica como glorieta, intersección semafórica y intersección a desnivel. Las condiciones geométricas de una intersección está condicionada por factores como: la importancia de los giros; en especial, de los giros a la izquierda, cuya prohibición o resolución es determinante, la velocidad e intensidad de tráfico de las vías principales y la intensidad peatonal.

4.2.2 Tipos de intersección

Las intersecciones tienen una clasificación que va desde las más simples hasta las más complejas, las cuales son necesarias analizar para la toma de una decisión. En orden de importancia son: Intersecciones a nivel simples, Intersecciones a nivel con carriles adicionales para cambios de velocidad, Intersecciones a nivel y a desnivel.

4.2.2.1 Intersecciones a nivel

- Glorietas
- Intersecciones a nivel canalizado y sin canalizar
- Intersecciones a nivel simples sin semáforos
- Intersecciones a nivel semafóricas

De acuerdo a esta clasificación de los diferentes tipos de intersecciones a nivel son objeto de estudio, debido a que se desarrollara el análisis y la aplicación de diseños propuestos para generar un comparativo.

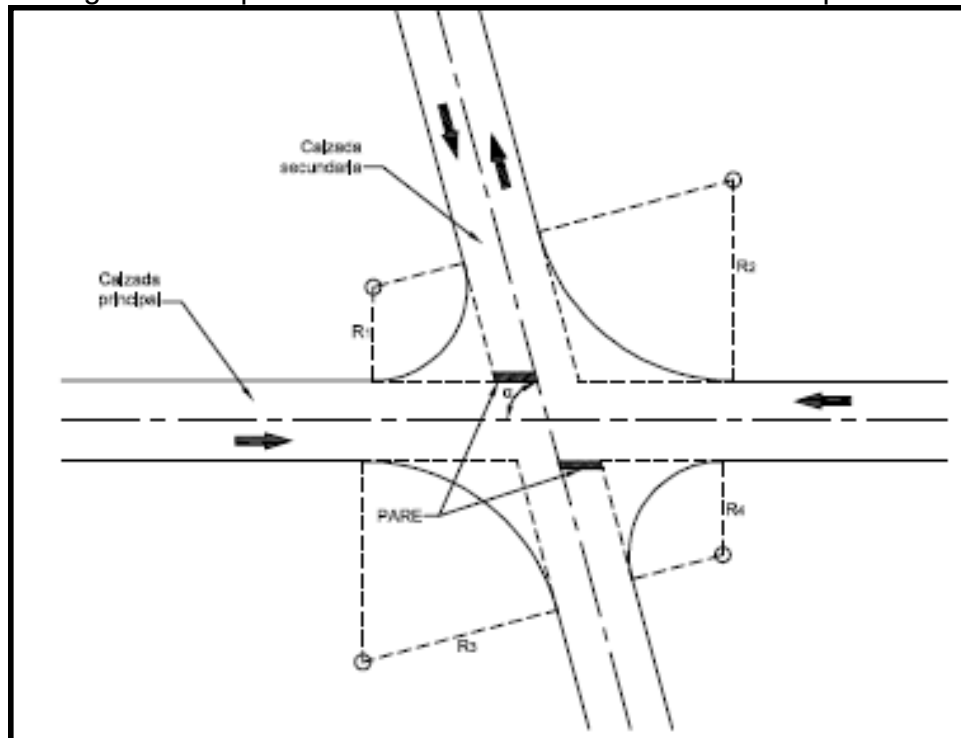
Las características geométricas están dadas y tipificadas, las más frecuentes son intersección en Cruz, desde las más sencillas o con variaciones simples como lo son con separador entre carriles y carril de giro como se evidencia en las Figura 2 y Figura 3.

Cada una de ellas con unos criterios de diseño que se aplican de acuerdo a la necesidad de la topografía y de diseño requerido.

⁸ MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008. p 169.

- Sin canalizar

Figura 2. Esquema base intersección en Cruz “+” o Equis “X”



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Instituto nacional de vías, 2008. p. 172.

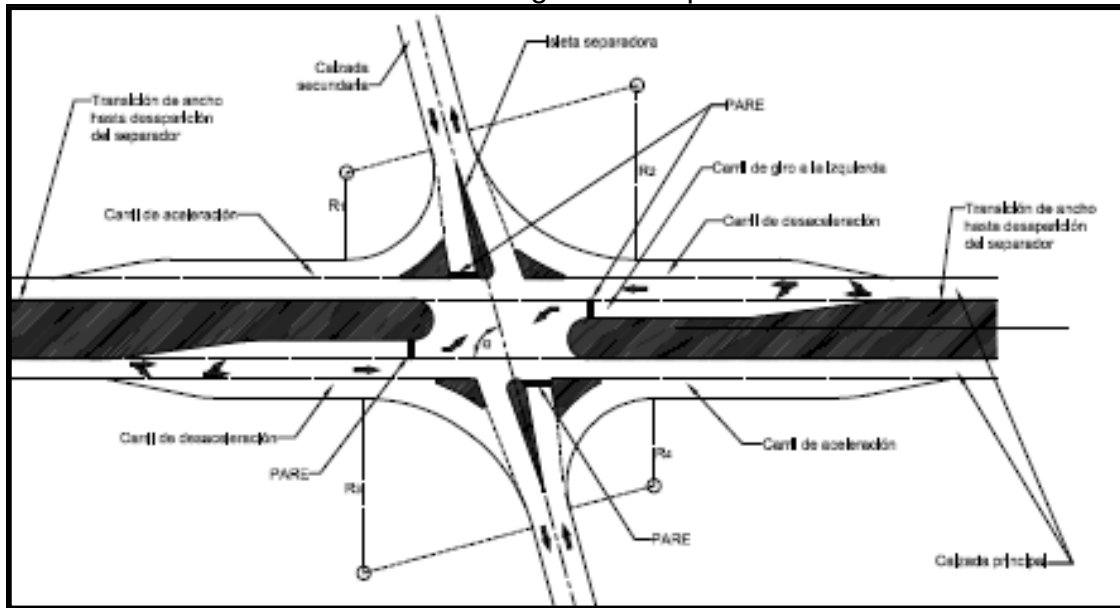
Criterios básicos de diseño:

- 1) El ángulo de entrada (α) debe estar comprendido entre sesenta y noventa grados ($60^\circ - 90^\circ$).
- 2) El Radio mínimo de las curvas R_1 , R_2 , R_3 y R_4 debe corresponder al Radio mínimo de giro del vehículo de diseño seleccionado.
- 3) La pendiente longitudinal de las calzadas que confluyan debe ser, en lo posible, menor de cuatro por ciento (4.0 %) para facilitar el arranque de los vehículos que acceden a la calzada principal.
- 4) Salvo que la intersección se encuentre en terreno plano, se debe diseñar en la calzada secundaria una curva vertical cuyo PTV coincida con el borde de la calzada principal y de longitud superior a treinta metros (30 m).

5) La intersección debe satisfacer la Distancia de visibilidad de cruce (DC).⁹

- Canalizadas

Figura 3. Esquema base intersección en Cruz “+” o Equis “X” con separador y carril de giro a la izquierda



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008. p. 174.

4.2.2.2 Tipo rotonda

Es una intersección dotada de un obstáculo central, materialmente infranqueable y rodeado por una calzada anular con sentido de circulación giratorio a derechas sobre la que confluyen varias calles, que se rige por una especial regla de prioridad según la cual los vehículos que pretendan entrar en la calzada anular deben ceder el paso a los que ya se encuentran en ella¹⁰.

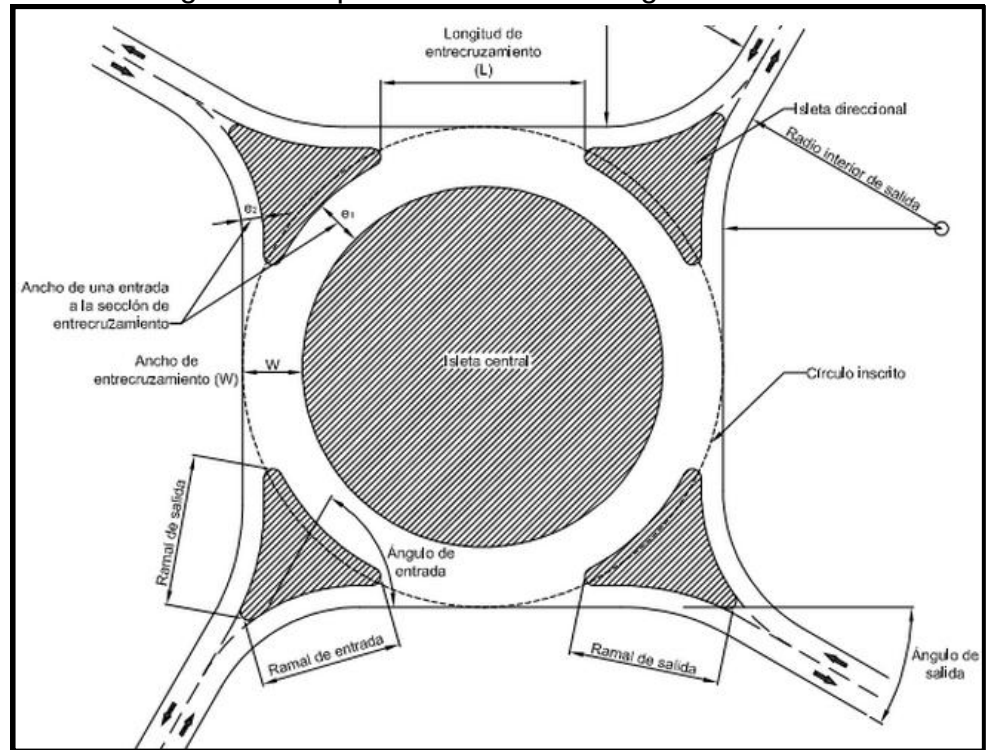
En este mismo sentido, otro de las grandes soluciones para garantizar un flujo constante de vehículos en las intersecciones y sin represamientos, es el modelo de rotondas, el cual su diseño geométrico esta función de atender las necesidades de cada punto, tanto desde de espacio disponible como del tránsito, situación por

⁹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008.p.172.

¹⁰ GALLARDON, Darder. Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización. Resumen. 2005. p.16.

la cual basados en las recomendaciones y algunos parámetros mínimos dados por el INVIAS bajo el Manual De Diseño Geométrico De Carreteras, a continuación se menciona componentes y aspectos a tener en cuenta para elaborar dicho diseño:

Figura 4. Esquema básico de una glorieta



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Instituto nacional de vías, 2008. p. 184.

Capacidad vehicular para rotondas

De igual forma el Manual De Diseño Geométrico De Carreteras, recomienda determinar la capacidad de sección de entrecruzamiento propuesta y compararla con la capacidad teórica formulada, condición que se realiza mediante la siguiente expresión:

Ecuación 1 Capacidad sección de entrecruzamiento

$$Q_p = \frac{160 W (1 + e / W)}{(1 + w / L)}$$

Ecuación 2 Ancho de entradas

$$e = \frac{(e_1 + e_2)}{2}$$

Dónde:

Qp: Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos / hora.

W: Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros.

e: Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento, en metros.

e1, e2: Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento, en metros.

L: Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.¹¹

4.2.3 Elementos y criterios de una intersección vial

Datos Funcionales: Clasificación, tipo de control de accesos, velocidad, preferencia de paso, se deducen en sencillez y claridad es tan solo que la canalización no debe ser complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos. Visibilidad la velocidad de debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso.

Datos Físicos: Se refiere a la topografía, así como a las restricciones existentes para extender las superficies, tales como usos del suelo, características geológicas y geotécnicas, edificaciones, plantaciones, tipos de drenajes. Perpendicularidad de las trayectorias. Las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto.

Datos de Tránsito: Incluye los volúmenes de tránsito, análisis de cada movimiento en la hora pico, la capacidad, vehículo tipo para el que se proyecta la intersección, velocidad en los accesos. Priorización de los movimientos los más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios. Esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, reducción de ancho de vía e introducción de curvas de Radio pequeño. La Separación de los movimientos como resultados de ingeniería de tránsito, según los flujos de diseño determinados para cada caso, puede ser necesario dotar algunos movimientos con vías de sentido único, completándola con carriles de aceleración o desaceleración si fuera necesario.

Movimientos Peatonales: se deben tener presentes ante todo en las intersecciones que hacen parte o son afectadas por la zona de influencia de centros comerciales, hospitales, escuelas, universidades, etc. Se deben tener en cuenta si existen puentes peatonales o zonas como los pasos “cebra”, que faciliten el flujo peatonal.

¹¹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Instituto nacional de vías, 2008.p 183.

Relación con otras intersecciones: La uniformidad y sincronización de las intersecciones son muy importantes para no desorientar al usuario.

Consistencia con los volúmenes de tránsito. La mejor solución para una intersección vial es la más consistente entre el tamaño de la alternativa propuesta y la magnitud de los volúmenes de tránsito que circularán por cada uno de los elementos del complejo vial.

Es importante saber el número y tipo de conflictos que se presentan en la intersección, así como la frecuencia con que ocurren, ya que éste depende del volumen de tránsito que se encuentre en cada trayectoria de flujo. En las intersecciones debe existir una visibilidad continua a lo largo de los caminos que se cruzan para permitir a los conductores que se acercan simultáneamente, verse entre sí con la anticipación necesaria.

4.2.4 Tránsito

El manejo de tránsito se define como la utilización de personal, materiales y equipo en las vías, calles y carreteras para lograr un movimiento seguro y eficiente de personas, bienes y servicios. Es de suma importancia considerar la necesidad de combinar la planeación de las arterias, la zonificación y el manejo de accesos para asegurar que todas las calles de la ciudad cumplan con su papel asignado.

4.2.4.1 Volumen De Tránsito

Se llama volumen de tránsito al número de vehículos que pasan por un punto de la vía o de cualquiera de sus partes en la unidad de tiempo. Se puede llamar flujo al volumen en general, al volumen cuando se mide en períodos de menos de una hora, al tránsito, a una corriente vehicular, a grupos de vehículos que realizan movimientos en una dirección determinada, etc. Los volúmenes diarios se utilizan principalmente en trabajos de planeación y como medida de utilización vial para racionalizar la asignación de fondos viales.

Los volúmenes horarios se utilizan para diseñar los detalles geométricos de las vías, establecer criterios para el uso de dispositivos de la regulación del tránsito y determinar si una vía, calzada o carril puede satisfacer la demanda del tránsito en la hora de máxima afluencia. Los volúmenes de tránsito pueden ser entendidos como la utilización de la vialidad por la demanda de transporte. Esta información es importante en la calibración de los modelos de transporte o para su utilización directa en estudios de corto plazo con la aplicación de factores de crecimiento por tramos. Hay también metodología para su utilización como variable para actualizar matrices origen-destino ya existente.

Es necesario caracterizar los volúmenes de tránsito horarios para definir magnitudes y expresarla en vehículos por hora, con base en esto podemos encontrar

(VHMA) Volumen horario máximo anual.

(10vh, 20vh, 30vh) Volumen horario decimo, vigésimo, trigésimo anual.

(VPH) Volumen horario de proyecto.

(VHMD) Volumen horario de máxima demanda, con ayuda de este volumen que está basado en el máximo de vehículos que pasa por una sección en una fracción de 60 minutos consecutivos.

Como principal característica de los volúmenes que permiten analizar en la planeación y operación de la circulación vehicular para poder conocer sus variaciones ya sea con cualquier periodo de tiempo, horario, diario o anual.¹²

4.2.4.2 Hora De Máxima Demanda

La hora de máxima demanda (HMD) se identifica con el registro de los aforos en los rangos establecidos, donde la sumatoria en los 60 minutos de los volúmenes máximos identificaran ese segmento donde hay mayor flujo y registro de vehículos, no siempre la hora de máxima de manda es un hora definida o cerrada.

4.2.5 Vehículos equivalentes

Los vehículos equivalentes son número de vehículos livianos que ocupa otro tipo de vehículo diferente a este, para el cálculo de ejes equivalentes se utilizaron los siguientes valores:

Tabla 1. Vehículos equivalentes

Equivalencia para vehículos livianos	
Auto	1
Bus	2
Camión	2.5

Fuente: Propia

4.2.6 Principios para el diseño de intersecciones a nivel

Los principios están basados en reducir el número de puntos conflictivos en los movimientos vehiculares, controlar la velocidad relativa de los vehículos tanto de

¹² REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Librería Pitagoras. 2007.p 346.

los que entran como de los que salen de la intersección, coordinar el tipo de dispositivos para el control de tránsito a utilizar (como las señales de alto o los semáforos) con el volumen de tránsito que utiliza la intersección, seleccionar el tipo apropiado de intersección de acuerdo con el volumen de tránsito servido.

Los volúmenes bajos pueden ser servidos sin la necesidad de algún tipo de control, mientras que los niveles altos requerirán tratamientos más caros y sofisticados como los carriles exclusivos de giros o la separación de niveles mediante estructuras, separar los carriles exclusivos de giros izquierdos y/o derechos, cuando los volúmenes de tránsito sean altos; Evitar maniobras múltiples y compuestas de convergencia y divergencia. Las convergencias y divergencias múltiples requieren decisiones complejas por parte de los conductores además que crean conflictos adicionales; separar puntos de conflicto adicionales.

Los peligros y demoras en las intersecciones se incrementan cuando las áreas de maniobra de la intersección están demasiado cerca o cuando éstas se traslapan. Estos conflictos deben separarse para proporcionar a los conductores suficiente tiempo y distancia entre maniobras sucesivas para adaptarse a la situación del tránsito dada.

Favorecer a los flujos más fuertes o más rápidos, dándoles preferencia en el diseño de la intersección para minimizar peligros y demoras, Reducir el área de conflicto. Un área excesiva que forma una intersección causa confusión a los conductores y provoca operaciones ineficientes. Cuando las intersecciones tienen excesivas áreas de conflicto, debe emplearse una canalización adecuada, separar los flujos no homogéneos. Deben proporcionarse carriles separados en las intersecciones donde existen volúmenes de tránsito considerables que viajan a velocidades diferentes, considerar las necesidades de los peatones y las bicicletas. Deberán proporcionarse andenes de refugio, cuando los peatones tengan que cruzar calles amplias, que de lo contrario tendrían hacerlo en un solo trayecto.

4.2.7 Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio

Los factores externos que afectan el nivel de servicio, como físicos, pueden ser medidos a una hora conveniente. En cambio los factores internos por ser variables deben medirse en los periodos de mayor flujo como lo son.

4.2.7.1 Factor De La Hora De Máxima Demanda

Es la relación entre el Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD y el Volumen Máximo **Q_{max}** que se representa durante un periodo dado durante dicha hora. Matemáticamente se expresa como se indica a continuación.¹³

Ecuación 3 Factor hora de máxima demanda

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(Q_{15max})}$$

FHMD = Factor de la hora de máxima demanda
VHMD = Volumen horario de máxima demanda
 Q_{15max} = Volumen máximo durante 15 minutos

4.2.7.2 Capacidades y niveles de servicio

Un segmento de una vía puede ser caracterizado mediante tres condiciones de eficiencia: la densidad (vehículos livianos/km/carril), velocidad media de los vehículos livianos y la relación volumen a capacidad (v/c). Estos factores indican de cómo un flujo vehicular es acomodado por la vía.

Para hablar de los niveles de servicio es necesario relacionar directamente la cantidad de vehículos por una unidad de tiempo la cual puede admitir una vía a lo que se le puede denominar *flujo de servicio*, para poder definir e identificar se han establecido unos niveles que llegan normalmente hasta E pero la peor situación hasta F, para definir estos niveles se hace seguimiento de unos indicadores los cuales hablan mucho por si solos al ponerlos en un rango de comparación, la velocidad es el de principal referencia, otros indicadores que reflejan la continuidad en un tramo son la *densidad y demora*.

Si deseamos determinar un nivel de servicio se debe tener una magnitud de referencia y para esto necesitamos conocer la demanda y la capacidad esta relación $q=v$ representa el flujo de demanda o dependiendo el caso el flujo de servicio. La relación de estos datos están reportadas con unos referentes ideales el HCM 2000 el cual según nuestro tipo de vía establece unos valores o rango dados en Vehículos livianos/hora/carril. Además de otros factores y procedimientos para un sistema vial rural y urbano, donde se hace claridad sobre los estudios correspondientes a los Estados Unidos, para la aplicación de ellos

¹³ REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Librería Pitagoras. 2007. p.357.

deberán verificar los resultados obtenidos adecuándose a las condiciones propias del estudio.¹⁴

Niveles de análisis

El procedimiento básico de HCM 2000, en general para los diferentes tipos de infraestructuras viales, considera tres niveles de aplicación de la metodología de análisis de capacidad y niveles de servicio.¹⁵

Niveles de servicio

Las condiciones de operación de los niveles de servicio se definen de la siguiente manera:

Nivel de servicio A: circulación a flujo libre, los usuarios se consideran de forma individual donde poseen una altísima libertad para seleccionar la velocidad adecuada. Nivel de comodidad con circulación excelente.

Nivel de servicio B: circulación aun a flujo libre, se observan mas vehículos integrantes, aun hay selección de velocidad, pero disminuye la libertad de maniobra. Nivel de comodidad inferior.

Nivel de servicio C: Rango de flujo estable, se comienza a afectar la operación del usuario por la interacción con otros. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de ortos y la libertad de maniobra restringida, nivel de comodidad baja notablemente.

Nivel de servicio D: circulación densa elevada, las selecciones de velocidad y maniobra seriamente restringidas, nivel de comodidad con convergencia baja. Se ve reflejado en la conformación de pequeñas colas.

Nivel de servicio E: funcionamiento en el o cerca al límite de su capacidad, la velocidad restringida a un valor bajo y la libertad de maniobra es extremadamente difícil. Se ve reflejado en la perturbación generada a los usuarios y generan colapsos.

Nivel de servicio F: refleja condiciones de flujo forzado esto sucede cuando el tráfico excede la capacidad que puede pasar por un punto. Se ve reflejada con la formación de colas y un comportamiento inestable a demás la aparición de los cuellos de botella.¹⁶

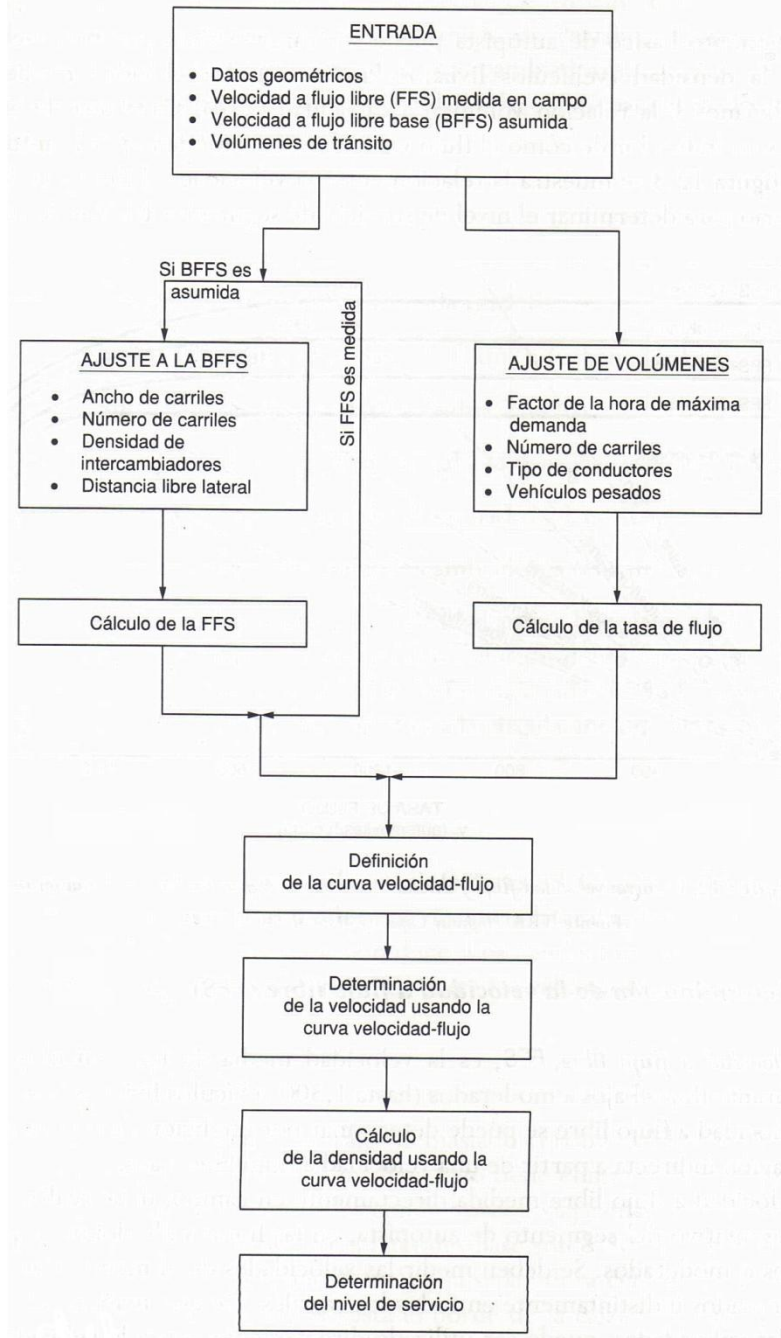
¹⁴ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Highway Capacity Manual. United States of America: Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2000.

¹⁵ REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Librería Pitagoras. 2007. p.360.

¹⁶ Ibid.,p.363

Para poder obtener los niveles de servicio se sigue una metodología como lo muestra la Figura 5.

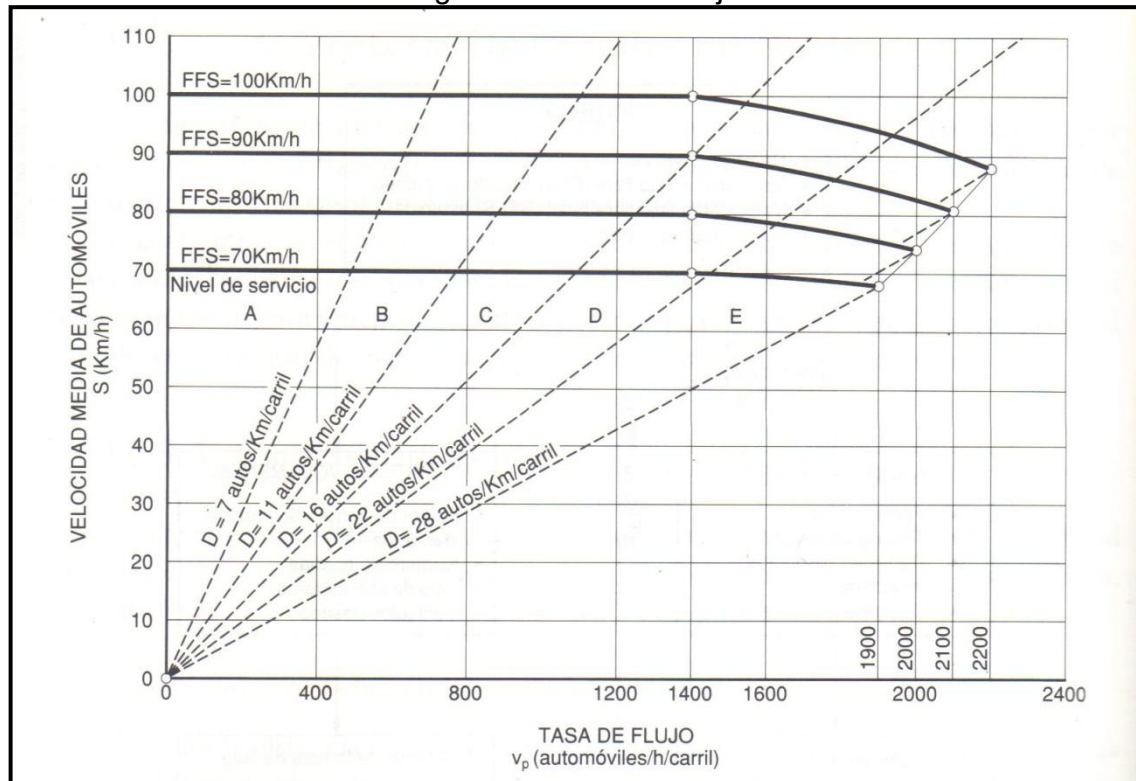
Figura 5. Esquema metodológico para análisis de segmentos de vía.



Fuente: Highway Capacity Manual. HCM.2000.

Después de obtener los parámetros básicos que definen a un segmento de vía podemos caracterizar con tres medidas de eficiencia como lo son la densidad (vehículos livianos/hora/carril), la velocidad medida en los vehículos liviano y la relación de volumen a capacidad (v/p). Con estas medidas podemos identificar en la Figura 6 la relación entre ellas usándolas como criterio para determinar los niveles de servicio en un segmento de vía.¹⁷

Figura 6. Tasas de flujo



Fuente: REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Librería Pitagoras. 2007. p.366.

4.2.7.3 Cálculo Tasa de flujo

La tasa de flujo horaria deberá ser reflejar la variación temporal de flujo vehicular dentro de la hora, la influencia de los vehículos pesados y las características de la población de conductores y usuarios. Estos efectos se reflejan ajustando el volumen horario dado en vehículos mixtos para así llegar a una tasa de flujo expresada en vehículos equivalentes o livianos, de la siguiente expresión:

¹⁷ Ibid., p.366

Ecuación 4 Tasa de flujo

$$V_p = \frac{V}{(FHMD)(N)(f_{HV})(f_p)}$$

- V_p = Tasa de flujo equivalente en 15 minutos (vehículos livianos/h/carril)
 V = Volumen Horario por sentido (vehículos mixtos/h)
 $FHMD$ = Factor de la hora de máxima demanda
 N = Número de carriles por sentido
 f_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados
 f_p = Factor de ajuste por tipo de conductores (“=1.0”, conductores habituales)

Los valores típicos de FHMD varían entre 0.80 y 0.95. Valores bajos de FHMD son característicos d autopistas rurales o condiciones no pico. Valores típicos de condiciones pico en autopistas urbanas y suburbanas.¹⁸

El factor de ajuste por presencia de vehículos pesados, se calcula con la siguiente expresión.

Ecuación 5

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

- f_{HV} = Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados.
 P_T = Porcentaje de camiones en la corriente vehicular.
 P_B = Porcentaje de autobuses en la corriente vehicular.
 P_R = Porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular.
 E_T = Automóviles equivalentes a un camión.
 E_B = Automóviles equivalentes a un autobús.
 E_R = Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

Velocidad a flujo libre

Es la velocidad media de los vehículos livianos, medida durante los flujos bajos esta se puede determinar por medición directa y se debe realizar sobre un segmento representativo del corredor.

Ecuación 6 Velocidad a flujo libre

$$FSS = \frac{\text{Distancia recorrida del Vehículo}}{\text{Tiempo en recorrer la distancia}}$$

¹⁸ Ibid.,p.368

4.2.7.4 Determinación de nivel de servicio

Sobre la base de una velocidad de flujo libre, FFS, medida en campo, se construye una curva de velocidad-flujo de la misma forma que las curvas típicas presentadas en Figura 6. Ahora basado en la tasa de flujo V_p y la curva de velocidad-flujo construida, se lee en el eje vertical la velocidad media de los automóviles. Ahora basado en la tasa de flujo V_p y la curva de velocidad-flujo construida, se lee en el eje vertical la velocidad media de los automóviles. De esta manera, la densidad se calcula utilizando:

Ecuación 7 Densidad

$$D = \frac{V_p}{S} = \text{Vehiculos/liviano/carril}$$

Donde:

D = Densidad

V_p = tasa de flujo equivalente

S = velocidad media de los automóviles

Finalmente el nivel de servicio del segmento básico se determina comparando la densidad calculada con la indicada en la Figura 6.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Calzada. Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos. Generalmente pavimentada o acondicionada con algún tipo de material de afirmado¹⁹.

Capacidad. Número máximo de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de la vía en los dos sentidos por unidad de tiempo, bajo las condiciones imperantes de vía y de tránsito²⁰.

Señalización vertical. Placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas²¹.

Separador. Zonas verdes o zonas duras colocadas paralelamente al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central o

¹⁹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Instituto nacional de vías, 2008. p.272.

²⁰ Ibid., p.272.

²¹ Ibid., p.272

mediana) o para separar calzadas destinadas al mismo sentido de tránsito (calzadas laterales)²².

Vehículo de diseño. Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase²³.

Velocidad de diseño. Velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad²⁴.

TPDs: El tránsito promedio diario semanal o TPDs (por su sigla) representa el número promedio de vehículos que transita por una vía determinada en un periodo de tiempo igual a un día completo. Los datos del TPDs provienen de conteos semanales realizados por el INVIAS en estaciones de conteo específicas y se encuentran en cartillas de publicación anual del Instituto²⁵.

Volumen Hora Pico: Es el número de vehículos que transitan por una vía en la hora de mayor congestión durante un día completo²⁶.

Ramal de entrada: Se llama entrada a la zona de la vía que desemboca en la intersección y que está separada de ésta por la línea de Ceda el paso²⁷.

Ramal de salida: Es el tramo de vía que pretende que la maniobra de abandono de la calzada anular sea lo más expeditiva posible y se realice en las mejores condiciones de seguridad posibles²⁸.

²² Ibid., p.272

²³ Ibid., p.273

²⁴ Ibid., p.273

²⁵ SUAREZ JOYA, Hugo Noel y PANTOJA SANTANDER, Carlos Andres. Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizalez. Trabajo de grado modalidad trabajo final para optar por el título de: Ingeniero Especialista en vías y transportes Universidad Nacional de Colombia sede Manizalez. Facultad de Ingeniería, 2008.p.12.

²⁶ Ibid., p.12.

²⁷ Ibid., p.19.

²⁸ Ibid., p.20

4.4. MARCO GEOGRÁFICO

Para el estudio de caso se tomo la intersección vial ubicada en la ciudad de Bogotá en la Calle 53 por Carrera 60, ubicado espacialmente en la zona central de la adicionalmente considerado como el pulmón de la ciudad ya que en uno de sus límites está ubicado el parque Simón Bolívar, zona caracterizada por tener varios sitios de atractivo en recreación y deporte la mayoría ubicados en la Localidad Parque Salitre, de la UPZ 104 Parque Simón Bolívar-CAN. En la Figura 7 se observa localización general. La intersección está ubicada justamente en el límite con la UPZ de La Esmeralda perteneciente también a Teusaquillo, lo calidad que tiene un uso de suelo diferente pero en su mayoría residencial con algunos puntos y zonas de servicios a nivel distrital, esta intersección por su ubicación la hace un punto de paso para muchos usuarios de la vía que transitan de occidente a oriente.

Figura 7. Localización general



Fuente: Google maps

4.5. MARCO HISTORICO

La zona de estudio correspondiente a una intersección de la ciudad de Bogotá ubicada en la calle 53 o Avenida Pablo VI por carrera 60 o también conocida como Avenida la esmeralda, Avenida Pablo VI es vía arteria de la ciudad la cual comunica a las localidades de Chapinero, Teusaquillo y Engativá, lleva este nombre en conmemoración al Papa No 262 de la iglesia católica el cual visito la ciudad durante su pontificado y de igual manera no solo fue la vía sino también el barrio residencial ubicado desde la carrera 50 hasta la carrera 60. La otra avenida que conforma la intersección la Esmeralda designad con este nombre ya que atraviesa y limita el barrio que tiene el mismo nombre.

La zona perteneciente a la localidad de Teusaquillo correspondiente a la No 13 está ubicada geográficamente en el centro de la ciudad a pesar de ser un sector completamente urbanizado es de la que mas cuenta con zonas verdes y espacio público adecuado pues amerita ya que cuenta con el principal parque de la ciudad el Simón Bolívar para actividades de recreación y deporte.

Específicamente a la intersección el diseño geométrico fue generado en el año 1967 por el Instituto de Desarrollo Urbano. Subdirección de Programación, correspondiente a un proyecto de construcción de malla vial el cual estaba compuesto por dos etapas, la primera consta de la carrera 60 de la calle 53 a la diagonal 40, la segunda correspondía al desarrollo de la intersección junto a autopista. El diseño geométrico estuvo a cargo de Salgado Piedrahita Escallon - Ingenieros quienes llevaron a cabo esa primera etapa, el diseño se encuentra anexo con los planos correspondientes P014270012 y P014270016.

Desde esta época el diseño ha permanecido en su parte geométrica, solo se han implementado y actualizado la señalización tanto vertical como horizontal, sin embargo su estructura si ha cambiado en cuanto a espacio público el cual el encargado el Instituto de Desarrollo Urbano (I.D.U.) por el contrato con EL CONSORCIO LA 94 mediante el contrato IDU-141, el complemento Y ajuste a los estudios y diseños de La Ciclorruta Canal Arzobispo De La Carrera 30 Al Parque Simón Bolívar Y Estudios y Diseños De Los Andenes Canal Arzobispo De La Carrera 30 Al Parque Simón Bolívar En Bogotá, D.C.

Este cambio fue realizado en Noviembre del año 2003, pues las propuestas de una forma de movilidad alternativa donde se tienen en cuenta a los ciclistas y peatones, lo que permite generar dentro de la realización de las obras una ocupación del espacio público existente.

4.6. MARCO LEGAL

Para nuestro proyecto jurídicamente tenemos que basarnos en la siguiente información relacionada en la Tabla 2 los cuales actualmente se encuentra vigente y es necesario tenerla en cuenta para una adecuada realización del proyecto.

Tabla 2. Referencias legales en Colombia

Ley 769 del 6 de agosto de 2002	El Manual de señalización vial es un dispositivo para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia, de conformidad con los artículos 5, 113, 115 y el parágrafo del artículo 101.
Resolución 744 del 4 de marzo de 2009	Con el cual se actualiza el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.
Resolución 4577 del 23 de septiembre de 2009	Por la cual se modifica parcialmente el Manual de Señalización Vial – Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles, Carreteras y Ciclorrutas de Colombia, adoptado mediante la Resolución No. 001050 del 5 de mayo de 2004.
Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014	Por el cual se actualizan las especificaciones generales de construcción para carreteras.

Fuente: Propia

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

Tomando en cuenta que el objetivo general del presente documento es generar un nuevo diseño geométrico para dar solución a los problemas de congestión vehicular que se generan en una intersección semaforizada, esta investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se debe recolectar y analizar información con el ánimo de probar una hipótesis, y basados en información numérica y estadística se debe contemplar patrones de comportamiento y comprobación de teorías.

5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se desarrolla en el presente trabajo de estudio es proyectivo, debido a que basados en las condiciones geométricas y de tránsito actuales, se ha definido aterrizar la propuesta sobre una intersección vial existente en la ciudad de Bogotá, para lo cual de acuerdo a las condiciones de infraestructura y de movimientos vehiculares efectivos, se determinó que la Avenida Calle 53 por Carrera 60 es una de las zonas que más se acerca a los parámetros de diseño propuestos.

5.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con lo anterior y con el ánimo de brindar una eficiencia y claridad sobre objetivo de estudio, a continuación se discriminan las fases desarrolladas para la adecuación del nuevo diseño geométrico.

Fase 1	
Identificación y caracterización de la zona de estudio	
No	Actividad a desarrollar
1	Debido a las características geométricas y movimientos vehiculares propuestos, se evaluó técnicamente que la Avenida Calle 53 por Carrera 60, se ajusta a las condiciones pensadas, por lo tanto con lo evidenciado en campo se plasmará las principales condiciones existentes, como lo son; los anchos y cantidad de carriles y calzadas, ancho de separadores, cantidad de semáforos, y todo lo concerniente al respecto, situación actual, condiciones que se evidenciarán en los anexos del presente documento.

Fase 2 Determinación de las Condiciones actuales	
No	Actividad a desarrollar
2	Se realizará un registro de la señalización y los volúmenes vehiculares existentes, con lo cual se hará una modelación, con el fin de mostrar los problemas de congestión y longitudes de cola que se presenta a lo largo de la intersección.

Fase 3 Evaluación Condiciones propuestas	
No	Actividad a desarrollar
3	Con el ánimo optimizar los flujos vehiculares de la intersección y buscar una posible solución a tales inconvenientes, se busca formular un diseño geométrico convencional como es el del tipo rotonda y el nuevo diseño geométrico propuesto basado en sistemas de retornos, condiciones que se ajustan a las características geométricas actuales y por lo tanto generarán un menor impacto sobre la intersección.

Fase 4 Análisis de propuestas	
No	Actividad a desarrollar
4	De acuerdo con las alternativas propuestas y con los resultados obtenidos de las mismas, se evaluara la viabilidad del diseño geométrico propuesto frente a la alternativa de la rotonda, condiciones que serán basadas en los resultados arrojados por la modelación y mediante los análisis de transformación geométrica y capacidad operacional.

6. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA

6.1. CONDICIONES TOPOGRÁFICAS ACTUALES

La intersección objeto de análisis está compuesto por el cruce de la calle 53 por carrera 60, en donde la calle 53 es una vía secundaria que recorre la ciudad de Bogotá de oriente a occidente de forma no continua en la zona occidental, es una de las vías conectoras importantes que cuenta con dos carriles mixtos los cuales llegan a la intersección de la carrera 60 de aquí en adelante amplía a tres carriles.

La carrera 60 en la zona de estudio está configurada en sentido norte sur por tres carriles de uso mixto y de igual forma de sur norte cumpliendo como vía secundaria entre el tramo de la calle 53 hacia el norte, hacia el sur su configuración cambia, el sentido sur norte cuenta con solo dos carriles y el sentido norte sur con tres carriles.

Tabla 3. Parámetros geométricos actuales

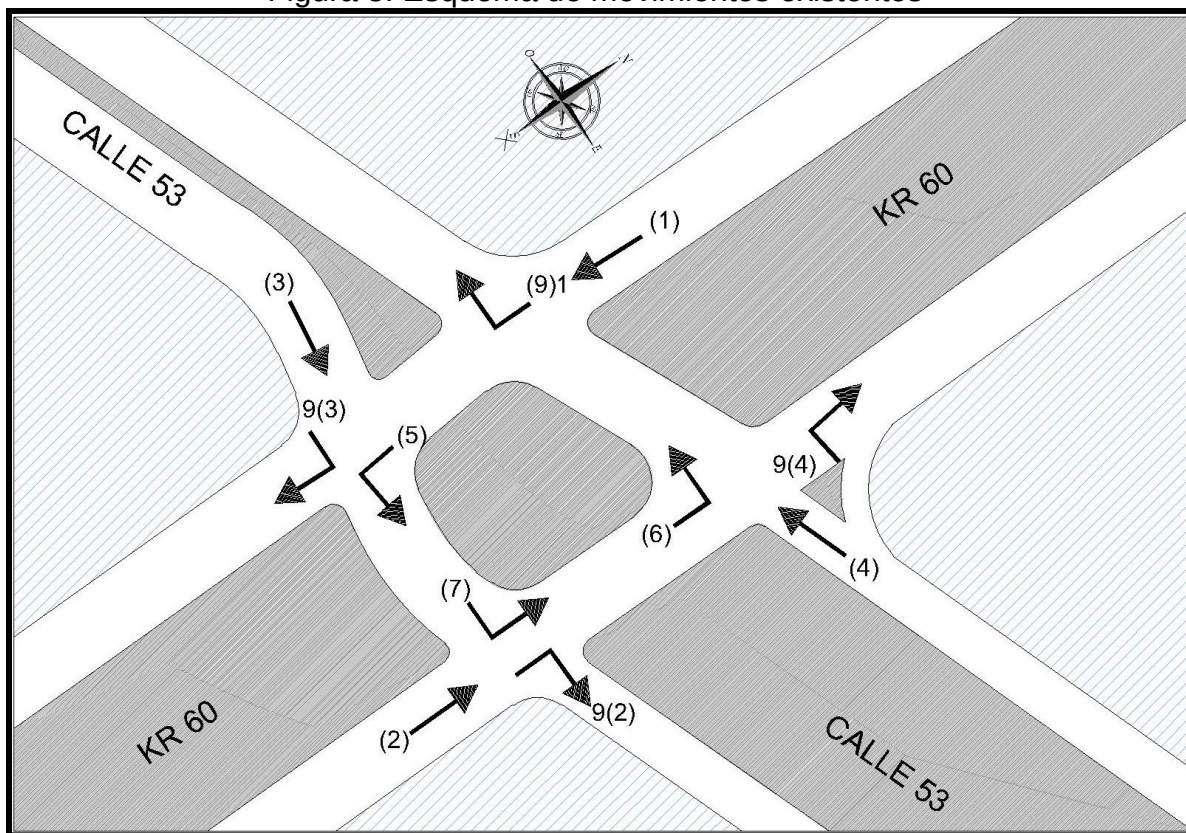
DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA POR ACCESO					
TRAMO VIAL	CALZADAS		CARRILES		SEPARADOR
	Sentido	Dimensión Mts)	Cant.	Dimensión Mts)	Dimensión Mts)
Av. carrera 60	N-S	10.50	3	3.50	24.70
	S-N	7.20	2	3.50	30.80
Av. Calle 53	W-E	10.50	3	3.50	3.60
	E-W	7.00	2	3.50	29.60

Fuente: Propia

6.2. COMPORTAMIENTO DEL TRÁNSITO EXISTENTE

De acuerdo con la configuración geométrica definidas anteriormente se muestran algunas características que presenta dicho corredor en sus movimientos de acuerdo a la circulación permitida de vehículos, los códigos de los movimientos sobre el tramo existente se reflejan en la Figura 8.

Figura 8. Esquema de movimientos existentes



Fuente: Propia.

6.2.1 Registro de volúmenes vehiculares

Para la caracterización de las condiciones de tránsito del corredor vial a intervenir, previo a la toma de información se llevó a cabo una visita de campo por parte del grupo de investigación encargados del estudio, recorrido mediante el cual se establecieron los sitios, horarios y personal requerido para la toma de volúmenes vehiculares, de acuerdo con los objetivos y lineamientos propuestos para el estudio.

De acuerdo con los parámetros determinados para la investigación, se programaron aforos vehiculares el día Martes 06 de Octubre de 2015 (día típico) en el horario comprendido entre las 06:00 y las 10:00 horas y las 16:00 y las 20:00 horas, horario que fue registrado debido a que en las visitas de campo realizadas se evidenció que este horario es el que presenta mayor congestión, situación que obedece a que en este horario los bogotanos se desplazan desde y hacia sus sitios de trabajo.

Para el día atípico se estableció el sábado 10 de octubre de 2015 en el horario desde las 8:00 hasta las 16:00 horas, horario que se tomó continuo, debido a que en este día no existe la restricción del pico y placa y por lo tanto se espera que durante el día el flujo vehicular sea mayor.

Para la toma de información se aforaron los movimientos mostrados en la Tabla 4

Tabla 4. Movimientos aforados

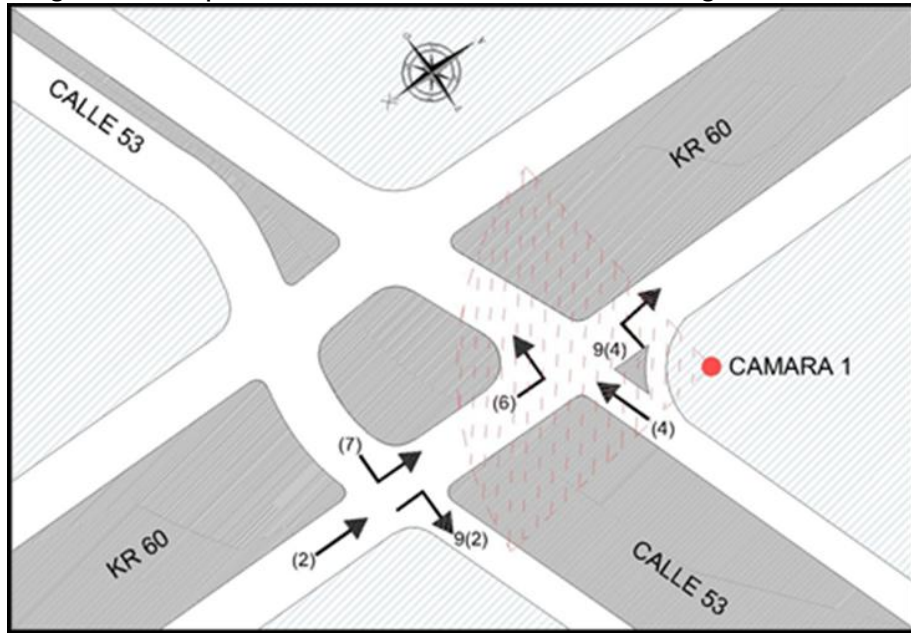
ACCESO NORTE		
Movimiento	Segmento	Detalle
1	Carrera 60 Calzada occidental	Directo Norte-Sur
9(1)	Carrera 60 hacia Calle 53 al occidente. Calzada occidental	Giro Derecha Norte - Occidente
5	Carrera 60 hacia Calle 53 al oriente Calzada occidental	Giro Izquierdo Norte - Oriente
ACCESO SUR		
2	Carrera 60 Calzada oriental	Directo Sur-Norte
9(2)	Carrera 60 hacia Calle 53 al oriente Calzada oriental	Giro Derecha Sur - Oriente
6	Carrera 60 hacia Calle 53 al occidente Calzada oriental	Giro Izquierdo Occidente - Norte
ACCESO OESTE		
3	Calle 53 Calzada sur	Directo Occidente - Oriente
9(3)	Calle 53 hacia Carrera 60 al sur Calzada sur	Giro Derecha Oriente - Norte
7	Calle 53 hacia Carrera 60 al norte Calzada sur	Giro Izquierdo Sur - Occidente
ACCESO ESTE		
4	Calle 53 Calzada norte	Directo Oriente - Occidente
9(4)	Calle 53 hacia Carrera 60 al norte Calzada norte	Giro Derecha Oriente - Norte

Fuente: Propia

Para la recolección de información vehicular en este caso se usó el método de grabación, el cual se fijaron dos puntos fijos donde se tiene en cuenta los

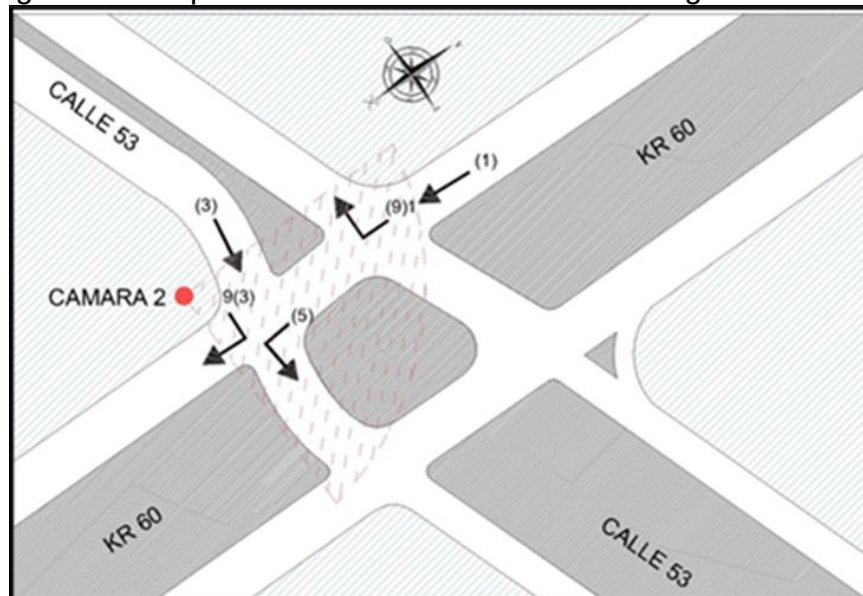
movimientos vehiculares existentes, cada cámara se enfocara en movimiento específicos, la cámara 1 de la Figura 9 capta el acceso sur y este con los movimientos (2, 9(2), 7, 6, 4, 9(4)) y la cámara 2 de la Figura 10 capta el acceso norte y oeste con los movimientos (1, 9(1), 5, 3, 9(3)).

Figura 9. Esquema ubicación de cámara 1 – Registro de Aforo



Fuente: Propia.

Figura 10. Esquema ubicación de cámara 2 – Registro de Aforo



Fuente: Propia.

6.3. PROCESAMIENTO DE DATOS DE ENTRADA

Los conteos de tránsito tienen como objetivo registrar el número de vehículos que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de una vía, clasificándolos por tipo de vehículo (Autos, Buses y Camiones), de acuerdo con el sentido del flujo y tipo de movimiento (Directo, Giros a Derecha o Izquierda).

Para la recopilación de la información de campo se realizó mediante un observador para la captura de los datos requeridos, dicha información se consignó en formatos, para intervalos de tiempo de conteo de quince (15) minutos

Con base en la información recopilada en los formatos de campo y previa verificación de la consistencia de los datos, se consolidó el volumen por cada tipo de vehículo, considerando períodos de quince minutos., posteriormente, la información se transcribió a medios magnéticos y fue procesada en hojas de cálculo de Excel.

6.3.1 Volúmenes vehiculares

La información acopiada durante la toma de información de campo y con base en los volúmenes registrados, se establecieron, volúmenes vehiculares, vehículos equivalentes, hora de máxima demanda, factores de hora pico y volumen total durante los periodos de aforo, teniendo como base los valores de la Tabla 1 y las ecuaciones.

6.3.2 Volúmenes vehiculares día típico

Se registraron los volúmenes el día martes como típico y se clasificaron por acceso.

6.3.2.1 Volúmenes vehiculares día típico acceso norte

Tabla 5. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 1

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 50</i> <i>Movimiento : <u>1</u> Acceso : <u>NORTE</u></i>						
martes, octubre 06 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	6:00	158	9	6	173	191
	6:15	144	8	5	157	173
	6:30	160	7	8	175	194
	6:45	153	6	9	168	188
	7:00	122	8	7	137	156
	7:15	173	5	6	184	198
	7:30	185	3	8	196	211
	7:45	210	10	5	225	243
	8:00	180	7	3	190	202
	8:15	158	2	4	164	172
	8:30	141	3	6	150	162
	8:45	126	5	3	134	144
	9:00	102	6	2	110	119
	9:15	131	7	3	141	153
	9:30	125	8	5	138	154
	9:45	95	2	3	100	107
	16:00	144	5	4	153	164
	16:15	130	3	6	139	151
	16:30	128	5	2	135	143
	16:45	142	2	2	146	151
	17:00	128	4	1	133	139
	17:15	123	5	1	129	136
	17:30	136	2	1	139	143
	17:45	153	3	1	157	162
	18:00	145	5	2	152	160
	18:15	165	7	0	172	179
	18:30	157	6	3	166	177
	18:45	174	8	2	184	195
	19:00	165	5	0	170	175
	19:15	175	4	1	180	186
	19:30	168	4	3	175	184
	19:45	171	6	1	178	186

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 6. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(1)

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección : AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60						
Movimiento : 9(1) Acceso : NORTE						
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	16	6	3	25	36
	6:15	15	6	2	23	32
	6:30	19	7	1	27	36
	6:45	22	5	3	30	40
	7:00	14	3	2	19	25
	7:15	8	6	0	14	20
	7:30	9	5	1	15	22
	7:45	7	4	4	15	25
	8:00	3	7	0	10	17
	8:15	15	4	0	19	23
	8:30	12	3	1	16	21
	8:45	8	7	1	16	25
	9:00	7	3	2	12	18
	9:15	14	4	1	19	25
	9:30	15	2	1	18	22
	9:45	9	0	0	9	9
	16:00	18	1	0	19	20
	16:15	9	2	0	11	13
	16:30	9	3	1	13	18
	16:45	15	1	0	16	17
	17:00	18	1	0	19	20
	17:15	6	2	1	9	13
	17:30	6	1	0	7	8
	17:45	14	1	0	15	16
	18:00	18	0	0	18	18
	18:15	9	1	1	11	14
	18:30	6	1	0	7	8
	18:45	7	0	0	7	7
	19:00	4	1	1	6	9
	19:15	6	1	0	7	8
	19:30	3	0	1	4	6
	19:45	5	1	1	7	10

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 7. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 5

VOLÚMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección : AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60						
Movimiento : <u>5</u> Acceso : <u>NORTE</u>						
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	91	6	3	100	111
	6:15	89	4	2	95	102
	6:30	87	6	3	96	107
	6:45	95	8	2	105	116
	7:00	110	5	3	118	128
	7:15	85	4	0	89	93
	7:30	133	7	4	144	157
	7:45	145	5	0	150	155
	8:00	92	7	3	102	114
	8:15	89	5	2	96	104
	8:30	82	1	0	83	84
	8:45	75	3	1	79	84
	9:00	96	2	4	102	110
	9:15	95	4	0	99	103
	9:30	93	2	0	95	97
	9:45	88	5	1	94	101
	16:00	59	2	1	62	66
	16:15	60	2	1	63	67
	16:30	63	4	1	68	74
	16:45	55	3	0	58	61
	17:00	45	2	1	48	52
	17:15	77	3	1	81	86
	17:30	58	5	3	66	76
	17:45	77	7	2	86	96
	18:00	59	5	4	68	79
	18:15	63	7	6	76	92
	18:30	68	6	3	77	88
	18:45	65	8	5	78	94
	19:00	72	4	4	80	90
	19:15	67	8	6	81	98
	19:30	72	4	3	79	88
	19:45	69	6	5	80	94

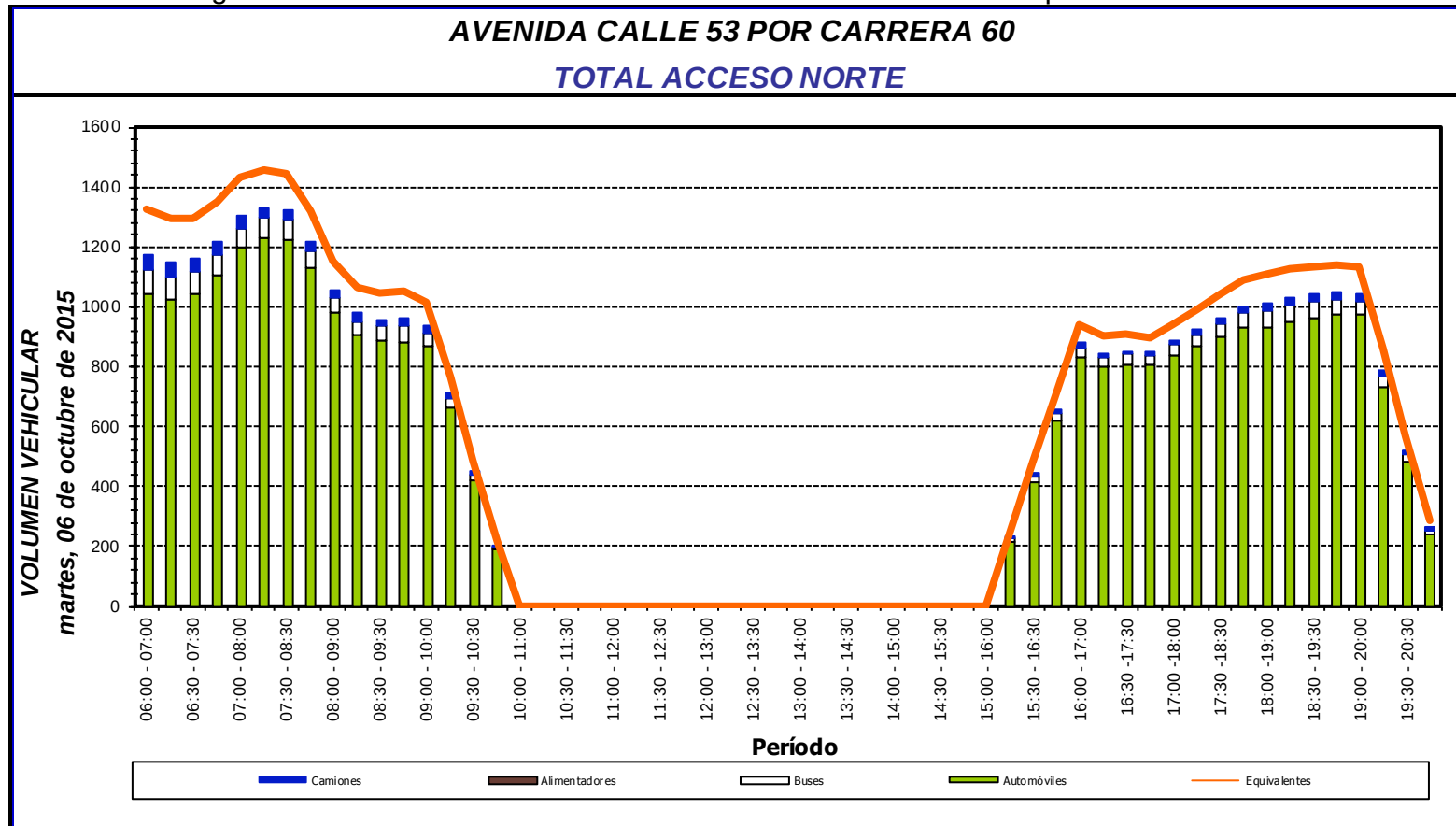
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 8. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección: AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60						
Movimiento: <u>SUMA</u> Acceso: <u>NORTE</u>						
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	265	21	12	298	337
	6:15	248	18	9	275	307
	6:30	266	20	12	298	336
	6:45	270	19	14	303	343
	7:00	246	16	12	274	308
	7:15	266	15	6	287	311
	7:30	327	15	13	355	390
	7:45	362	19	9	390	423
	8:00	275	21	6	302	332
	8:15	262	11	6	279	299
	8:30	235	7	7	249	267
	8:45	209	15	5	229	252
	9:00	205	11	8	224	247
	9:15	240	15	4	259	280
	9:30	233	12	6	251	272
	9:45	192	7	4	203	216
	16:00	221	8	5	234	250
	16:15	199	7	7	213	231
	16:30	200	12	4	216	234
	16:45	212	6	2	220	229
	17:00	191	7	2	200	210
	17:15	206	10	3	219	234
	17:30	200	8	4	212	226
	17:45	244	11	3	258	274
	18:00	222	10	6	238	257
	18:15	237	15	7	259	285
	18:30	231	13	6	250	272
	18:45	246	16	7	269	296
	19:00	241	10	5	256	274
	19:15	248	13	7	268	292
	19:30	243	8	7	258	277
	19:45	245	13	7	265	289

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 9. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

6.3.2.2 Volúmenes día típico acceso sur

Tabla 10. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 2

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección: AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</i> <i>Movimiento: 2 Acceso: SUR</i>						
martes, octubre 06 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	6:00	75	6	5	86	100
	6:15	77	6	8	91	109
	6:30	70	5	7	82	98
	6:45	112	4	9	125	143
	7:00	130	3	8	141	156
	7:15	124	1	7	132	144
	7:30	110	4	5	119	131
	7:45	128	5	7	140	156
	8:00	112	7	4	123	136
	8:15	132	3	6	141	153
	8:30	125	2	5	132	142
	8:45	127	10	1	138	150
	9:00	137	6	3	146	157
	9:15	125	4	1	130	136
	9:30	112	3	1	116	121
	9:45	107	8	3	118	131
	16:00	80	5	2	87	95
	16:15	131	7	1	139	148
	16:30	107	8	2	117	128
	16:45	148	9	2	159	171
	17:00	134	3	3	140	148
	17:15	162	17	3	182	204
	17:30	182	2	4	188	196
	17:45	136	1	6	143	153
	18:00	178	15	5	198	221
	18:15	233	10	7	250	271
	18:30	230	8	1	239	249
	18:45	234	3	6	243	255
	19:00	235	7	4	246	259
	19:15	220	9	3	232	246
	19:30	236	4	5	245	257
	19:45	228	6	3	237	248

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 11. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(2)

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección: AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</i> <i>Movimiento: 9(2) Acceso: SUR</i>						
martes, octubre 06 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	6:00	8	1	1	10	13
	6:15	6	1	0	7	8
	6:30	6	2	1	9	13
	6:45	8	2	0	10	12
	7:00	8	4	1	13	19
	7:15	7	4	2	13	20
	7:30	5	1	1	7	10
	7:45	9	1	1	11	14
	8:00	11	1	0	12	13
	8:15	5	3	2	10	16
	8:30	6	2	1	9	13
	8:45	4	2	0	6	8
	9:00	7	2	0	9	11
	9:15	2	4	0	6	10
	9:30	5	3	0	8	11
	9:45	2	1	0	3	4
	16:00	6	1	0	7	8
	16:15	7	0	0	7	7
	16:30	9	2	0	11	13
	16:45	7	2	0	9	11
	17:00	9	1	0	10	11
	17:15	8	2	0	10	12
	17:30	7	2	0	9	11
	17:45	9	1	0	10	11
	18:00	14	2	0	16	18
	18:15	11	3	0	14	17
	18:30	9	4	0	13	17
	18:45	12	2	0	14	16
	19:00	10	3	0	13	16
	19:15	8	4	0	12	16
	19:30	6	2	0	8	10
	19:45	5	2	1	8	12

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 12. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 6

VOLÚMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección: AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60						
Movimiento: <u>6</u> Acceso: <u>SUR</u>						
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	2	0	1	3	5
	6:15	0	0	1	1	3
	6:30	3	0	0	3	3
	6:45	0	0	0	0	0
	7:00	2	0	1	3	5
	7:15	1	0	0	1	1
	7:30	3	0	0	3	3
	7:45	2	0	0	2	2
	8:00	4	0	1	5	7
	8:15	1	0	0	1	1
	8:30	1	0	0	1	1
	8:45	1	0	0	1	1
	9:00	3	0	0	3	3
	9:15	1	0	0	1	1
	9:30	1	0	0	1	1
	9:45	0	0	0	0	0
	16:00	1	0	1	2	4
	16:15	1	0	0	1	1
	16:30	2	0	1	3	5
	16:45	1	0	1	2	4
	17:00	2	0	0	2	2
	17:15	4	0	1	5	7
	17:30	5	0	1	6	8
	17:45	10	0	0	10	10
	18:00	1	0	0	1	1
	18:15	2	0	0	2	2
	18:30	1	0	0	1	1
	18:45	5	0	0	5	5
	19:00	3	0	0	3	3
	19:15	6	0	0	6	6
	19:30	3	0	1	4	6
	19:45	4	0	0	4	4

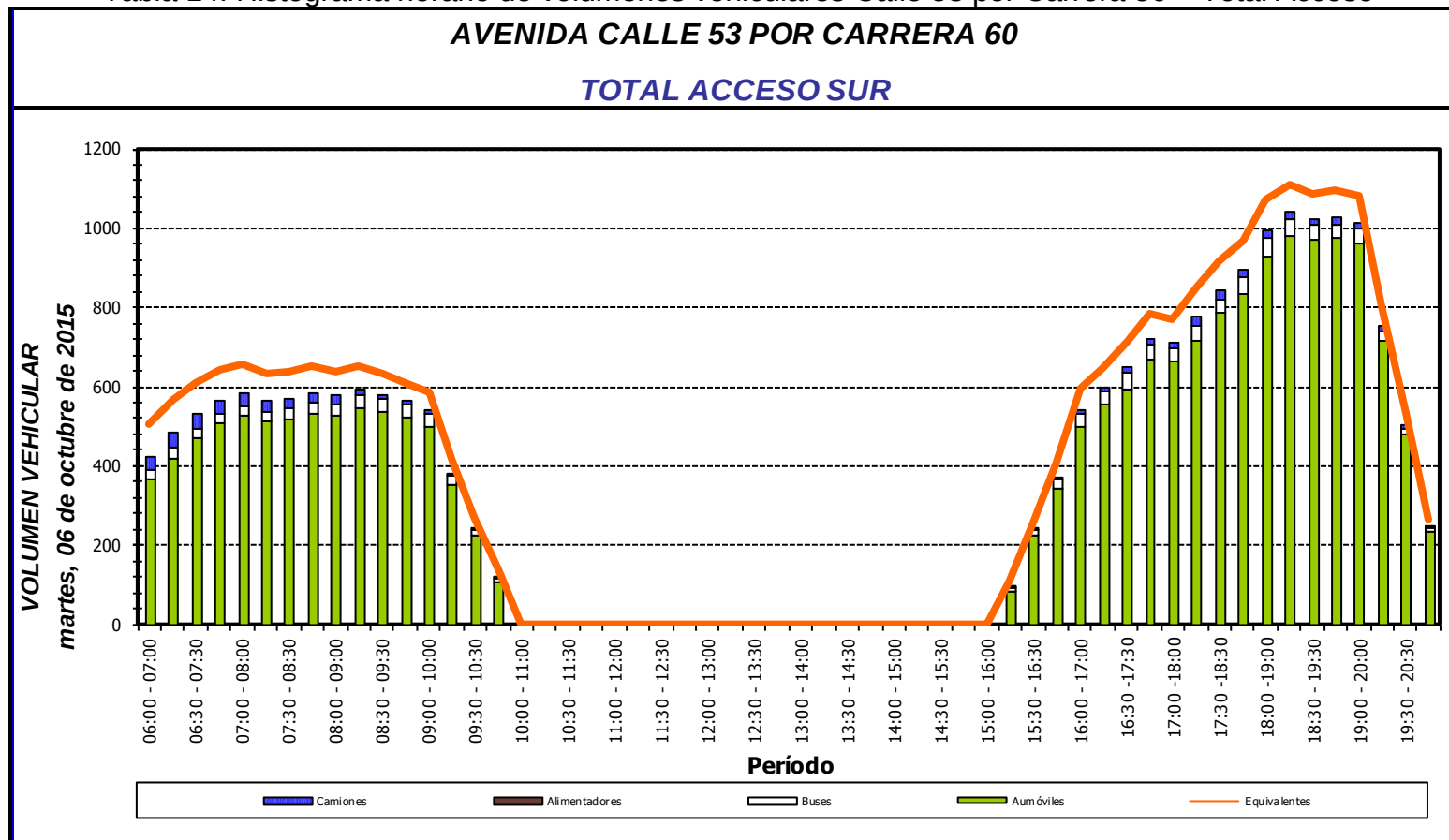
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 13. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección: AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60						
Movimiento: <u>SUMA</u> Acceso: <u>SUR</u>						
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	85	7	7	99	117
	6:15	83	7	9	99	120
	6:30	79	7	8	94	113
	6:45	120	6	9	135	155
	7:00	140	7	10	157	179
	7:15	132	5	9	146	165
	7:30	118	5	6	129	143
	7:45	139	6	8	153	171
	8:00	127	8	5	140	156
	8:15	138	6	8	152	170
	8:30	132	4	6	142	155
	8:45	132	12	1	145	159
	9:00	147	8	3	158	171
	9:15	128	8	1	137	147
	9:30	118	6	1	125	133
	9:45	109	9	3	121	135
	16:00	87	6	3	96	107
	16:15	139	7	1	147	156
	16:30	118	10	3	131	146
	16:45	156	11	3	170	186
	17:00	145	4	3	152	161
	17:15	174	19	4	197	222
	17:30	194	4	5	203	215
	17:45	155	2	6	163	174
	18:00	193	17	5	215	240
	18:15	246	13	7	266	290
	18:30	240	12	1	253	267
	18:45	251	5	6	262	276
	19:00	248	10	4	262	278
	19:15	234	13	3	250	268
	19:30	245	6	6	257	272
	19:45	237	8	4	249	263

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 14. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

6.3.2.3 Volúmenes día típico acceso oeste

Tabla 15. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 3

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</i> <i>Movimiento : 3 Acceso : OESTE</i>						
martes, octubre 06 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	6:00	212	19	14	245	285
	6:15	209	21	18	248	296
	6:30	232	20	17	269	315
	6:45	210	17	8	235	264
	7:00	224	23	15	262	308
	7:15	238	18	10	266	299
	7:30	251	21	8	280	313
	7:45	220	19	12	251	288
	8:00	225	15	9	249	278
	8:15	176	15	5	196	219
	8:30	168	10	2	180	193
	8:45	158	10	2	170	183
	9:00	185	7	7	199	217
	9:15	156	10	4	170	186
	9:30	140	15	2	157	175
	9:45	137	6	2	145	154
	16:00	102	11	5	118	137
	16:15	138	14	6	158	181
	16:30	172	10	4	186	202
	16:45	147	11	5	163	182
	17:00	136	11	3	150	166
	17:15	162	5	3	170	180
	17:30	155	7	1	163	172
	17:45	185	21	22	228	282
	18:00	198	17	17	232	275
	18:15	177	14	13	204	238
	18:30	165	15	15	195	233
	18:45	175	17	13	205	242
	19:00	160	19	13	192	231
	19:15	154	15	12	181	214
	19:30	148	13	8	169	194
	19:45	151	12	7	170	193

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 16. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(3)

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO Intersección: <u>AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</u> Movimiento: <u>9(3)</u> Acceso: <u>OESTE</u>						
	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
martes, octubre 06 de 2015	6:00	39	4	1	44	50
	6:15	34	5	0	39	44
	6:30	42	2	2	46	51
	6:45	33	1	1	35	38
	7:00	38	6	0	44	50
	7:15	35	8	1	44	54
	7:30	45	4	2	51	58
	7:45	48	3	0	51	54
	8:00	52	7	3	62	74
	8:15	58	8	1	67	77
	8:30	53	8	1	62	72
	8:45	47	6	2	55	64
	9:00	38	4	1	43	49
	9:15	49	5	0	54	59
	9:30	47	3	1	51	56
	9:45	35	2	1	38	42
	16:00	64	4	3	71	80
	16:15	30	2	2	34	39
	16:30	40	2	4	46	54
	16:45	44	3	1	48	53
	17:00	32	4	2	38	45
	17:15	37	2	1	40	44
	17:30	27	2	1	30	34
	17:45	38	3	2	43	49
	18:00	42	3	0	45	48
	18:15	37	1	1	39	42
	18:30	41	2	0	43	45
	18:45	33	2	0	35	37
	19:00	32	3	0	35	38
	19:15	41	4	1	46	52
	19:30	39	2	1	42	46
	19:45	37	1	0	38	39

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 17. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 7

VOLÚMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección: <u>AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</u>						
Movimiento: <u>7</u> Acceso: <u>NORTE</u>						
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	168	11	3	182	198
	6:15	174	6	6	186	201
	6:30	170	9	9	188	211
	6:45	183	10	8	201	223
	7:00	231	4	6	241	254
	7:15	223	6	8	237	255
	7:30	225	7	5	237	252
	7:45	195	5	4	204	215
	8:00	210	3	7	220	234
	8:15	234	8	6	248	265
	8:30	215	4	4	223	233
	8:45	203	4	5	212	224
	9:00	207	6	3	216	227
	9:15	210	7	4	221	234
	9:30	180	4	2	186	193
	9:45	198	3	1	202	207
	16:00	67	3	6	76	88
	16:15	49	2	5	56	66
	16:30	78	3	4	85	94
	16:45	97	5	1	103	110
	17:00	111	6	1	118	126
	17:15	112	4	1	117	123
	17:30	123	7	2	132	142
	17:45	176	6	1	183	191
	18:00	145	8	1	154	164
	18:15	155	6	2	163	172
	18:30	150	5	3	158	168
	18:45	138	3	2	143	149
	19:00	133	4	3	140	149
	19:15	147	7	8	162	181
	19:30	155	4	2	161	168
	19:45	123	2	2	127	132

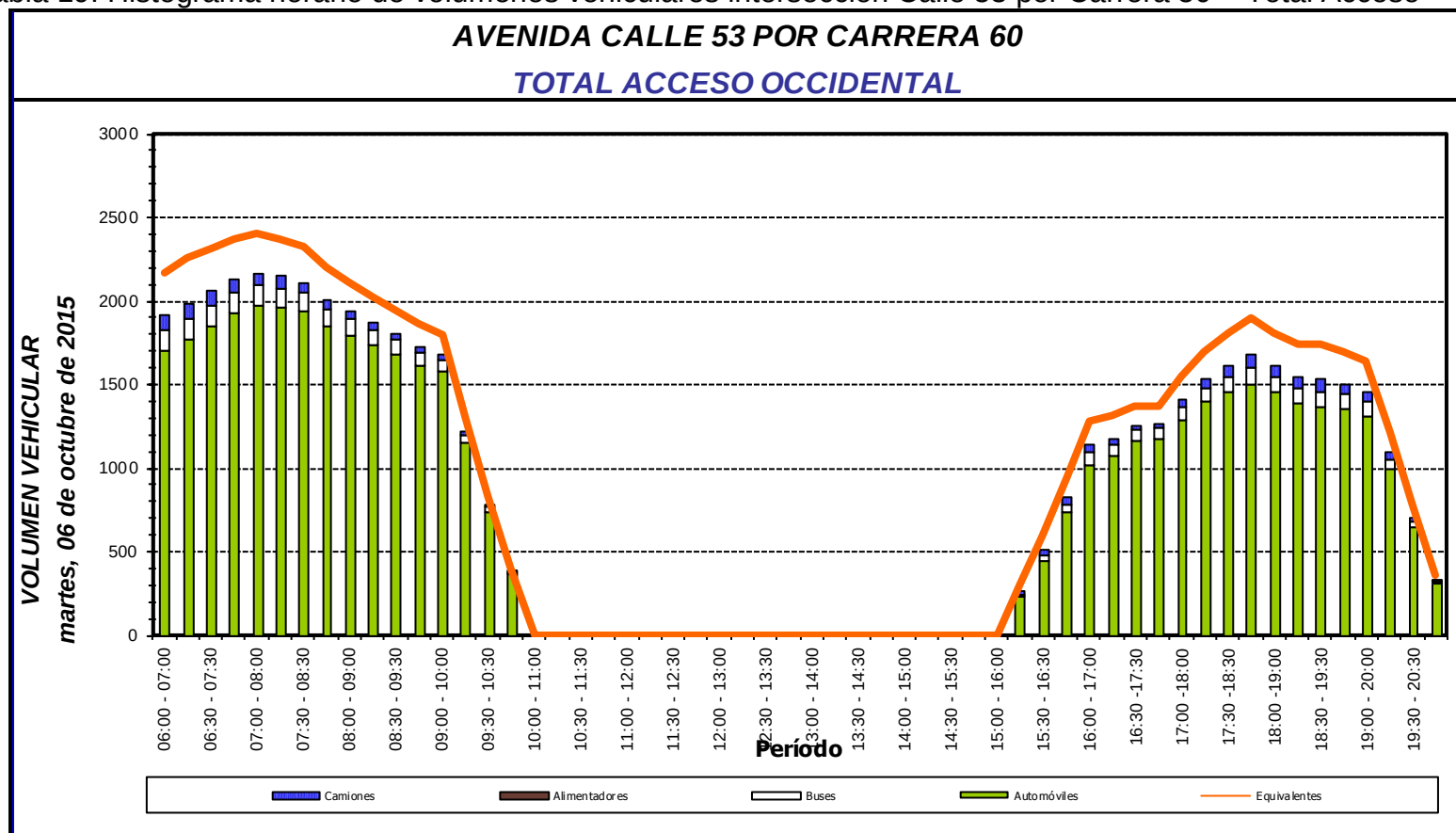
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 18. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</i> <i>Movimiento : <u>SUMA</u> Acceso : <u>OESTE</u></i>						
mar,és, octubre 06 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	6:00	419	34	18	471	532
	6:15	417	32	24	473	541
	6:30	444	31	28	503	576
	6:45	426	28	17	471	525
	7:00	493	33	21	547	612
	7:15	496	32	19	547	608
	7:30	521	32	15	568	623
	7:45	463	27	16	506	557
	8:00	487	25	19	531	585
	8:15	468	31	12	511	560
	8:30	436	22	7	465	498
	8:45	408	20	9	437	471
	9:00	430	17	11	458	492
	9:15	415	22	8	445	479
	9:30	367	22	5	394	424
	9:45	370	11	4	385	402
	16:00	233	18	14	265	304
	16:15	217	18	13	248	286
	16:30	290	15	12	317	350
	16:45	288	19	7	314	344
	17:00	279	21	6	306	336
	17:15	311	11	5	327	346
	17:30	305	16	4	325	347
	17:45	399	30	25	454	522
	18:00	385	28	18	431	486
	18:15	369	21	16	406	451
	18:30	356	22	18	396	445
	18:45	346	22	15	383	428
	19:00	325	26	16	367	417
	19:15	342	26	21	389	447
	19:30	342	19	11	372	408
	19:45	311	15	9	335	364

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 19. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

6.3.2.4 Volúmenes día típico acceso este

Tabla 20. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 4

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</i> <i>Movimiento : 4 Acceso : ESTE</i>						
martes, octubre 06 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	6:00	81	22	1	104	128
	6:15	79	18	5	102	128
	6:30	87	22	1	110	134
	6:45	97	18	5	120	146
	7:00	93	10	4	107	123
	7:15	95	8	6	109	126
	7:30	110	15	4	129	150
	7:45	95	12	8	115	139
	8:00	84	21	3	108	134
	8:15	81	17	6	104	130
	8:30	93	11	3	107	123
	8:45	77	8	2	87	98
	9:00	56	6	4	66	78
	9:15	45	9	1	55	66
	9:30	47	6	1	54	62
	9:45	60	8	3	71	84
	16:00	45	12	1	58	72
	16:15	67	8	4	79	93
	16:30	56	9	2	67	79
	16:45	78	11	6	95	115
	17:00	97	13	5	115	136
	17:15	156	15	3	174	194
	17:30	145	17	6	168	194
	17:45	190	21	12	223	262
	18:00	193	16	1	210	228
	18:15	173	15	8	196	223
	18:30	154	11	5	170	189
	18:45	187	18	7	212	241
	19:00	186	22	1	209	233
	19:15	177	13	0	190	203
	19:30	165	15	2	182	200
	19:45	158	11	2	171	185

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 21. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(4)

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60</i> <i>Movimiento : 9(4) Acceso : ESTE</i>						
miércoles, octubre 06 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	6:00	18	12	1	31	45
	6:15	21	11	1	33	46
	6:30	24	13	1	38	53
	6:45	23	4	3	30	39
	7:00	48	7	0	55	62
	7:15	35	5	0	40	45
	7:30	44	8	1	53	63
	7:45	26	11	0	37	48
	8:00	40	8	0	48	56
	8:15	34	9	1	44	55
	8:30	38	8	0	46	54
	8:45	34	5	0	39	44
	9:00	37	7	2	46	56
	9:15	27	6	1	34	42
	9:30	28	7	0	35	42
	9:45	28	8	2	38	49
	16:00	38	5	2	45	53
	16:15	33	4	1	38	44
	16:30	46	0	0	46	46
	16:45	37	6	2	45	54
	17:00	36	7	1	44	53
	17:15	23	4	0	27	31
	17:30	34	5	1	40	47
	17:45	41	8	1	50	60
	18:00	97	12	0	109	121
	18:15	79	4	0	83	87
	18:30	75	2	1	78	82
	18:45	73	5	0	78	83
	19:00	71	2	0	73	75
	19:15	65	7	1	73	82
	19:30	73	4	1	78	84
	19:45	69	3	0	72	75

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 22. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO

Intersección: AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60

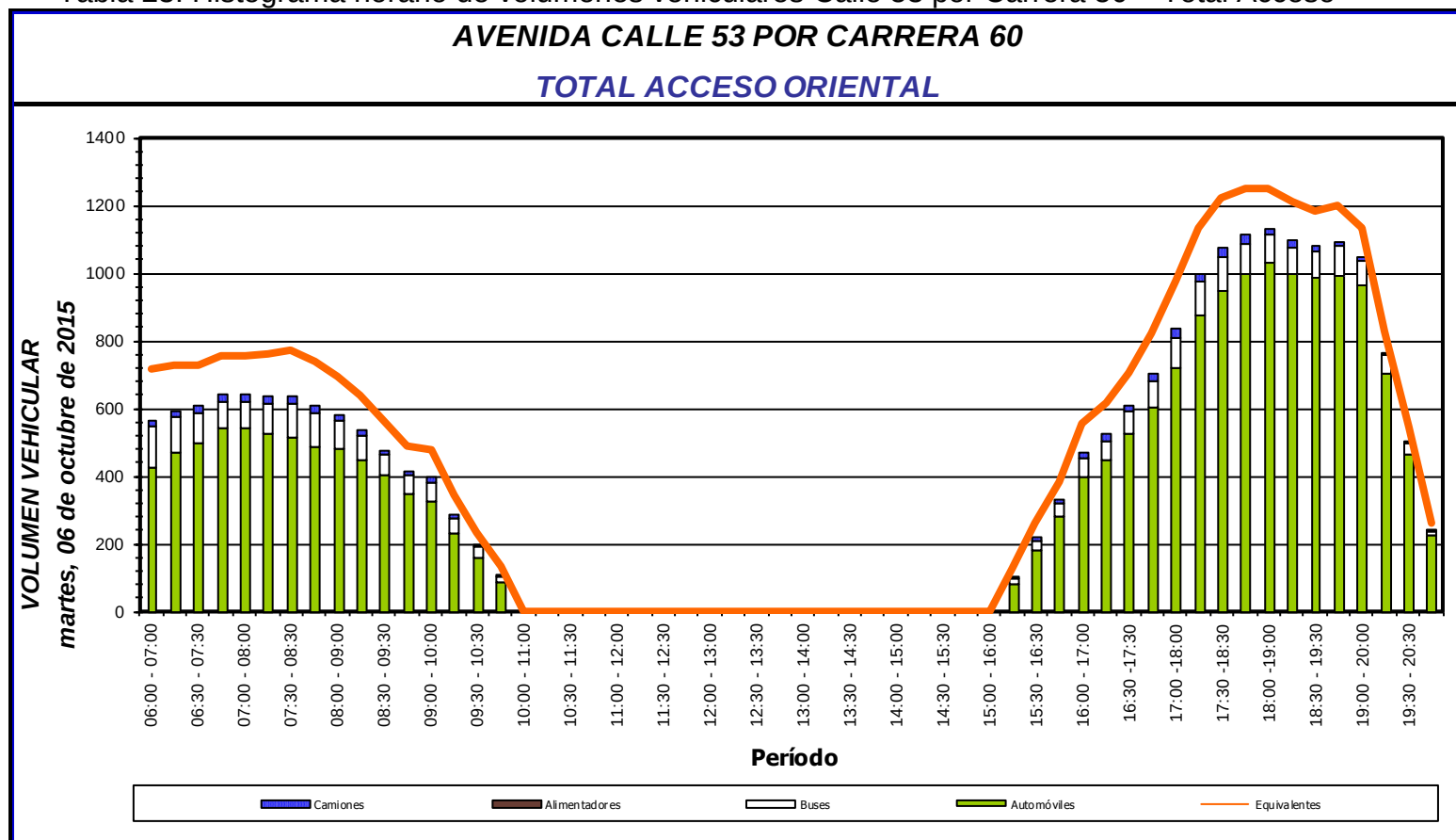
Movimiento: SUMA

Acceso: OESTE

martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	419	34	18	471	532
	6:15	417	32	24	473	541
	6:30	444	31	28	503	576
	6:45	426	28	17	471	525
	7:00	493	33	21	547	612
	7:15	496	32	19	547	608
	7:30	521	32	15	568	623
	7:45	463	27	16	506	557
	8:00	487	25	19	531	585
	8:15	468	31	12	511	560
	8:30	436	22	7	465	498
	8:45	408	20	9	437	471
	9:00	430	17	11	458	492
	9:15	415	22	8	445	479
	9:30	367	22	5	394	424
	9:45	370	11	4	385	402
	16:00	233	18	14	265	304
	16:15	217	18	13	248	286
	16:30	290	15	12	317	350
	16:45	288	19	7	314	344
	17:00	279	21	6	306	336
	17:15	311	11	5	327	346
	17:30	305	16	4	325	347
	17:45	399	30	25	454	522
	18:00	385	28	18	431	486
	18:15	369	21	16	406	451
	18:30	356	22	18	396	445
	18:45	346	22	15	383	428
	19:00	325	26	16	367	417
	19:15	342	26	21	389	447
	19:30	342	19	11	372	408
	19:45	311	15	9	335	364

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 23. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



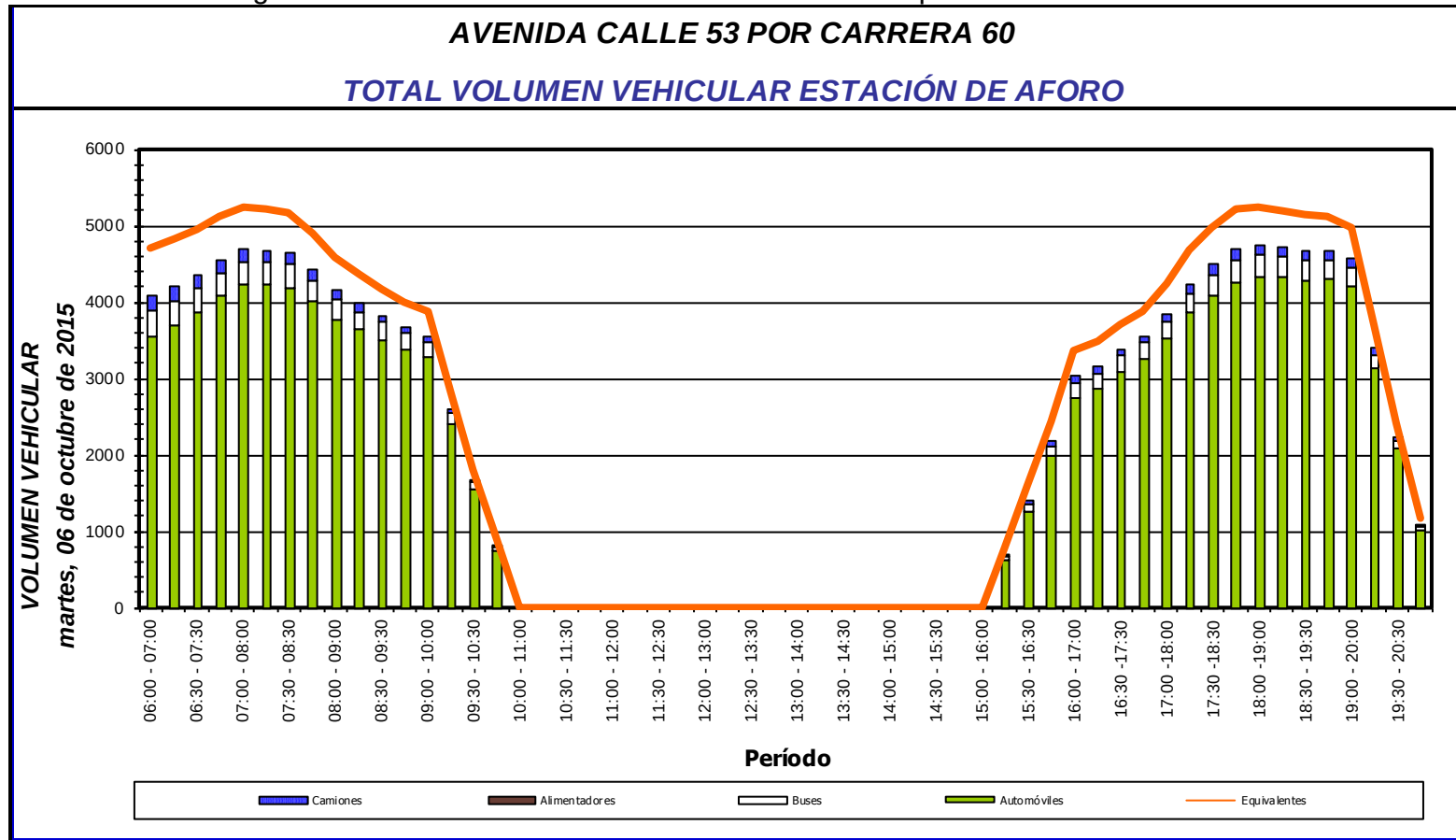
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 24. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total
Accesos

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección: AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60						
Movimiento: SUMA Acceso: TOTAL ACCESOS						
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00	868	96	39	1003	1158
	6:15	848	86	48	982	1140
	6:30	900	93	50	1043	1211
	6:45	936	75	48	1059	1206
	7:00	1020	73	47	1140	1284
	7:15	1024	65	40	1129	1254
	7:30	1120	75	39	1234	1368
	7:45	1085	75	41	1201	1338
	8:00	1013	83	33	1129	1262
	8:15	983	74	33	1090	1214
	8:30	934	52	23	1009	1096
	8:45	860	60	17	937	1023
	9:00	875	49	28	952	1043
	9:15	855	60	15	930	1013
	9:30	793	53	13	859	932
	9:45	759	43	16	818	885
	16:00	624	49	25	698	785
	16:15	655	44	26	725	808
	16:30	710	46	21	777	855
	16:45	771	53	20	844	927
	17:00	748	52	17	817	895
	17:15	870	59	15	944	1026
	17:30	878	50	20	948	1028
	17:45	1029	72	47	1148	1291
	18:00	1090	83	30	1203	1331
	18:15	1104	68	38	1210	1335
	18:30	1056	60	31	1147	1254
	18:45	1103	66	35	1204	1323
	19:00	1071	70	26	1167	1276
	19:15	1066	72	32	1170	1290
	19:30	1068	52	27	1147	1240
	19:45	1020	50	22	1092	1175

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 25. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total Accesos



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

De acuerdo con lo registro de los volúmenes vehiculares de la Calle 53 por Carrera 60 del día típico, se determinó la hora de máxima demanda según como se indicó en el numeral 4.2.4.2

Tabla 26. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – H.M.D.

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección : Movimiento :		AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60 TOTAL ACCESOS			TOTAL ESTACIÓN	
martes, octubre 06 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	6:00 - 7:00	3552	350	185	4087	4715
	6:15 - 7:15	3704	327	193	4224	4841
	6:30 - 7:30	3880	306	185	4371	4955
	6:45 - 7:45	4100	288	174	4562	5111
	7:00 - 8:00	4249	288	167	4704	5243
	7:15 - 8:15	4242	298	153	4693	5221
	7:30 - 8:30	4201	307	146	4654	5180
	7:45 - 8:45	4015	284	130	4429	4908
	8:00 - 9:00	3790	269	106	4165	4593
	8:15 - 9:15	3652	235	101	3988	4375
	8:30 - 9:30	3524	221	83	3828	4174
	8:45 - 9:45	3383	222	73	3678	4010
	9:00 - 10:00	3282	205	72	3559	3872
	9:15 - 10:15	2407	156	44	2607	2829
	9:30 - 10:30	1552	96	29	1677	1817
	9:45 - 10:45	759	43	16	818	885
	16:00 - 17:00	2760	192	92	3044	3374
	16:15 - 17:15	2884	195	84	3163	3484
	16:30 - 17:30	3099	210	73	3382	3702
	16:45 - 17:45	3267	214	72	3553	3875
	17:00 - 18:00	3525	233	99	3857	4239
	17:15 - 18:15	3867	264	112	4243	4675
	17:30 - 18:30	4101	273	135	4509	4985
	17:45 - 18:45	4279	283	146	4708	5210
	18:00 - 19:00	4353	277	134	4764	5242
	18:15 - 19:15	4334	264	130	4728	5187
	18:30 - 19:30	4296	268	124	4688	5142
	18:45 - 19:45	4308	260	120	4688	5128
	19:00 - 20:00	4225	244	107	4576	4981
	19:15 - 20:15	3154	174	81	3409	3705
	19:30 - 20:30	2088	102	49	2239	2415
	19:45 - 20:45	1020	50	22	1092	1175
	TOTAL 14 H	29736	2058	962	32756	36257
	HORAPICO	4249	288	167	4704	5243
	7:00 - 8:00	90.3%	6.1%	3.6%	FHP= 0.96	

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Una vez determinado la hora de máxima demanda en la Tabla 26 se muestra un resumen de la composición vehicular, evidenciando la hora pico y el factor de hora de máxima demanda por cada uno de los accesos, tal como se enuncio en el numeral 4.2.7.1

Tabla 27. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Accesos.

RESUMEN VOLÚMENES VEHICULARES ESTACIÓN DE LA AVENIDA CALLE 53 POR CARRERA 60 martes, 06 de octubre de 2015					
TOTAL ACCESO NORTE					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
TOTAL 8 H	7687	409	215	8311	9043
COMPOSICIÓN	92%	5%	3%	100%	
HORA PICO	1230	70	34	1334	1455
7:15 - 8:15	92.2%	5.2%	2.5%	F.H.P= 0.86	
TOTAL ACCESO SUR					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
			C2P		
TOTAL 8 H	4989	258	158	5405	5900
COMPOSICIÓN	92%	5%	3%	100%	
HORA PICO	985	40	18	1043	1110
18:15 - 19:15	94.4%	3.8%	1.7%	F.H.P= 0.96	
TOTAL ACCESO OESTE					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
TOTAL 8 H	12158	746	443	13347	14758
COMPOSICIÓN	91%	6%	3%	100%	
HORA PICO	1973	124	71	2168	2399
7:00 - 8:00	91.0%	5.7%	3.3%	F.H.P= 0.96	
TOTAL ACCESO ESTE					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
TOTAL 8 H	4902	645	146	5693	6557
COMPOSICIÓN	86%	11%	3%	100%	
HORA PICO	1031	83	22	1136	1252
18:00 - 19:00	90.8%	7.3%	1.9%	F.H.P= 0.90	

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 27 se determinó que para la intersección de la calle 53 por carrera 60 la hora pico se da entre las 7:00 y las 8:00 de la mañana con un valor de vehículos equivalentes de 2399, registrando así un factor de hora pico de 0.96, condiciones que surgen debido al volumen registrado en el acceso oeste.

6.3.3 Volúmenes vehiculares día atípico

Se registraron los volúmenes vehiculares del sábado como día atípico por cada uno de los accesos.

6.3.3.1 Volúmenes vehiculares día típico acceso norte

Tabla 28. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 1

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento: <u>1</u> Acceso: <u>NORTE</u></i>						
sábado, octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	163	3	2	168	174
	8:15	173	4	3	180	189
	8:30	156	5	5	166	179
	8:45	141	7	2	150	160
	9:00	117	8	1	126	136
	9:15	146	9	2	157	169
	9:30	140	10	4	154	170
	9:45	110	4	2	116	123
	10:00	135	6	4	145	157
	10:15	81	8	1	90	100
	10:30	126	5	3	134	144
	10:45	113	4	4	121	131
	11:00	123	7	1	131	140
	11:15	81	4	1	86	92
	11:30	74	5	2	81	89
	11:45	122	6	4	132	144
	12:00	175	4	5	184	196
	12:15	96	8	6	110	127
	12:30	116	4	7	127	142
	12:45	125	7	1	133	142
	13:00	99	10	3	112	127
	13:15	113	5	5	123	136
	13:30	85	6	2	93	102
	13:45	133	8	1	142	152
	14:00	99	4	4	107	117
	14:15	89	5	3	97	107
	14:30	93	8	2	103	114
	14:45	81	6	1	88	96
	15:00	74	3	0	77	80
	15:15	77	6	1	84	92
	15:30	63	4	3	70	79
	15:45	52	4	2	58	65

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 29. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(1)

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección : AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60						
Movimiento : 9(1) Acceso : NORTE						
sábado, octubre 10 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	8:00	28	8	1	37	47
	8:15	30	6	0	36	42
	8:30	27	5	1	33	40
	8:45	23	9	1	33	44
	9:00	22	5	2	29	37
	9:15	29	6	1	36	44
	9:30	30	4	1	35	41
	9:45	24	2	0	26	28
	10:00	33	2	2	37	42
	10:15	30	7	1	38	47
	10:30	30	3	1	34	39
	10:45	41	5	0	46	51
	11:00	24	4	1	29	35
	11:15	22	6	1	29	37
	11:30	31	4	2	37	44
	11:45	24	2	0	26	28
	12:00	39	4	1	44	50
	12:15	24	3	1	28	33
	12:30	27	5	2	34	42
	12:45	30	4	1	35	41
	13:00	27	3	1	31	36
	13:15	21	4	0	25	29
	13:30	21	5	2	28	36
	13:45	21	4	1	26	32
	14:00	32	3	3	38	46
	14:15	29	6	2	37	46
	14:30	33	4	1	38	44
	14:45	26	2	1	29	33
	15:00	33	3	0	36	39
	15:15	26	5	0	31	36
	15:30	22	2	2	26	31
	15:45	20	2	3	25	32

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 30. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 5

VOLÚMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección : AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60						
Movimiento : 5 Acceso : NORTE						
sábado, octubre 10 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	8:00	179	0	2	185	192
	8:15	175	0	3	182	191
	8:30	168	0	5	178	191
	8:45	137	0	2	146	156
	9:00	188	0	1	197	207
	9:15	200	0	2	211	223
	9:30	225	0	4	239	255
	9:45	195	0	2	201	208
	10:00	173	0	4	183	195
	10:15	156	0	1	165	175
	10:30	141	0	3	149	159
	10:45	117	0	4	125	135
	11:00	146	0	1	154	163
	11:15	140	0	1	145	151
	11:30	110	0	2	117	125
	11:45	135	0	4	145	157
	12:00	81	0	5	90	102
	12:15	126	0	6	140	157
	12:30	113	0	7	124	139
	12:45	123	0	1	131	140
	13:00	81	0	3	94	109
	13:15	74	0	5	84	97
	13:30	122	0	2	130	139
	13:45	175	0	1	184	194
	14:00	96	0	4	104	114
	14:15	98	0	1	106	115
	14:30	101	0	4	109	119
	14:45	109	0	3	117	127
	15:00	87	0	2	92	98
	15:15	79	0	1	83	88
	15:30	83	0	1	88	94
	15:45	84	0	1	87	91

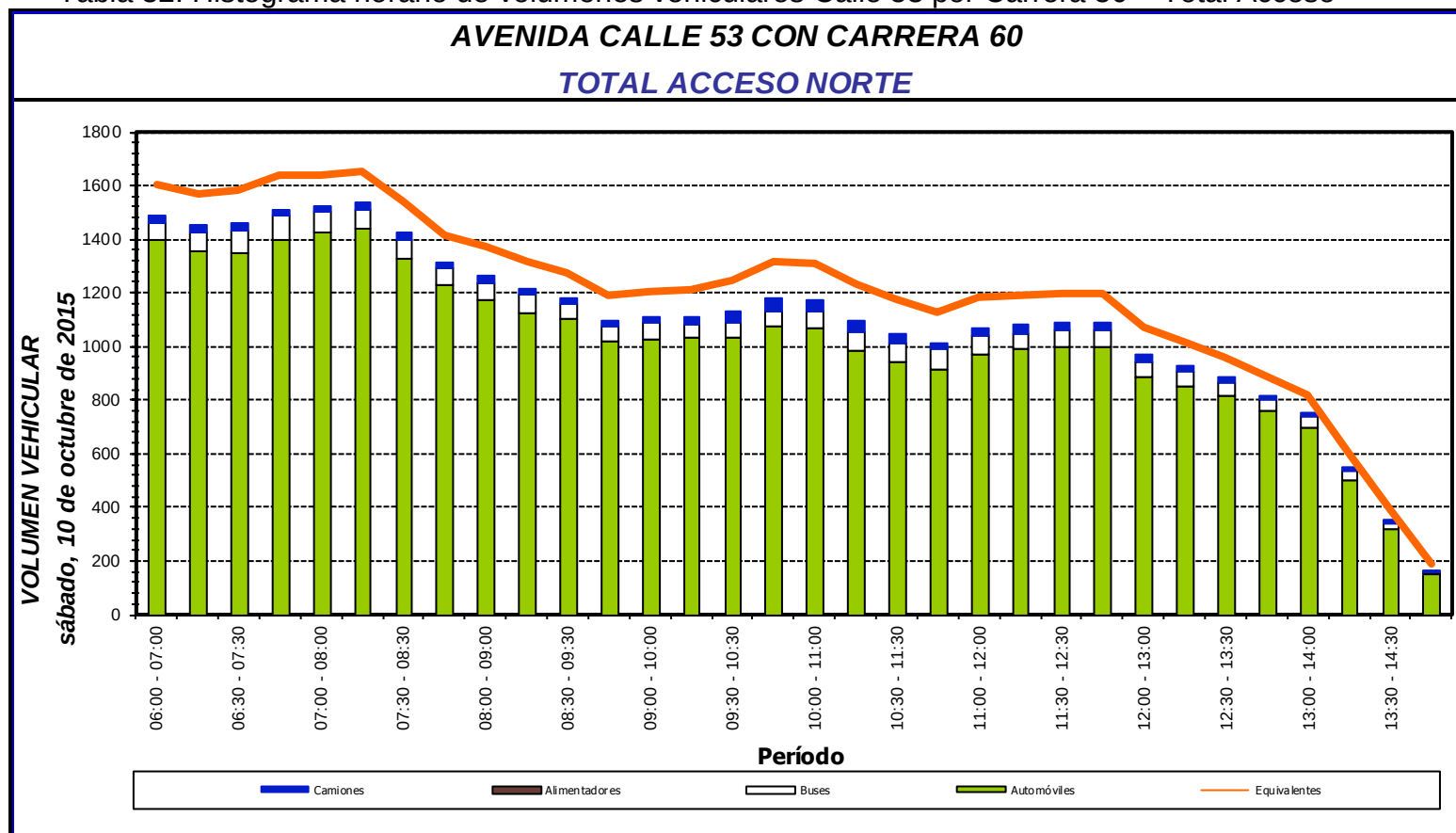
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 31. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO							
Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60							
Movimiento: SUMA Acceso: NORTE							
sábado, octubre 10 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Busetas	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	8:00	370	11	4	5	390	413
	8:15	378	10	4	6	398	421
	8:30	351	10	5	11	377	409
	8:45	301	16	7	5	329	360
	9:00	327	13	8	4	352	379
	9:15	375	15	9	5	404	436
	9:30	395	14	10	9	428	466
	9:45	329	6	4	4	343	359
	10:00	341	8	6	10	365	394
	10:15	267	15	8	3	293	321
	10:30	297	8	5	7	317	341
	10:45	271	9	4	8	292	317
	11:00	293	11	7	3	314	337
	11:15	243	10	4	3	260	279
	11:30	215	9	5	6	235	258
	11:45	281	8	6	8	303	329
	12:00	295	8	4	11	318	347
	12:15	246	11	8	13	278	317
	12:30	256	9	4	16	285	322
	12:45	278	11	7	3	299	322
	13:00	207	13	10	7	237	271
	13:15	208	9	5	10	232	261
	13:30	228	11	6	6	251	277
	13:45	329	12	8	3	352	377
	14:00	227	7	4	11	249	277
	14:15	216	11	7	6	240	267
	14:30	227	12	4	7	250	277
	14:45	216	8	5	5	234	255
	15:00	194	6	3	2	205	217
	15:15	182	11	3	2	198	215
	15:30	168	6	4	6	184	203
	15:45	156	6	2	6	170	187

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 32. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

6.3.3.2 Volúmenes día típico acceso sur

Tabla 33. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 2

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento : 2 Acceso : SUR</i>						
sábado, octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	79	0	7	86	97
	8:15	82	1	9	92	107
	8:30	78	1	6	85	95
	8:45	88	0	6	94	103
	9:00	72	2	8	82	96
	9:15	63	1	2	66	70
	9:30	66	2	3	71	78
	9:45	70	0	6	76	85
	10:00	59	0	12	71	89
	10:15	72	0	2	74	77
	10:30	79	1	7	87	99
	10:45	79	1	8	88	101
	11:00	96	0	7	103	114
	11:15	74	0	9	83	97
	11:30	89	0	2	91	94
	11:45	81	1	7	89	101
	12:00	74	0	4	78	84
	12:15	96	2	4	102	110
	12:30	69	0	1	70	72
	12:45	52	1	2	55	59
	13:00	48	2	1	51	55
	13:15	44	1	1	46	49
	13:30	41	2	1	44	48
	13:45	45	1	1	47	50
	14:00	56	1	2	59	63
	14:15	48	2	2	52	57
	14:30	59	1	1	61	64
	14:45	57	1	1	59	62
	15:00	51	0	3	54	59
	15:15	47	2	2	51	56
	15:30	53	2	3	58	65
	15:45	46	1	1	48	51

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 34. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(2)

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento : 9(2) Acceso : SUR</i>						
sábado, octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	8	5	0	13	18
	8:15	12	3	1	16	21
	8:30	10	5	0	15	20
	8:45	7	2	1	10	14
	9:00	9	2	1	12	16
	9:15	14	1	1	16	19
	9:30	8	1	0	9	10
	9:45	5	3	0	8	11
	10:00	7	2	0	9	11
	10:15	10	2	0	12	14
	10:30	9	1	0	10	11
	10:45	7	3	0	10	13
	11:00	9	4	0	13	17
	11:15	8	2	0	10	12
	11:30	13	3	1	17	22
	11:45	9	4	0	13	17
	12:00	14	2	0	16	18
	12:15	6	2	0	8	10
	12:30	6	1	1	8	11
	12:45	3	3	0	6	9
	13:00	4	2	0	6	8
	13:15	5	1	1	7	10
	13:30	3	1	0	4	5
	13:45	5	2	1	8	12
	14:00	2	1	1	4	7
	14:15	8	1	1	10	13
	14:30	11	3	1	15	20
	14:45	6	2	0	8	10
	15:00	9	2	1	12	16
	15:15	7	1	1	9	12
	15:30	10	2	2	14	19
	15:45	12	2	0	14	16

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 35. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 6

VOLÚMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección : AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60						
Movimiento : 6 Acceso : SUR						
sábado, octubre 10 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	8:00	2	0	2	4	7
	8:15	1	0	1	2	4
	8:30	1	0	1	2	4
	8:45	2	0	1	3	5
	9:00	2	0	0	2	2
	9:15	1	0	0	1	1
	9:30	2	0	0	2	2
	9:45	1	0	1	2	4
	10:00	2	0	0	2	2
	10:15	0	0	0	0	0
	10:30	3	0	1	4	6
	10:45	2	0	2	4	7
	11:00	2	0	0	2	2
	11:15	1	0	0	1	1
	11:30	6	0	0	6	6
	11:45	4	0	0	4	4
	12:00	0	0	0	0	0
	12:15	1	0	0	1	1
	12:30	3	0	0	3	3
	12:45	4	0	0	4	4
	13:00	2	0	1	3	5
	13:15	2	0	0	2	2
	13:30	2	0	0	2	2
	13:45	1	0	0	1	1
	14:00	3	0	1	4	6
	14:15	3	0	1	4	6
	14:30	4	0	0	4	4
	14:45	2	0	0	2	2
	15:00	1	0	1	2	4
	15:15	1	0	1	2	4
	15:30	2	0	0	2	2
	15:45	2	0	1	3	5

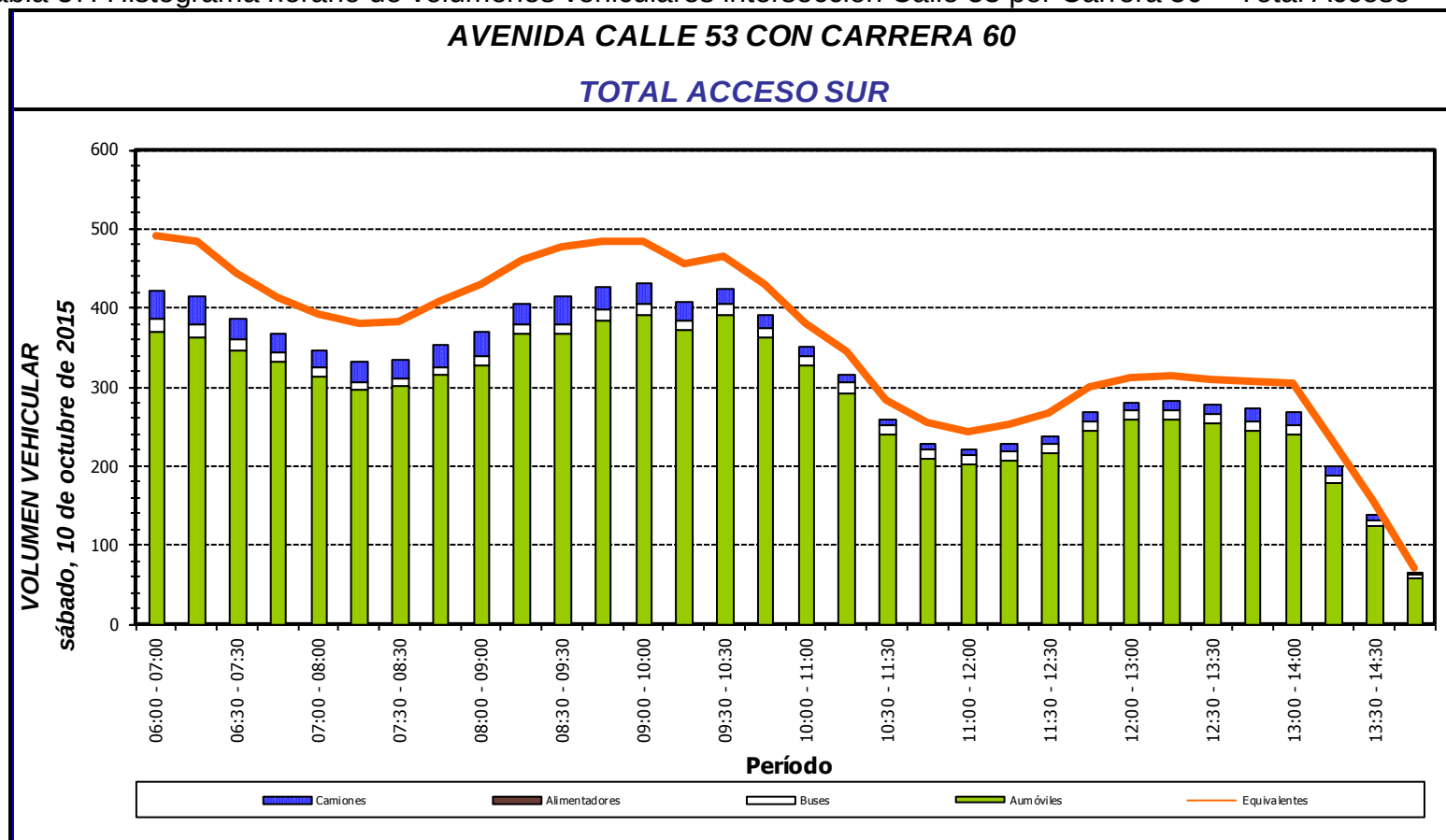
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 36. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección : AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60						
Movimiento : <u>SUMA</u> Acceso : <u>SUR</u>						
sábado, octubre 10 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	8:00	89	5	9	103	122
	8:15	95	4	11	110	131
	8:30	89	6	7	102	119
	8:45	97	2	8	107	121
	9:00	83	4	9	96	114
	9:15	78	2	3	83	90
	9:30	76	3	3	82	90
	9:45	76	3	7	86	100
	10:00	68	2	12	82	102
	10:15	82	2	2	86	91
	10:30	91	2	8	101	115
	10:45	88	4	10	102	121
	11:00	107	4	7	118	133
	11:15	83	2	9	94	110
	11:30	108	3	3	114	122
	11:45	94	5	7	106	122
	12:00	88	2	4	94	102
	12:15	103	4	4	111	121
	12:30	78	1	2	81	85
	12:45	59	4	2	65	72
	13:00	54	4	2	60	67
	13:15	51	2	2	55	60
	13:30	46	3	1	50	55
	13:45	51	3	2	56	62
	14:00	61	2	4	67	75
	14:15	59	3	4	66	75
	14:30	74	4	2	80	87
	14:45	65	3	1	69	74
	15:00	61	2	5	68	78
	15:15	55	3	4	62	71
	15:30	65	4	5	74	86
	15:45	60	3	2	65	71

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 37. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

6.3.3.3 Volúmenes día típico acceso oeste

Tabla 38. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 3

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60 Movimiento: 3 Acceso: OESTE						
	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
sábado, octubre 10 de 2015	8:00	275	28	5	308	344
	8:15	279	30	7	316	357
	8:30	281	19	1	301	322
	8:45	284	13	1	298	313
	9:00	295	14	12	321	353
	9:15	249	20	5	274	302
	9:30	224	30	1	255	287
	9:45	219	11	1	231	244
	10:00	272	17	9	298	329
	10:15	269	16	11	296	329
	10:30	264	30	6	300	339
	10:45	250	22	0	272	294
	11:00	183	17	5	205	230
	11:15	212	13	3	228	246
	11:30	253	18	1	272	292
	11:45	247	10	8	265	287
	12:00	256	28	3	287	320
	12:15	297	15	7	319	345
	12:30	316	20	1	337	359
	12:45	267	7	5	279	294
	13:00	231	22	14	267	310
	13:15	232	16	22	270	319
	13:30	240	5	32	277	330
	13:45	217	26	24	267	329
	14:00	234	6	6	246	261
	14:15	267	18	12	297	333
	14:30	288	13	9	310	337
	14:45	245	18	10	273	306
	15:00	297	22	13	332	374
	15:15	249	22	10	281	318
	15:30	225	15	3	243	263
	15:45	210	16	9	235	265

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 39. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(3)

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO Intersección : <u>AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</u> Movimiento : <u>9(3)</u> Acceso : <u>OESTE</u>						
	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
sábado, octubre 10 de 2015	8:00	99	14	2	115	132
	8:15	103	12	1	116	130
	8:30	94	13	1	108	123
	8:45	84	10	3	97	112
	9:00	68	6	1	75	83
	9:15	87	9	0	96	105
	9:30	83	5	1	89	96
	9:45	63	3	1	67	72
	10:00	80	6	3	89	100
	10:15	44	5	1	50	57
	10:30	74	5	1	80	87
	10:45	63	10	0	73	83
	11:00	72	3	1	76	81
	11:15	43	3	3	49	57
	11:30	39	3	3	45	53
	11:45	71	3	1	75	80
	12:00	51	8	1	60	70
	12:15	73	3	1	77	82
	12:30	50	4	3	57	66
	12:45	65	5	3	73	83
	13:00	51	4	11	66	87
	13:15	78	2	2	82	87
	13:30	52	2	4	58	66
	13:45	61	2	2	65	70
	14:00	90	8	4	102	116
	14:15	65	2	8	75	89
	14:30	59	4	7	70	85
	14:45	63	4	4	71	81
	15:00	61	3	7	71	85
	15:15	69	2	2	73	78
	15:30	68	5	5	78	91
	15:45	44	5	2	51	59

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 40. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 7

<i>VOLÚMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento: 7 Acceso: NORTE</i>						
sábado, octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	111	3	5	119	130
	8:15	109	2	7	118	131
	8:30	100	2	6	108	119
	8:45	99	1	4	104	111
	9:00	105	1	5	111	120
	9:15	112	1	7	120	132
	9:30	116	2	4	122	130
	9:45	130	3	12	145	166
	10:00	115	1	14	130	152
	10:15	129	3	9	141	158
	10:30	93	3	8	104	119
	10:45	101	1	5	107	116
	11:00	107	0	6	113	122
	11:15	140	0	7	147	158
	11:30	145	2	9	156	172
	11:45	142	2	4	148	156
	12:00	131	2	4	137	145
	12:15	128	2	9	139	155
	12:30	99	4	2	105	112
	12:45	98	0	3	101	106
	13:00	89	3	4	96	105
	13:15	76	1	6	83	93
	13:30	78	2	3	83	90
	13:45	67	4	4	75	85
	14:00	58	2	5	65	75
	14:15	68	2	3	73	80
	14:30	78	1	5	84	93
	14:45	88	3	3	94	102
	15:00	67	1	5	73	82
	15:15	56	2	2	60	65
	15:30	89	1	2	92	96
	15:45	78	2	4	84	92

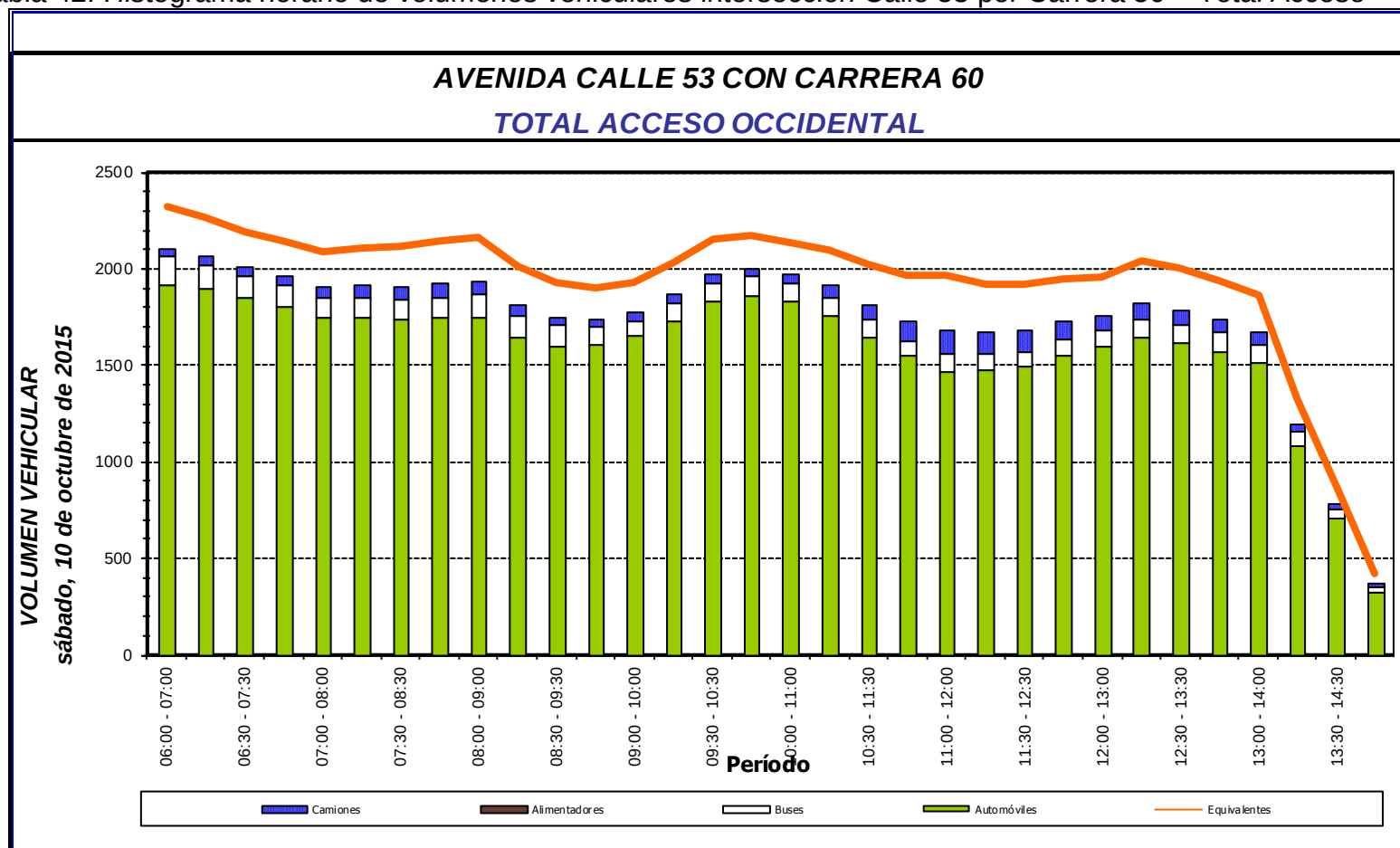
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 41. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento: SUMA Acceso: OESTE</i>						
sábado octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	485	45	12	542	605
	8:15	491	44	15	550	617
	8:30	475	34	8	517	563
	8:45	467	24	8	499	535
	9:00	468	21	18	507	555
	9:15	448	30	12	490	538
	9:30	423	37	6	466	512
	9:45	412	17	14	443	481
	10:00	467	24	26	517	580
	10:15	442	24	21	487	543
	10:30	431	38	15	484	545
	10:45	414	33	5	452	493
	11:00	362	20	12	394	432
	11:15	395	16	13	424	460
	11:30	437	23	13	473	516
	11:45	460	15	13	488	523
	12:00	438	38	8	484	534
	12:15	498	20	17	535	581
	12:30	465	28	6	499	536
	12:45	430	12	11	453	482
	13:00	371	29	29	429	502
	13:15	386	19	30	435	499
	13:30	370	9	39	418	486
	13:45	345	32	30	407	484
	14:00	382	16	15	413	452
	14:15	400	22	23	445	502
	14:30	425	18	21	464	514
	14:45	396	25	17	438	489
	15:00	425	26	25	476	540
	15:15	374	26	14	414	461
	15:30	382	21	10	413	449
	15:45	332	23	15	370	416

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 42. Histograma horario de volúmenes vehiculares intersección Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

6.3.3.4 Volúmenes día típico acceso este

Tabla 43. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 4

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento: 4 Acceso: ESTE</i>						
sábado, octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	125	11	9	145	170
	8:15	126	14	7	147	172
	8:30	118	11	3	132	148
	8:45	100	12	2	114	129
	9:00	126	15	8	157	192
	9:15	89	9	8	106	127
	9:30	124	12	5	141	161
	9:45	122	14	3	139	158
	10:00	138	16	10	164	195
	10:15	141	9	11	161	187
	10:30	124	10	12	146	174
	10:45	132	11	9	152	177
	11:00	157	7	14	178	206
	11:15	160	13	7	180	204
	11:30	132	8	12	152	178
	11:45	149	12	7	168	191
	12:00	139	7	6	152	168
	12:15	93	12	7	112	135
	12:30	118	13	5	136	157
	12:45	69	15	8	92	119
	13:00	80	3	2	85	91
	13:15	91	11	6	108	128
	13:30	75	7	4	86	99
	13:45	83	6	8	97	115
	14:00	85	8	6	99	116
	14:15	91	5	3	99	109
	14:30	87	6	4	97	109
	14:45	79	8	5	92	108
	15:00	73	12	4	89	107
	15:15	77	7	2	86	96
	15:30	73	7	3	83	95
	15:45	69	5	4	78	89

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 44. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Movimiento 9(4)

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60						
Movimiento: 9(4) Acceso: ESTE						
sábado, octubre 10 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	8:00	38	4	2	44	51
	8:15	46	3	4	53	62
	8:30	26	3	1	30	35
	8:45	35	3	1	39	44
	9:00	45	4	2	51	58
	9:15	45	2	0	47	49
	9:30	32	2	1	35	39
	9:45	35	2	4	41	49
	10:00	52	2	0	54	56
	10:15	44	5	3	52	62
	10:30	40	3	4	47	56
	10:45	55	4	1	60	66
	11:00	45	1	5	51	60
	11:15	49	4	2	55	62
	11:30	61	4	0	65	69
	11:45	34	2	5	41	51
	12:00	49	4	2	55	62
	12:15	46	2	1	49	53
	12:30	26	1	1	28	31
	12:45	41	4	0	45	49
	13:00	36	2	2	40	45
	13:15	37	3	1	41	46
	13:30	36	2	1	39	43
	13:45	32	2	1	35	39
	14:00	28	1	2	31	35
	14:15	31	2	1	34	38
	14:30	33	2	1	36	40
	14:45	26	1	3	30	36
	15:00	29	3	1	33	38
	15:15	25	2	1	28	32
	15:30	34	2	2	38	43
	15:45	28	1	1	30	33

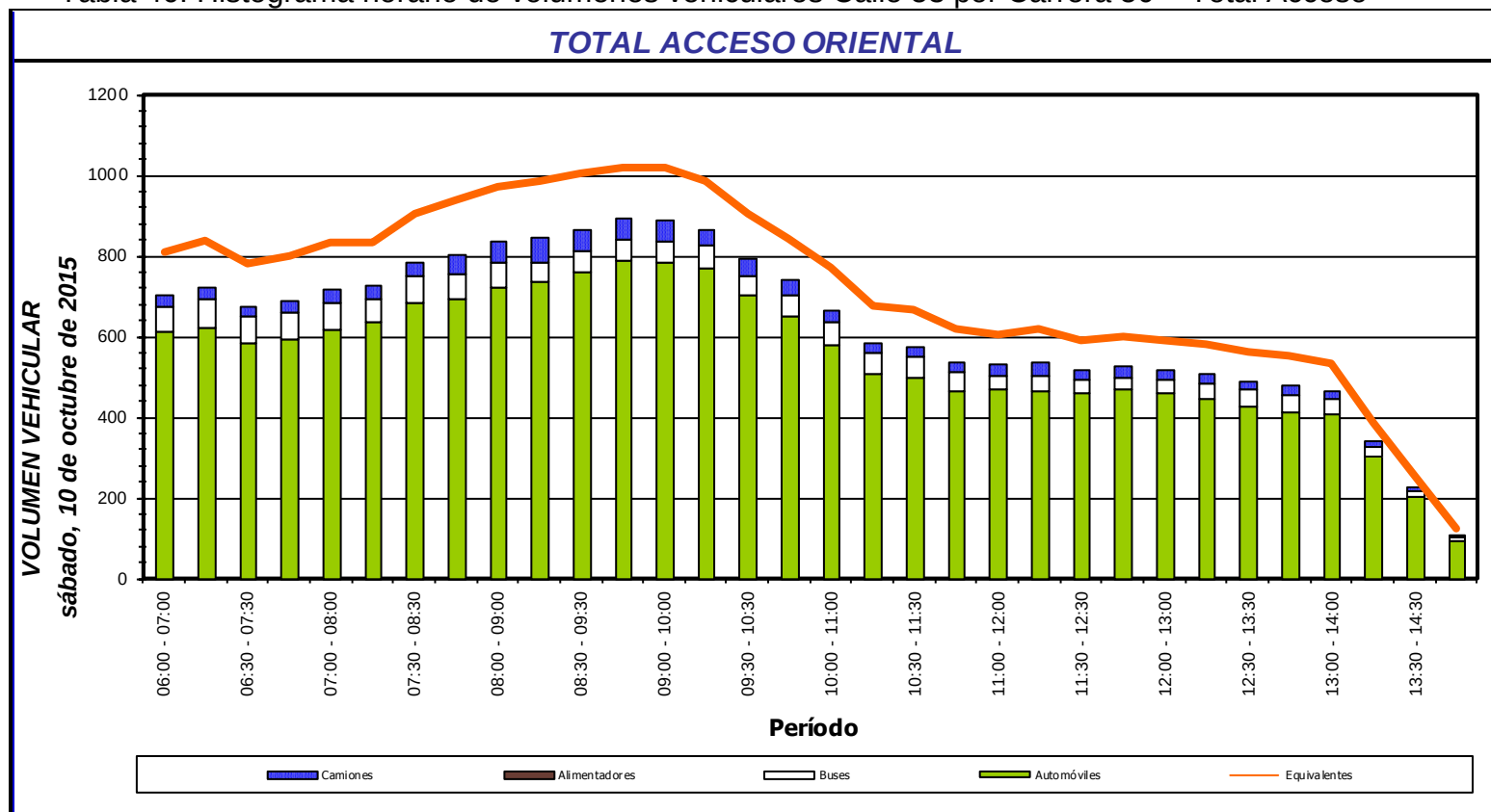
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 45. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección : AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento : SUMA Acceso : ESTE</i>						
sábado, octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	163	15	11	189	221
	8:15	172	17	11	200	234
	8:30	144	14	4	162	182
	8:45	135	15	3	153	173
	9:00	171	19	10	208	250
	9:15	134	11	8	153	176
	9:30	156	14	6	176	199
	9:45	157	16	7	180	207
	10:00	190	18	10	218	251
	10:15	185	14	14	213	248
	10:30	164	13	16	193	230
	10:45	187	15	10	212	242
	11:00	202	8	19	229	266
	11:15	209	17	9	235	266
	11:30	193	12	12	217	247
	11:45	183	14	12	209	241
	12:00	188	11	8	207	230
	12:15	139	14	8	161	187
	12:30	144	14	6	164	187
	12:45	110	19	8	137	168
	13:00	116	5	4	125	136
	13:15	128	14	7	149	174
	13:30	111	9	5	125	142
	13:45	115	8	9	132	154
	14:00	113	9	8	130	151
	14:15	122	7	4	133	146
	14:30	120	8	5	133	149
	14:45	105	9	8	122	143
	15:00	102	15	5	122	145
	15:15	102	9	3	114	128
	15:30	107	9	5	121	138
	15:45	97	6	5	108	122

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 46. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Total Acceso



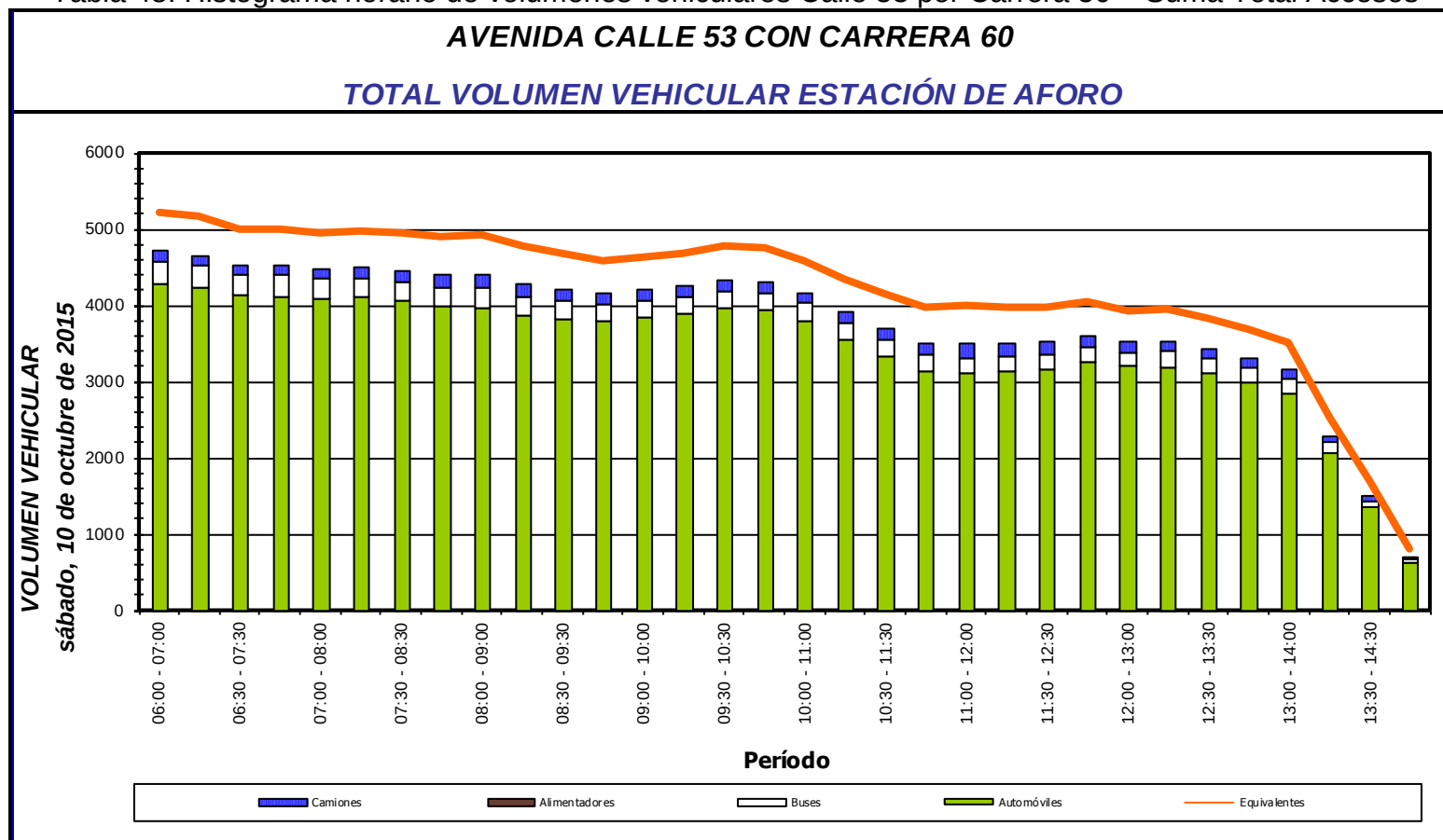
Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 47. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total Acceso

<i>VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO</i> <i>Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60</i> <i>Movimiento: SUMA Acceso: TOTAL</i>						
sábado, octubre 10 de 2015	<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
	8:00	1107	76	37	1224	1360
	8:15	1136	75	43	1258	1402
	8:30	1059	64	30	1158	1272
	8:45	1000	57	24	1088	1188
	9:00	1049	57	41	1163	1298
	9:15	1035	58	28	1130	1239
	9:30	1050	68	24	1152	1266
	9:45	974	42	32	1052	1146
	10:00	1066	52	58	1182	1327
	10:15	976	55	40	1079	1202
	10:30	983	61	46	1095	1230
	10:45	960	61	33	1058	1173
	11:00	964	43	41	1055	1167
	11:15	930	45	34	1013	1113
	11:30	953	47	34	1039	1142
	11:45	1018	42	40	1106	1214
	12:00	1009	59	31	1103	1213
	12:15	986	49	42	1085	1205
	12:30	943	52	30	1029	1130
	12:45	877	46	24	954	1043
	13:00	748	51	42	851	975
	13:15	773	44	49	871	994
	13:30	755	32	51	844	959
	13:45	840	55	44	947	1076
	14:00	783	34	38	859	954
	14:15	797	43	37	884	990
	14:30	846	42	35	927	1026
	14:45	782	45	31	863	960
	15:00	782	49	37	871	979
	15:15	713	49	23	788	875
	15:30	722	40	26	792	875
	15:45	645	38	28	713	795

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 48. Histograma horario de volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Suma Total Accesos



Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

De acuerdo con lo registro de los volúmenes vehiculares de la Calle 53 por Carrera 60 del día atípico, se determinó la hora de máxima demanda según como se indicó en el numeral 4.2.4.2

Tabla 49. Volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – H.M.D.

VOLUMENES VEHICULARES - DATOS DE CAMPO						
Intersección: AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60						
Movimiento: TOTAL ACCESOS				Acceso: TOTAL ESTACIÓN		
sábado, octubre 10 de 2015	Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
	8:00 - 9:00	4302	272	134	4728	5221
	8:15 - 9:15	4244	253	138	4667	5159
	8:30 - 9:30	4143	236	123	4539	4997
	8:45 - 9:45	4134	240	117	4533	4991
	9:00 - 10:00	4108	225	125	4497	4949
	9:15 - 10:15	4125	220	142	4516	4978
	9:30 - 10:30	4066	217	154	4465	4941
	9:45 - 10:45	3999	210	176	4408	4905
	10:00 - 11:00	3985	229	177	4414	4932
	10:15 - 11:15	3883	220	160	4287	4771
	10:30 - 11:30	3837	210	154	4221	4682
	10:45 - 11:45	3807	196	142	4165	4594
	11:00 - 12:00	3865	177	149	4213	4636
	11:15 - 12:15	3910	193	139	4261	4682
	11:30 - 12:30	3966	197	147	4333	4774
	11:45 - 12:45	3956	202	143	4323	4762
	12:00 - 13:00	3815	206	127	4171	4591
	12:15 - 13:15	3554	198	138	3919	4353
	12:30 - 13:30	3341	193	145	3705	4142
	12:45 - 13:45	3153	173	166	3520	3970
	13:00 - 14:00	3116	182	186	3513	4003
	13:15 - 14:15	3151	165	182	3521	3982
	13:30 - 14:30	3175	164	170	3534	3978
	13:45 - 14:45	3266	174	154	3617	4045
	14:00 - 15:00	3208	164	141	3533	3929
	14:15 - 15:15	3207	179	140	3545	3953
	14:30 - 15:30	3123	185	126	3449	3838
	14:45 - 15:45	2999	183	117	3314	3688
	15:00 - 16:00	2862	176	114	3164	3523
	15:15 - 16:15	2080	127	78	2294	2547
	15:30 - 16:30	1367	78	55	1506	1673
	15:45 - 16:45	645	38	29	714	798
	TOTAL 8 H	29261	1631	1154	32234	35784
	HORAPICO	4302	272	134	4728	5221
	8:00 - 9:00	910%	5.8%	2.8%	FHP= 0.93	

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Una vez determinado la hora de máxima demanda en la Tabla 49 se muestra un resumen de la composición vehicular, evidenciando la hora pico y el factor de hora de máxima demanda por cada uno de los accesos, tal como se muestra en el numeral 4.2.7.1

Tabla 50. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50
– Total Accesos

RESUMEN VOLÚMENES VEHICULARES ESTACIÓN DE LA AVENIDA CALLE 53 CON CARRERA 60 sábado, 10 de octubre de 2015					
TOTAL ACCESO NORTE					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
TOTAL 8 H	8667	324	211	9382	10203
COMPOSICIÓN	92%	3%	2%	100%	
HORA PICO	1440	43	28	1540	1654
9:15 - 10:15	93.5%	2.8%	1.8%	F.H.P= 0.89	
TOTAL ACCESO SUR					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
TOTAL 8 H	2434	100	161	2695	3037
COMPOSICIÓN	90%	4%	6%	100%	
HORA PICO	370	17	35	422	492
8:00 - 9:00	87.7%	4.0%	8.3%	F.H.P= 0.94	
TOTAL ACCESO OESTE					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
TOTAL 8 H	13496	809	522	14827	16419
COMPOSICIÓN	91%	5%	4%	100%	
HORA PICO	1918	147	43	2108	2320
8:00 - 9:00	91.0%	7.0%	2.0%	F.H.P= 0.94	
TOTAL ACCESO ESTE					
Intervalo	Autos	Buses	Camiones	Mixtos	Equivalentes
TOTAL 8 H	4664	398	260	5330	6126
COMPOSICIÓN	88%	7%	5%	100%	
HORA PICO	791	52	50	893	1020
10:45 - 11:45	88.6%	5.8%	5.6%	F.H.P= 0.96	

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 50 se determinó que para la intersección de la calle 53 por carrera 60 la hora pico se da entre las 8:00 y las 9:00 de la mañana con un valor de vehículos equivalentes de 2320, registrando así un factor de hora pico de 0.94, condiciones que surgen debido al volumen registrado en el acceso oeste.

6.3.4 Análisis de volúmenes vehiculares

De acuerdo con los volúmenes vehiculares registrados para el día típico y atípico en la Tabla 51 y Tabla 52 se muestra un resumen de la composición vehicular, la hora pico y el factor de hora de máxima del total de la intersección de la calle 53 por carrera 60.

Tabla 51. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Día Típico

TOTAL ESTACIÓN DÍA TÍPICO					
<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
TOTAL 8 H	29736	2058	962	32756	36257
COMPOSICIÓN	91%	6%	3%	100%	
HORA PICO	4249	288	167	4704	5243
7:00 8:00	90.3%	6.1%	3.6%	F.H.P= 0.96	

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tabla 52. Cuadro resumen volúmenes vehiculares Calle 53 por Carrera 50 – Día Atípico

TOTAL ESTACIÓN DÍA ATÍPICO					
<i>Intervalo</i>	<i>Autos</i>	<i>Buses</i>	<i>Camiones</i>	<i>Mixtos</i>	<i>Equivalentes</i>
TOTAL 8 H	29261	1631	1154	32234	35784
COMPOSICIÓN	91%	5%	4%	100%	
HORA PICO	4302	272	134	4728	5221
8:00 9:00	91.0%	5.8%	2.8%	F.H.P= 0.93	

Fuente: Autor (Empresa Aseic SAS)

Tomando en cuenta los anteriores resultados, se evidencio que el mayor volumen vehicular se registró el día típico en el horario de 7:00 a 8:00 am, el cual de acuerdo con su composición vehicular se evidencio que el volumen de los autos es de 4302 , el de los buses es de 272 y el de los camiones es de 134 , correspondiendo al 91%, 5.8% y 2.8% respectivamente, registros los cuales representan 4704 vehículos mixtos y 5243 vehículos equivalentes arrojando un factor de hora pico de 0.96, circunstancias por las cuales bajo el rango de esta hora pico se tomaran los respectivos volúmenes de tránsito y se realizará la simulación del modelos de la situación actual y propuesta, con el fin de que se determinen los comportamientos de tránsito sobre la intersección de la calle 53 por carrera 60.

6.3.4.1 Análisis de capacidad del comportamiento vehicular actual

Teniendo en cuenta los resultados evidenciados en la Tabla 51 en la cual se muestra que el mayor volumen vehicular se presenta el día típico y con el ánimo de establecer el comportamiento de los flujos vehiculares y plasmar los problemas de movilidad que se presentan en la intersección de la calle 53 por Carrera 60, a continuación se muestra los respectivos cálculos y resultados que se obtuvieron para determinar las tasas de flujo equivalente, las densidades y las longitudes de cola por acceso:

Nota: para la estimación de FSS se establecieron longitudes de 100 metro por cada uno de los accesos, longitud que se considera representativa por las condiciones de la intersección.

Tasa de flujo equivalente y densidades

- Acceso norte

Datos de entrada:

P_T: 2.5%	E_R: N.A.
P_B: 5.2%	V: 1334 veh. mixtos/h
P_R: N.A.	F.H.M.D.: 0.86
E_T: 2.5	N: 3
E_B: 2.0	F_P: 1
Carriles: 3	

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

Ecuación 5

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 2.5(2.5 - 1) + 5.2(2 - 1)} = 0.918$$

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{1334}{(0.86)(3)(0.918)(1)} = 563 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

Ecuación 6

$$FSS = \frac{100m}{12.41seg} = 8.06m/seg$$

$$\mathbf{FSS=29Km/h}$$

Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 563 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (Fss) de 29 km/h, se determinó la densidad vehicular.

Densidad:

Ecuación 7

$$D = \frac{563}{29} = 19.42 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Para cuantificar este valor de densidad se realiza el siguiente análisis donde se relaciona la espacialidad con los retrasos generados por los tiempos de detención en semáforos de esto obtenemos para el acceso norte.

Ecuación 8 N° Vehículos por Ciclos

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Ciclos} = \frac{1334 \text{ veh. mixtos/h}}{30 \text{ cliclos}} = 44.5 \text{ Vehiculos por Ciclo}$$

Ecuación 9 N° Vehículos por Carril

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Carril} = \frac{44.5 \text{ veh. por ciclo}}{3 \text{ carriles}} = 14.8 = 15 \text{ Vehiculos por carril}$$

Ecuación 10 Longitud de cola

$$\text{Longitud de cola} = 15 \text{ Veh. por carril} * 6 \text{ mts} = 89 \text{ mts}$$

La congestión evidenciada se ve reflejada en este cálculo promedio de la ocupación de la vía, que por represamiento genera una cola desde el punto de señalización o dispositivo hacia atrás una cola con longitud aproximada de 89 metros.

- Acceso sur

Datos de entrada:

P_T: 1.7%	E_R: N.A.
P_B: 3.8%	V: 1043 veh. mixtos/h
P_R: N.A.	F.H.M.D.: 0.96
E_T: 2.5	N: 2
E_B: 2.0	F_P: 1
Carriles: 2	

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

Ecuación 5

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 1.7(2.5 - 1) + 3.8(2 - 1)} = 0.940$$

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{1043}{(0.96)(2)(0.940)(1)} = 578 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

Ecuación 6

$$FSS = \frac{100m}{14.7seg} = 6.80m/seg$$

$$\mathbf{FSS=24.5Km/h}$$

Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 578 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (Fss) de 24.5 km/h, con lo cual se calculó la densidad vehicular.

Densidad:

Ecuación 7

$$D = \frac{578}{24.5} = 23.6 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Para cuantificar este valor de densidad se realiza el siguiente análisis donde se relaciona la espacialidad con los retrasos generados por los tiempos de detención en semáforos de esto obtenemos para el acceso sur.

Ecuación 8 N° Vehículos por Ciclos

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Ciclos} = \frac{1043 \text{ veh. mixtos/h}}{30 \text{ cliclos}} = 34.76 \text{ Vehiculos por Ciclo}$$

Ecuación 9 N° Vehículos por Carril

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Carril} = \frac{34.76 \text{ veh. por ciclo}}{2 \text{ carriles}} = 17.38 = 15 \text{ Vehiculos por carril}$$

Ecuación 10 Longitud de cola

$$\text{Longitud de cola} = 17 \text{ Veh. por carril} * 6 \text{ mts} = 104.28 \text{ mts}$$

La congestión evidenciada se ve reflejada en este cálculo promedio de la ocupación de la vía, que por represamiento genera una cola desde el punto de señalización o dispositivo hacia atrás una cola con longitud aproximada de 104.3 metros.

- Acceso oeste

Datos de entrada:

P_T: 3.3%

P_B: 5.7%

P_R: N.A.

E_T: 2.5

E_B: 2.0

Carriles: 3

E_R: N.A.

V: 2168 veh. mixtos/h

F.H.M.D.: 0.96

N: 3

F_p: 1

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

Ecuación 5

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 3.3(2.5 - 1) + 5.7(2 - 1)} = 0.904 \text{ veh liv/h/carril}$$

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{2168}{(0.96)(3)(0.904)(1)} = 833 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

Ecuación 6

$$FSS = \frac{100m}{13.5seg} = 7.41m/seg$$

FSS=26.7Km/h

Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 833 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (Fss) de 26.7 km/h, con lo cual se calculó la densidad vehicular.

Densidad:
Ecuación 7

$$D = \frac{833}{26.7} = 31.2 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Para cuantificar este valor de densidad se realiza el siguiente análisis donde se relaciona la espacialidad con los retrasos generados por los tiempos de detención en semáforos de esto obtenemos para el acceso oeste.

Ecuación 8 N° Vehículos por Ciclos

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Ciclos} = \frac{2168 \text{ veh. mixtos/h}}{30 \text{ cliclos}} = 72.26 \text{ Vehiculos por Ciclo}$$

Ecuación 9 N° Vehículos por Carril

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Carril} = \frac{72.26 \text{ veh. por ciclo}}{3 \text{ carriles}} = 24 \text{ Vehiculos por carril}$$

Ecuación 10 Longitud de cola

$$\text{Longitud de cola} = 24 \text{ Veh. por carril} * 6 \text{ mts} = 144.53 \text{ mts}$$

La congestión evidenciada se ve reflejada en este cálculo promedio de la ocupación de la vía, que por represamiento genera una cola desde el punto de señalización o dispositivo hacia atrás una cola con longitud aproximada de 145 metros.

- Acceso este

Datos de entrada:

P_T: 1.9 %

P_B: 7.3%

P_R: N.A.

E_T: 2.5

E_B: 2.0

Carriles: 2

E_R: N.A.

V: 1136 veh. mixtos/h

F.H.M.D.: 0.90

N: 2

F_P: 1

Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados

Ecuación 5

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + 1.9(2.5 - 1) + 7.3(2 - 1)} = 0.908$$

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{1136}{(0.96)(3)(0.908)(1)} = 695 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

Ecuación 6

$$FSS = \frac{100m}{12.8seg} = 7.81m/seg$$

$$\mathbf{FSS=28Km/h}$$

Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 695 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (Fss) de 28 km/h, con lo cual se calculó la densidad vehicular.

Densidad:

Ecuación 7

$$D = \frac{695}{28} = 24.8 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Para cuantificar este valor de densidad se realiza el siguiente análisis donde se relaciona la espacialidad con los retrasos generados por los tiempos de detención en semáforos de esto obtenemos para el acceso oeste.

Ecuación 8 N° Vehículos por Ciclos

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Ciclos} = \frac{1136 \text{ veh. mixtos/h}}{30 \text{ cliclos}} = 37.86 \text{ Vehiculos por Ciclo}$$

Ecuación 9 N° Vehículos por Carril

$$N^{\circ} \text{ Veh} * \text{ Carril} = \frac{37.86 \text{ veh. por ciclo}}{2 \text{ carriles}} = 18.93 \text{ Vehiculos por carril}$$

Ecuación 10 Longitud de cola

$$\text{Longitud de cola} = 19 \text{ Veh. por carril} * 6 \text{ mts} = 114 \text{ mts}$$

La congestión evidenciada se ve reflejada en este cálculo promedio de la ocupación de la vía, que por represamiento genera una cola desde el punto de señalización o dispositivo hacia atrás una cola con longitud aproximada de 114 metros.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos mediante el cálculo de análisis de para cada uno de los accesos, a continuación se muestra el cuadro resumen de los resultados:

Tabla 53. Tasas de flujo y densidades condición actual.

ANÁLISIS INTERSECCIÓN EXISTENTE				
DESCRIPCIÓN	ACC. NORTE	ACC. SUR	ACC. OESTE	ACC. ESTE
Tasa de flujo equiv. (Veh./h/ carril)	563	578	833	695
Vel. FFS (km/h)	29	24.5	26.7	28
Densidad (Veh./km/ carril)	19.41	23.59	31.20	24.82

Fuente: Propia

De esta manera se estableció que el acceso norte presenta una mayor eficiencia de movilidad vehicular en la intersección, registrando una densidad de 19.41, mientras que el acceso oeste presenta una densidad de 31.20, resultados que fueron esperados debido a que sobre este acceso se consolidó la hora pico presentando el mayor flujo vehicular.

De acuerdo con los resultados anteriores se determinó que la menor longitud de cola la presenta el acceso norte con una longitud de 89 mts, mientras que el acceso oeste es que presenta mayor longitud de cola evidenciando una distancia de 145 m, condiciones que se ajustan a los volúmenes vehiculares que provienen de dicho acceso.

Tabla 54. Longitudes de cola

ANÁLISIS INTERSECCIÓN EXISTENTE				
DESCRIPCIÓN	ACC. NORTE	ACC. SUR	ACC. OESTE	ACC. ESTE
Vol. Vehicular	1334	1043	2168	1136
Cant. Ciclos	30	30	30	30
Veh. Por Ciclo	44	35	72	38
Cant. Carriles	3	2	3	2
Veh. Por Carril	15	17	24	19
Long. De Cola (Mts)	89	104	145	114

Fuente: Propia

6.4. PARAMETROS GEOMÉTRICOS DE DISEÑO PROPUESTOS

El diseño de estas intersecciones a nivel se generan con la intención de mostrar como funcionaria y que probabilidad tiene de que se pueda modificar la intersección existente para eliminar los semáforos, esta alternativa propuesta se basa en las recomendaciones del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

La primera es una alternativa tradicional tipo rotonda y la segunda un sistema de retornos, los cuales serán analizados por la parte espacial y geométrica, con lo cual dependiendo de la topografía se puede generar un diseño que no solo cumpla con los parámetros mínimos si no que se ajuste a las necesidades del tránsito.

6.4.1 Consideraciones y configuración del diseño geométrico tipo rotonda

Las consideraciones para el diseño geométrico de la rotonda se realizó bajo los parámetros mínimos que están establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras para Colombia, situación por la cual se muestran en la Tabla 55. Criterio de diseño de glorietas

6.4.1.1 Criterios para generación geométrica de la rotonda

Tabla 55. Criterio de diseño de glorietas

DESCRIPCIÓN		UNIDAD	MAGNITUD
Diámetro mínimo de la isleta central		m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito		m	50
Relación W/L (sección de entrecruzamiento)			Entre 0,25 y 0,40
Ancho sección de entrecruzamiento (W)		m	Máximo 15
Radio interior mínimo en los accesos	De entrada	m	30
	De salida	m	40
Ángulo ideal de entrada			60°
Ángulo ideal de salida			30°

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Instituto nacional de vías, 2008. p. 185.

Según los criterios de la Tabla 55 donde se escogieron los valores que se ajustan a la topografía de la intersección existente, se obtiene como resultado una rotonda a nivel que acogerá los volúmenes de tránsito que convergen a esta intersección como se muestra en la Figura 11, la isleta central con diámetro de 57m, una sección de entrecruzamiento de 25m, los radios de acceso y salida se ajustaron a la condición existente que corresponde a 15m excepto la esquina nor-occidente la cual permite utilizar un radio hasta de 80m sin causar interferencia. Los detalles

del dimensionamiento y configuración se observan en el Anexo D-02 Diseño Geométrico Tipo Rotonda.

Con el pre dimensionamiento podemos calcular la capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos / hora. (Q_p) mediante la Ecuación 1 Capacidad sección de entrecruzamiento y Ecuación 2 Ancho de entradas.

$$e = \frac{(10.5 + 7)}{2} = 8.75m$$

$$Q_p = \frac{160 * 10.5 (1 + 8.75 / 10.5)}{(1 + 25 / 25)} = 1540 \text{ vehiculos/hora}$$

De acuerdo con lo anterior el resultado obtenido para la capacidad de sección de entre cruzamiento fue de 1540 veh./hora, que al compararlo con los volúmenes vehiculares existentes en la hora de máxima demanda el cual fue de 4704 veh./hora, se tiene que el flujo vehicular existente es mayor al flujo vehicular teórico, circunstancia que evidencian la ineficiencia del diseño.

Figura 11. Esquema intersección tipo rotonda



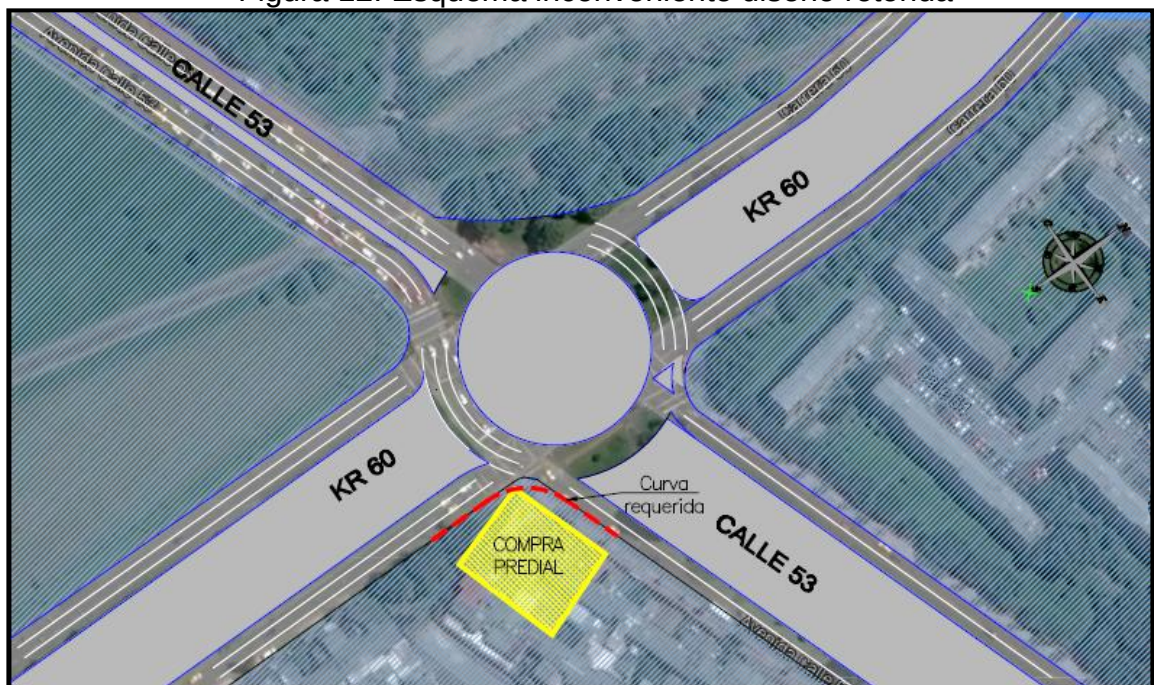
Fuente: Propia.

Después de generar el diseño de la rotonda con respecto a la topografía actual se establecieron dos inconvenientes, el cual el primero se basa en las interferencia

con los predios, las cuales afectan las condiciones existentes, es decir para poder desarrollar la generación de la rotonda de debe hacer una compra de predios y realizar la demolición principalmente en la esquina del costado sur – oriente, no obstante el diseño original fue ajustado para no tomar terreno de la propiedad privada.

En segundo y principal inconveniente son los radio de giro, el cual basados en las recomendaciones mínimas del Manual De Diseño Geométrico De Carreteras, se determinó que las condiciones geométricas reales no se ajustan a las condiciones teóricas, situación que se muestran en la Figura 12

Figura 12. Esquema inconveniente diseño rotonda



Fuente: Propia.

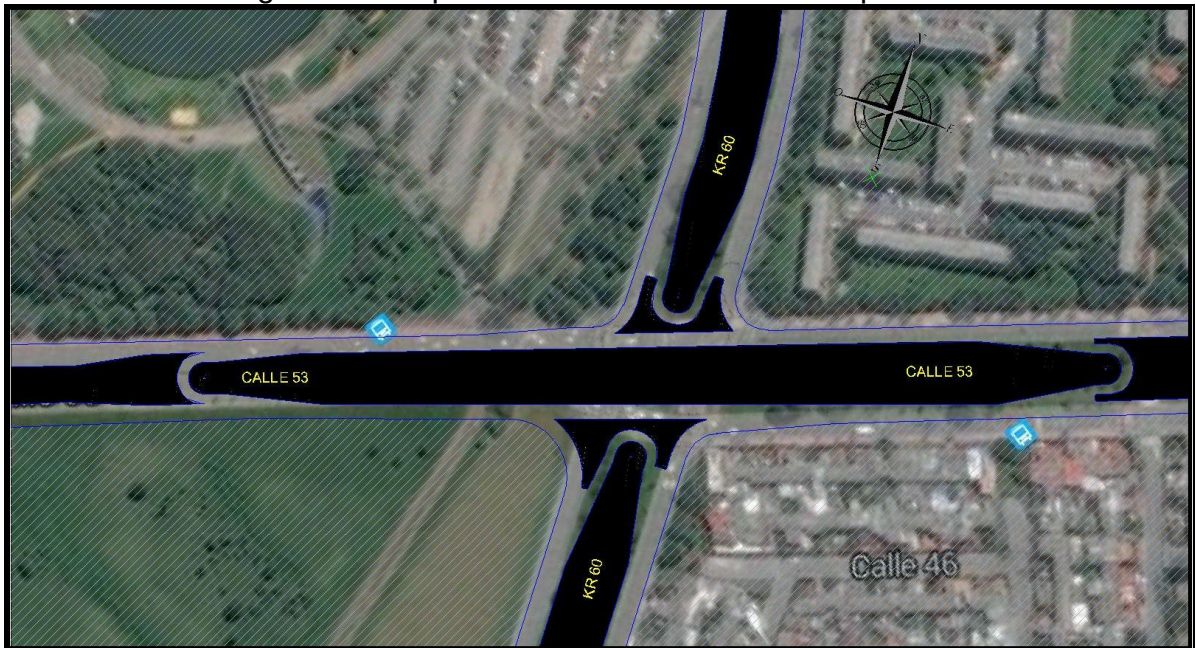
6.4.2 Consideraciones y configuración del diseño geométrico sistema de retornos

La propuesta de este diseño geométrico nuevo, es planteada bajo los parámetros mínimos que están establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras para Colombia, el desarrollo de esta alternativa está aplicada en el entorno urbano donde ya existen intersecciones, las cuales fueron creadas dando solución en un determinado momento y respondiendo a unas condiciones particulares,

La propuesta de la Figura 13 está basada en un sistema de retornos los cuales permitirán aumentar las opciones de giro que pueda tener un usuario en la vía,

esta situación se puede dar sin necesidad de ingresar en una intersección por completo, el propósito de este diseño es tener más alternativas de giro como por ejemplo giro hacia la Izquierda que normalmente está restringido y por otro lado poder generar un flujo constante dando prioridad a la avenidas principales pero sin relegar el tránsito a vías terciarias que conecten.

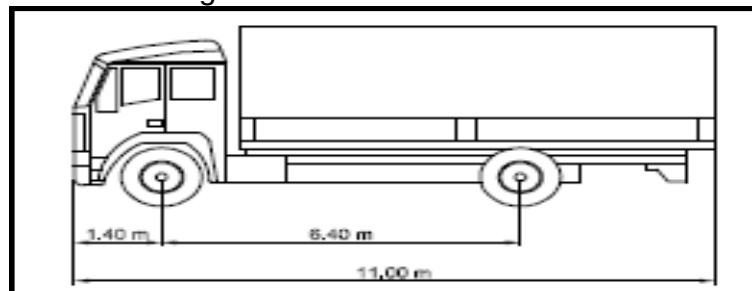
Figura 13. Esquema Diseño Geométrico Propuesto



Fuente: Propia.

Los criterios para el diseño geométrico están dados a partir de los usuarios actuales de la vía, en este caso teniendo como prioridad el vehículo de mayor longitud que puede circular por la intersección, el cual basados en los aforos vehiculares registrados en la zona de aplicación, se observó que la mayoría de vehículos son particulares como automóviles familiares y camioneta tipo campero, también la presencia del sistema de transporte público y vehículos de carga los cuales pertenecen a la estructura de camión de dos ejes con longitud máxima según la Figura 14.

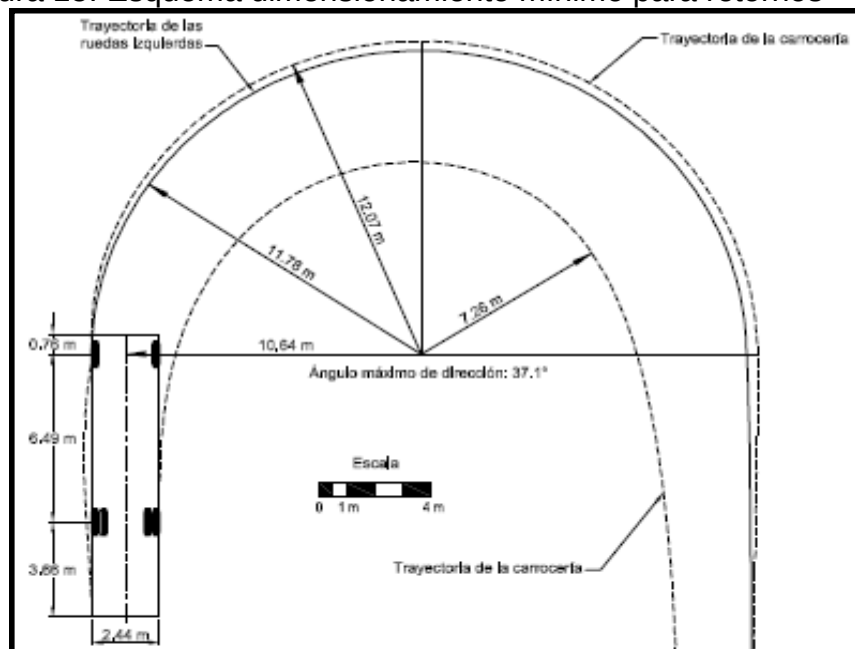
Figura 14. Vehículo de diseño



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008. p. 79.

Este tipo de vehículo determinara algunos parámetros importantes que darán viabilidad a la implantación del diseño, pues los radios mínimos de giro lo determina el vehículo. El punto más importante del diseño es la generación de retornos donde se tiene que garantizar que no se presenten inconvenientes en la operatividad y por lo contrario se tenga algún confort por parte del usuario. Aplicando las dimensiones y radios de la Figura 15 se obtuvo una curva horizontal de 180° (retorno) que está en función del vehículo de mayor longitud la cual es un camión categoría 2.

Figura 15. Esquema dimensionamiento mínimo para retornos



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008.p. 79.

El diseño de estos retornos está en función de contar con la disposición de espacio en caso de una vía existente, pero específicamente de los separadores, los cuales deben tener la menor cantidad de obstáculos, el ancho mínimo para el vehículo de diseño con los carriles adecuados es de 24 m, en este espacio se establece el retorno con su carril de circulación el cual cuenta con sobre ancho para el giro del camión sin interrupción como se muestra en la Figura 15 de dimensionamiento mínimo para retornos.

En este mismo espacio del separador se tendrán que incluir los carriles de aceleración y desaceleración. En donde el carril de aceleración sirve para que los vehículos que deben incorporarse a la calzada principal puedan hacerlo con una velocidad similar a la de los vehículos que circulan por ésta, ya que es un carril adyacente debe tener un espacio mínimo y seguro de 3.30 m. El carril de desaceleración tiene por objeto permitir que los vehículos que vayan a ingresar en un ramal de salida o en un ramal de enlace puedan reducir su velocidad hasta alcanzar la adecuada.²⁹

Para obtener la longitudes des estos carriles se uso la Tabla 56, la cual está en función de las velocidades de destino, origen y operación. Esta tabla contempla todo tipo de vías en especial carreteras, para la aplicación urbana se trabaja con las velocidades más bajas lo cual da como medida para el carril de aceleración 55m, por la velocidad del ramal de entrada la cual fue de 30Km/h, como se resalta en la tabla.

Tabla 56 Longitud carril de aceleración

Tabla 6.1 Longitud mínima del carril de aceleración								
VÍA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO)								
Velocidad específica del ramal de entrada ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	90	70	55	45	-	-	-
60	55	140	120	105	90	55	-	-
70	60	185	165	150	125	100	60	-

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008. p. 177.

²⁹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008. p 176.

Para el carril de desaceleración se usó la Tabla 57, la cual con los datos de operación la velocidad de entrada de 40Km/h y velocidad de salida de 50Km/h. se obtuvo que la longitud del carril es de 45m.

Tabla 57.Longitud carril de desaceleración

Tabla 6.2. Longitud mínima de un carril de desaceleración								
Velocidad específica del ramal de salida ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h)		PARE	25	30	40	50	60	80
Velocidad Específica del elemento de la calzada de origen inmediatamente anterior al inicio del carril de desaceleración (km/h)	Longitud de la transición (m)	Longitud total de carril de desaceleración, incluyendo la transición (m)						
50	45	70	50	45	45	-	-	-
60	55	90	70	70	55	55	-	-
70	60	105	90	90	75	60	60	-

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Instituto nacional de vías, 2008. p. 178.

El diseño también genera que a la salida de los retornos se implemente un carril de aceleración para los usuarios que desean realizar un giro al lado contrario de su salida, con lo cual se hace necesario implementar una longitud de transición mucho más cómoda y segura para los usuarios, además de contemplar el volumen vehicular que usara estos giros de forma fluida y continua.

Para el diseño se acoge una ocupación mínima de espacio para lo que se realiza un acondicionamiento según los criterios de la intersección, es decir la sugerencias de manual están basadas en un factor que está ligado a cantidad de carriles y los flujos de entrecruzamiento, según la Tabla 58 se selecciona la longitud mínima de 75m, condición que obedece a que la mayor parte de los usuarios son vehículos pequeños y de uso urbano.

Tabla 58 Longitud de entrecruzamiento

Tabla 6.8.
Longitudes mínimas de entrecruzamiento

VOLUMEN DE ENTRECruzAMIENTO (ade/h)	LONGITUD MÍNIMA DE LA SECCIÓN DE ENTRECruzAMIENTO (m)
1.000	75
1.500	120
2.000	200
2.500	290
3.000	410
3.500	565

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Instituto nacional de vías, 2008. p. 193.

Con estos parámetros mínimos aplicados a la geometría existente de la intersección, se quiere lograr una mejor continuidad, ya que se eliminarán semáforos que son los que generen represamientos o colas, así mismo se propone minimizar modificaciones a la estructura física existente con el fin de que los costos de implementación sean más favorables.

6.5. GENERACION DE LOS MODELOS DE TRÁNSITO

De acuerdo con lo anterior y con el ánimo de comparar los resultados de las propuestas generadas para solucionar los problemas de movilidad sobre la intersección de estudio, se realizó la simulación de los respectivos modelos, tal como se muestra a continuación:

6.5.1 Modelo condición actual

Tomando en cuenta la información procesada y analizada de volúmenes vehiculares obtenidos en la Tabla 51, y de acuerdo con los parámetros geométricos descritos en la Tabla 3, se realizó el modelo de simulación de la condición actual.

Figura 16. Simulación de Modelo existente



Fuente: Propia.

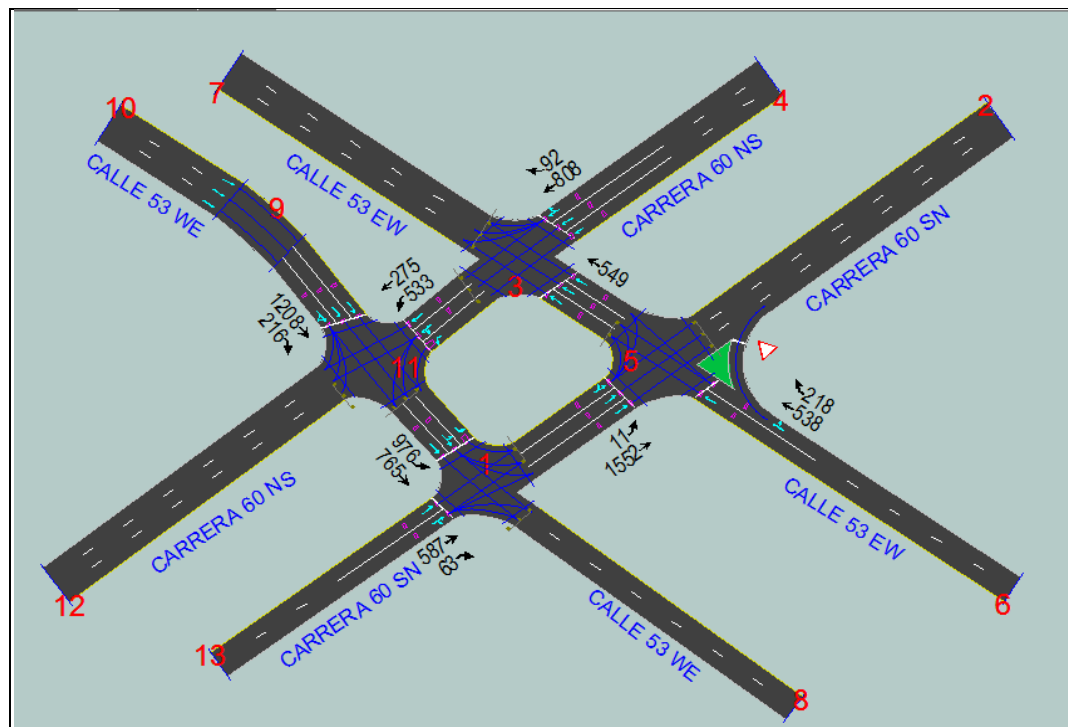
Así mismo los volúmenes vehiculares de cada uno de los accesos fueron obtenidos de acuerdo con los registros tomados en la hora pico, que para este caso fue de 7:00 am a 8:00 am, condiciones que se evidencia en la Tabla 59 y Figura 17 del presente documento.

Tabla 59. Volúmenes vehiculares en la hora pico – condición actual

Volúmenes Vehiculares											
Acceso	acceso norte			acceso sur			acceso oeste			acceso este	
Mov	1	9(1)	5	2	9(2)	6	3	9(3)	7	4	9(4)
Veh. Equivalentes	808	92	533	587	63	11	1208	216	976	538	218

Fuente: Propia

Figura 17. Volúmenes vehiculares intersección existente

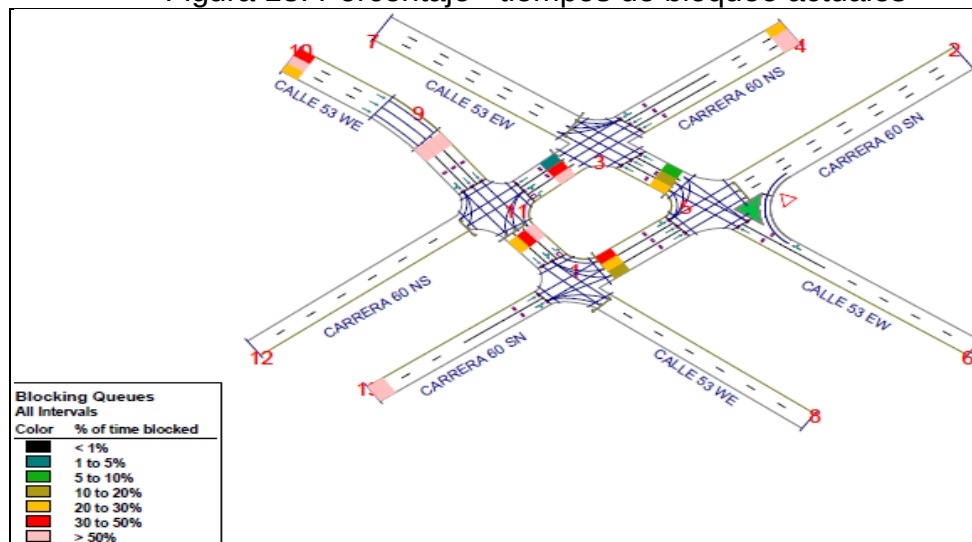


Fuente: Propia.

6.5.1.1 Análisis de resultados condición actual

De acuerdo con los resultados arrojados por la modelación, se determinaron los respectivos problemas de movilidad que se presentan actualmente.

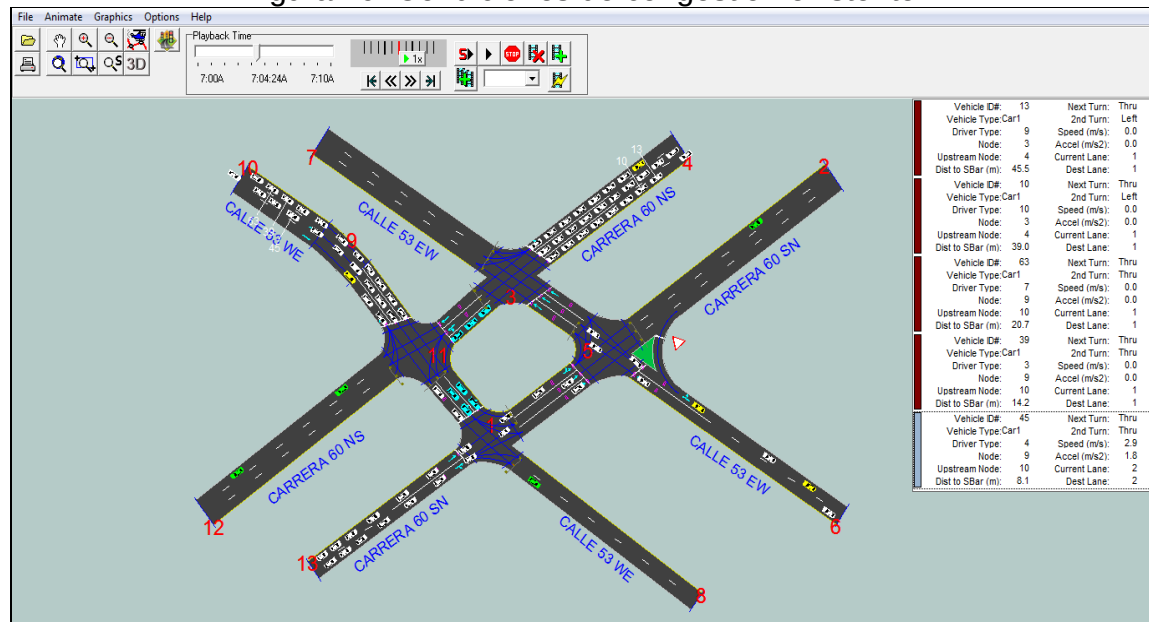
Figura 18. Porcentaje - tiempos de bloqueo actuales



Fuente: Propia.

De acuerdo con los volúmenes vehiculares que transitan por la intersección de estudio, se muestra que los corredores que presentan mayor problema de movilidad, son los altos volúmenes de que provienen de los accesos norte, oeste y sur, representado así un bloqueo mayor al 50 % en un intervalo de 15 minutos, circunstancias que concuerda con lo evidenciado en las visitas de campo realizadas.

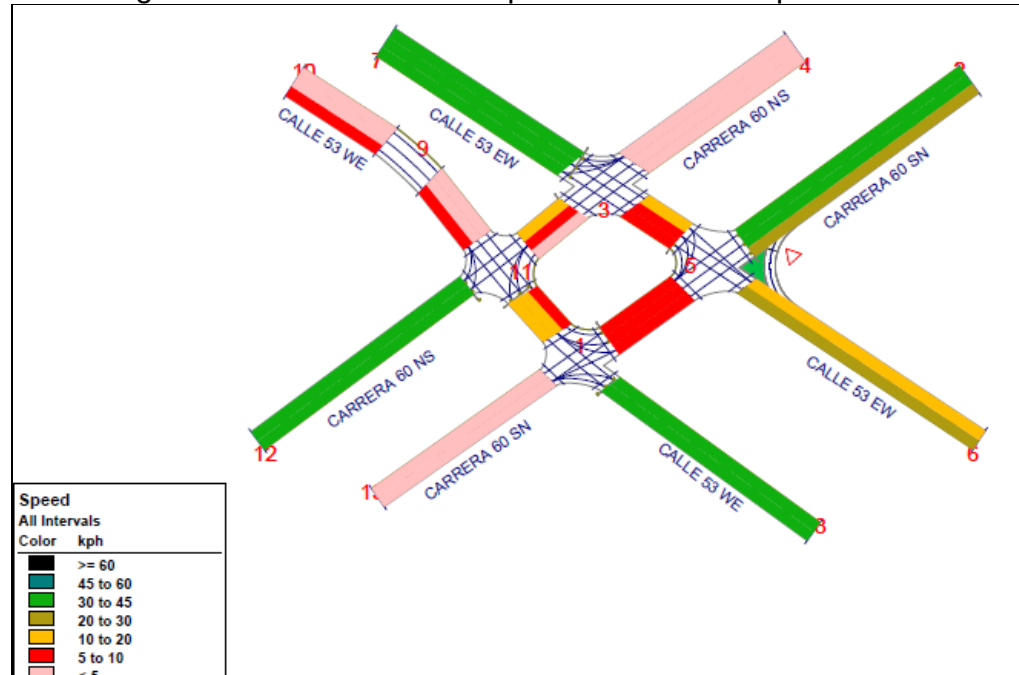
Figura 19. Condiciones de congestión existente



Fuente: Propia.

Tomado en cuenta lo anterior y basados en la hora pico, en la Figura 19 se muestra que los corredores N-S y W-E son los que presentan mayor congestión y longitudes de cola, eso sin tener en cuenta que debido a las limitantes del modelo en los puntos 1, 5, 3 y 11 no se presentan represamientos debido a que los vehículos no avanzan hacia un punto hasta que no esté totalmente habilitado, sin embargo y de acuerdo con las visitas realizadas en campo se reflejó que sobre dichos puntos si se existen inconvenientes de movilidad, ya que debido al comportamiento de algunos usuarios en los ciclos del semáforo estos avanzan hacia la intersección así no esté habilitada, promoviendo la interferencia de vehículos en los cruces y por lo tanto aumentado la congestión vehicular.

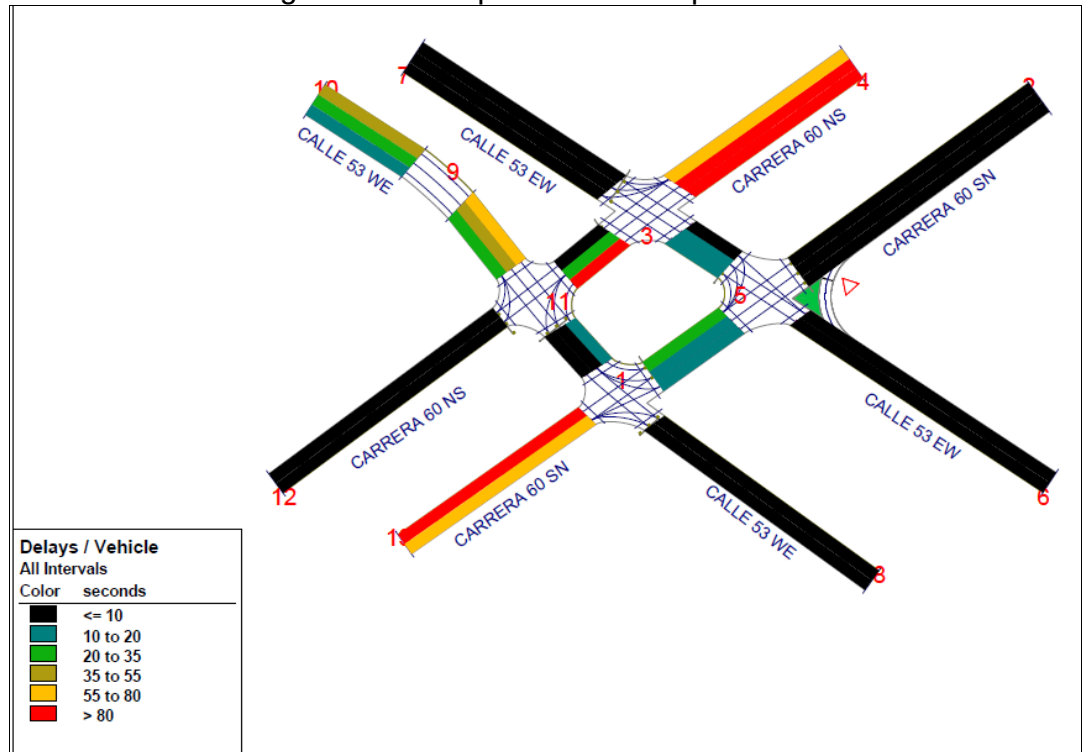
Figura 20. Velocidades de operación existente por acceso



Fuente: Propia.

En la Figura 20 se muestra las velocidades con las cuales los usuarios del intersección transitan en la hora pico, arrojando que sobre los corredores de los accesos norte, sur, y oeste las velocidades no superan los 5 km/h, mientras que sobre el corredor del acceso este los usuarios transitan con velocidades entre 20 km/h y 30 km/h, velocidades las cuales se ajustan a las condiciones que se presentan actualmente sobre la intersección

Figura 21. Tiempos de retraso por acceso



Fuente: Propia.

Adicional a lo anterior en la Figura 21 se muestra los tiempos de retraso que se generan en la intersección, condiciones que al compararlas con las tablas de retraso del HCM 2000 se evidencia que los accesos norte, oeste, y sur presenta un nivel de servicio F mientras que el acceso este presenta un nivel de servicio A.

Tabla 60.niveles de servicio condición actual

Level of Service	Average Control Delay (s/veh)
A	0-10
B	> 10-15
C	> 15-25
D	> 25-35
E	> 35-50
F	> 50

Fuente: H.C.M. 2000

6.5.2 Modelo tipo rotonda

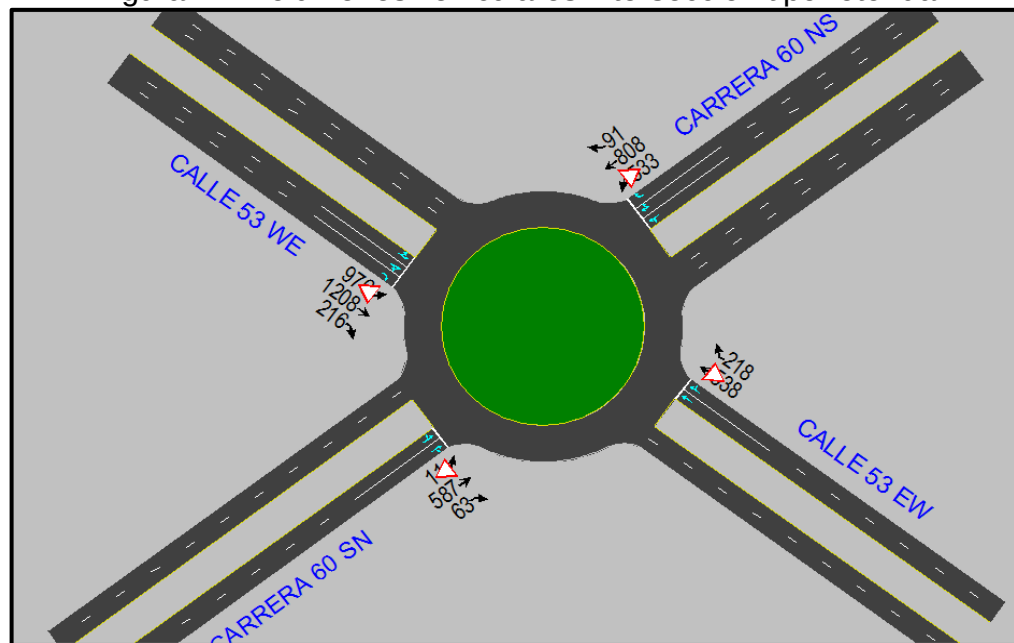
Para la simulación del modelo geométrico de la rotonda se establecieron lo volúmenes vehiculares por movimiento según el acceso, tal como se muestra en la Tabla 61.

Tabla 61. Volúmenes vehiculares en la hora pico – diseño rotonda

Volúmenes Vehiculares											
Acceso	acceso norte			acceso sur			acceso oeste			acceso este	
Mov	1	9(1)	5	2	9(2)	6	3	9(3)	7	4	9(4)
Veh. Equivalentes	808	92	533	587	63	11	1208	216	976	538	218

Fuente: Propia

Figura 22. Volúmenes vehiculares intersección tipo rotonda

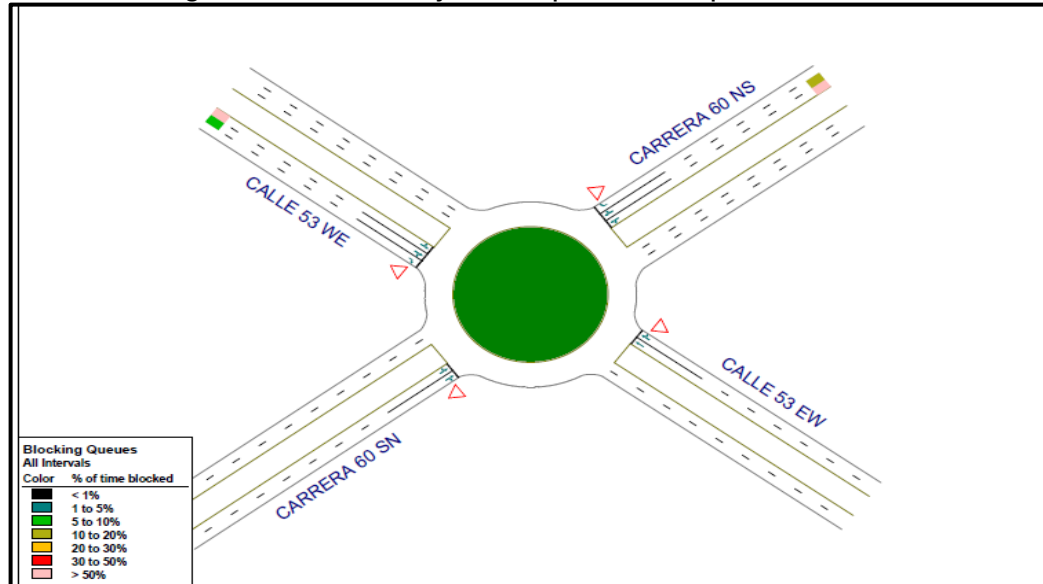


Fuente: Propia.

6.5.3 Análisis de resultados

De acuerdo con los resultados arrojados por la modelación, se determinaron los respectivos problemas de movilidad que se presentan en el diseño geométrico tipo rotonda.

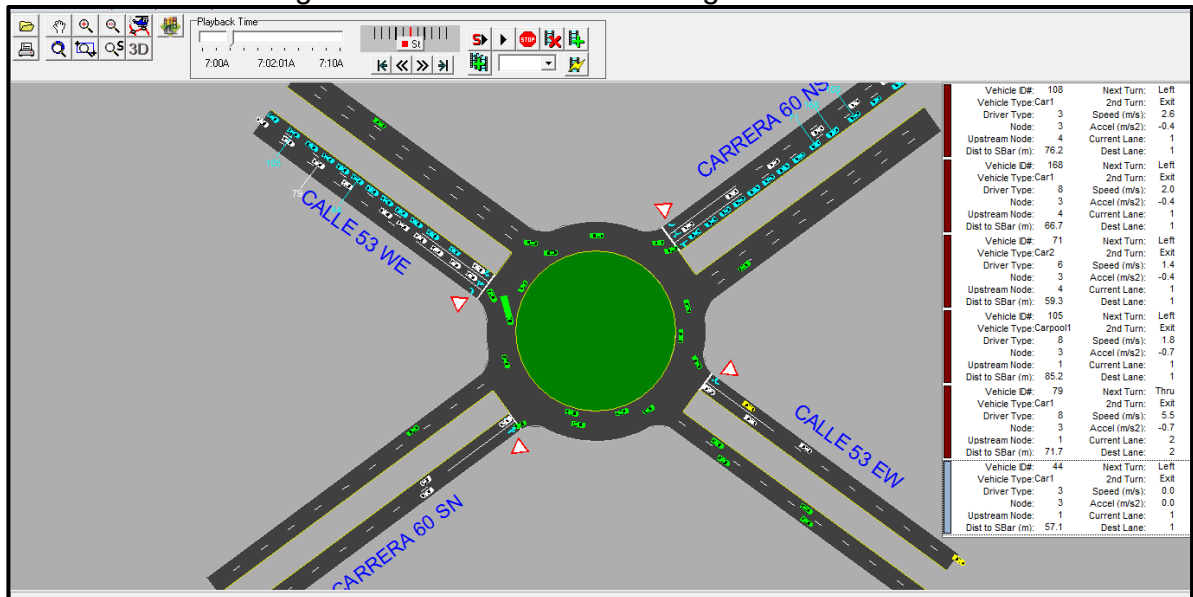
Figura 23. Porcentaje - tiempos de bloqueo Rotonda



Fuente: Propia.

Una vez generado el modelo de simulación de la rotonda, se obtuvo que sobre los accesos oeste y norte se presenta represamiento generando bloqueos con un porcentaje mayor al 50%, condiciones que al compararlas con la configuración actual, se establece que las circunstancias persisten.

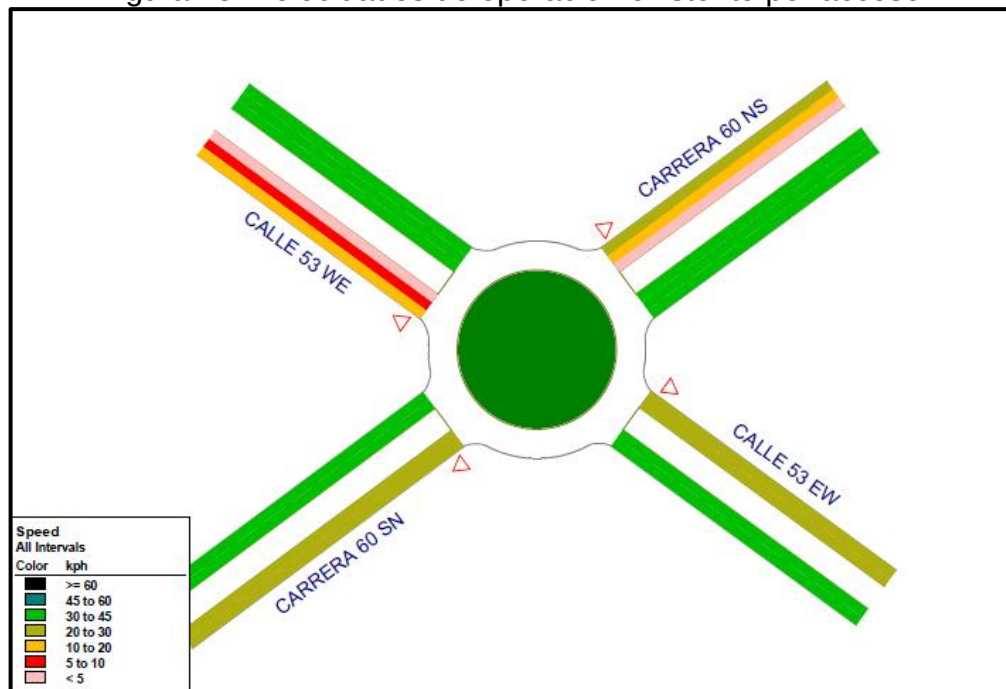
Figura 24. Condiciones de congestión rotonda



Fuente: Propia.

Como consecuencia a lo anterior, se evidencia que debido a los volúmenes registrados en la hora pico sobre los acceso norte y oeste se presenta problemas de congestión vehicular, generando así longitudes de cola sobre los corredores que componen cada uno de los accesos, tal como se muestra en la Figura 24, eso sin tener en cuenta que debido a las restricciones de la simulación, sobre la circunferencia transitable de la rotonda no se generan represamientos, condiciones que evidentemente no son comparables con el comportamiento actual de los usuarios, ya que sobre dicha área es donde se presenta mayor congestión vehicular

Figura 25. Velocidades de operación existente por acceso



Fuente: Propia.

En la Figura 25 se puede evidenciar que sobre los corredores de los accesos norte, sur y este las velocidades de operación están entre un rango de 20 km/h y 45 km/h, condiciones que debido a la configuración existen de la intersección no son desfavorables, sin embargo sobre el corredor del acceso oeste las velocidades generadas están entre de 5km/h y 10 km/h, circunstancias que obedecen a los represamientos y longitudes de cola que se explicaron en las figuras anteriores.

6.5.4 Modelo sistemas de retornos

Con base en las características geométricas definidas en el numeral 6.4.2 se procedió a realizar la simulación del tránsito en la propuesta geométrica sistema de retornos, tal como se muestra en la Figura 26

Figura 26. Simulación de Modelo sistema de retornos



Fuente: Propia.

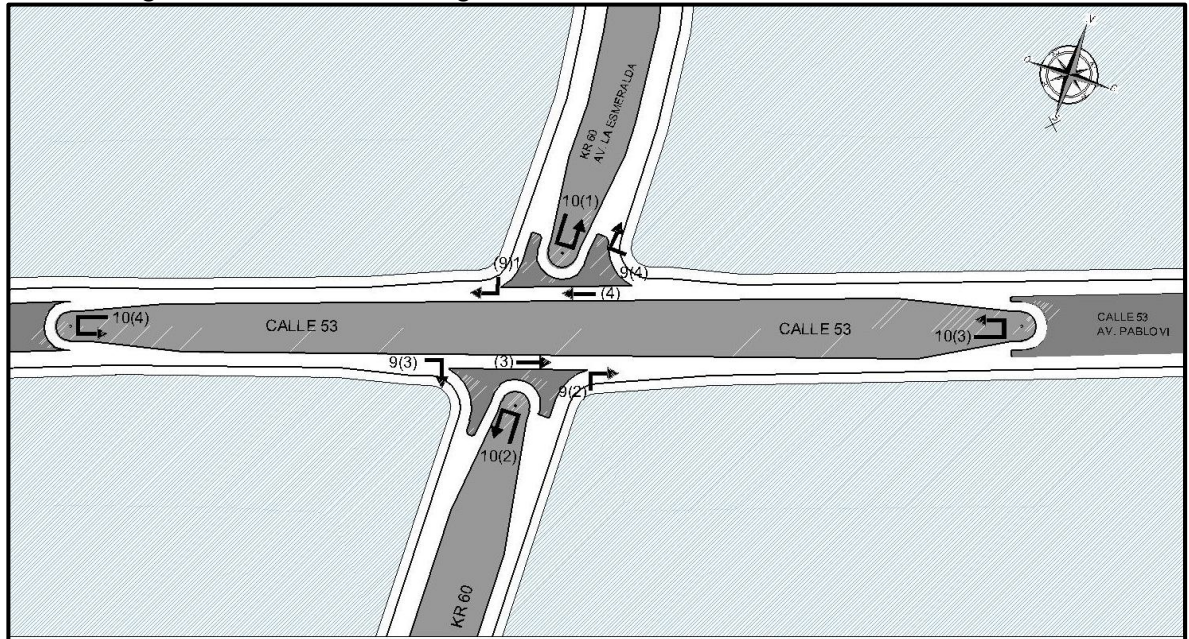
Para la determinación de los volúmenes vehiculares en el diseño geométrico basados en un sistema de retorno, se consideró el total de volúmenes que provienen de un acceso y se trasladaron a los nuevos movimientos generados, circunstancias que muestran en la Tabla 62 y Figura 27.

Tabla 62. Volúmenes vehiculares en la hora pico – condición sistema de retornos

Volúmenes Vehiculares										
Acceso	acceso norte		acceso sur		acceso oeste			acceso este		
Mov	9(1)	10(1)	9(2)	10(2)	3	9(3)	10(3)	4	9(4)	10(4)
Mov existente	9(1)		9(2)		3	9(3)	2	4	9(4)	1
	1		2		1	1	7	6	2	5
	5		6		5				7	
Equivalentes	1433	0	661	0	2549	1024	1563	549	1781	1341

Fuente: Propia

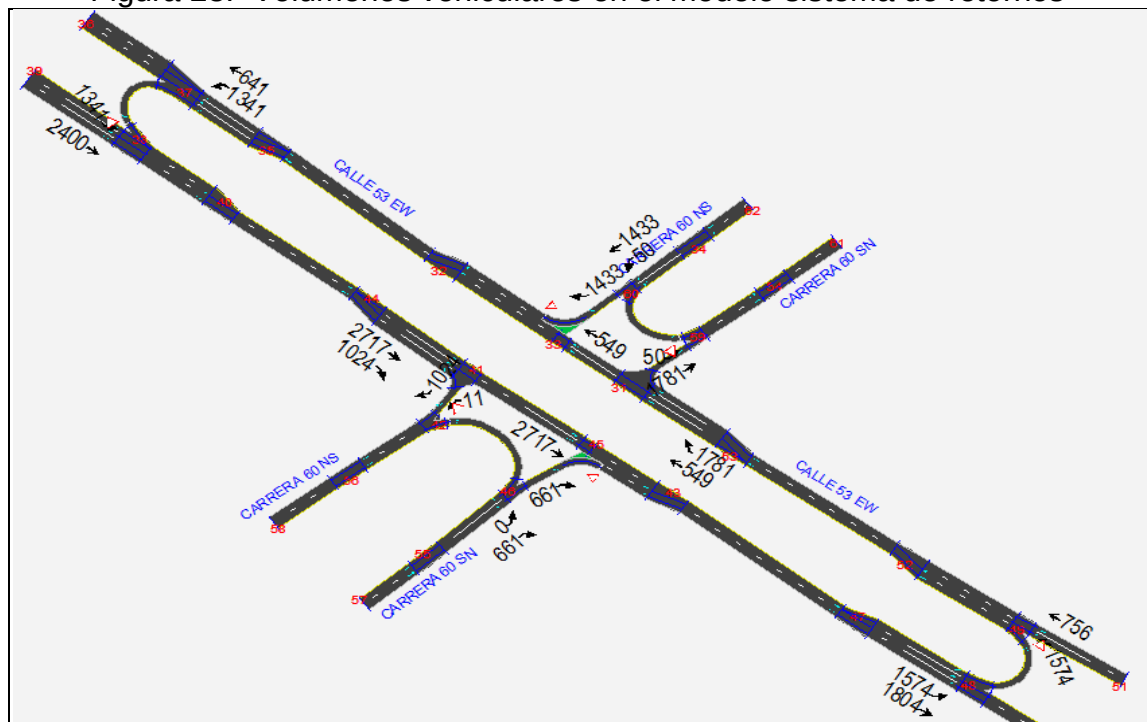
Figura 27. Movimientos generados en el diseño sistema de retornos



Fuente: Propia

De acuerdo con los valores mostrados en la Tabla 62 se incorporaron dichos volúmenes en el modelo de simulación, tal como se muestra en la Figura 28

Figura 28. Volúmenes vehiculares en el modelo sistema de retornos

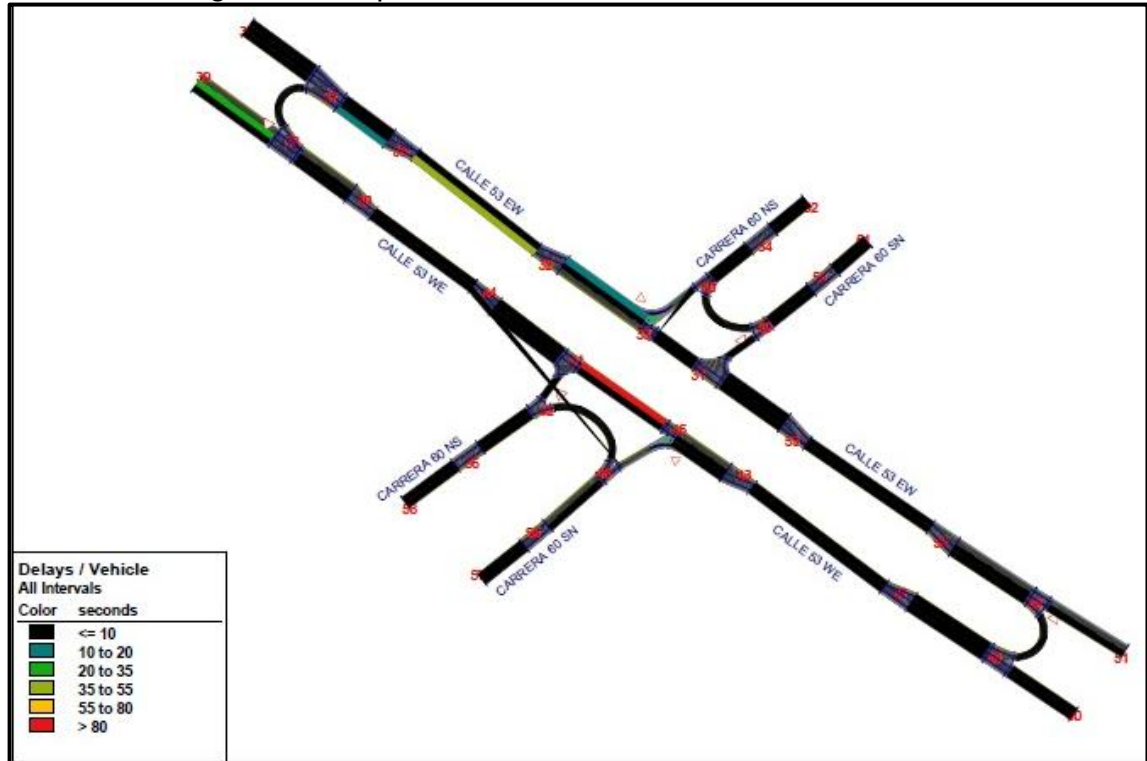


Fuente: Propia.

6.5.5 Análisis de resultados

Una vez alimentado el modelo con los volúmenes vehiculares existentes, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 29. Represamientos modelo sistema de retornos



Fuente: Propia.

Debido a las condiciones geométricas del diseño de retornos mediante la generación del modelo, en la Figura 29 se evidencia que sobre el corredor de la carrera 60 los represamientos no superan los 10 segundos, garantizando una fluidez del tránsito constante, sin embargo sobre la calle 53 la generación del retorno del movimiento E-W presenta demoras entre 10 y 55 segundos, condiciones que son generadas debido a que sobre dicho tramo vial están circulando tanto los usuarios del acceso norte como los usuarios del acceso este.

Figura 30. Velocidades de operación modelo sistema de retornos



Fuente: Propia.

De acuerdo con los resultados de velocidad obtenidos mediante el modelo de simulación se evidencia que los carriles de aceleración y desaceleración presentan velocidades de entre 10 km/h y 20 km/h, circunstancias que son esperadas debido a que son carriles utilizados por los usuarios que entran y salen de un acceso para incorporarse a uno nuevo.

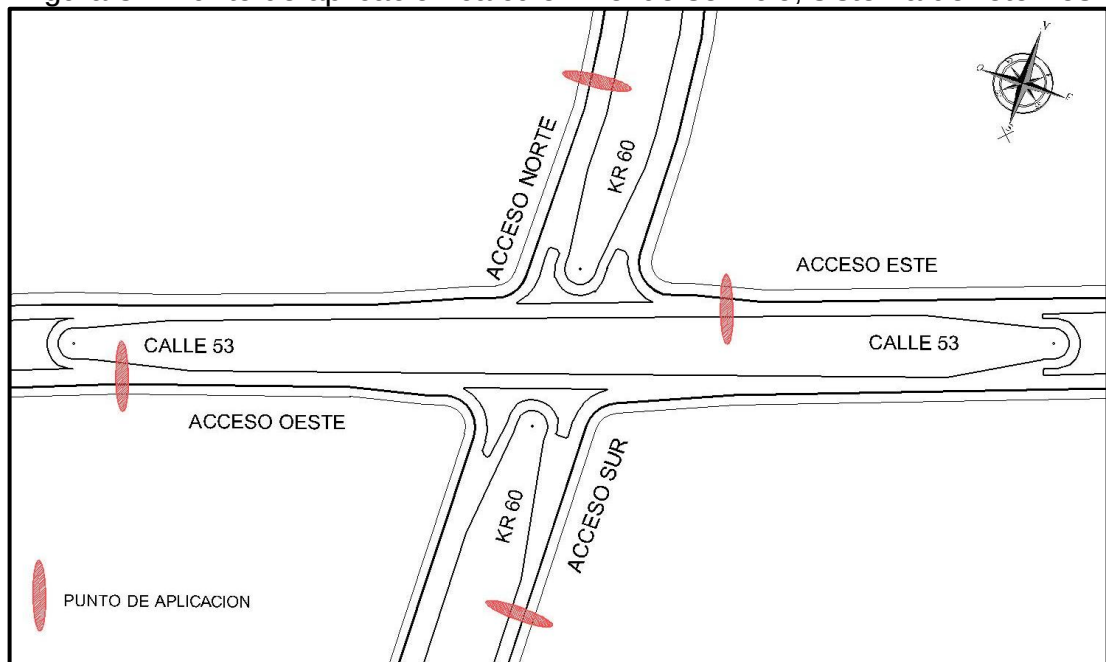
Por otro lado los carriles de paso directo tanto sobre el corredor de la calle 53 (W-E y E-W) como los de la carrera 60 (N-S y S-N) presentan velocidades promedio entre 20 km/h y 45 km/h, condiciones las cuales se consideran viables debido a que superan las velocidades existentes y se ajustan a las condiciones geométricas de la intersección y a la velocidad máxima permitida para vías urbanas en Bogotá.

Por último uno de los corredores que presentan menor velocidad es el de la calle 53 en sentido E-W el cual se incorpora al retorno para continuar en sentido W-E, condiciones que se presentan debido al alto flujo vehicular, sin embargo es importante aclarar que a pesar de que este movimiento maneja bajas velocidades no generan represamientos ni longitudes de cola que obstaculicen por completo la intersección.

6.5.5.1 Análisis de capacidad del comportamiento vehicular del diseño geométrico sistema de retornos

En este mismo sentido y con el ánimo de comparar la eficiencia del diseño de sistema de retornos con respecto a la condición actual, se calcularon las densidades y niveles de servicio vehiculares para cada uno de los accesos de la intersección, el punto de cálculo se ve reflejado en la Figura 31 debido al cambio de geometría se produce que los punto de mayor flujo cambien un poco ya que los desvíos obligados del nuevo diseño los genera, circunstancias para los cuales es importante mencionar que con el propósito de mantener las condiciones similares de la situación actual, se utilizaron los mismos valores de factor de ajuste por presencia de vehículos pesados (f_{hv}) y los valores de factor de hora pico (F.H.P.) por acceso, situación por la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 31. Punto de aplicación calculo nivel de servicio, sistema de retornos.



Fuente: Propia.

- **Calculo nivel de servicio acceso norte**

Datos de entrada:

V: 1433 veh. mixtos/h

FHV: 0.918

F.H.M.D.: 0.86

N: 3

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{1433}{(0.86)(3)(0.918)(1)} = 605 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

Tomada la velocidad promedio del modelo: **FSS=33Km/h**

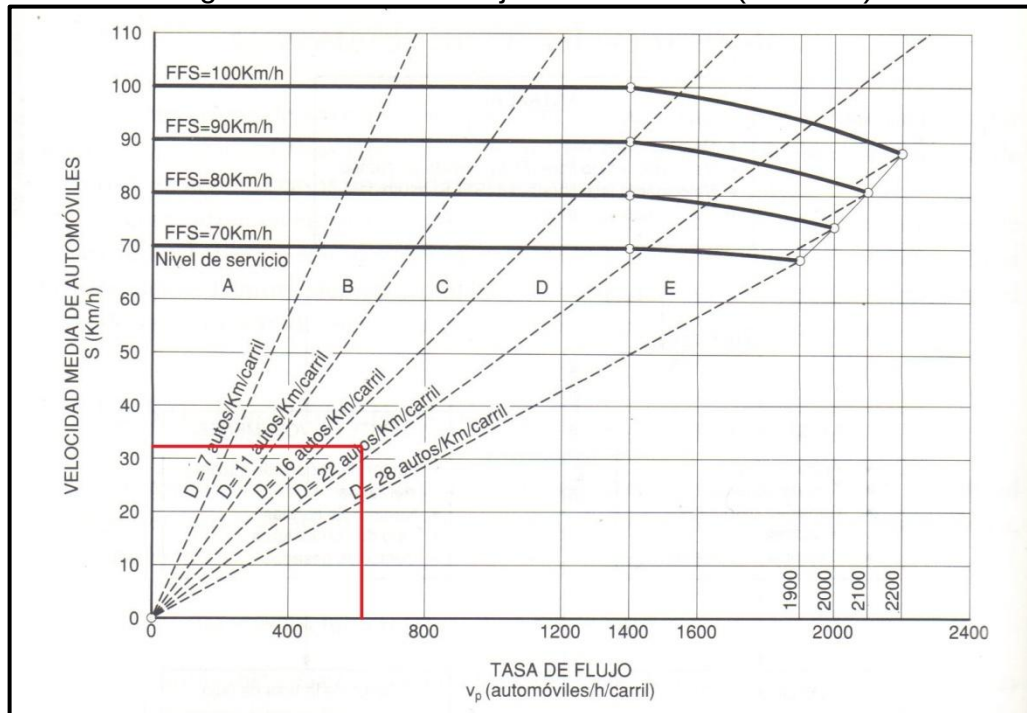
Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 605 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (Fss) de 33 km/h, mediante la Figura 11 se determinó el nivel de servicio, con lo cual con el ánimo de complementar dicha información se calculó la densidad vehicular.

Densidad:

Ecuación 7

$$D = \frac{605}{33} = 18.33 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Figura 32. Tasas de flujo Acceso Norte (retornos)



Fuente: REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Libreria Pitagoras. 2007. p.366.

De acuerdo con la relación de los valores de obtenidos de tasa de flujo (vp) y velocidad a flujo libre (Fss) se determinó para el acceso norte un nivel de servicio C

- Calculo nivel de servicio acceso sur

Datos de entrada:

V: 661 veh. mixtos/h

N: 2

F.H.M.D.: 0.96

FHV: 0.940

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{661}{(0.96)(2)(0.940)(1)} = 366 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

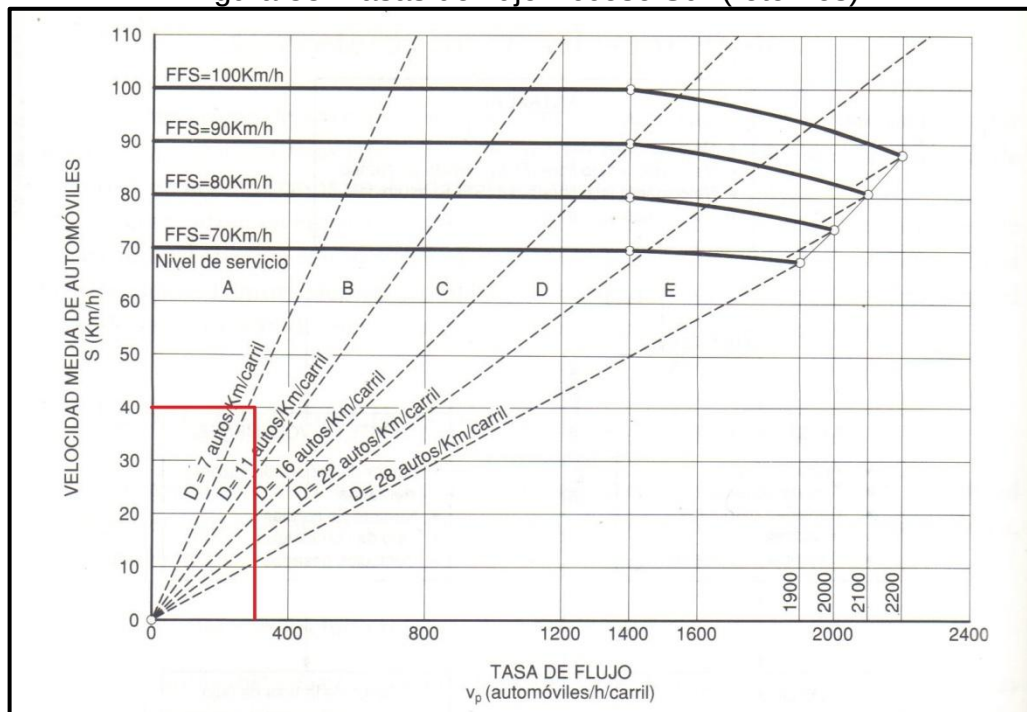
Tomada la velocidad promedio del modelo: **FSS=40Km/h**

Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 366 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (Fss) de 40 km/h, mediante la Figura 33 se determinó el nivel de servicio, con lo cual con el ánimo de complementar dicha información se calculó la densidad vehicular.

Densidad:
Ecuación 7

$$D = \frac{366.24}{40} = 9.15 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Figura 33. Tasas de flujo Acceso Sur (retornos)



Fuente: REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Librería Pitagoras. 2007.p.366.

De acuerdo con la relación de los valores de obtenidos de tasa de flujo (v_p) y velocidad a flujo libre (Fss) se determinó para el acceso norte un nivel de servicio B.

- **Calculo nivel de servicio acceso oeste**

Datos de entrada:

V: 3741 veh. mixtos/h
F.H.M.D.: 0.96

N: 3
FHV: 0.904

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{3741}{(0.96)(3)(0.904)(1)} = 1437 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

Tomada la velocidad promedio del modelo: **FSS=39Km/h**

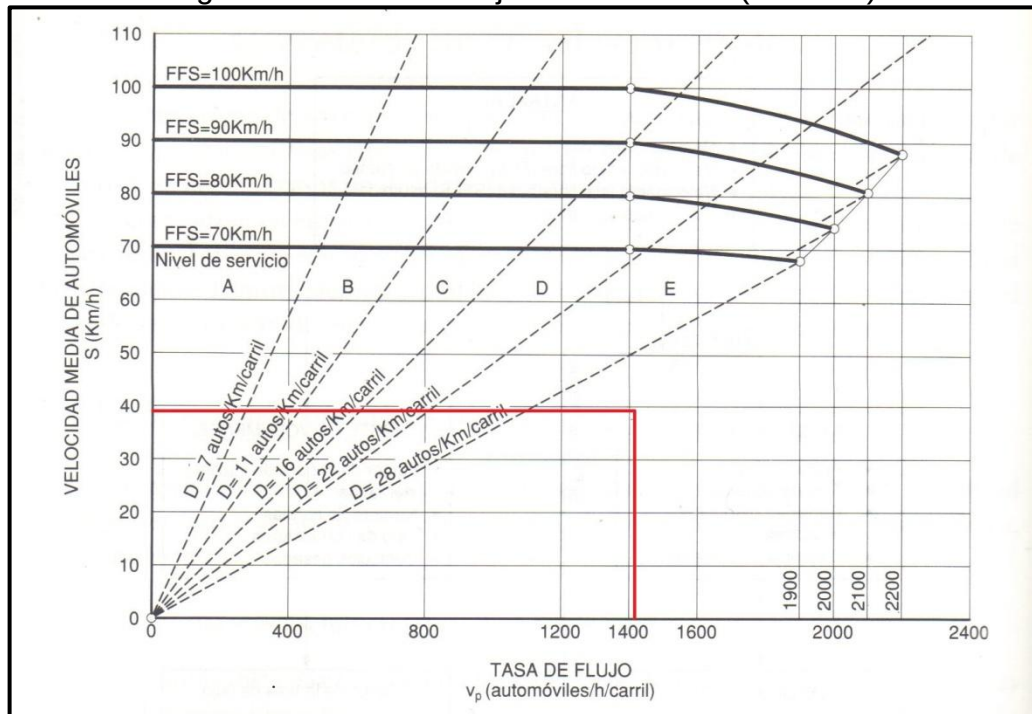
Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 563 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (Fss) de 29 km/h, mediante la Figura 34 se determinó el nivel de servicio, con lo cual con el ánimo de complementar dicha información se calculó la densidad vehicular.

Densidad:

Ecuación 7

$$D = \frac{1437}{39} = 36.85 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Figura 34. Tasas de flujo Acceso Oeste (retornos)



Fuente: REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Librería Pitagoras. 2007.p.366.

De acuerdo con la relación de los valores de obtenidos de tasa de flujo (v_p) y velocidad a flujo libre (F_{ss}) se determinó para el acceso norte un nivel de servicio F.

- **Calculo nivel de servicio acceso este**

Datos de entrada:

V: 2330 veh. mixtos/h
F.H.M.D.: 0.90

N: 2
FHV: 0.908

Tasa de flujo equivalente en 15 min (vehículos livianos/h/carril)

Ecuación 4

$$V_p = \frac{2330}{(0.90)(3)(0.908)(1)} = 905 \text{ veh liv/h/carril}$$

Velocidad a flujo libre:

Tomada la velocidad promedio del modelo: **$F_{SS}=40\text{Km/h}$**

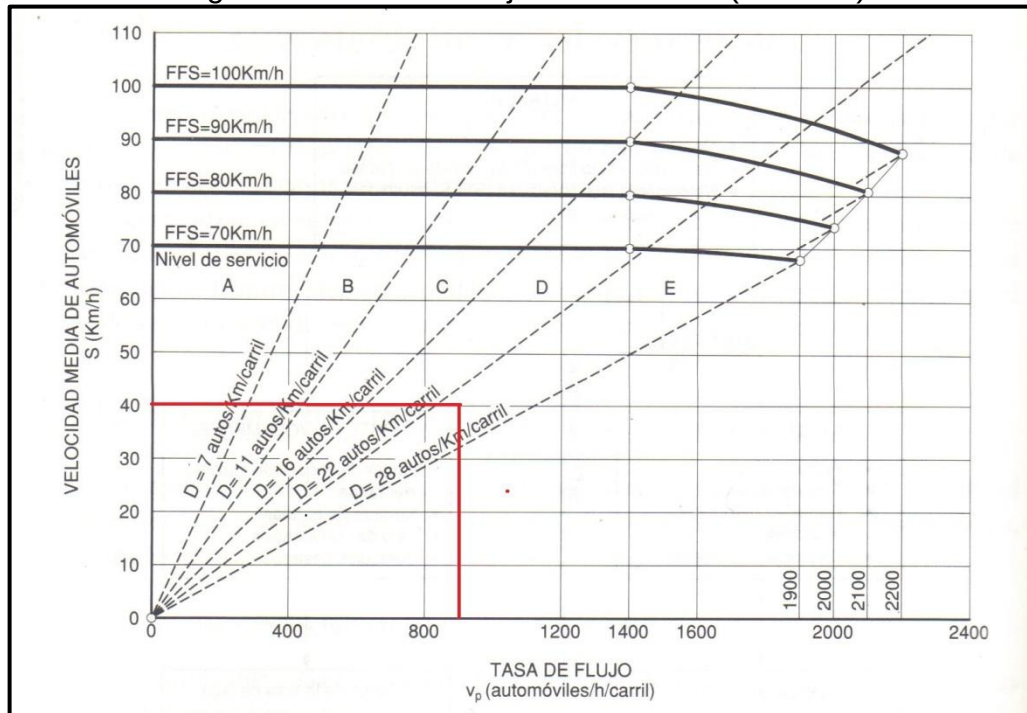
Una vez determinada la tasa de flujo (v_p) de 905 veh liv/h/carril y la velocidad a flujo libre (F_{ss}) de 40 km/h, mediante la Figura 35 se determinó el nivel de servicio, con lo cual con el ánimo de complementar dicha información se calculó la densidad vehicular

Densidad:

Ecuación 7

$$D = \frac{905.4}{40} = 22.4 \text{ Vehiculos/liviano/carril}$$

Figura 35. Tasas de flujo Acceso Este (retornos)



Fuente: REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edición. Mexico. Librería Pitagoras. 2007.p.366.

De acuerdo con la relación de los valores de obtenidos de tasa de flujo (v_p) y velocidad a flujo libre (Fss) se determinó para el acceso norte un nivel de servicio D.

De acuerdo con los resultados evidenciados mediante el cálculo de análisis de capacidad para cada uno de los accesos, se determinó que el acceso sur presenta una mayor eficiencia de movilidad vehicular, registrando un nivel de servicio B, mientras que el acceso oeste es el más deficiente, presentando un nivel de servicio F, circunstancias que siguen siendo evidentes debido a que por este acceso es por el cual se registra el mayor flujo vehicular, situación por la cual dicho valor se mantiene constante con respecto al nivel de servicio calculado para la situación actual.

Continuación se muestra un cuadro resumen con los niveles de servicio calculados por acceso:

Tabla 63. Resultados niveles de servicio diseño retornos.

RESULTADOS DE NIVELES DE SERVICIO	
Acceso	Condición sistema de retorno
Acceso Norte	<i>D</i>
Acceso Sur	<i>B</i>
Acceso Oeste	<i>F</i>
Acceso Este	<i>E</i>

Fuente: Propia.

6.5.5.2 Análisis comparativo de propuestas

Tomando en cuenta los respectivo análisis que se realizó para cada uno de las propuestas presentadas en el desarrollo del presente informe y con el ánimo de mejorar las condiciones de movilidad sobre la intersección de estudio, a continuación se presenta un cuadro resumen con los resultados obtenidos para la diferente propuestas, situación por la cual, los valores mostrados se registraron por cada uno de los accesos.

Tabla 64. Cuadro resumen de resultados obtenidos

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS												
ITEM EVALUADO	SITUACION ACTUAL				DISEÑO TIPO ROTONDA				DISEÑO SISTEMA DE RETORNOS			
	Acc. Norte	Acc. Sur	Acc. Oeste	Acc. Este	Acc. Norte	Acc. Sur	Acc. Oeste	Acc. Este	Acc. Norte	Acc. Sur	Acc. Oeste	Acc. Este
Velocidad de operación (km/H)	29,0	24,5	26,7	28,0	15,12	39,6	11,8	37,6	33,0	40,0	39,0	40,0
Densidad vehicular en hora pico (veh/carril)	19,41	23,59	31,20	24,82	19,41	23,59	31,20	24,82	18,33	9,15	36,85	22,4
Nivel de servicio	F	F	F	A	Las condiciones geométricas por accesos se mantuvieron, por lo tanto los valores no variaron.				D	B	F	E
Tiempos de cruce (min.)	5,0	3,5	5,0	2,8	2,5	0,5	5,2	0,7	1,3	1,3	1,0	0,5
Longitud de colas (Mts)	89	104	145	114	89	104	145	114	-	-	-	-
Adecuación de la infraestructura (m²)	2800				5000				6000			

Fuente: Propia.

Basados en los anteriores resultados, se determinó que tanto el diseño tipo rotonda como el diseño de sistema de retornos, mejoran las condiciones de operación y capacidad sobre la intersección, situación que obedece en que ambas propuesta no se contempla la instalación de dispositivos semafóricos y por lo tanto las condiciones recorrido se mantiene a flujo libre.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las condiciones topográficas actuales de la intersección de la calle 53 por carrera 60 fueron establecidas por el Instituto de Desarrollo Urbano desde el año 1967 con una modificación de mejoramiento y adecuación geométrica para los peatones y ciclo usuarios en el 2003, circunstancias por las cuales bajo estos parámetros se definieron los movimientos implementados para la intersección, movimientos que fueron determinantes para establecer el comportamiento de los flujos vehiculares actuales y los inconvenientes de movilidad que se presentan en la zona.

El estudio realizado sobre la calle 53 por carrera 60 plantea dos propuestas geométricas con el propósito de minimizar los problemas de congestión vehicular que se presenta en la intersección, la cual una consiste en un diseño de rotonda convencional y otro un diseño de sistemas de retornos, circunstancias por las cuales se determinó que la propuesta de rotonda es desfavorable para la intersección, condiciones que en principio obedecen a que la disponibilidad del espacio público no se ajusta a los parámetros geométricos mínimos recomendados por el Manual De Diseño Geométrico De Carreteras, igualmente con el análisis de capacidad que se realizó; se confirmó que dicho diseño no es óptimo para solucionar tales inconvenientes ya que el valor teórico calculado fue 1540 veh./hora mientras que el valor registrado de vehículos mixtos en la hora pico fue de 4728 veh./hora, situación por la cual esta diferencia de valores confirman lo anteriormente dicho .

En este mismo sentido al comparar la propuesta del diseño de sistema de retornos con la situación actual, se encontró que sobre dicha propuesta se presenta un mejoramiento en las velocidades de operación, amentando por acceso un promedio de 10 km/h, circunstancias que conllevan a una optimización en los tiempos de cruce reduciendo así un promedio entre 3 y 4 minutos por cada movimiento.

Consecuente con lo anterior se estableció que para los accesos norte, sur y este los niveles de servicio se redujeron entre uno y dos niveles, condiciones con las cuales se mejoró la eficiencia de los flujos vehiculares reduciendo los tiempo de demora por movimiento, no obstante para el acceso Oeste el nivel de servicio se mantuvo en el nivel F, condición que obedece a que adicional al volumen vehicular que transita actualmente, se adiciono el flujo de transito que proviene del acceso norte, sin embargo a pesar de que se mantuvo el mismo nivel, las condiciones de velocidad y operación mejoraron de 26,7 km/h a 39,0 km/h.

Por ultimo para el desarrollo de la investigación propuesta el estudio de peatones y ciclo usuario no se contempló en este documento debido a que se considera que dichos usuarios constituyen una parte fundamental en la intersección y por lo tanto esta situación requiere ser atendida mediante la generación de una nueva propuesta de investigación.

8. BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO OSPINA, John Jairo.. Diseño Geométrico de Vías ajustado al manual Colombiano. Tesis de grado para optar al título de Especialista en vías y transporte Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil, 2002. 531 p.

ANDI, Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, Octubre 2015. (En línea). Disponible en: <http://www.andi.com.co/cinau>

CORCHUELO CANIZALES, Oscar Mauricio y PIZA BECERRA, Jorge Andres. Planteamiento de soluciones a la congestión vehicular presentada en el retorno de la avenida calle 80 entre carreras 119 y 121 en la ciudad de Bogotá D.C. Trabajo de grado area de estudio Transito y transporte Facultad Ingenieria Civil. Universidad La Gran Colombial, Bogota. 2015, 77 p.

GALLARDON, Darder. Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización. Resumen. 2005. p.16.

INVEST IN BOGOTA. Automoción y transporte en Bogotá. (En línea) 5 de 10 de 2015. [Citado el: 3 de noviembre de 2015.] Disponible en: <http://es.investinbogota.org/invierta-en-bogota/invertir-bogota/industriales-bogota/industria-automocion-transporte-bogota>

MINISTERIO DE TRANSPORTE. *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogota, Instituto nacional de vías, 2008.

MENDIOLA, Jose. .Es esta la rotonda perfecta? Hipertextual. [En línea] 26 de Enero de 2015. [Citado el: 07 de agosto de 2015]. Disponible en: <http://hipertextual.com/2015/01/rotonda-perfecta>.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Highwaly Capacity Manual. United States of America: Library of Congress Cataloging in Publication Data, 2000.

REDACCION DE VEHICULOS. Los trancones en las intersecciones se convirtieron en un problema para la movilidad. El tiempo 1 de agosto de 2014, 2014. (En línea). Disponible en: <http://www.eltiempo.com/revista-motor/actualidad/tecnologia/trancones-intersecciones-convirtieron-problema-movilidad/19045>

REYES SPINDOLA, Rafael Cal y Mayor y CARDENAS G. James. Ingenieria de Tránsito, Fundamentos y aplicaciones. Octava edicion. Mexico. Libreria Pitagoras. 2007.p 346.

ROLON, Rocio. Diseño Geométrico de Vías Urbanas. Trabajo de grado area de estudio del transporte. Facultad Reginal La Plata. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional, La Plata. 2006, 153 p.

SUAREZ JOYA, Hugo Noel y PANTOJA SANTANDER, Carlos Andres. Análisis de la capacidad y nivel de servicio de las vías principales y secundarias de acceso a la ciudad de Manizalez. Trabajo de grado modalidad trabajo final para optar por el titulo de: Ingeniero Especialista en vias y transportes Universidad Nacional de Colombia sede Manizalez. Facultad de Ingenieria, 2008.p.12.

9. ANEXOS