

ESTUDIO DEL VOLUMEN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN CARRERA 33 CON CALLE 34 EN VILLAVICENCIO, COLOMBIA.

Angie Alexandra Fajardo Moreno.
Yeimy Lizeth García Rey.



ESTUDIO DEL VOLUMEN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN CARRERA 33
CON CALLE 34 EN VILLAVICENCIO, COLOMBIA.

ANGIE ALEXANDRA FAJARDO MORENO
YEIMY LIZETH GARCÍA REY

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
VILLAVICENCIO
2021



ESTUDIO DEL VOLUMEN VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN CARRERA 33
CON CALLE 34 EN VILLAVICENCIO, COLOMBIA.

ANGIE ALEXANDRA FAJARDO MORENO
YEIMY LIZETH GARCÍA REY

Trabajo de grado en la modalidad de seminario de profundización vial para
optar al título de Ingeniero civil.

Director
JULIÁN RODRIGO QUINTERO GONZÁLEZ
Ingeniero en Transporte y Vías

UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
VILLAVICENCIO
2021



La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería reside en ella misma, por lo tanto, no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado.

Reservados todos los derechos

Queda terminantemente prohibido reproducir este libro total o parcialmente por cualquier medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico u otro sistema de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del autor. Decreto 1070 Abril 7 de 2008.

Villavicencio – Colombia, Septiembre 2021.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Villavicencio, septiembre 2021.

DEDICATORIA.

Este trabajo va dedicado a toda mi familia, especialmente a mis padres Milena Efride Moreno Pardo y Jair Alexander Fajardo Londoño, que con su esfuerzo y sacrificio me permitieron culminar mis estudios, a mi hermano Yohan Santiago Fajardo Moreno por su apoyo a lo largo de este camino, a mi compañera de trabajo Yeimy Lizeth García Rey por su comprensión y esfuerzo en el proceso de aprendizaje, así mismo a mis compañeras quienes fueron parte de mi crecimiento profesional, y por último y no menos importante, mi mejor amiga Luisa Fernanda Quintero Agudelo quien fue un gran apoyo en los momentos más importantes.

Angie Alexandra Fajardo Moreno.

Agradezco a Dios por la bendición de capacitarme profesionalmente, dedico este logro a mi familia, en especial a mis padres y hermanos por brindarme siempre su apoyo, a mis amigos, a mis compañeras Angie Alexandra Fajardo Moreno y Angie Andrea Martínez Toro por ser incondicional en este largo y maravilloso proceso y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido a la realización de este propósito.

Yeimy Lizeth García Rey.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a nuestro asesor de trabajo, el Ingeniero Julián Rodrigo Quintero González, por su dedicación, esfuerzo y acompañamiento en el proceso de desarrollo del trabajo, por compartirnos sus experiencias y conocimientos que nos fueron de gran inspiración y ayuda para la culminación de este.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1 CAPITULO 1. MARCO REFERENCIAL	19
1.1. MARCO CONCEPTUAL	19
1.1.1 Tránsito.	19
1.1.2 Transporte.	19
1.1.3 Aforo vehicular.	19
1.1.4 Volumen vehicular.	19
1.1.5 Movilidad urbana.	19
1.1.6 Intersecciones.	20
1.1.7 PTM VISSIM.	20
1.2. ESTADO DEL ARTE.	20
1.2.1 Contexto Latinoamericano.	20
1.2.2 Contexto Colombiano.	21
1.2.3 Contexto departamental.	22
1.3. MARCO LEGAL.	23
2. CAPITULO 2. METODOLOGIA EMPLEADA	26
2.1. MATERIALES Y TÉCNICAS.	28
2.1.1 Materiales.	28
2.1.2 Técnicas.	28
2.2. METODOLOGÍA.	29
3. CAPITULO 3. DESARROLLO DEL TRABAJO.	32
3.1. Observación del tránsito.	32
3.2. Estudio de volúmenes de tránsito.	34
3.2.1 Aforo lunes.	34
3.2.2 Aforos viernes.	38
3.2.3 Aforos domingo.	43
3.3. Simulación de la intersección.	48

4. CAPITULO 4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	65
4.1. Congestión.....	65
4.2. Oferta y demanda.	66
4.3. Señalización vial.	68
5. CAPITULO 5. CONCLUSIONES.....	71
5.1. De los estudios de volúmenes vehiculares en los contextos geográficos.	71
5.2. De la metodología propuesta.....	71
5.3. De los resultados	71
5.4. De las alternativas propuestas.....	71
6. BIBLIOGRAFÍA.	72

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco legal	24
Tabla 2. Aforo lunes, horario mañana.....	34
Tabla 3. Aforo lunes, horario tarde.....	37
Tabla 4. Aforo viernes, horario mañana.....	39
Tabla 5. Aforo viernes, horario tarde.....	42
Tabla 6. Aforo domingo, horario mañana.....	44
Tabla 7. Aforo domingo, horario tarde	46

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de Villavicencio	26
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio	27
Figura 3. Movimientos permitidos en la intersección	27
Figura 4. Formato aforo vehicular	28
Figura 5. Diagrama metodológico	29
Figura 6. Problemática de movilidad en la zona.....	32
Figura 7. Problemática de congestión en la zona.....	33
Figura 8. Histograma de variación día lunes, horario mañana	35
Figura 9. Composición vehicular día lunes, horario mañana.....	36
Figura 10. Histograma de variación día lunes, horario tarde	37
Figura 11. Composición vehicular día lunes, horario tarde	38
Figura 12. Histograma de variación día viernes, horario mañana	40
Figura 13. Composición vehicular día viernes, horario mañana	41
Figura 14. Histograma de variación día viernes, horario tarde	42
Figura 15. Composición vehicular día viernes, horario tarde	43
Figura 16. Histograma de variación día domingo, horario mañana	44
Figura 17. Composición vehicular día domingo, horario mañana	45
Figura 18. Histograma de variación día domingo, horario tarde	47
Figura 19. Composición vehicular día domingo, horario tarde	48
Figura 20. Proceso de simulación paso 1-2.	49
Figura 21. Proceso de simulación paso 3-4	49
Figura 22. Proceso de simulación paso 5-6	50
Figura 23. Proceso de simulación paso 7-9	50
Figura 24. Proceso de simulación paso 10	51
Figura 25. Proceso de simulación paso 11	52
Figura 26. Proceso de simulación paso 12-13	52
Figura 27. Proceso de simulación paso 14	53
Figura 28. Proceso de simulación paso 15-16	54
Figura 29. Proceso de simulación paso 17	54

Figura 30. Proceso de simulación paso 18-19	55
Figura 31. Proceso de simulación paso 20-22	56
Figura 32. Proceso de simulación paso 23-25	57
Figura 33. Proceso de simulación paso 26-27	58
Figura 34. Proceso de simulación paso 28-30	59
Figura 35. Proceso de simulación paso 31-32	60
Figura 36. Proceso de simulación paso 33	60
Figura 37. Proceso de simulación paso 34	61
Figura 38. Simulación de la intersección.....	61
Figura 39. Ejemplo de señalización y acceso restringido	65
Figura 40. Ejemplo de zona con tarifa vial	67
Figura 41. Señalización vial en el sitio de estudio	68

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Tabla aforo del movimiento 1, día lunes, horario mañana.....	74
Anexo 2. Histograma de variación del movimiento 1, día lunes, horario mañana.....	74
Anexo 3. Composición vehicular del movimiento 1, día lunes, horario mañana	75
Anexo 4. Tabla aforo del movimiento 2, día lunes, horario mañana.....	75
Anexo 5. Histograma de variación del movimiento 2, día lunes, horario mañana.....	76
Anexo 6. Composición vehicular del movimiento 2, día lunes, horario mañana	76
Anexo 7. Tabla aforo del movimiento 4, día lunes, horario mañana	77
Anexo 8. Histograma de variación del movimiento 4, día lunes, horario mañana.....	77
Anexo 9. Composición vehicular del movimiento 4, día lunes, horario mañana	78
Anexo 10. Tabla aforo del movimiento 6, día lunes, horario mañana.....	78
Anexo 11. Histograma de variación del movimiento 6, día lunes, horario mañana.....	79
Anexo 12. Composición vehicular del movimiento 6, día lunes, horario mañana	79
Anexo 13. Tabla aforo del movimiento 8, día lunes, horario mañana.....	80
Anexo 14. Histograma de variación del movimiento 8, día lunes, horario mañana.....	80
Anexo 15. Composición vehicular del movimiento 8, día lunes, horario mañana	81
Anexo 16. Tabla aforo del movimiento 9(1), día lunes, horario mañana.....	81
Anexo 17. Histograma de variación del movimiento 9(1), día lunes, horario mañana	82
Anexo 18. Composición vehicular del movimiento 9(1), día lunes, horario mañana	82
Anexo 19. Tabla aforo del movimiento 1, día lunes, horario tarde	83
Anexo 20. Histograma de variación del movimiento 1, día lunes, horario tarde	83
Anexo 21. Composición vehicular del movimiento 1, día lunes, horario tarde	84
Anexo 22. Tabla aforo del movimiento 2, día lunes, horario tarde	84
Anexo 23. Histograma de variación del movimiento 2, día lunes, horario tarde	85
Anexo 24. Composición vehicular del movimiento 2, día lunes, horario tarde	85
Anexo 25. Tabla aforo del movimiento 4, día lunes, horario tarde	86
Anexo 26. Histograma de variación del movimiento 4, día lunes, horario tarde	86
Anexo 27. Composición vehicular del movimiento 4, día lunes, horario tarde	87
Anexo 28. Tabla aforo del movimiento 6, día lunes, horario tarde	87
Anexo 29. Histograma de variación del movimiento 6, día lunes, horario tarde	88

Anexo 30. Composición vehicular del movimiento 6, día lunes, horario tarde	88
Anexo 31. Tabla aforo del movimiento 8, día lunes, horario tarde	89
Anexo 32. Histograma de variación del movimiento 8, día lunes, horario tarde	89
Anexo 33. Composición vehicular del movimiento 8, día lunes, horario tarde	90
Anexo 34. Tabla aforo del movimiento 9(1), día lunes, horario tarde	90
Anexo 35. Histograma de variación del movimiento 9(1), día lunes, horario tarde	91
Anexo 36. Composición vehicular del movimiento 9(1), día lunes, horario tarde	91
Anexo 37. Tabla aforo del movimiento 1, día viernes, horario mañana.....	92
Anexo 38. Histograma de variación del movimiento 1, día viernes, horario mañana.....	92
Anexo 39. Composición vehicular del movimiento 1, día viernes, horario mañana	93
Anexo 40. Tabla aforo del movimiento 2, día viernes, horario mañana	93
Anexo 41. Histograma de variación del movimiento 2, día viernes, horario mañana.....	94
Anexo 42. Composición vehicular del movimiento 2, día viernes, horario mañana	94
Anexo 43. Tabla aforo del movimiento 4, día viernes, horario mañana.....	95
Anexo 44. Histograma de variación del movimiento 4, día viernes, horario mañana.....	95
Anexo 45. Composición vehicular del movimiento 4, día viernes, horario mañana	96
Anexo 46. Tabla aforo del movimiento 6, día viernes, horario mañana	96
Anexo 47. Histograma de variación del movimiento 6, día viernes, horario mañana.....	97
Anexo 48. Composición vehicular del movimiento 6, día viernes, horario mañana	97
Anexo 49. Tabla aforo del movimiento 8, día viernes, horario mañana.....	98
Anexo 50. Histograma de variación del movimiento 8, día viernes, horario mañana.....	98
Anexo 51. Composición vehicular del movimiento 8, día viernes, horario mañana	99
Anexo 52. Tabla aforo del movimiento 9(1), día viernes, horario mañana.....	99
Anexo 53. Histograma de variación del movimiento 9(1), día viernes, horario mañana ..	100
Anexo 54. Composición vehicular del movimiento 9(1), día viernes, horario mañana	100
Anexo 55. Tabla aforo del movimiento 1, día viernes, horario tarde	101
Anexo 56. Histograma de variación del movimiento 1, día viernes, horario tarde	101
Anexo 57. Composición vehicular del movimiento 1, día viernes, horario tarde	102
Anexo 58. Tabla aforo del movimiento 2, día viernes, horario tarde	102
Anexo 59. Histograma de variación del movimiento 2, día viernes, horario tarde	103
Anexo 60. Composición vehicular del movimiento 2, día viernes, horario tarde	103
Anexo 61. Tabla aforo del movimiento 4, día viernes, horario tarde	104
Anexo 62. Histograma de variación del movimiento 4, día lunes, horario tarde	104
Anexo 63. Composición vehicular del movimiento 4, día lunes, horario tarde	105

Anexo 64. Tabla aforo del movimiento 6, día viernes, horario tarde	105
Anexo 65. Histograma de variación del movimiento 6, día viernes, horario tarde	106
Anexo 66. Composición vehicular del movimiento 6, día viernes, horario tarde	106
Anexo 67. Tabla aforo del movimiento 8, día viernes, horario tarde	107
Anexo 68. Histograma de variación del movimiento 8, día viernes, horario tarde	107
Anexo 69. Composición vehicular del movimiento 8, día viernes, horario tarde	108
Anexo 70. Tabla aforo del movimiento 9(1), día viernes, horario tarde	108
Anexo 71. Histograma de variación del movimiento 9(1), día viernes, horario tarde	109
Anexo 72. Composición vehicular del movimiento 9(1), día viernes, horario tarde	109

INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular ha sido uno de los problemas de mayor gravedad en las grandes ciudades debido a su aumento poblacional y, por ende, la demanda vehicular que este presenta a la necesidad de la población en transportarse, donde muchos de los indicadores de estudios de movilidad indican que esto será aún más grave con el paso del tiempo, siendo este una gran repercusión en la calidad de vida de los ciudadanos. Los costos de los trancones que se presentan a diario en las vías principales de las ciudades del país traen consigo grandes pérdidas para los ciudadanos, esto se ve reflejado en la reducción progresiva de la velocidad de circulación lo cual se traduce en un incremento en tiempo de viaje, consumo de combustible, costos de operación y contaminación atmosférica. Frente a esta crisis, los administradores de la movilidad han aplicado medidas en el tránsito vehicular como el pico y placa, implementación de medios de transporte que utilizan energías renovables y adicionalmente proponen estrategias que promuevan medios de transporte alternativos tales como: uso de la bicicleta, viajes a pie y una intermodalidad de movilidad sostenible, sin embargo, dichas estrategias han sido implementadas en pocas de las grandes ciudades del país.

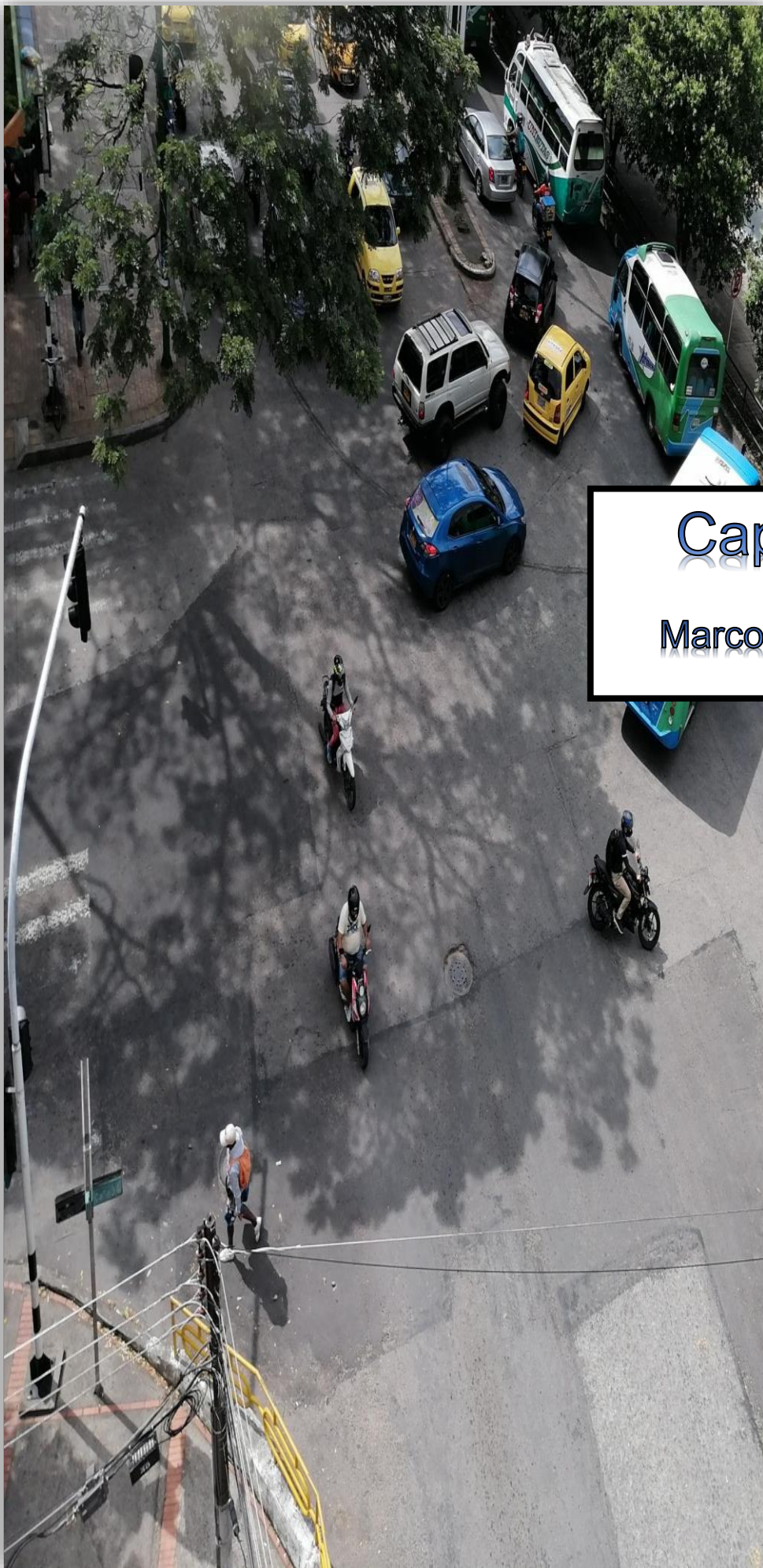
A través de los años, la ciudad de Villavicencio ha tenido un crecimiento poblacional evidente, donde por consecuencia se tiene un incremento en la demandad del parque automotor, sin embargo, la implementación de una mejora vial en cuanto a temas de estrategias que mitiguen los grandes problemas que trae consigo el uso desmedido de los vehículos públicos y particulares no se han hecho evidentes para la población, ya que en muchos sectores de la ciudad se presentan grandes problemas de tráfico que son causados por diferentes factores tales como el deterioro de la malla vial, falta de señalización, mal manejo de los tiempos de semaforización, entre otros. En la actualidad se cree que la mejor alternativa de solución más confiable es el aumento de infraestructura vial, es decir, la construcción de más vías, puentes y demás que puedan ayudar a una mejora de movilidad, lo cual, es erróneo, ya que este genera un tránsito atraído teniendo problemas de igual o mayor magnitud, siendo esta una solución adversa a la que se espera obtener.

En la intersección de la carrera 33 con calle 34 de la ciudad de Villavicencio se encuentra ubicada la universidad Corporación Universitaria del Meta junto con uno de los parques emblemáticos de la ciudad llamado Parque de las banderas, adicionalmente, esta zona cuenta con un gran comercio, en el cual de no hacerse un estudio de caracterización de los volúmenes vehiculares en la zona de interés, donde se puedan esclarecer los factores que influyen en la problemática vehicular, se seguirán presentando problemas de movilidad tales como el exceso del límite de velocidad, uso inadecuado del carril, el cruce de los semáforos en rojo, además de esto, la poca tolerancia vial por parte de los conductores, problemáticas que llevan a un caos en la movilidad que hoy en día se presenta en la ciudad.

Con lo anterior, este informe está orientado a un estudio de tránsito en la intersección de interés, el cual está dividido por capítulos. El primer capítulo consta de un marco referencial, el cual contiene el marco conceptual donde se esclarecen los conceptos básicos y necesarios para el desarrollo de este estudio. En el estado del arte se referenciaron contextos latinoamericanos, colombianos y departamentales, en el que establecieron antecedentes de estudios que fueron de apoyo para el desarrollo de este y finalmente, un marco legal donde se estipularon todas aquellas leyes y decretos en el que se apoya este estudio.

El segundo capítulo está compuesto por la metodología que se utilizó en la ejecución del proyecto, el cual consta de 5 fases principales; la primera fase hace referencia a la recopilación de información referencial y conceptual, la segunda consta de la obtención de datos mediante el trabajo de campo (aforos vehiculares), la tercera se analiza e identifica los indicadores (hora de máxima y mínima demanda, volumen vehicular y la composición de esta), como cuarta fase se tiene la simulación por medio del software PTV Vissim para luego evaluar e identificar los factores que influyen en el tránsito y como quinta y última se tiene la propuesta de alternativas de solución que puedan satisfacer el problema planteado.

Luego se tiene un tercer capítulo, en donde se realizó el tratamiento y análisis de los datos obtenidos en el trabajo de campo, el cual se representaron por medio tablas, gráficas e histogramas. El cuarto capítulo consta de las propuestas de solución que se establecieron. Y, por último, el capítulo de conclusiones.



Capítulo 1.

Marco Referencial.



1. MARCO REFERENCIAL.

1.1. MARCO CONCEPTUAL

1.1.1 Tránsito. El término tránsito se usa comúnmente para referirse a la acción de transitar, es decir, de desplazarse de un lugar a otro ya sea en automóvil, bicicleta o a pie, por las diferentes calles y avenidas. Quienes transitan, pueden ser personas, animales u objetos. Las personas transitan por muchos motivos: para ir a estudiar, a trabajar o para ir a casa de sus familiares, entre otros. Mientras que los objetos o mercancías, suelen transitar por motivos de mudanza o para ser comercializados. El tránsito representa la cantidad de autos que se movilizan a lo largo del día por las distintas vías de circulación. (Pérez, 2021).

1.1.2 Transporte. El transporte es un medio de traslado de personas o mercancías de un lugar a otro, y está considerado como una actividad del sector terciario. El traslado permite el crecimiento económico y las posibilidades de desarrollo de una nación. Cada día se llevan a cabo en el mundo millones de desplazamientos de mercancías, el traslado facilita el intercambio comercial entre las regiones y los países, y las actividades económicas se ven favorecidas si los medios de transporte son buenos, rápidos, seguros y baratos. (Pérez, 2021).

1.1.3 Aforo vehicular. El aforo vehicular se refiere al conteo de vehículos realizado durante un periodo de tiempo determinado, con el objetivo de determinar la cantidad de vehículos que efectivamente pasan por un tramo o vía. El volumen de tránsito obtenido es un dato clave a la hora de proyectar nuevas vías de comunicación, remodelar una carretera, y otras cuestiones relacionadas. Para el aforo, pueden emplearse distintos técnicas y medios, que pueden ser manuales, automáticos, etc. (Esparza, 2020).

1.1.4 Volumen vehicular. El volumen vehicular es un parámetro del flujo de tránsito que define el número de vehículos que pasan por una sección de carril, calle, carretera o autopista, durante un periodo definido: hora, día, semana, mes o año. El volumen vehicular se obtiene por los registros del flujo de tránsito en las estaciones maestras y estaciones temporales, las cuales se colocan en diferentes puntos de la red de carreteras. Estos registros pueden referir al volumen total de una sección, al volumen por sentido y al volumen distribuido en diferentes carriles, además de considerar su clasificación. El volumen vehicular es un parámetro dinámico, es cambiante conforme pasa el tiempo, sin embargo, esas variables por lo general siguen patrones repetitivos; conocer su comportamiento y características permite realizar pronósticos que apoyen en la planeación, operación, gestión y mantenimiento del camino. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2016).

1.1.5 Movilidad urbana. La movilidad urbana es el movimiento de las personas y bienes en las ciudades, independientemente del medio que utilicen para desplazarse, ya sea a pie, en transporte público, automóvil, bicicleta, etc. Estas características hacen que la movilidad sea un término mucho más amplio que el transporte o el tránsito, por lo común utilizados erróneamente como sinónimos de

movilidad, puesto que el concepto de transporte se relaciona solamente con el sistema de medios mecánicos empleados para trasladar personas o mercancías. Y, por otra parte, el concepto de tránsito se refiere, sobre todo, a la circulación de vehículos, principalmente motorizados. (Gonzales, 2018).

1.1.6 Intersecciones. Son soluciones que se implementan en suelos donde dependen principalmente de la topografía del sitio, la geometría de las carreteras y sobre todo del flujo vehicular que manejan. Las intersecciones son cruces o zonas de conflicto entre dos o más vías de igual o distinta jerarquía, que se pueden cruzar al mismo o diferente nivel, las cuales involucran las calzadas que utilizan los vehículos para realizar la mayoría de movimientos posibles. (Ministerio de Transporte. Invias, 2008).

Las intersecciones se clasifican de dos maneras:

Intersección a nivel.

Intersección a desnivel.

1.1.7 PTM VISSIM. Es un software de modelación vial que permite simular los movimientos de cada automóvil que anteriormente fueron suministrados, arrojando datos como el volumen vehicular, la velocidad promedio de los vehículos, la capacidad y demanda de cada acceso o de una calzada, las emisiones de carbono que se produjeron en el lugar, la longitud máxima de colas que se presentan y el tiempo que tarda un usuario de llegar de un extremo a otro.” PTV Vissim ha demostrado ser el estándar mundial para la planificación del tráfico y el transporte y por una buena razón: le ofrece una visión realista y detallada sobre el estatus del flujo vial y sus impactos, con la posibilidad de definir múltiples escenarios hipotéticos.” (PTV Group, s.f.) Este software es una opción muy interesante si se quiere ahorrar tiempo y dinero ya que solo es cuestión de introducir los datos que son necesarios para simular el tránsito vehicular y así el programa nos arroja todos los resultados necesarios para hacer una toma de decisiones correctas y suplir las necesidades del sitio a trabajar. (PTV Group, 2021).

1.2. ESTADO DEL ARTE

1.2.1 Contexto Latinoamericano. En Huánuco, Perú, se estudiaron 13 intersecciones con problemas críticos de congestión vehicular, en el cual se contó con una metodología de trabajo que consta de tres etapas, en la primera etapa se identificaron las condiciones geométricas (ancho de carril y pendiente), condiciones de tránsito (paraderos y estacionamientos) y condiciones de los semáforos, también se realizó el aforo de las intersecciones. La segunda etapa se caracterizó el modelo de congestión, primero se determinó los ajustes de los volúmenes, la demanda y la oferta. En la tercera etapa, por medio de los datos anteriores, se determinó la capacidad y el nivel del servicio, calculando las demoras por grupo de carriles, determinando el nivel de servicio actual de cada intersección haciendo la simulación del tráfico actual en el software Synchro Traffic 8.

El estudio tuvo como resultado que el volumen horario de máxima demanda se da en la tarde-noche iniciando a las 5:45 pm hasta las 6:45 pm, el vehículo predominante es el trimovil (Bajaj) con una incidencia del 37% del flujo vehicular total. Se concluyó que las intersecciones de estudio presentan niveles de servicio D y E con tiempos de demora que varían de 25 a 60 segundos, en donde no realizarse ninguna intervención en 10 años, las intersecciones presentarán niveles de servicio E y F con tiempos de demora mayores de 60 segundos.

En Guayaquil, Ecuador, se realizó una investigación de corte transversal y de tipo descriptiva, entres dos intersecciones en un tramo de 900 m de longitud, su estructura metodológica cuenta con un aforo vehicular de 8 horas, discriminado por cada estación y por vías afluentes a la intersección correspondiente, se determinó la velocidad, el nivel de servicio y la longitud de congestionamiento vehicular como información base para realizar proyecciones con el TPDA actual hasta el año 2025 y por último se identificó los ciclos y repartos de tiempo del sistemas semafórico de la intersección. Los resultados de los datos de estudio obtenidos indican que el giro en U existe en promedio de 60 a 80 vehículos en 15 minutos, sin embargo, de 12:15 pm a 1:15 pm el número de vehículos que transitaba era de 120-150. La hora de mayor flujo vehicular en la Av. PMG es de 8:00 am a 9:00 am circulan 2300 a 2400 vehículos mixtos en 15 min. Según lo establecido en el Nivel de Servicio para vías de 2 y 5 carriles en la Av. Pedro Menéndez Gilbert el nivel de servicio es de tipo forzado categoría F.

1.2.2 Contexto Colombiano. En Santiago de Cali, Colombia, se realizó un estudio y evaluación del tránsito en 8 intersecciones de la ciudad con el fin de determinar los parámetros para el diseño de pavimento, evaluación económica y diseño geométrico para los diferentes tramos de la vía para el Sistema Integrado De Transporte Masivo De Pasajeros (SITM). Este estudio se realizó por medio de conteos vehiculares empleando el método de aforos manuales, utilizando formatos de campo que permiten acumular los vehículos cada 15 minutos y desarrollaron en dos periodos, el primero de 38 horas continuas y el segundo de 14 horas continuas. Los resultados arrojaron que el sistema de tránsito de la ciudad requiere una intervención que permita mejorar su funcionamiento y además de esto se deben realizar estudios de transito similares de forma periódica con el fin de establecer la dinámica del sistema vial urbano.

En Pereira, Colombia, se realizó un diagnostico en la intersección de la calle 17 con carrea 15 con el propósito de encontrar posibles factores asociados al problema de movilidad, en el cual se llevaron a cabo diferentes fases metodológicas, en la fase de planeación se identificaron mediante observaciones de campo los problemas de movilidad en el cruce vehicular, en la fase exploratoria se realizaron consultas bibliográficas referentes al tema de estudio y en la fase de ejecución se realizaron aforos vehiculares.

A través de este estudio se pudieron identificar diversos factores que influyen en la problemática de movilidad en el sector, en el cual se establecieron unas

recomendaciones, la primera de esas consiste en desmontar los tres semáforos que controlan cada uno de los movimientos de este cruce vial para tener una mayor fluidez vehicular y construir un puente peatonal en el lugar, la segunda recomendación es instalar un separador tipo New Jersey, como una tercera recomendación se tiene la modificación del sardinel y por ultimo implementar señales de tránsito sobre la superficie de la vía.

En Ibagué, Colombia, se diseñó una propuesta para el mejoramiento de la movilidad vehicular y peatonal en la avenida Mirolindo, con el fin de disminuir la congestión vehicular y permitir la movilidad segura del peatón. La metodología empleada consta de ocho fases, donde la fase inicial consta de trazado y proyección topográfica de la zona de estudio, y una fase final donde se determinó las señales de tránsito a implementar, así como su ubicación. Por medio de este estudio, se concluyó que la capacidad de la glorieta Mirolindo supera su límite de diseño, también se evidenció que gran parte de las señales de tránsito presentan deterioro y adicionalmente no cumplen con las normas del manual de señalización vial. Así mismo este tramo de vía no cuenta con andenes, ni cruces peatonales. Se recomendó implementar carriles para giros exclusivos en la glorieta y un cambio o instalación de señales de tránsito.

En Bogotá, Colombia, se realizó una propuesta de mejoramiento operacional de la intersección Avenida de Ciudad de Cali mediante una micro simulación. Este estudio se dividió en dos etapas, en la primera etapa se recopiló la información mediante aforos vehiculares y peatonales. La segunda etapa se realizó el procesamiento y análisis de la información obtenida en la primera etapa. Se concluyó que en el sitio de estudio se presenta una deficiencia en cuanto a capacidad y nivel de servicio debido a la alta demanda vehicular. Se recomendó el diseño geométrico de una turbo glorieta con el fin de solucionar los giros a la izquierda y así evitar el congestionamiento vehicular en la zona, además de esto, la implementación de señalización vertical y horizontal.

1.2.3 Contexto departamental. En Villavicencio, Meta, se realizó un estudio con el fin de realizar el diseño de semaforización y señalización vial ubicada en la calle 21 entrada San Antonio, camino ganadero, por medio de aforos vehiculares, ordenándolos por las categorías establecidas durante tres días con periodos de 15 minutos durante 12 horas diarias continuas en los horarios de 6 am a 6 pm. Con base a la información obtenida, registraron los tiempos de cada uno de los colores y cada fase con su movimiento independiente que comprende el semáforo, también se determinó el tiempo para cambio entre colores, esto con el fin de evitar accidentes de tráfico. Se concluyó que se debe realizar señalización peatonal y demarcación vial a la entrada de la institución educativa Liceo Mayor de Villavicencio.

Otro estudio de tránsito que se realizó en la calle 21 sur con carrera 44 ubicado en el barrio catumare, comuna 8 de Villavicencio, se decidió hacer el estudio en esta

intersección debido a la congestión vehicular, el aumento de los accidentes de tránsito y el mal estado de las vías, la información se obtuvo a través de foros vehiculares y con esto se determinaron los volúmenes vehiculares. Como resultado, se propuso la construcción de tres carriles de aproximación, pavimentación del cruce y un diseño de semaforización que contempla la instalación de tres semáforos.

En Acacías, Meta, se realizó un estudio de tránsito para el diseño de la semaforización de la intersección vial de la Avenida carrera 23 con calle 15, con el fin de dar solución a la problemática de señalización que se presenta en la zona, la metodología empleada para este estudio se hizo por medio de varias etapas, en primer lugar, se realizó la observación de la problemática, luego de esto se llevó a cabo un aforo vehicular por el método de conteo manual. Posteriormente, se hizo un levantamiento topográfico en la zona, con lo anterior, se estableció la etapa de análisis de datos, para así mismo generar la micro simulación en el software PT Vissim. Por medio de este estudio se concluyó la importancia del diseño e implementación de semaforización en la zona, esto gracias a los resultados obtenidos en la simulación del software, donde se puede evidenciar el cambio favorable con relación a los problemas de congestión vehicular que se presentan en la zona.

1.3. MARCO LEGAL.

Tabla 1 Marco legal.

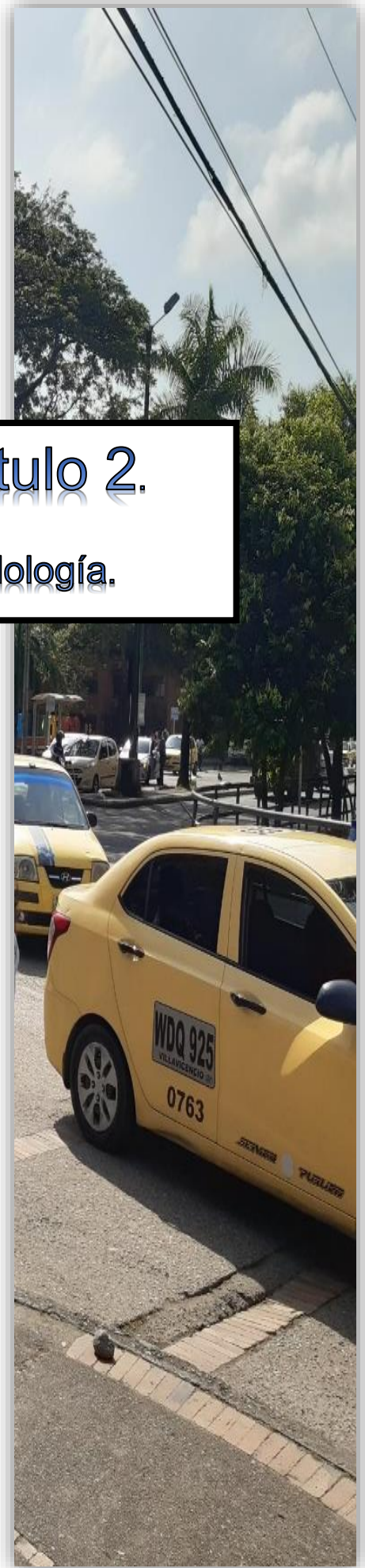
Año	Corporación, Institución o Entidad	Referencia	Objeto de ley, norma o documento.
1993	Congreso de la Republica	Ley 105	<i>“Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones”</i>
1996	Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Ministerio de Transporte	Ley 336	<i>“Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte”</i>
2002	Poder Público Rama Legislativa	Ley 769	<i>“Se establece la organización del tránsito en el territorio colombiano y la prevención de la siniestralidad vial con sus consecuencias nocivas para la vida y la integridad personal.”</i>
2003	Consejo Nacional de Política y Economía Social	Documento Conpes 3260	<i>“Política nacional de transporte urbano y masivo”</i>

2013	Congreso de la Republica	Ley 1682	<i>"Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias"</i>
2014	Ministerio de Transporte	Decreto 736	<i>"Por el cual se reglamenta la planeación de los proyectos de infraestructura de transporte con la finalidad de asegurar la intermodalidad, multimodalidad, su articulación e integración, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 9 de la ley 1682 de 2013"</i>
2014	Ministerio de Transporte	Resolución 2273	<i>"Por la cual se ajusta al Plan Nacional de Seguridad Vial 2011-2021 y se dictan otras disposiciones"</i>
2015	Ministerio de Transporte	Plan Nacional de Seguridad Vial	Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia (2011-2021)

Fuente: elaboración propia.

Capítulo 2.

Metodología.



2. METODOLOGIA EMPLEADA

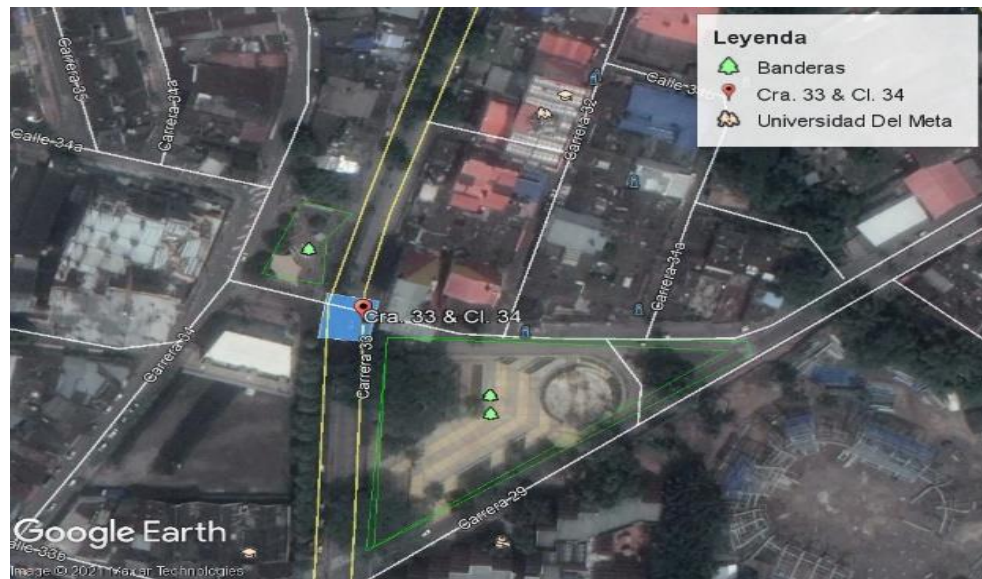
La investigación realizada es de corte transversal y de tipo descriptiva, se realizó la toma de datos por medio de observación y conteo manual, con el fin de analizar y caracterizar el comportamiento del tránsito vehicular. Adicionalmente, se hizo una caracterización del sitio de interés, en donde se especificó la zona y se establecieron los movimientos permitidos en la intersección. (Movimiento 1, movimiento 2, movimiento 4, movimiento 6, movimiento 8 y movimiento 9(1)). La zona de estudio es una de las principales vías de conexión con el comercio central de Villavicencio, adicionalmente esta conecta también con sectores de educación y salud para los habitantes, lo cual, hace que la intersección de interés tenga un alto flujo vehicular.

Figura 1. Ubicación geográfica de Villavicencio.



Fuente: Instituto geográfico Agustín Codazzi, 2013.

Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth. Julio, 2021.

Figura 3. Movimientos permitidos en la intersección.



Fuente: elaboración propia.

Acceso Norte: está compuesto por una calzada con sentido de circulación N-S el cual está compuesta por dos carriles, donde en el paso semafórico se conecta un tercer carril exclusivo para el giro a la derecha con sentido a N-W.

Acceso Sur: está compuesto por una calzada con sentido S-N el cual está compuesta por tres carriles, en el que uno de ellos es exclusivo para el giro a la izquierda con sentido S-W.

Acceso Este: esta calzada está compuesta por tres carriles de circulación con sentido E-W y E-S.

2.1. MATERIALES Y TÉCNICAS

2.1.1 Materiales.

2.1.1.1 *Formato aforo.*

Figura 4. Formato aforo vehicular.

Periodo	Bicicletas	Motos	Autos	Buses	Camiones				Total Camiones	Total Veh 15 min
					C2P	C2G	C3	C4		
7:00-7:15										
7:15-7:30										
7:30-7:45										
7:45-8:00										
8:00-8:15										
8:15-8:30										
8:30-8:45										
8:45-9:00										

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2 *Agenda de apoyo.*

2.1.1.3 *Cronometro.*

2.1.1.4 *Reloj.*

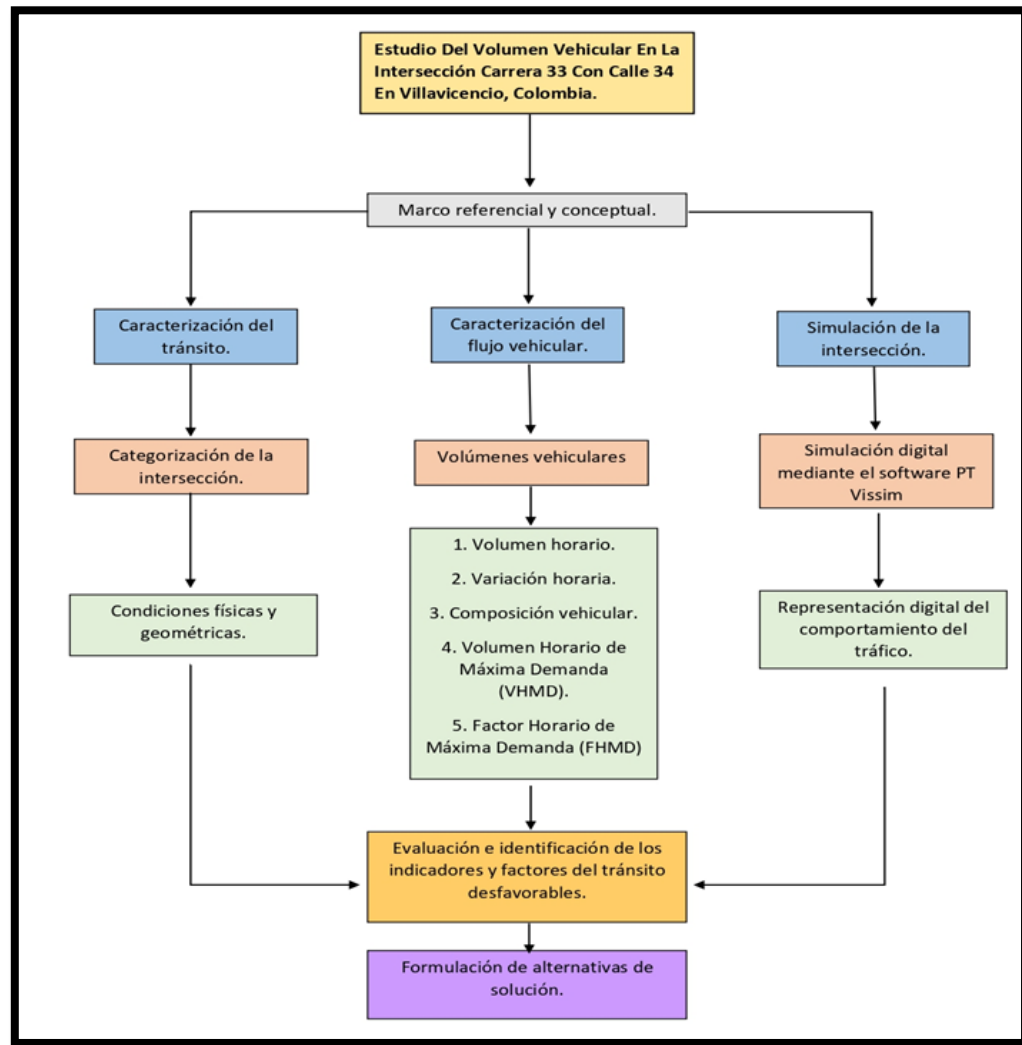
2.1.1.5 *2 portátiles.*

2.1.1.6 *Software PT Vissim.*

2.1.2 Técnicas. Se utilizó el método de conteo manual para el proceso de aforos vehiculares, en el cual se contó con dos ayudantes para dicho proceso, los datos se registraron durante un periodo de 4 horas al día, los días lunes, viernes y domingo, en el horario de 7:00 a.m. - 9:00 a.m. y de 12:30 p.m. - 2:30 p.m. Con los datos obtenidos se establecieron los indicadores de: volumen vehicular, Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD), variación horaria, Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) y la composición vehicular.

2.2. METODOLOGÍA.

Figura 5. Diagrama metodológico.



Fuente: elaboración propia.

Fase 1: En esta fase se hace la parte referencial y conceptual, en donde se hará una breve descripción del problema, se definirán los objetivos a alcanzar en el proyecto, se hará una investigación de antecedentes de proyectos que sean de base de investigación del proyecto formulando así el método de investigación que se llevará a cabo con respecto a los objetivos establecidos. En el marco conceptual, se buscará definir los conceptos claves en el proyecto, así mismo se tendrá un marco legal teniendo en cuenta lo que se hará por parte de la caracterización del sitio y un marco referencial de la zona de interés.

Fase 2: En esta fase se realizará la caracterización del flujo de tráfico mediante unas etapas en las que se busca obtener los datos necesarios para esclarecer el

comportamiento de este. La etapa 1 consta de una precisa observación del tránsito y del flujo vehicular, por medio de un trabajo de campo utilizando el formato de aforo vehicular, en este se especifica la tipología de los vehículos y el volumen que transita en el sitio de interés, en el que se busca realizar aforos vehiculares mediante un método de conteo manual durante periodos de 15 minutos, los días lunes, viernes y domingo, esto debido a la demanda que se tiene los días lunes al ser inicio de la semana laboral para los ciudadanos de Villavicencio.

Teniendo el viernes como un día concurrido para la ciudad ya que se tiene la llegada de turistas de diferentes partes del país, y domingo siendo un día en el que por lo general los turistas hacen retorno a sus respectivas ciudades y en donde los habitantes de Villavicencio aprovechan también como día de descanso, dentro del horario de 7 am a 9 am y de 12:30 pm a 2:30 pm esto debido a que se tiene horas valle y horas pico en la ciudad, esto con el fin analizar el comportamiento de mayor demanda dentro de los días y horarios estipulados, en donde las horas de la tarde no se tendrá en cuenta por tema de seguridad de los investigadores.

La etapa 2 consta de la obtención de datos en el que posteriormente se buscará establecer los factores de volumen vehicular, Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD), variación horaria, Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) y la composición vehicular, que estarán representados por histogramas y diagramas circulares.

Fase 3: Una vez se obtienen los datos mediante el conteo manual por aforos vehiculares, se analizarán los indicadores mencionadas en la etapa 2 de la fase 2, por lo cual se utilizará la herramienta Excel, donde se organizará la información mediante tablas que contienen los intervalos de tiempo y la tipología vehicular.

Fase 4: Esta fase constará de dos etapas, la etapa 1 constará de una simulación de la intersección por medio del software PTV VISSIM con los datos obtenidos por medio de los aforos y la etapa 2 cuenta con la evaluación e identificación de los indicadores y factores del tránsito desfavorables.

Fase 5: En esta fase final, una vez analizados los datos de la etapa 2 de la fase 4, se hará la formulación de alternativas teniendo en cuenta los indicadores a estudiar en donde se pretende mejorar la operación del tránsito y la movilidad en el sitio de interés. Por lo tanto, la elección de una de las alternativas propuestas será aquella que cumpla con lo expuesto en la descripción del problema, que para el estudio de este proyecto sería darle una mayor fluidez al flujo vehicular que se presenta en el sitio de interés.

Capítulo 3.

Desarrollo del trabajo.



3. DESARROLLO DEL TRABAJO.

3.1. Observación del tránsito.

Mediante la observación del tránsito se pudo identificar que la calzada E-S cuenta con tres carriles que hace conexión con la calzada N-S, la cual, esta cuenta con únicamente dos carriles, por lo tanto, la reducción en el número de carriles hace que se genere una gran congestión vehicular en la intersección.

Figura 6. Problemática de movilidad en la zona.



Fuente: Angie Alexandra Fajardo Moreno©, Yeimy Lizeth García Rey©. (13 de agosto de 2021).

Se observó mediante la toma de tiempo semafórico que los vehículos cuentan con un periodo muy corto del cambio de fase, en el que no les permite un movimiento o paso adecuado sin que estos generen grandes congestiones en las vías.

Figura 7. Problemática de congestión en la zona.



Fuente: Angie Alexandra Fajardo Moreno©, Yeimy Lizeth García Rey©. (13 de agosto de 2021).

Otro de los factores que más influyen en la problemática de la movilidad es el exceso de velocidad, además de esto, las paradas indebidas por parte de los conductores de transporte público para recoger o dejar pasajeros en cualquier tramo de la vía, generando en muchos casos una congestión masiva y poniendo en riesgo la vida de los pasajeros.

La imprudencia vial por parte de los conductores es un factor de gran importancia, ya que muchos de ellos hacen el paso indebido en luz roja, aumentando las congestiones viales y adicionalmente exponiendo la vida de ellos, la de los demás conductores y de los peatones que pasan por esta intersección.

3.2. Estudio de volúmenes de tránsito.

3.2.1 Aforo lunes.

Horario mañana.

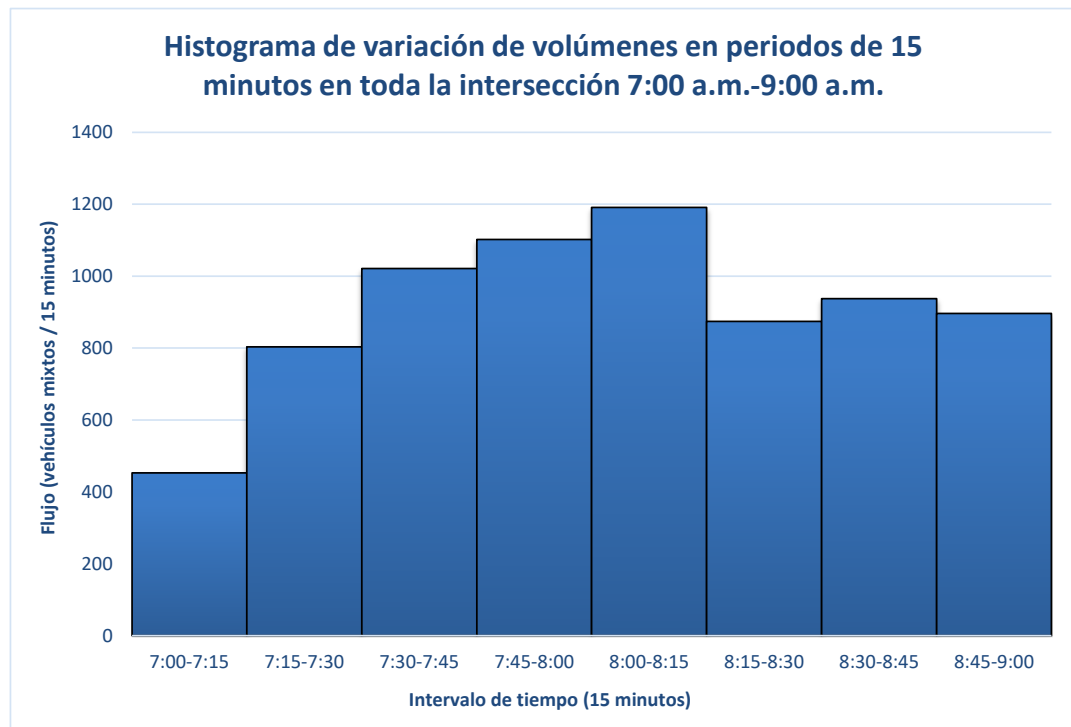
En la Tabla 2 se presentan los resultados del estudio de volúmenes de tránsito realizado en la intersección el día lunes 09 de agosto, entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. Se evidencia el predominio del tránsito de vehículos del tipo automóvil — vehículo particular—, seguido por las motocicletas y los buses; en una menor magnitud se encuentran los vehículos del tipo bicicletas y camión. Se puede observar que el Volumen Horario de Máxima Demanda [VHMD] corresponde a 4.188 vehículos mixtos/hora, el cual se encuentra entre las 8:15 a.m. y las 8:30 a.m., la que sería la Hora de Máxima Demanda. De otra parte, se encuentra un Factor Horario de Máxima Demanda [FHMD] con un valor de 0,88 que indica una estabilidad del flujo vehicular adecuada.

Tabla 2. Aforo lunes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Volumen Horario	Variación Horaria
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5				
7:00-7:15	1	207	215	28	2	0	0	0	0	0	2	453	---	3379
7:15-7:30	7	329	435	28	3	1	0	0	0	0	4	803	---	
7:30-7:45	17	381	557	49	11	6	0	0	0	0	17	1021	---	
7:45-8:00	10	473	569	43	3	4	0	0	0	0	7	1102	3379	
8:00-8:15	14	516	609	41	8	3	0	0	0	0	11	1191	4117	3898
8:15-8:30	11	365	450	34	7	7	0	0	0	0	14	874	4188	
8:30-8:45	8	363	523	35	4	4	0	0	0	0	8	937	4104	
8:45-9:00	8	347	486	45	5	4	1	0	0	0	10	896	3898	
Bic.: bicicleta, Mot.: motocicleta, Aut.: automóvil.													VHMD	4188
Fuente: elaboración propia.													FHMD	0.88

El histograma de la figura 8 muestra el comportamiento del flujo vehicular durante el periodo de observación correspondiente al día lunes entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. Se evidencia que el flujo máximo en periodos de quince minutos ($q_{\text{máx}}$) se encuentra entre las 8:00 a.m. y las 8:15 a.m.; con un valor de 1.191 vehículos mixtos. Se puede observar el incremento gradual del flujo de vehicular en la primera hora del periodo de observación, luego de lo cual el flujo se estabiliza.

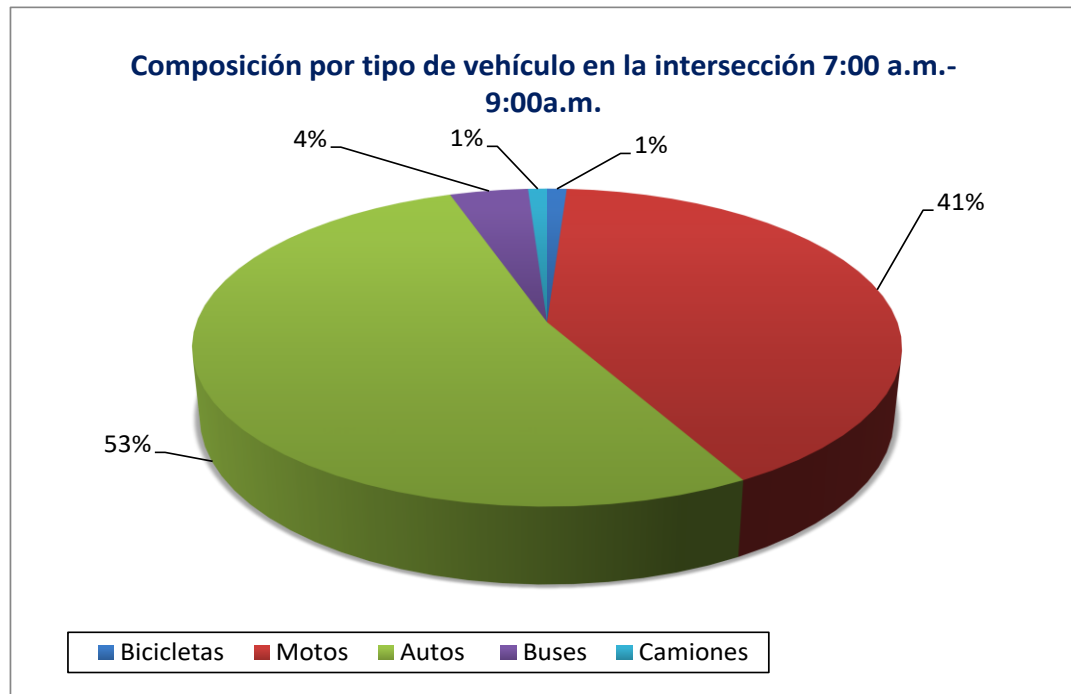
Figura 8. Histograma de variación día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

La figura 9 muestra la composición vehicular que se tuvo durante el aforo del día lunes entre 7:00 a.m. y 9:00 a.m.; se puede observar que el mayor porcentaje de vehículos está representado por los autos (53%), seguido de las motocicletas (41%), los buses (4%), camiones (1%) y bicicletas (1%). Se evidencia el predominio de los vehículos de tipo automóvil y motocicleta sobre lo cual se puede indicar que los problemas de congestión —al menos en el horario mencionado— pueden ser ocasionados por estos tipos de vehículos.

Figura 9. Composición vehicular día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Horario tarde.

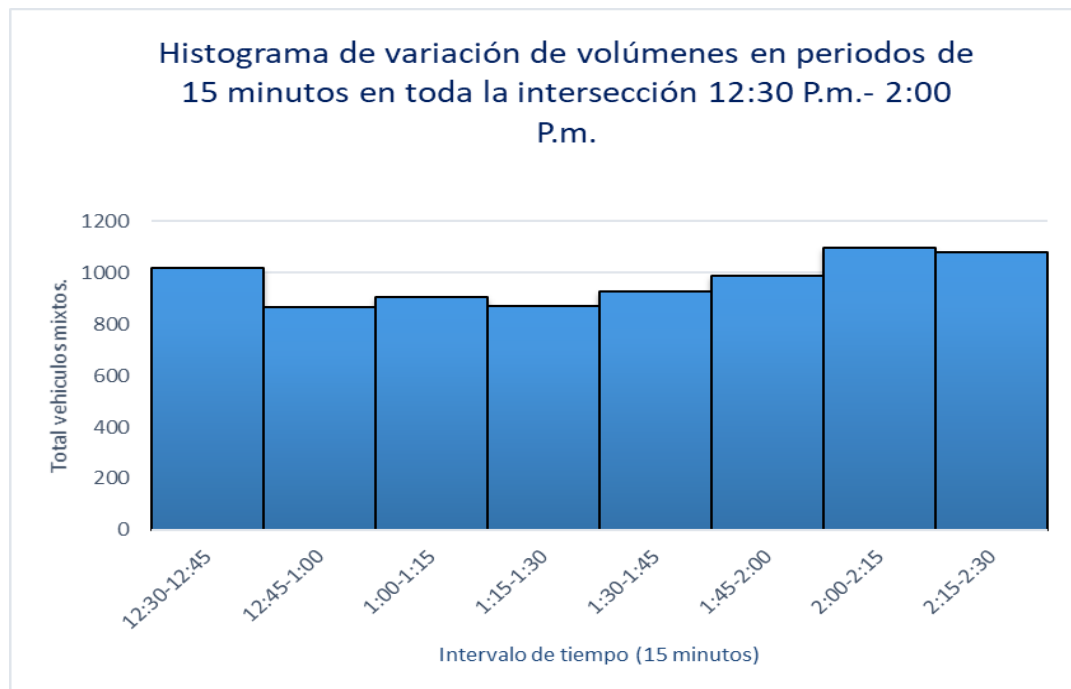
En la Tabla 3 se ve reflejado los resultados del estudio de volúmenes de tránsito que se realizó en la intersección el día lunes 09 de agosto, entre las 12:30 p.m. y las 2:30 p.m. Se demuestra el predominio del tránsito de vehículos del tipo automóvil —vehículo particular—, seguido por las motocicletas y los buses; en una menor magnitud se encuentran los vehículos del tipo bicicletas y camión. Se puede percibir que el Volumen Horario de Máxima Demanda [VHMD] corresponde a 4.088 vehículos mixtos/hora, el cual se encuentra entre las 2:15 p.m. y las 2:30 p.m., la que sería la Hora de Máxima Demanda. Por otra parte, se encuentra un Factor Horario de Máxima Demanda [FHMD] con un valor de 0,93 que indica una estabilidad del flujo vehicular buena.

Tabla 3. Aforo lunes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total, Veh 15 min	Volumen Horario	Variación Horaria
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5				
12:30-12:45	5	494	468	44	5	3	0	0	0	0	8	1019	—	3656
12:45-1:00	8	381	429	39	4	4	0	0	0	0	8	865	—	
1:00-1:15	15	426	419	34	8	1	0	0	0	0	9	903	—	
1:15-1:30	14	353	455	43	4	0	0	0	0	0	4	869	3656	
1:30-1:45	9	396	474	40	4	3	0	0	0	0	7	926	3563	4088
1:45-2:00	8	475	454	42	5	2	0	0	0	0	7	986	3684	
2:00-2:15	10	513	526	39	5	2	0	0	0	0	7	1095	3876	
2:15-2:30	7	455	570	35	10	4	0	0	0	0	14	1081	4088	
Bic.: bicicleta, Mot.: motocicleta, Aut.: automóvil.													VHMD	4088
Fuente: elaboración propia.													FHMD	0,93

El histograma de la figura 10 indica el comportamiento del flujo vehicular durante el periodo de observación correspondiente al día lunes entre las 12:30 p.m. y las 2:30 p.m. Se comprueba que el flujo máximo en periodos de quince minutos (qm_{ax}) se encuentra entre las 2:00 p.m. y las 2:15 p.m.; con un valor de 1.095 vehículos mixtos. Se puede observar una variación regular del flujo vehicular durante los periodos de tiempo.

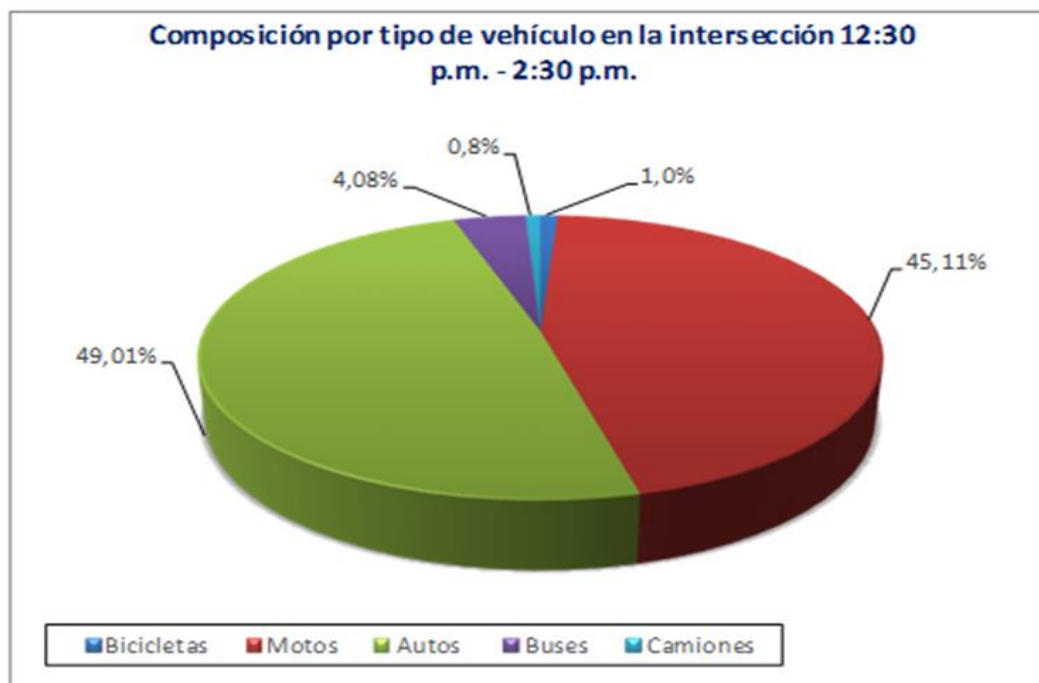
Figura 10. Histograma de variación día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

La figura 11 muestra la composición vehicular que se tuvo durante el aforo del día lunes entre 12:30 p.m. y 2:30 p.m.; se puede observar que el mayor porcentaje de vehículos está representado por los autos (49,01%), seguido de las motocicletas (45,11%), los buses (4,08%), camiones (0,8%) y bicicletas (1,0%). Se demuestra el predominio de los vehículos de tipo automóvil y motocicleta por lo que se podría indicar que los problemas de congestión —al menos en el horario mencionado— pueden ser ocasionados por estos tipos de vehículos.

Figura 11. Composición vehicular día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

3.2.2 Aforos viernes.

Horario mañana.

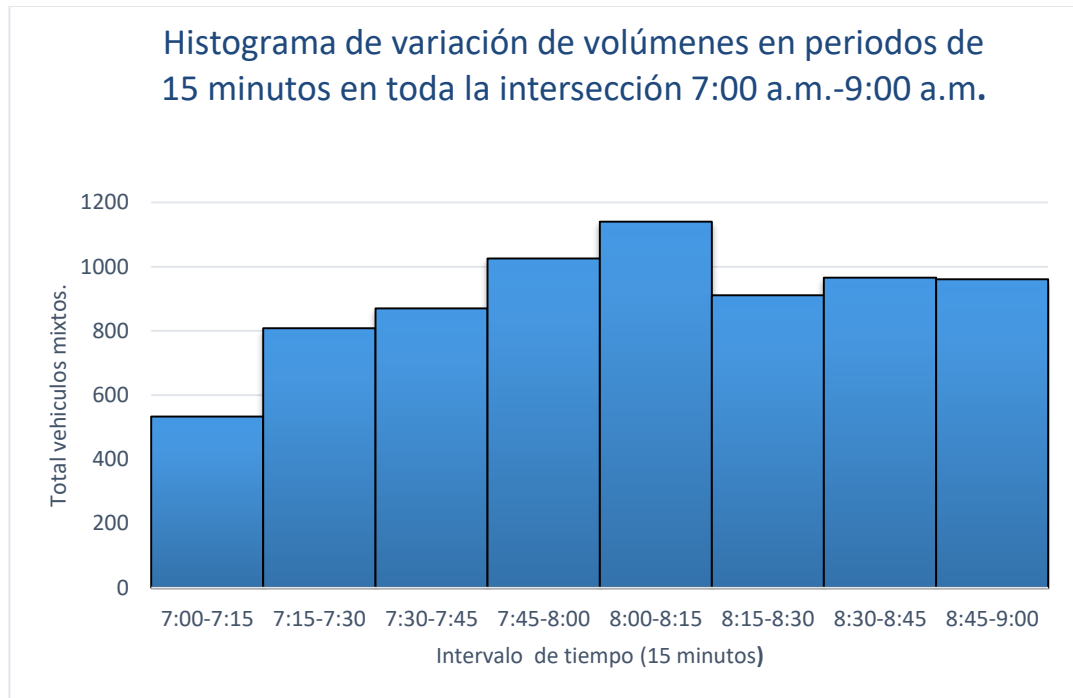
En la Tabla 4 se ve reflejado los resultados del estudio de volúmenes de tránsito que se realizó en la intersección el día viernes 13 de agosto, entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. Se puede observar el predominio del tránsito de vehículos del tipo automóvil —vehículo particular—, seguido por las motocicletas y los buses; en una menor magnitud se encuentran los vehículos del tipo bicicletas y camión. Se percibe que el Volumen Horario de Máxima Demanda [VHMD] corresponde a 4.043 vehículos mixtos/hora, el cual se encuentra entre las 8:30 a.m. y las 8:45 a.m., la que sería la Hora de Máxima Demanda. Por otra parte, se encuentra un Factor Horario de Máxima Demanda [FHMD] con un valor de 0,89 que indica una estabilidad del flujo vehicular adecuada.

Tabla 4. Aforo viernes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Volumen Horario	Variación Horaria
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5				
7:00-7:15	4	212	285	25	5	2	0	0	0	0	7	533		3237
7:15-7:30	11	331	420	41	2	3	0	0	0	0	5	808		
7:30-7:45	12	336	452	52	9	9	0	0	0	0	18	870		
7:45-8:00	11	452	509	46	7	1	0	0	0	0	8	1026	3237	
8:00-8:15	8	509	575	45	1	2	0	0	0	0	3	1140	3844	3978
8:15-8:30	10	318	536	40	5	2	0	0	0	0	7	911	3947	
8:30-8:45	5	343	561	42	7	8	0	0	0	0	15	966	4043	
8:45-9:00	4	389	510	51	5	2	0	0	0	0	7	961	3978	
Bic.: bicicleta, Mot.: motocicleta, Aut.: automóvil.													VHMD	4043
Fuente: elaboración propia.													FHMD	0,89

El histograma de la figura 12 señala el comportamiento del flujo vehicular durante el periodo de observación correspondiente al día viernes entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. Se verifica que el flujo máximo en periodos de quince minutos (qmáx) se encuentra entre las 8:00 a.m. y las 8:15 a.m.; con un valor de 1.140 vehículos mixtos. Se puede observar un incremento gradual, donde posteriormente el flujo vehicular tiene una estabilización.

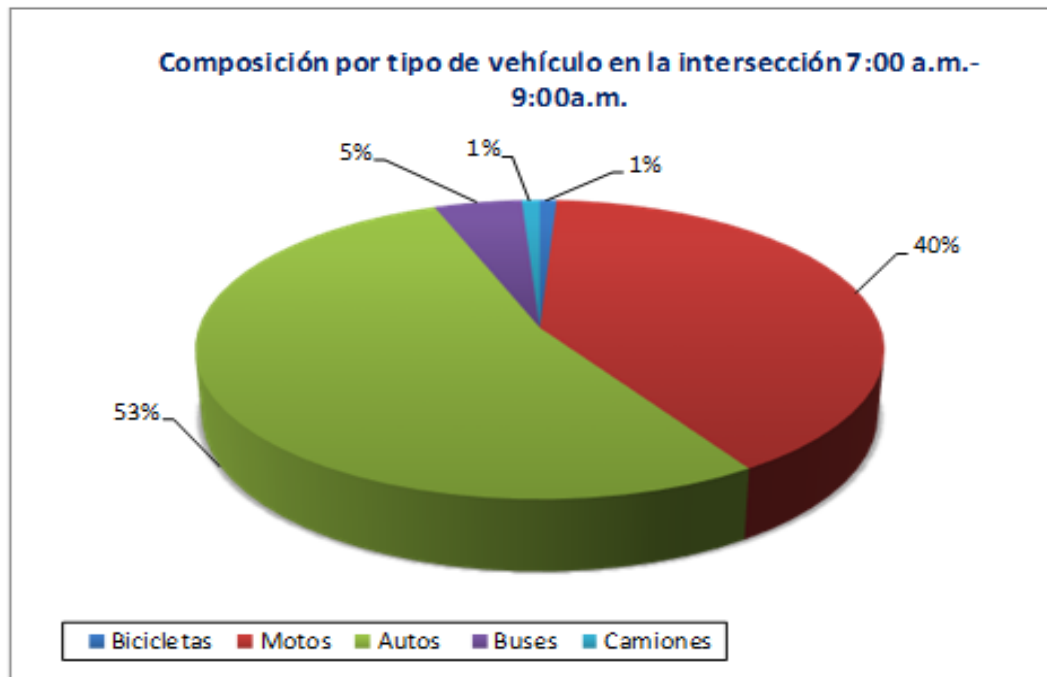
Figura 12. Histograma de variación día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

La figura 13 muestra la composición vehicular que se tuvo durante el aforo del día viernes entre 7:00 a.m. y 9:00 a.m.; se puede observar que el mayor porcentaje de vehículos está representado por los autos (53%), seguido de las motocicletas (40%), los buses (5%), camiones (1%) y bicicletas (1%). Se demuestra el predominio de los vehículos de tipo automóvil y motocicleta por lo que se podría indicar que los problemas de congestión —al menos en el horario mencionado— pueden ser ocasionados por estos tipos de vehículos.

Figura 13. Composición vehicular día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Horario tarde.

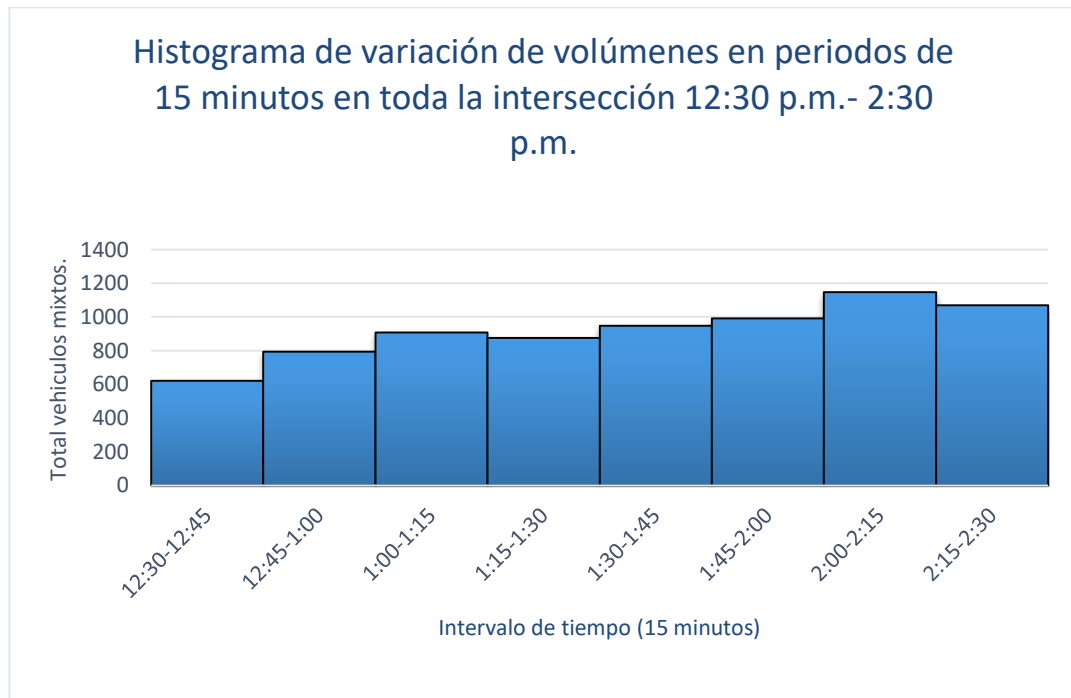
En la Tabla 5 se ve reflejado los resultados del estudio de volúmenes de tránsito que se realizó en la intersección el día viernes 13 de agosto, entre las 12:30 p.m. y las 2:30 p.m. Se evidencia el predominio del tránsito de vehículos del tipo automóvil —vehículo particular—, seguido por las motocicletas y los buses; en una menor magnitud se encuentran los vehículos del tipo bicicletas y camión. Se puede percibir que el Volumen Horario de Máxima Demanda [VHMD] corresponde a 4.155 vehículos mixtos/hora, el cual se encuentra entre las 2:15 p.m. y las 2:30 p.m., la que sería la Hora de Máxima Demanda. Por otra parte, se encuentra un Factor Horario de Máxima Demanda [FHMD] con un valor de 0,91 que indica una estabilidad del flujo vehicular buena.

Tabla 5. Aforo viernes, horario tarde

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Volumen horario	Variación Horaria
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5				
12:30-12:45	3	251	328	32	6	0	0	0	0	0	6	620	—	3196
12:45-1:00	4	321	429	32	5	3	0	0	0	0	8	794	—	
1:00-1:15	7	377	467	46	7	3	0	0	0	0	10	907	—	
1:15-1:30	15	357	456	46	1	0	0	0	0	0	1	875	3196	
1:30-1:45	8	415	480	29	8	6	1	0	0	0	15	947	3523	4155
1:45-2:00	9	456	483	38	4	2	0	0	0	0	6	992	3721	
2:00-2:15	14	534	563	31	3	2	0	0	0	0	5	1147	3961	
2:15-2:30	6	441	581	34	4	3	0	0	0	0	7	1069	4155	
Bic.: bicicleta, Mot.: motocicleta, Aut.: automóvil.													VHMD	4155
Fuente: elaboración propia.													FHMD	0,91

El histograma de la figura 14 indica el comportamiento del flujo vehicular durante el periodo de observación correspondiente al día viernes entre las 12:30 p.m. y las 2:30 p.m. Se puede identificar que el flujo máximo en periodos de quince minutos (qmáx) se encuentra entre las 2:00 p.m. y las 2:15 p.m.; con un valor de 1.147 vehículos mixtos. Se puede observar una variación constante durante los periodos de tiempo.

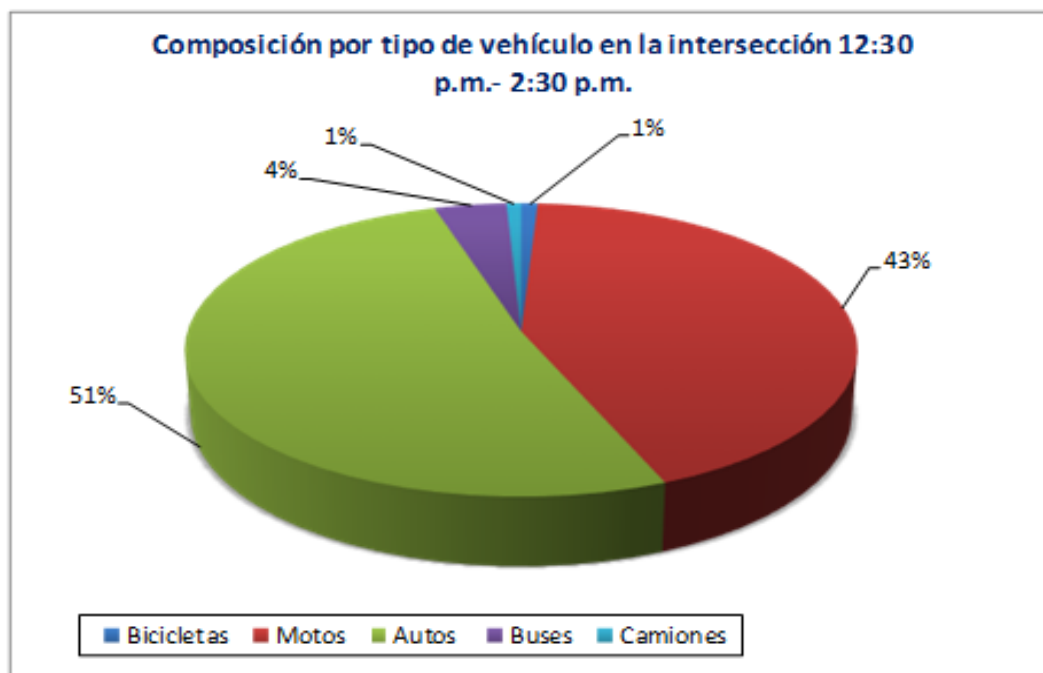
Figura 14. Histograma de variación día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

La figura 15 muestra la composición vehicular que se tuvo durante el aforo del día viernes entre 12:30 p.m. y 2:30 p.m.; se puede observar que el mayor porcentaje de vehículos está representado por los autos (51%), seguido de las motocicletas (43%), los buses (4%), camiones (1%) y bicicletas (1%). Se evidencia el predominio de los vehículos de tipo automóvil y motocicleta por lo que se podría indicar que los problemas de congestión —al menos en el horario mencionado— pueden ser ocasionados por estos tipos de vehículos.

Figura 15. Composición vehicular día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

3.2.3 Aforos domingo.

Horario mañana.

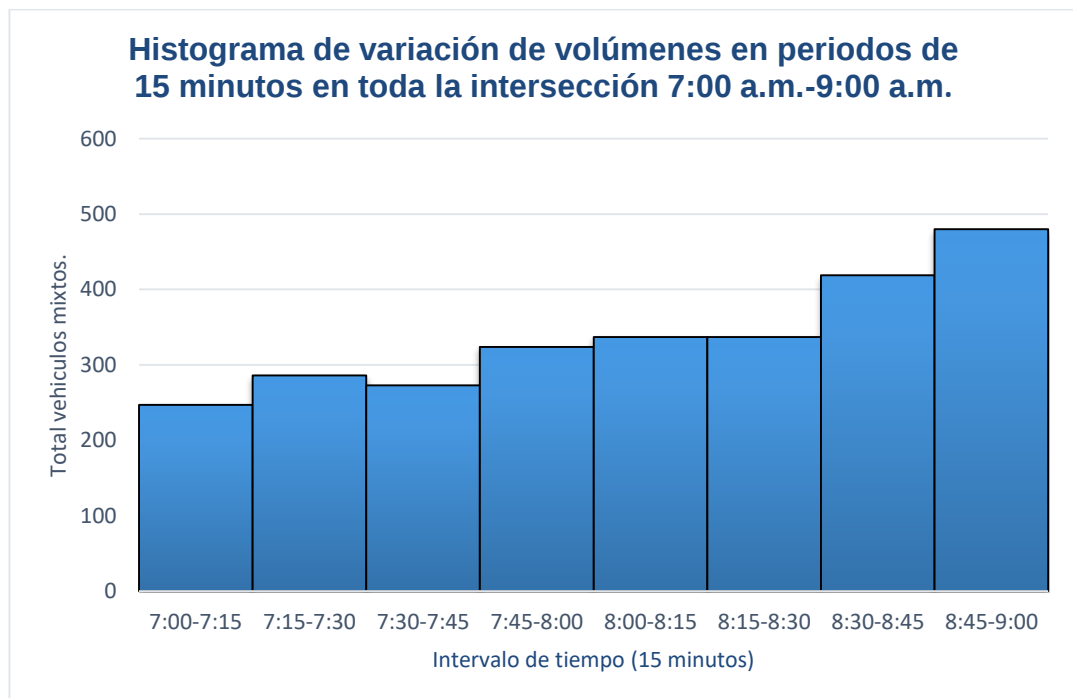
En la Tabla 6 se muestran los resultados del estudio de volúmenes de tránsito que se realizó en la intersección el día domingo 15 de agosto, entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. Se puede evidenciar el predominio del tránsito de vehículos del tipo automóvil —vehículo particular—, seguido por las motocicletas y los buses; en una menor magnitud se encuentran los vehículos del tipo bicicletas y camión. Se puede observar que el Volumen Horario de Máxima Demanda [VHMD] corresponde a 1.573 vehículos mixtos/hora, el cual se encuentra entre las 8:45 a.m. y las 9:00 a.m., la que sería la Hora de Máxima Demanda. Por otra parte, se encuentra un Factor Horario de Máxima Demanda [FHMD] con un valor de 0,82 que indica una estabilidad del flujo vehicular adecuada.

Tabla 6. Aforo domingo, horario mañana.

Periodo	Bic	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Volumen Horario	Variación Horaria
					C2 P	C2 G	C 3	C 4	C 5	>C5				
7:00-7:15	8	88	130	18	2	1	0	0	0	0	3	247	—	1.130
7:15-7:30	13	85	157	31	0	0	0	0	0	0	0	286	—	
7:30-7:45	4	93	147	28	0	1	0	0	0	0	1	273	—	
7:45-8:00	12	127	166	19	0	0	0	0	0	0	0	324	1130	
8:00-8:15	8	122	176	30	1	0	0	0	0	0	1	337	1220	1.573
8:15-8:30	12	114	182	25	2	2	0	0	0	0	4	337	1271	
8:30-8:45	21	149	219	30	0	0	0	0	0	0	0	419	1417	
8:45-9:00	12	190	247	27	3	1	0	0	0	0	4	480	1573	
Bic.: bicicleta, Mot.: motocicleta, Aut.: automóvil. Fuente: elaboración propia.													VHMD	1573
													FHMD	0,82

El histograma de la figura 16 señala el comportamiento del flujo vehicular durante el periodo de observación correspondiente al día domingo entre las 7:00 a.m. y las 9:00 a.m. Se verifica que el flujo máximo en periodos de quince minutos (qm_{ax}) se encuentra entre las 8:45 a.m. y las 9:00 a.m.; con un valor de 480 vehículos mixtos. Se puede observar un comportamiento ascendente durante los intervalos de tiempo.

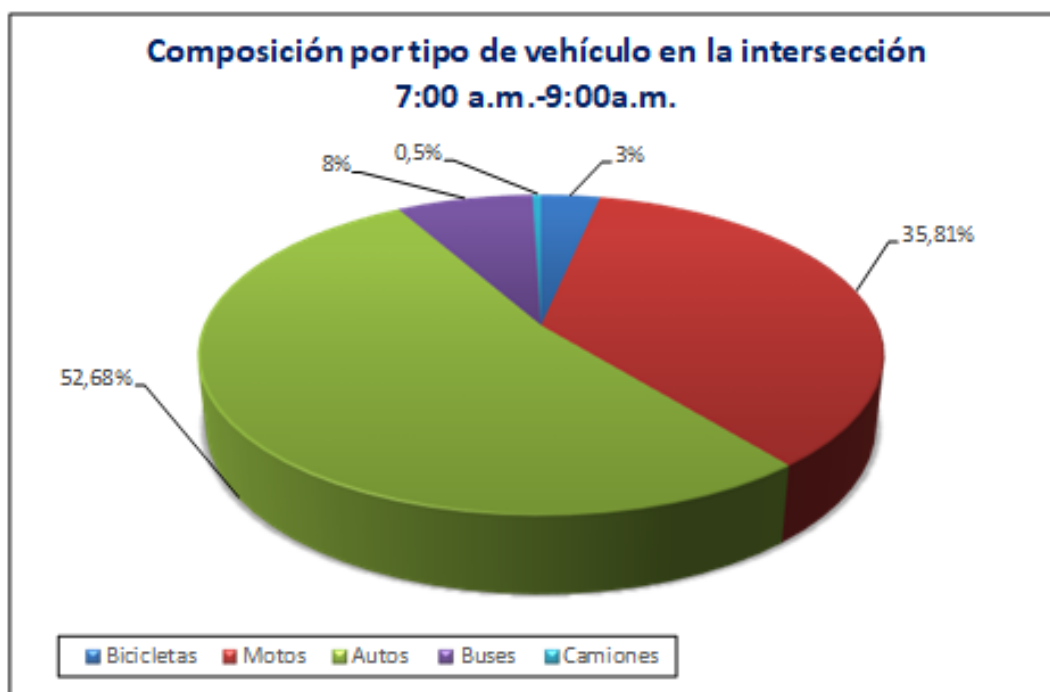
Figura 16. Histograma de variación día domingo, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

La figura 17 muestra la composición vehicular que se tuvo durante el aforo del día domingo entre 7:00 a.m. y 9:00 a.m.; se puede observar que el mayor porcentaje de vehículos está representado por los autos (52,68%), seguido de las motocicletas (35,81%), los buses (8%), camiones (0,5%) y bicicletas (3%). Se puede corroborar el predominio de los vehículos de tipo automóvil y motocicleta por lo que se podría indicar que los problemas de congestión —al menos en el horario mencionado— pueden ser ocasionados por estos tipos de vehículos.

Figura 17. Composición vehicular día domingo, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Horario tarde.

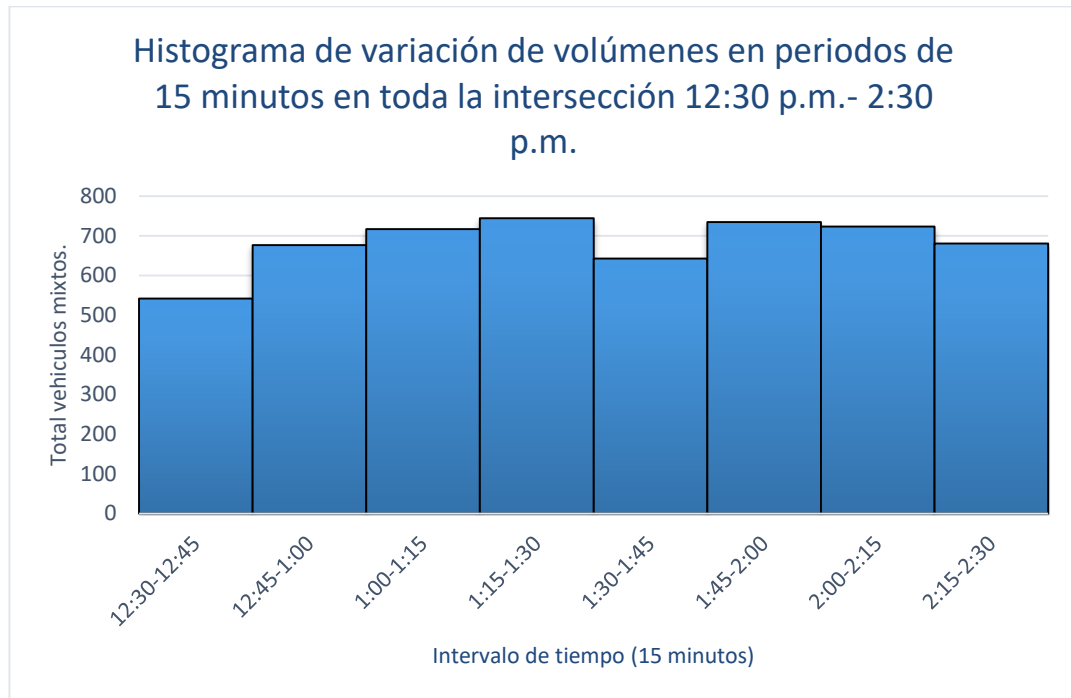
En la Tabla 7 se ve reflejado los resultados del estudio de volúmenes de tránsito que se realizó en la intersección el día domingo 15 de agosto, entre las 12:30 p.m. y las 2:30 p.m. Se evidencia el predominio del tránsito de vehículos del tipo automóvil —vehículo particular—, seguido por las motocicletas y los buses; en una menor magnitud se encuentran los vehículos del tipo bicicletas y camión. Se puede percibir que el Volumen Horario de Máxima Demanda [VHMD] corresponde a 2.847 vehículos mixtos/hora, el cual se encuentra entre las 2:00 p.m. y las 2:15 a.m., la que sería la Hora de Máxima Demanda. Por otra parte, se encuentra un Factor Horario de Máxima Demanda [FHMD] con un valor de 0,96 que indica una estabilidad del flujo vehicular muy buena.

Tabla 7. Aforo domingo, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Volumen Horario	Variación Horario
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5				
12:30-12:45	4	222	282	32	0	2	0	0	0	0	2	542	—	2681
12:45-1:00	4	275	370	24	2	2	0	0	0	0	4	677	—	
1:00-1:15	6	275	407	29	0	0	0	0	0	0	0	717	—	
1:15-1:30	7	289	414	32	3	0	0	0	0	0	3	745	2681	
1:30-1:45	6	241	358	36	1	1	0	0	0	0	2	643	2782	2783
1:45-2:00	9	283	412	28	2	1	0	0	0	0	3	735	2840	
2:00-2:15	14	278	395	35	1	1	0	0	0	0	2	724	2847	
2:15-2:30	4	279	363	29	4	2	0	0	0	0	6	681	2783	
Bic.: bicicleta, Mot.: motocicleta, Aut.: automóvil.													VHMD	2847
Fuente: elaboración propia.													FHMD	0,96

El histograma de la figura 18 indica el comportamiento del flujo vehicular durante el periodo de observación correspondiente al día domingo entre las 12:30 p.m. y las 2:30 p.m. Se puede identificar que el flujo máximo en periodos de quince minutos (qm_{ax}) se encuentra entre las 1:15 p.m. y las 1:30 p.m.; con un valor de 745 vehículos mixtos. Se puede observar una variación ascendente desde las 12:30 p.m. hasta la 1:30 p.m., en el que posteriormente se tiene un descenso en el flujo vehicular.

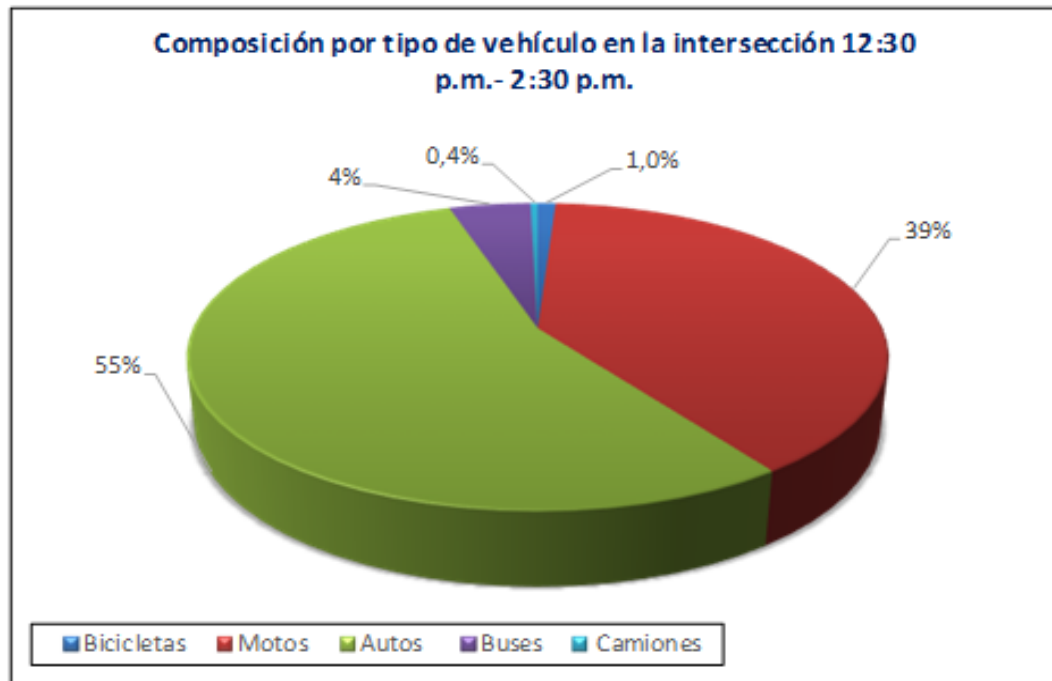
Figura 18. Histograma de variación día domingo, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

La figura 19 muestra la composición vehicular que se tuvo durante el aforo del día domingo entre 12:30 p.m. y 2:30 p.m.; se puede observar que el mayor porcentaje de vehículos está representado por los autos (55%), seguido de las motocicletas (39%), los buses (4%), camiones (0,4%) y bicicletas (1%). Se evidencia el predominio de los vehículos de tipo automóvil y motocicleta por lo que se podría indicar que los problemas de congestión —al menos en el horario mencionado— pueden ser ocasionados por estos tipos de vehículos.

Figura 19. Composición vehicular día domingo, horario tarde.



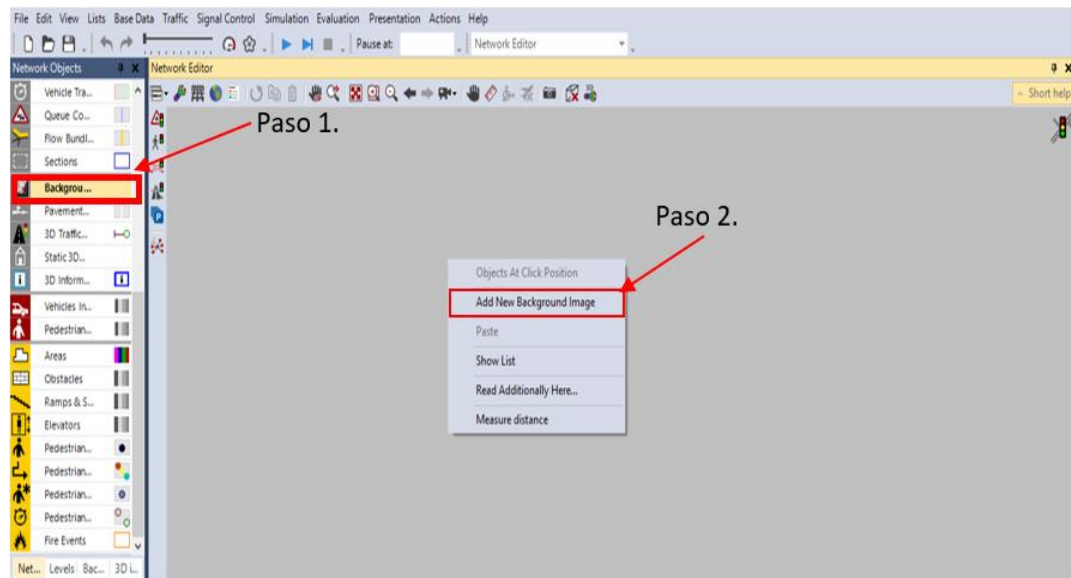
Fuente: elaboración propia.

3.3. Simulación de la intersección.

Proceso de la simulación de la intersección.

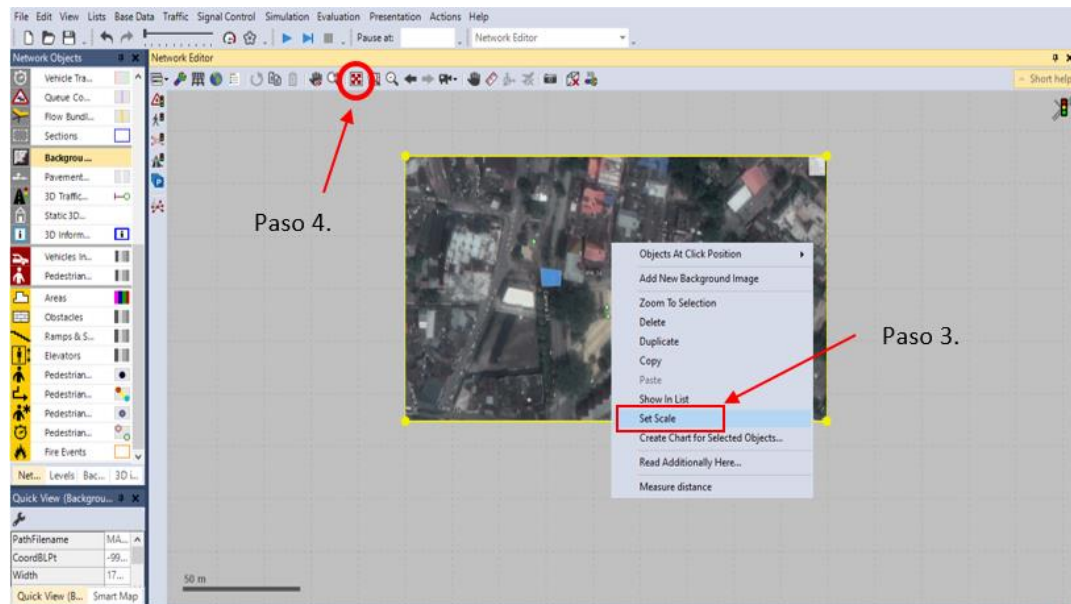
Como primer paso se tiene la opción de Background donde se le dará clic para posteriormente dar clic derecho y darle la opción de “Add New Background Image” (paso 2), en el que se seleccionará la imagen con la que se desea trabajar y generar la escala de esta (paso 3), finalmente se da en la opción del paso 4 para centrar la imagen según la escala seleccionada como se puede observar en la figura 20.

Figura 20. Proceso de simulación paso 1-2.



Fuente: elaboración propia.

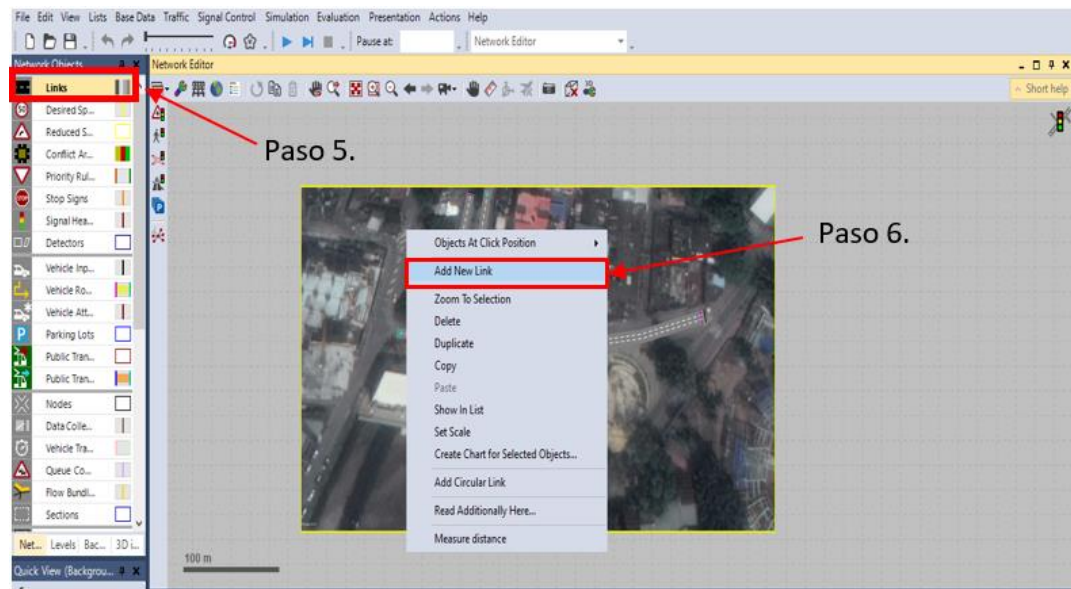
Figura 21. Proceso de simulación paso 3-4.



Fuente: elaboración propia.

Una vez se tiene la imagen con su escala, se procede a modelar las vías de la intersección, en el que por medio de la opción de "links" (paso 5), se le da clic derecho sobre la imagen para seleccionar la opción de "Add New Link" (paso 6).

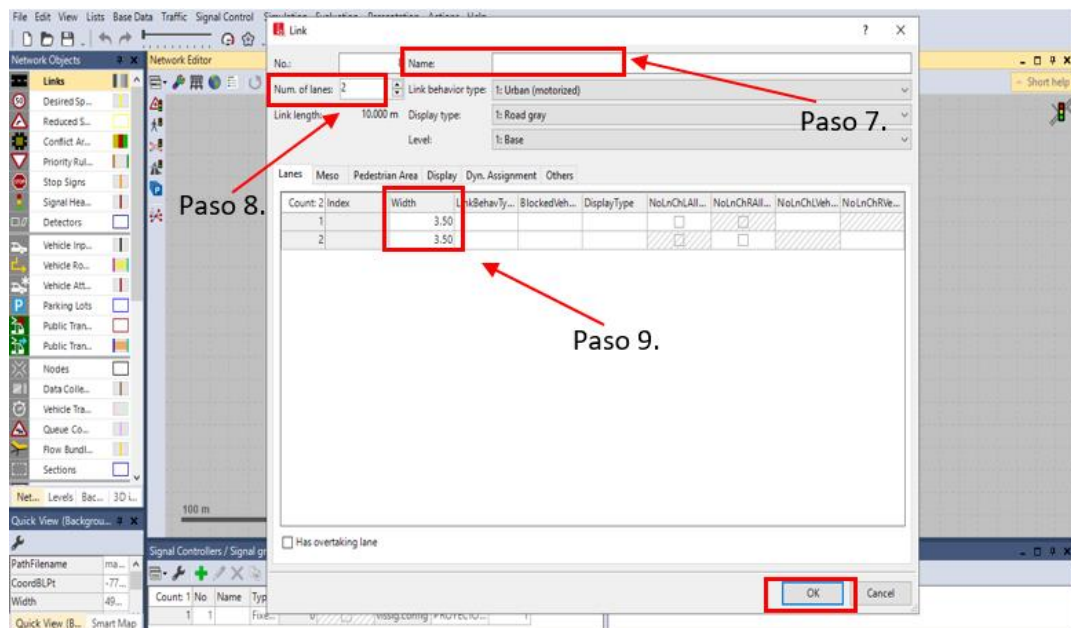
Figura 22. Proceso de simulación paso 5-6.



Fuente: elaboración propia.

Luego del paso 6, se abrirá una pestaña dónde se definirá el nombre que tendrá la vía (paso 7), el número de carriles (paso 8) y de ser necesario, el ancho de la vía (paso 9), finalmente se da "Ok".

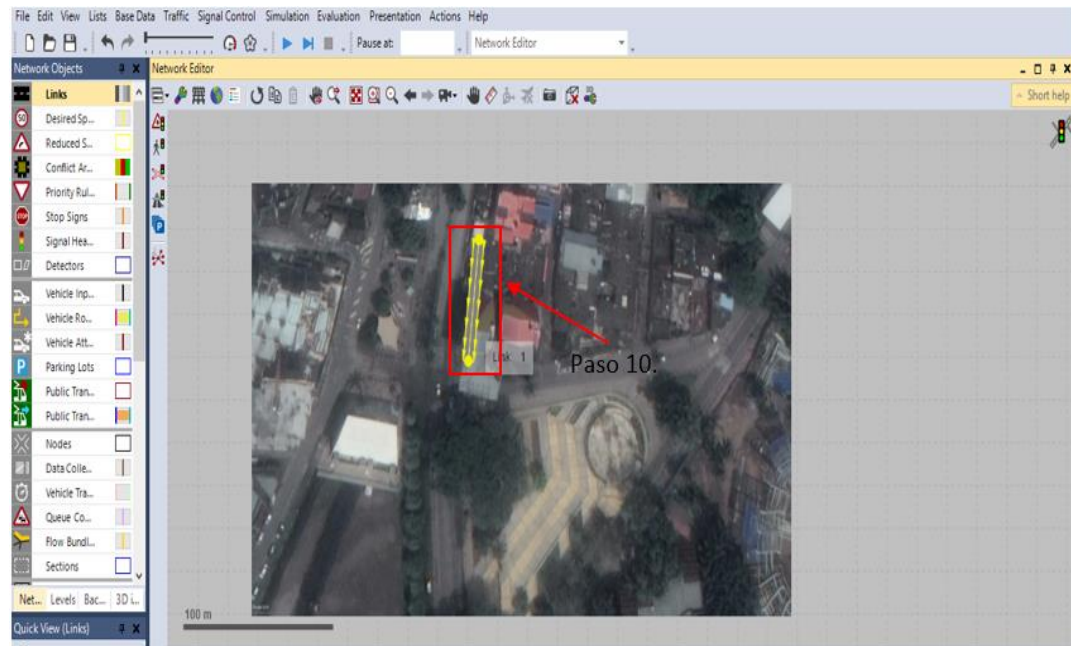
Figura 23. Proceso de simulación paso 7-9.



Fuente: elaboración propia.

Una vez terminado el proceso anterior, aparecerá la vía diseñada (paso 10) y esta se colocará en el sentido de circulación que se necesite. Dicho proceso se hará para cada vía que se necesite modelar en la intersección.

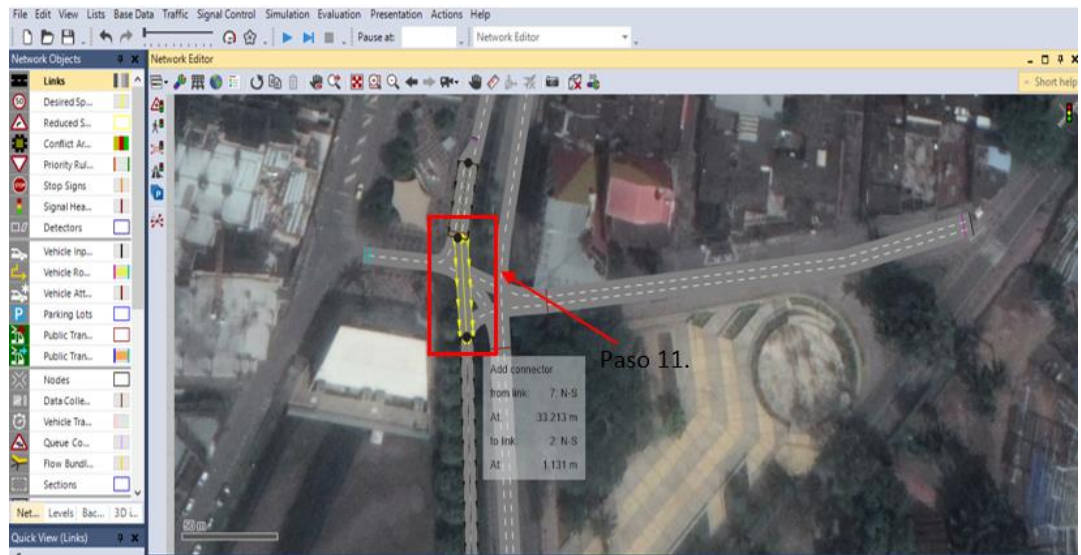
Figura 24. Proceso de simulación paso 10.



Fuente: elaboración propia.

Una vez se hayan diseñado todas las vías que se tiene en la intersección, el siguiente paso consta de la conexión de las vías según el movimiento permitido por estas como se puede apreciar en el paso 11, este se hará tomando la parte superior de la vía, presionando la tecla control (Ctrl) al tiempo que se va arrastrando con clic derecho a la parte inferior de la vía con la que se desea conectar. Este proceso se hará para cada vía según su movimiento permitido.

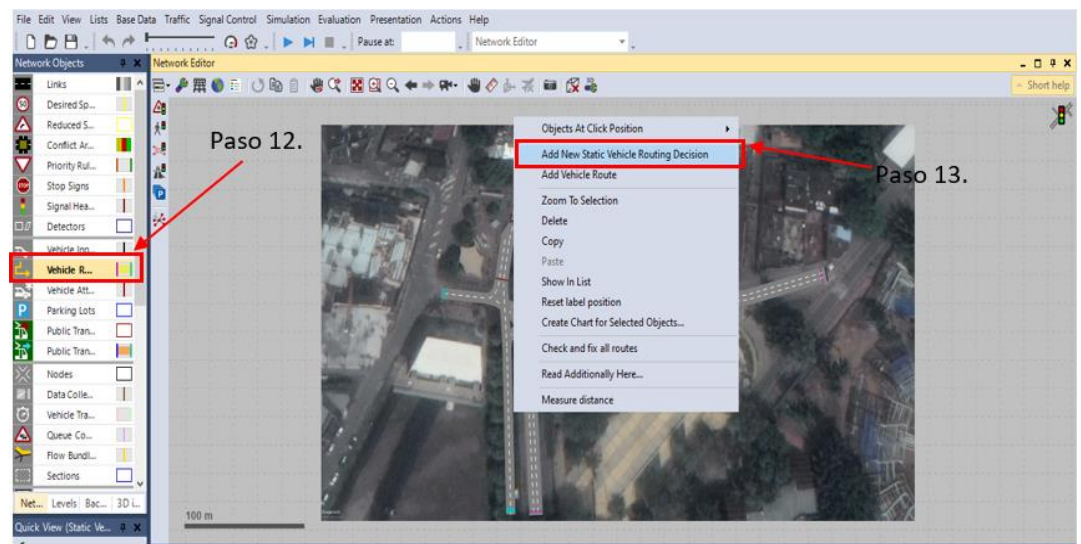
Figura 25. Proceso de simulación paso 11.



Fuente: elaboración propia.

Una vez se tienen terminada cada una de las conexiones por movimientos, se procede a establecer la ruta que los vehículos tendrán por cada vía, es decir, los movimientos permitidos en cada una de estas, el paso a seguir, es dar clic en la opción de “Vehicle Route” (paso 12), luego, se dará clic derecho, pero esta vez sobre la vía dónde se va a iniciar la ruta de los vehículos según el sentido de circulación y se seleccionará la opción de “Add New Static Vehicle Routing Decision” (paso 13).

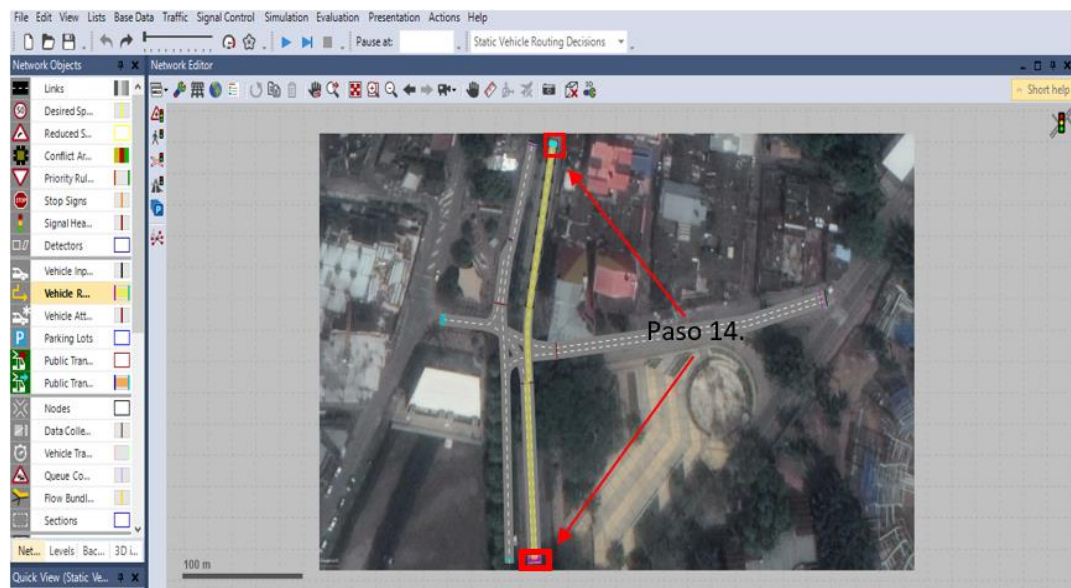
Figura 26. Proceso de simulación paso 12-13.



Fuente: elaboración propia.

Una vez se da clic en la opción del paso 13, aparecerá un rectángulo pequeño de color rosado, como se puede observar en la parte inferior de la figura 27, este indicará el inicio de la ruta según el sentido de circulación de la vía, adicionalmente aparecerá también uno de color azul marino, el cual este indica el final de la ruta de los vehículos, este se arrastra hasta el final de cada movimiento permitido como se mencionó anteriormente como se le puede observar en el paso 14, en el ejemplo de la figura 27, la vía con sentido S-N tendrá el movimiento 2 y movimiento 6, por lo tanto, la ruta se establecerá únicamente en esas dos direcciones. Este proceso se hará con cada una de las vías establecidas.

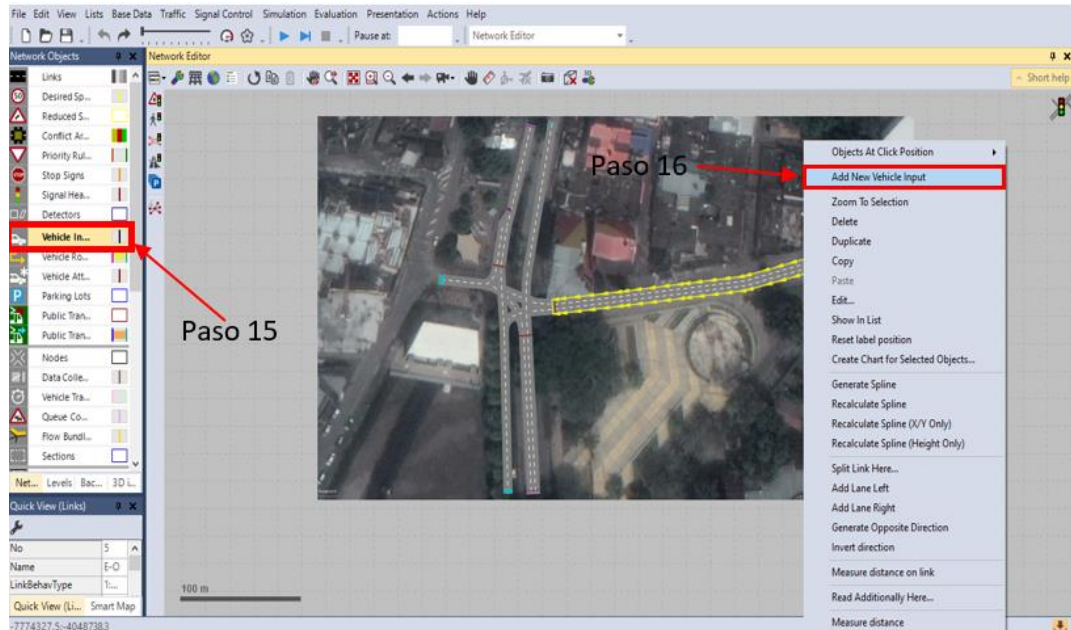
Figura 27. Proceso de simulación paso 14.



Fuente: elaboración propia.

Después de haber terminado el proceso anterior, donde se establezcan cada una de las rutas por movimiento de cada vía, se hará el proceso de vinculación del volumen vehicular por cada vía. Para dicho proceso se dará clic en la opción de "Vehicle Input" (paso 15), posteriormente, se dará clic derecho sobre la vía donde se inició la ruta de vehículos, es decir, junto al recuadro rosado, en este aparecerá una barra de herramientas, en el cual se dará clic en la opción de "Add New Vehicle Input" (paso 16).

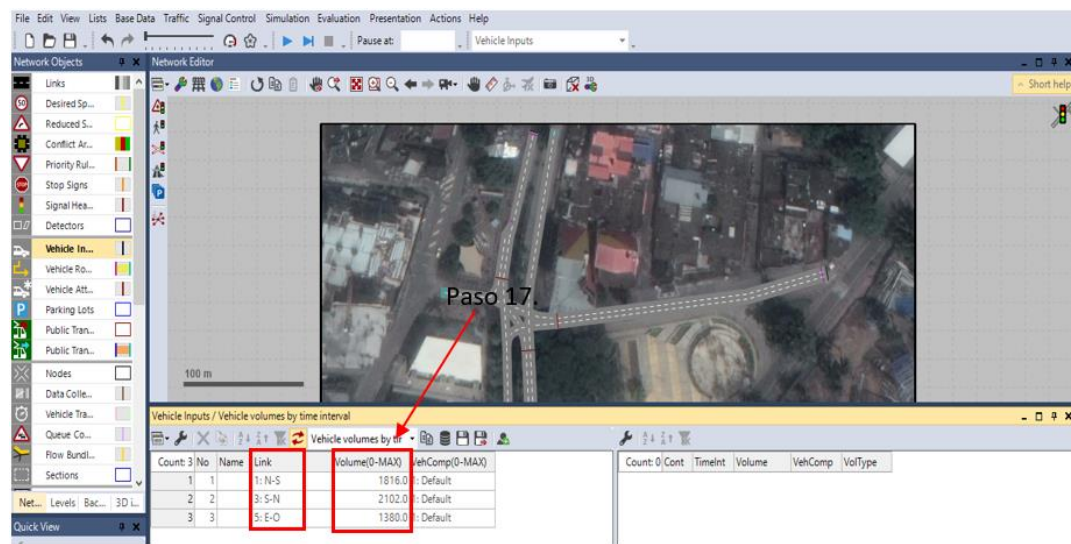
Figura 28. Proceso de simulación paso 15-16.



Fuente: elaboración propia.

Una vez se haya establecido el paso 16 en cada vía, en la parte inferior de la pantalla aparecerá la lista de cada uno de estos, como se le puede observar en la imagen, en el recuadro de “Link” aparecerán los nombres de cada una de las vías donde se estableció dicha función, a lado de esta se tiene un recuadro de “Volume” (paso 17) donde se definirá el volumen vehicular que se obtuvo de los aforos vehiculares.

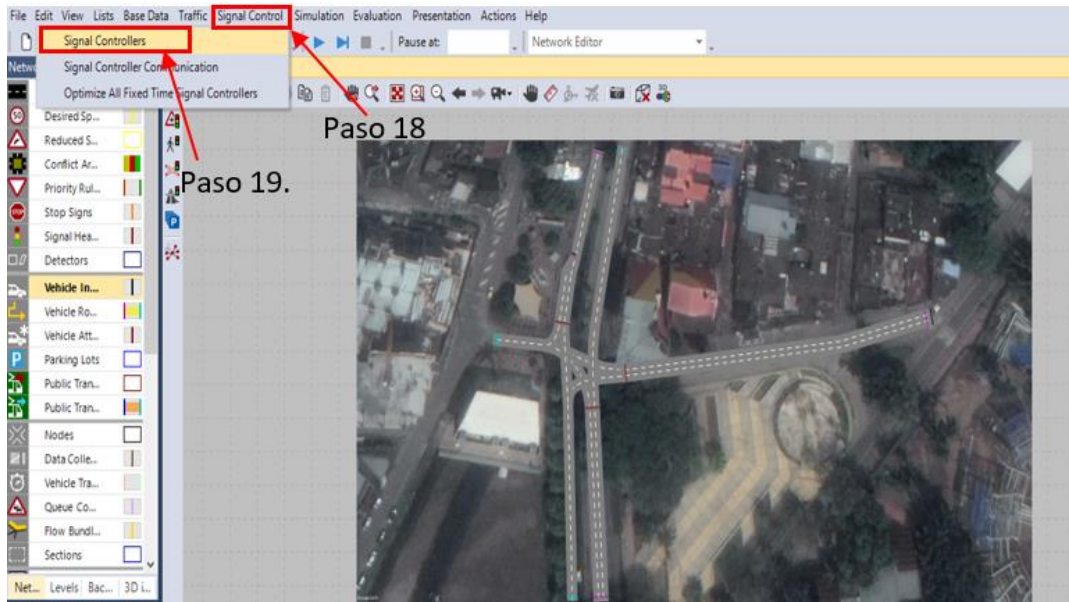
Figura 29. Proceso de simulación paso 17.



Fuente: elaboración propia.

Después de tener diseñada las vías con sus respectivos movimientos, rutas y volúmenes vehiculares, se tiene posteriormente el proceso de diseño de los semáforos. Se da clic en la opción de “Signal Control” (paso 18), y se escoge la opción de “Signal Controllers” (paso 19).

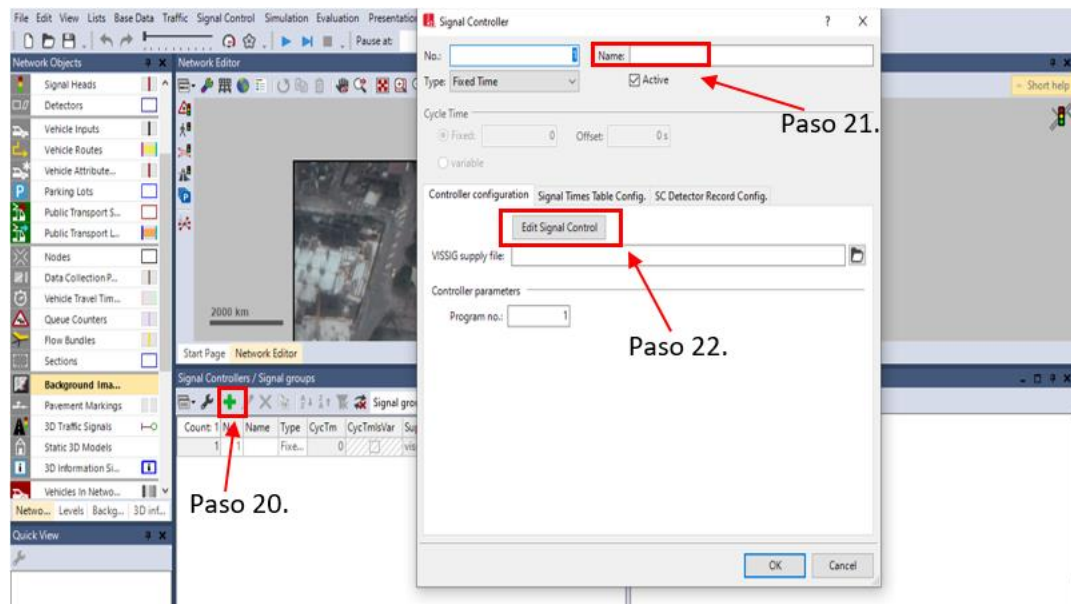
Figura 30. Proceso de simulación paso 18-19.



Fuente: elaboración propia.

Después de dar clic en el paso 19, en la parte inferior de la pantalla aparecerá un pequeño recuadro, donde se le dará clic en un “+” como se muestra en el paso 20, esto con el fin de añadir o iniciar un nuevo grupo de diseño. Después de esto, aparecerá una pestaña donde se le asignará el nombre del grupo (paso 21) y posteriormente se dará clic en la opción de “Edit Signal Control” (paso 22).

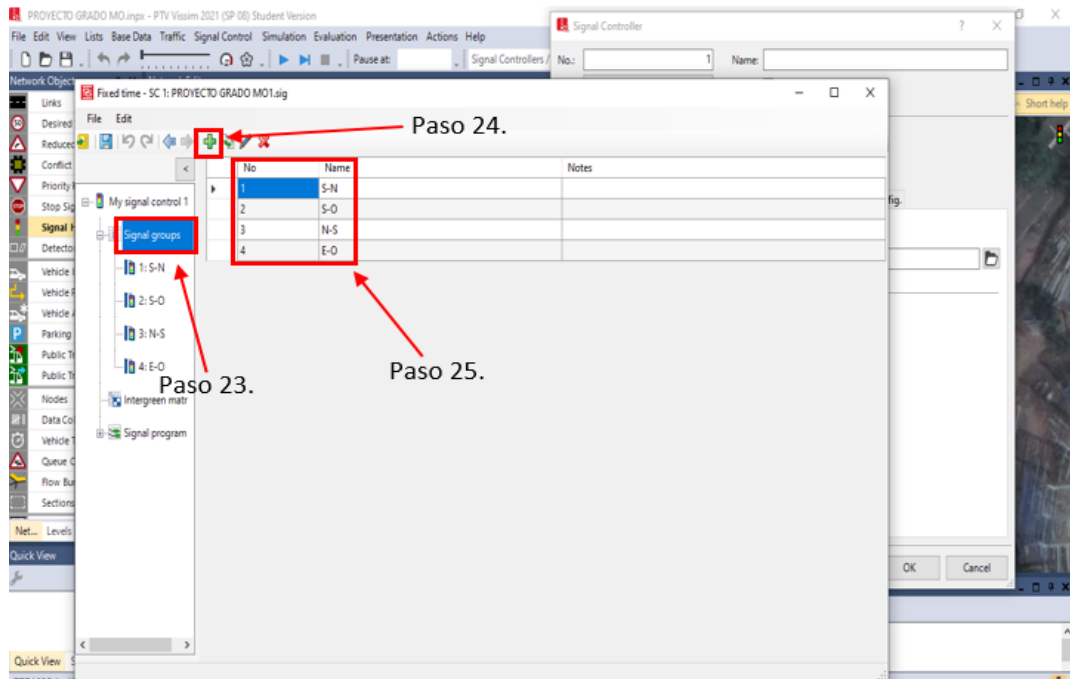
Figura 31. Proceso de simulación paso 20-22.



Fuente: elaboración propia.

Después del paso 22, se abrirá una pestaña en donde se definirán los grupos semafóricos que se necesiten en la modelación. Como primer paso, se dará clic en la pestaña de “Signal Groups” (paso 23), posteriormente, se dará clic en el botón de “+” (paso 24) para añadir los grupos semafóricos necesarios. Una vez se tengan todos los grupos necesarios, se les asignará el nombre respectivo a cada uno como se muestra en el paso 25.

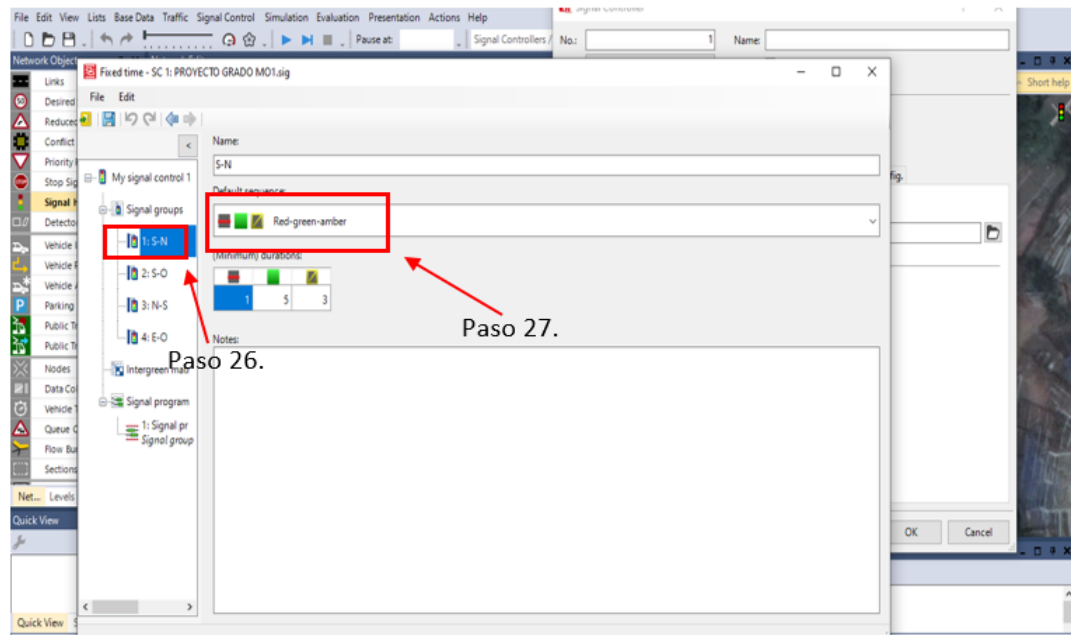
Figura 32. Proceso de simulación paso 23-25.



Fuente: elaboración propia.

Una vez asignado los grupos con sus respectivos nombres, se le dará clic en cada uno de estos (paso 26) con el fin de asignar los tipos de color de cambio semafórico que se requiera en la modelación (paso 27), para este caso, se utilizó los colores rojo-verde-amarillo. Este procedimiento se debe hacer con cada grupo.

Figura 33. Proceso de simulación paso 26-27.

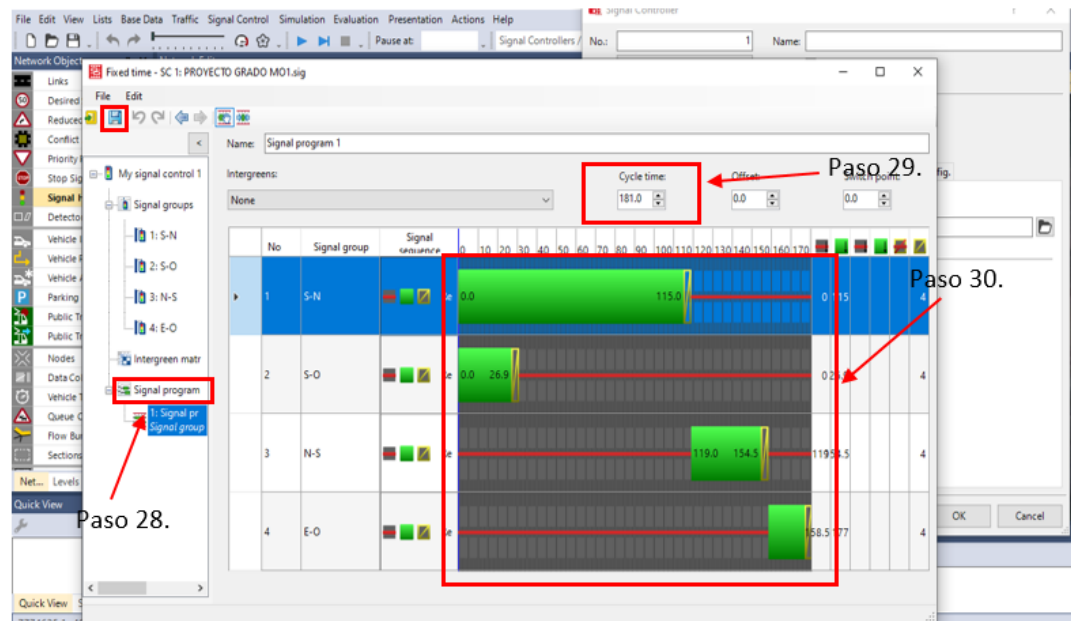


Fuente: elaboración propia.

Como siguiente paso, se tiene el diseño del tiempo semafórico, donde el primer paso consiste dar clic en la opción de “Signal Program” (paso 28), el cual nos abre una ventana donde podremos definir el tiempo total de los ciclos semafóricos de cada grupo (paso 29), posteriormente pasamos al paso 30 donde se definirán los tiempos según su orden, el cual, para el ejemplo se tiene que el grupo S-N y S-O empiezan desde cero, ya que son el primer cambio en el ciclo de este, como el tiempo en luz verde del grupo S-O es menor que el de S-N, este se definirá únicamente hasta dónde lo indique, en el caso del grupo N-S, este hace el cambio una vez culmine el tiempo del luz verde sumado el corto tiempo de luz amarilla del grupo S-N.

El grupo N-S comenzará desde el tiempo que se tiene de la sumatoria de los 115 seg de luz verde más los 4 seg que se tiene de luz amarilla por parte del grupo anterior, por lo tanto, este grupo empezaría desde 119 seg y posteriormente a esto se le sumará el tiempo en luz verde que se tiene en el grupo N-S para así completar su ciclo. Este proceso se hará con cada grupo que se tenga en el diseño.

Figura 34. Proceso de simulación paso 28-30.

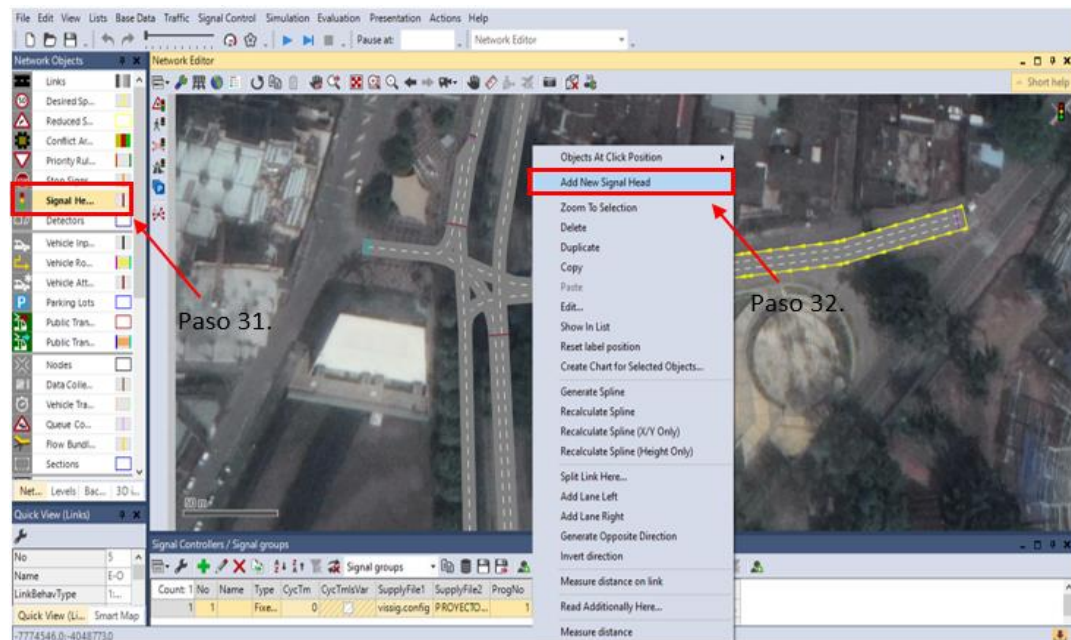


Fuente: elaboración propia.

Una vez se hayan definido todos los tiempos semafóricos, se dará clic en la opción de guardado que se tiene en el botón de la esquina superior izquierda que se tiene en la figura 34. Posteriormente se dará clic en el botón “Ok” de la figura 31 para que quede creado el grupo con éxito.

Para incorporar la modelación de los semáforos, se dará clic en la opción de “Signal Head” (paso 31), luego, sobre la vía se dará clic derecho y en la lista de opciones se escogerá la opción de “Add New Signal Head” (paso 32).

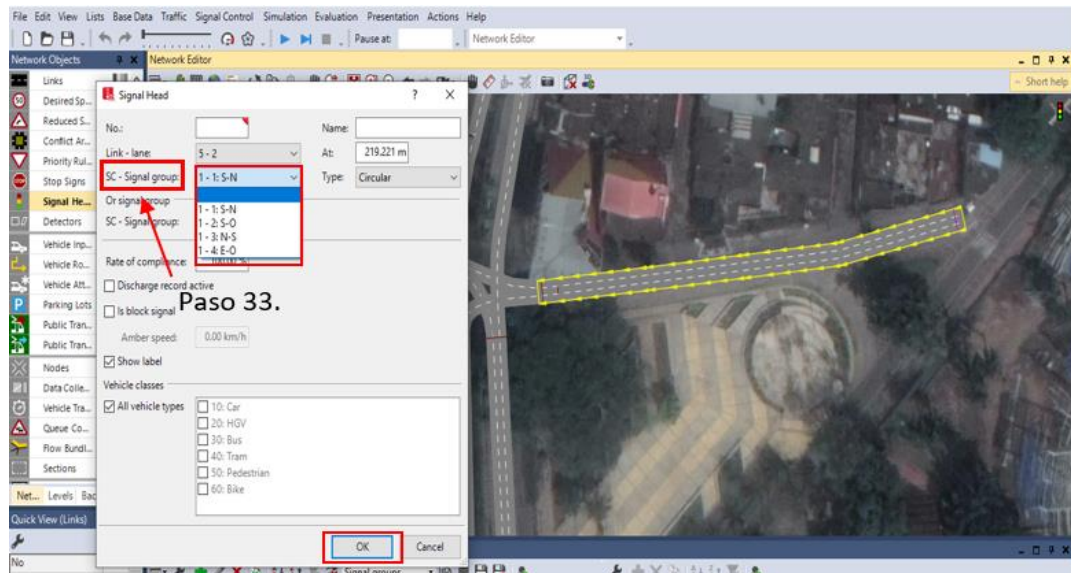
Figura 35. Proceso de simulación paso 31-32.



Fuente: elaboración propia.

Una vez realizado el paso 32, aparecerá una ventana donde se definirá el tipo de grupo que se necesite en la vía según su sentido de circulación, lo cual, se dará clic en la opción de “SC- Signal Group” (paso 33). Finalmente se dará clic en la opción “Ok”. Este proceso se realizará en cada vía que se necesite el diseño semafórico.

Figura 36. Proceso de simulación paso 33.



Fuente: elaboración propia.

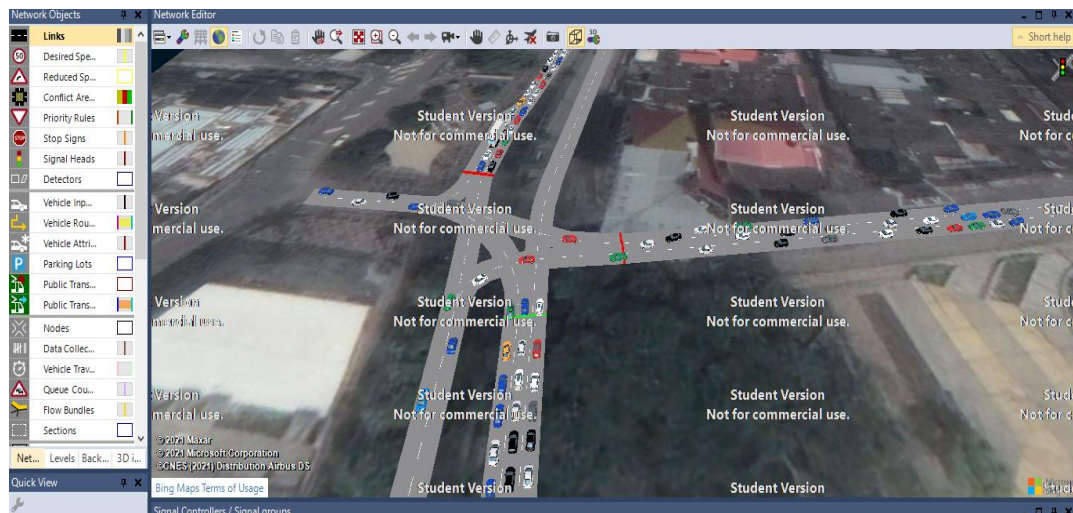
Finalmente, una vez se haya incorporado cada uno de los parámetros anteriormente explicados, se podrá evaluar la modelación como se muestra en el paso 34.

Figura 37. Proceso de simulación paso 34.



Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Simulación de la intersección.



Fuente: elaboración propia.

En la figura 38 se puede observar una de las grandes problemáticas que se presentan en la intersección, en el cual, el tiempo de cambio semafórico para los vehículos que van en sentido E-S y de S-N es un periodo muy corto, teniendo también en cuenta la alta demanda que se presentan en los días y horarios pico, lo cual, no permite que los vehículos que van en el sentido E-S tenga un debido paso sin ocasionar una congestión vehicular.

Tras realizarse el presente estudio y analizar los resultados obtenidos de los aforos vehiculares, se puede evidenciar la alta demanda vehicular que se tiene en la zona, esto lo podemos observar en las tablas de los días lunes y viernes (Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5), en el que se tuvo un promedio de 4.118 vehículos en el horario de la mañana y tarde entre ambos días de estudio, siendo estos, los días en los que se presenta una mayor congestión en la intersección, mientras que, para el día domingo su demanda vehicular es de menor volumen, teniendo un promedio de 2.210 vehículos entre el horario de mañana y tarde, como se puede observar en la Tabla 6 y Tabla 7.

Por lo tanto, es posible indicar que la mayor congestión que se presenta en la zona corresponden a los días en que los habitantes de Villavicencio tienen la necesidad de transportarse según sus diferentes intereses, es decir, por temas laborales, de estudio, salud, entre otros. Puesto que la intersección conecta con diferentes sectores importantes de la ciudad, como, por ejemplo, clínicas, universidades e institutos, sector comercial, entidades bancarias y gubernamentales, parques, etc. Por otra parte, el día domingo, al ser un día no laboral —de descanso—, los habitantes tienden a pasar su tiempo en casa o salen de la ciudad, por lo que, en la intersección se presenta una disminución notable en su demanda vehicular.

Cabe resaltar, que la intersección cuenta con una estabilidad del flujo vehicular “buena”, como se puede observar en las tablas, sin embargo, este no indica una mejor funcionalidad en la intersección, debido a que esta presenta un alto volumen vehicular y que, por consecuencia, se presenta una alta congestión en horas pico. Quintero y Quintero (2016) menciona que los mayores problemas de movilidad son consecuencias de las congestiones vehiculares debido al exceso de demanda contra su oferta, por lo que, independientemente de que la intersección presente factores de flujos vehiculares buenas, esta no soporta la masiva demanda vehicular que se tiene en los días y horarios pico.

Con respecto al comportamiento del flujo vehicular según su variación horaria, como se puede ver en los histogramas presentados, se observa variaciones regulares en los días de mayor demanda, debido a que en los intervalos pico se tiene una mayor afluencia en los volúmenes vehiculares. Con base a la composición vehicular que se presentan en los diagramas circulares, se evidencia un predominio de los vehículos tipo automóvil y motocicletas, seguidos de los buses, que, a pesar de tener un porcentaje menor a los anteriormente mencionados, estos representan un porcentaje significativo, ya que esta intersección cuenta con rutas de transporte público importantes en la ciudad.

Ahora bien, analizando los indicadores presentados mediante las tablas y las gráficas, es pertinente indicar o señalar aquellos aspectos desfavorables que se pueden observar por medio de estos datos. En primer lugar, la enorme congestión vehicular que se presenta en la intersección debido a los altos porcentajes de vehículos particulares, esto se puede atribuir al mal servicio por parte del transporte

público, provocando que los ciudadanos prefieran hacer uso de su medio de transporte personal y no utilizar un medio de transporte alternativo.

En segundo lugar, por medio del trabajo de campo (aforos vehiculares) se pudo observar que en la intersección se presentan algunos casos de imprudencia, un ejemplo de esto son los conductores del transporte público, quienes recogen o dejan pasajeros en cualquier tramo de la intersección, generado grandes congestionamientos y exponiendo la vida de los pasajeros y de los conductores que circulan por esta, adicional a esto, los peatones hacen caso omiso a las señales, donde se les informa la zona en la que pueden tomar o bajarse del bus, de tal manera que no afecte el flujo vehicular.

Con el fin de brindar soluciones a las diferentes problemáticas anteriormente mencionadas, se busca plantear diferentes alternativas de solución que puedan atribuir hacia una mejora vial en el sitio de estudio.



Capítulo 4.

Alternativas de solución.



4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

4.1. Congestión. Debido a que la congestión se traduce a un alto número de vehículos que circulan por una vía en específico, se hace necesario implementar medidas que restrinjan la circulación de estos en un menor porcentaje que se pueda aplicar a una parte importante del parque automotor. (Alberto Bull, 2003).

La restricción vehicular se basa en prohibir el tránsito de una parte de los vehículos en zonas y periodos de tiempo específicos, en días que se presenten una mayor demanda vehicular. Esto con el fin de tener una reducción en factores de congestión y contaminación ambiental. (Alberto Bull, 2003).

Figura 39. Ejemplo de señalización de acceso restringido.



Fuente: <https://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/350198/restricci-n-vehicular-vuelve-el-lunes>

Esta restricción se hará de manera rotativa entre vehículos particulares sin verse afectado el transporte público, ya que este es el transporte alternativo que genera una menor congestión por cada pasajero transportado. Para el caso de estudio se

podría tener una restricción vehicular en los días y horas pico, específicamente en el horario de 7:00 a.m. – 9:00 a.m. y de 12:30 p.m. - 2:30 p.m. debido a que se tiene una mayor demanda vehicular según los datos arrojados.

Bull (2003) menciona las ventajas y desventajas que se puede tener en la implementación de esta restricción.

Algunas de sus ventajas, son su efectividad en un corto plazo, ya que, al tener menos vehículos en circulación, las velocidades van a ser mayores, lo que conlleva a la disminución en los tiempos de viaje, la disminución de la contaminación y un bajo costo en la implementación de la medida.

Por otra parte, algunas de sus desventajas son la vulneración del derecho a libre circulación, sin embargo, esta cuenta con accesos alternos, para quienes deseen ir a la zona céntrica de la ciudad, otra dificultad que se tendría es el seguimiento para el cumplimiento de la medida, ya que, en periodos pico es difícil detener vehículos sin generar demoras en la circulación.

4.2. Oferta y demanda. Gran parte de la problemática de congestión en las vías, se debe a la alta demanda vehicular, debido a la tendencia de utilizar únicamente el automóvil como medio de transporte, esto frente a la poca oferta de infraestructura vial optima en las ciudades. (Alberto Bull, 2003).

Como medida reguladora, se podría implementar el cobro de una tarifa vial, esto consiste en generar pagos por parte de aquellos usuarios que quieran circular por zonas o vías que presente una alta congestión vehicular, que, por lo general, se darán en las horas pico. La implementación de esta tarifa pondría freno al uso del vehículo personal, sin ser una medida impuesta obligatoria. El cobro de dicha tarifa se le hará a quienes deseen pasar por la zona de estudio, de tal manera que los usuarios que generan el pago y deseen circular por esta, estén debidamente identificados. (Alberto Bull, 2003).

Figura 40. Ejemplo de zona con tarifa vial.



Fuente: <https://www.asiaone.com/singapore/erp-rates-set-rise-seven-gantries>

Bull (2003) destaca algunas ventajas y desventajas que se pueden tener en la implementación de esta medida.

Algunas ventajas son la posible efectividad, aun cuando no se cuente con mucha evidencia objetiva de este, sin embargo, esta medida podría alcanzar resultados notables debido a la disminución de los viajes en automóvil durante las horas pico, incentivando al uso del transporte público.

Las disminuciones de la emisión de gases tóxicos cumplen un papel importante en las ventajas de esta medida, ya que al reducir la cantidad de vehículos en circulación se genera una mayor fluidez vehicular. Y, por último, la generación de recursos económicos para proyectos futuros que beneficiarían a la ciudad.

Por otro lado, las desventajas que se deben considerar, es el incremento de la congestión en las zonas y horas no tarifadas, es decir, vías alternas y horarios en los que no se tienen una mayor demanda. La dificultad para la regulación de esta medida es otro de los aspectos desfavorables que se podrían presentar, así mismo, la oposición hacia la medida por parte de los ciudadanos, sería un punto negativo para la implementación de esta.

La falta de nuevas tecnologías en la ciudad hace que esta tenga un grado de dificultad para la implementación y la ausencia de entidades reguladoras que se

encarguen de recaudar y gestionar los recursos que se generan a partir de esta medida.

4.3. Señalización vial. La finalidad de una buena señalización de carreteras es lograr un flujo de tráfico óptimo además de seguro, puesto que, en una vía es de vital importancia tener una buena señalización que configure su funcionamiento y que permita a los usuarios conocer las leyes de tráfico aplicables. La señalización es una forma de interacción con la carretera que nos permite ajustarnos a un uso adecuado.

En contraste con lo anterior, la intersección cuenta con señalización vial, sin embargo, esta no es suficiente y se percibe que no es funcional, por tal razón, los conductores dejan y recogen pasajeros en zonas indebidas, donde muchas veces ponen en riesgo la integridad de los mismo y de aquellos que también circulan por esta vía. Con la mejora de las señales verticales y demarcaciones horizontales, se busca brindar mayor información sobre las normas de tránsito establecidas en la zona, de tal forma que se pueda tener una mejor fluidez vehicular y evitar accidentalidad en la zona, dando una mayor seguridad para los pasajeros, conductores y peatones.

Figura 41. Señalización vial en el sitio de estudio.



Fuente: Angie Alexandra Fajardo Moreno©, Yeimy Lizeth García Rey©. (9 de agosto de 2021).

Las señalizaciones viales tienen diversas ventajas, como ordenar y brindar mayor seguridad e información en las vías, ya que están indican las limitaciones,

precauciones o el acceso a estas, adicionalmente establecer un flujo vehicular más ágil, seguro, eficiente y cómodo permitiendo un uso adecuado de las redes viales.

Sin embargo, un punto negativo para la implementación de este tipo de señales en el sitio de estudio, es el caso omiso por parte de los conductores, siguiendo con su comportamiento habitual, contribuyendo así al no mejoramiento de la problemática actual.



Capítulo 5.

Conclusiones.



5. CONCLUSIONES.

5.1. De los estudios de volúmenes vehiculares en los contextos geográficos

Estos se enfocan en determinar los principales indicadores que inciden en las problemáticas de movilidad que se tienen en las grandes ciudades, utilizando el estudio de tránsito y transporte como principal herramienta de evaluación del comportamiento actual y futuro del flujo vehicular. Los estudios realizados en diferentes contextos geográficos tienden a usar el método de conteo manual para la recolección de datos, de tal manera que puedan observar, analizar y cuantificar las características que se tiene en el sitio de interés. Adicionalmente, utilizan herramientas digitales de georreferenciación y micro simulación, que les permite un mejor análisis y caracterización del objeto de estudio.

5.2. De la metodología propuesta

Es posible mencionar, que el método de estudio propuesto puede ser aplicable para diferentes tipos de intersecciones y glorietas, puesto que se tiene la evaluación de los principales indicadores que influyen en la movilidad, tales como, volumen vehicular, Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD), variación horaria, Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD) y caracterización de la composición vehicular, que permiten analizar e identificar el comportamiento del flujo vehicular. Sin embargo, es necesario complementar estos análisis con estudios que determinen la capacidad y el nivel de servicio de la vía, además de esto, establecer la duración del ciclo y fases semafóricas. Asimismo, tener una caracterización de la vía, esto en cuanto a señalización, estado actual de la malla vial, entre otros.

5.3. De los resultados

Cabe resaltar la alta demanda vehicular que se presenta en la intersección en los días lunes y viernes, a pesar de que se tiene un factor de estabilidad del flujo vehicular “buena”, este no refleja una óptima operatividad de la intersección, puesto que en la zona se presenta una congestión vehicular considerable, debido al predominio de los vehículos particulares que se tienen allí. Asimismo, la carencia de señalización y cultura vial inciden en las problemáticas de la movilidad.

5.4. De las alternativas propuestas

Se establecieron aquellas que brindaran una solución factible sin hacer una intervención en la infraestructura vial, evitando así, un sobre costo en la implementación de estas, por el contrario, se generarían ingresos adicionales que puedan ser aprovechados para futuros proyectos que contribuyan a un mejoramiento en la movilidad de la ciudad.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Álvarez Gámez, A. G., Barrera Vergara, N. M., & Soler García, M. J. (2019). Diseño de semaforización y señalización vial en la intersección ubicada en la calle 21 entrada san antonio, camino ganadero. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500,12494,13740>.
- Angulo Posada, J. J., González Bedoya, D. A., & Cardona Montoya, Y. (2021). Diagnóstico del volumen de tránsito y medición de velocidad a la Intersección de la Calle 17 con Carrera 15 de la Ciudad de Pereira.
- Astros Jara, K. A., & Rubiano Sierra, M. F. (2021). Diseño de intersección vial y análisis de tránsito vehicular para plan de semaforización entre la calle 21 sur con carrera 44 ubicado en el barrio catumare, comuna 8 de Villavicencio.
- Dominguez Vásquez, A. A. (2020). Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular aplicando la Metodología HCM 2000.
- Esparza, A. (2020). Aforo vehicular. Universidad Autónoma de Durango. Aguascalientes, México.
- Gonzales Herrera, E.D., (2018). Movilidad Urbana Sostenible. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313972/movilidadurbanasostenible.pdf>
- Instituto Nacional de Vías. (2008). Manual de diseño geométrico de carreteras. Colombia. Ministerio de Transporte.
- Intriago, K. R., Estrada, E. O., Fernández, J. O., & Urgiles, F. E. (2018, July). Descongestionamiento vehicular del redondel el bananero mediante enlace vehicular en la avenida 25 de junio. In Conference Proceedings (Vol. 2, No. 2).
- Jerez Hernández, Á. G., & Morales Santos, O. E. (2015). Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de las intersecciones con mayor demanda en la ciudad de Azogues (Bachelor's thesis).
- Llanos Sáenz, E. O. (2017). Análisis del tráfico vehicular de la rotonda en la intersección de las avenidas 25 de junio y alejandro castro benítez.
- Nina Huanca, A. (2017). Optimización del tráfico vehicular en las principales intersecciones del Jr. Mariano Núñez Butrón del centro de la ciudad de Juliaca.
- Pérez, Mariana. (Última edición:15 de febrero del 2021). Definición de Tránsito. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/transito/>. Consultado el 17 de julio del 2021.
- Pérez, Mariana. (Última edición:30 de enero del 2021). Definición de Transporte. Recuperado de: <https://conceptodefinicion.de/transporte/>. Consultado el 17 de julio del 2021.

- Portafolio (2016). Cinco soluciones modernas para mejorar la movilidad. Recuperado de: <https://www.portafolio.co/innovacion/cinco-soluciones-modernas-para-mejorar-la-movilidad-502060>.
- PTV Group. (s.f.). Productos. Obtenido de PTV Vissim: <https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-vissim-nuevo/>
- Quintero González, J. R., & Quintero González, L. E. (2016). El transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano. *Ingeniería Y Región*, 14(2), 87-97. <https://doi.org/10.25054/22161325.696>
- Salcedo Cruz, S. L. Propuesta para mitigar la congestión vehicular y mejorar el nivel de servicio en las intersecciones del centro de la ciudad de Huánuco. SUNEDU.
- Sánchez Ramírez, I. N.; González Castillo, C. C. & Quintero Jaimes, A. S. (2021). Diseño de una propuesta para el mejoramiento de movilidad vehicular y peatonal de la avenida mirolindo entre las calles 47 y 83 de Ibagué – Tolima [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/34296>
- Secretaria de Comunicaciones y Transporte. (junio, 2016)., Manual para obtener los volúmenes vehiculares de tránsito en carreteras. México.
- Verdezoto, T. Z. A., Montes, F. F. C., & Medina, O. B. R. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*, 21(2), 4-23.
- Yábar, Z., & Andrés, M. (2020). Diseño de un sistema registrador del tráfico vehicular con implementación de un algoritmo de análisis predictivo.

ANEXOS.

Datos aforos del día lunes.

Horario mañana.

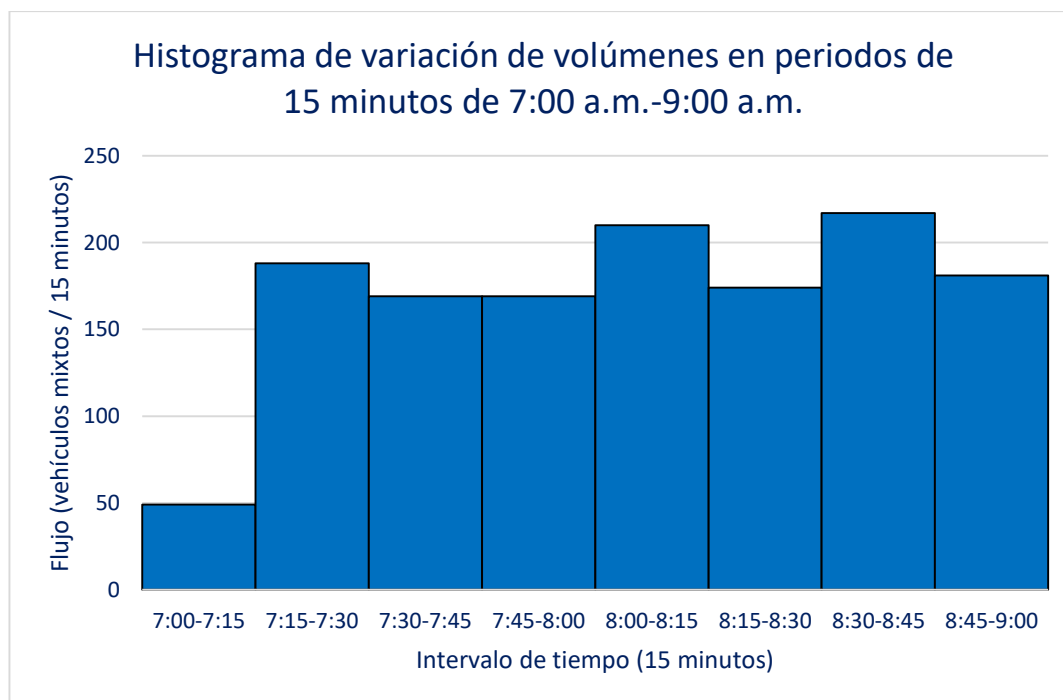
Movimiento 1.

Anexo 1. Tabla aforo del movimiento 1, día lunes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	30	16	3	0	0	0	0	0	0	0	49	
7:15-7:30	2	70	109	4	2	1	0	0	0	0	3	188	
7:30-7:45	0	51	114	0	4	0	0	0	0	0	4	169	
7:45-8:00	4	62	103	0	0	0	0	0	0	0	0	169	575
8:00-8:15	4	84	121	0	1	0	0	0	0	0	1	210	736
8:15-8:30	1	69	104	0	0	0	0	0	0	0	0	174	722
8:30-8:45	1	94	119	0	2	1	0	0	0	0	3	217	770
8:45-9:00	2	77	97	1	2	2	0	0	0	0	4	181	782
Sumatoria 2h	14	537	783	8	11	4	0	0	0	0	15	1357	

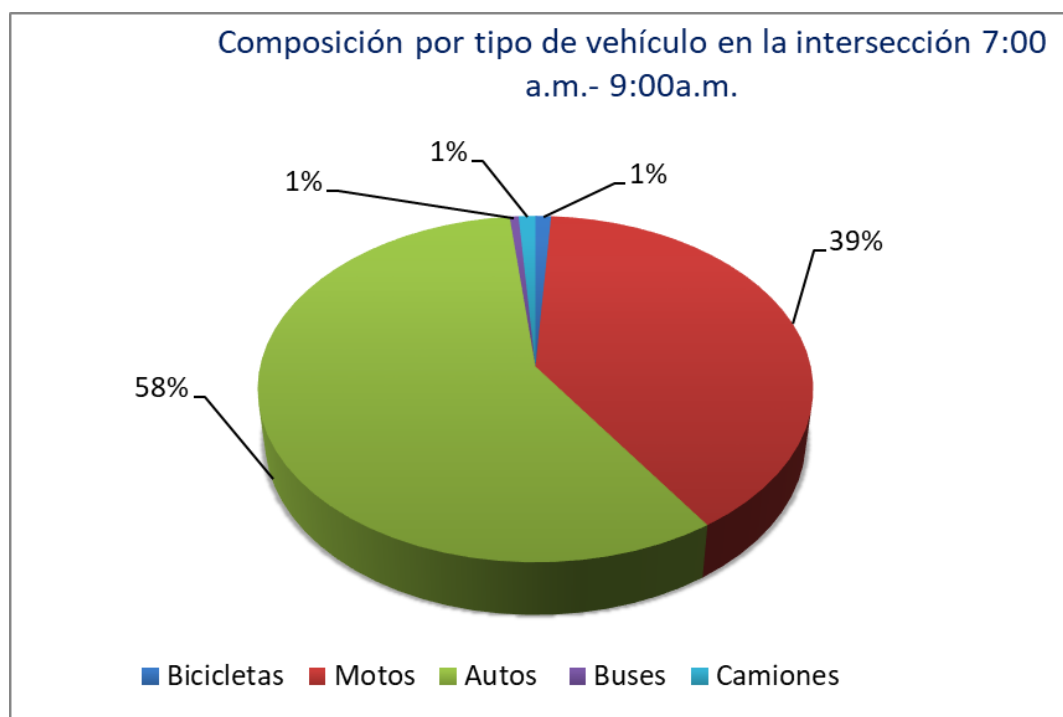
Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Histograma de variación del movimiento 1, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Composición vehicular del movimiento 1, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

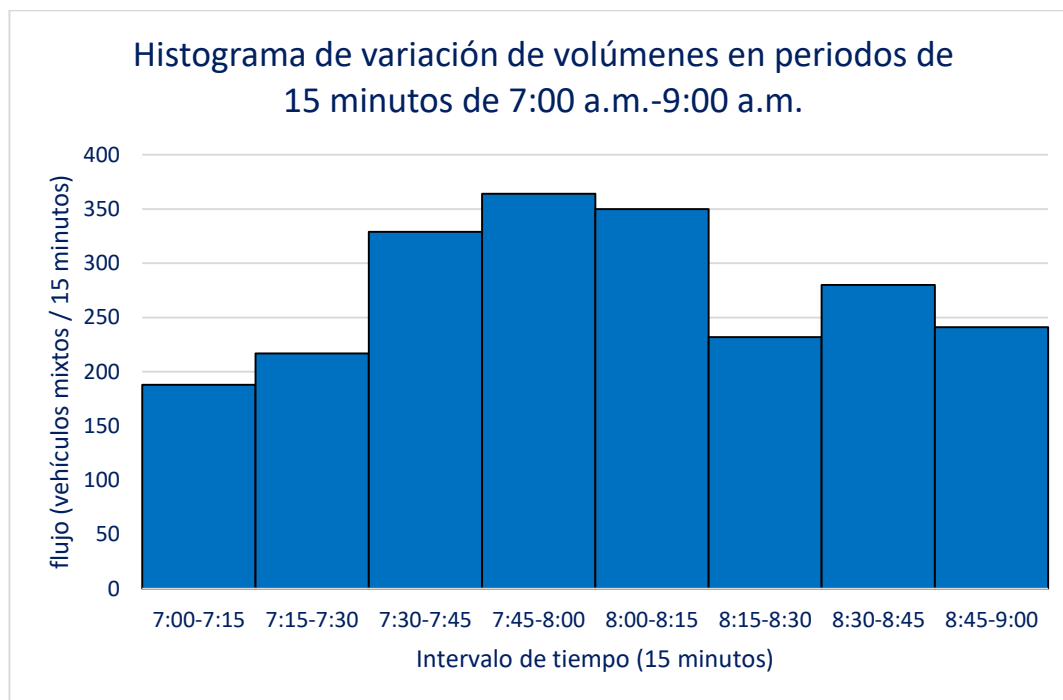
Movimiento 2.

Anexo 4. Tabla aforo del movimiento 2, día lunes, horario mañana.

Periodo	Bici.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	87	90	10	1	0	0	0	0	0	1	188	
7:15-7:30	1	95	109	11	1	0	0	0	0	0	1	217	
7:30-7:45	13	117	166	25	5	3	0	0	0	0	8	329	
7:45-8:00	2	153	182	21	3	3	0	0	0	0	6	364	1098
8:00-8:15	5	156	167	20	1	1	0	0	0	0	2	350	1260
8:15-8:30	5	113	96	12	5	1	0	0	0	0	6	232	1275
8:30-8:45	2	89	168	19	0	2	0	0	0	0	2	280	1226
8:45-9:00	0	92	132	15	1	1	0	0	0	0	2	241	1103
Sumatoria 2h	28	902	1110	133	17	11	0	0	0	0	28	2201	

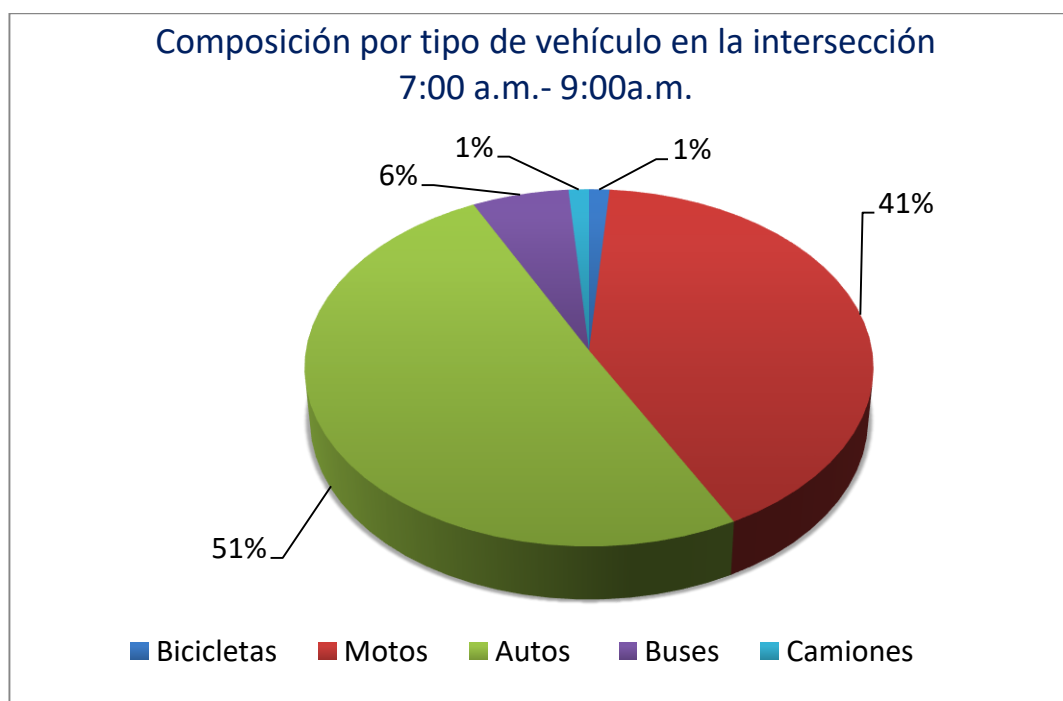
Fuente: elaboración propia.

Anexo 5. Histograma de variación del movimiento 2, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 6. Composición vehicular del movimiento 2, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

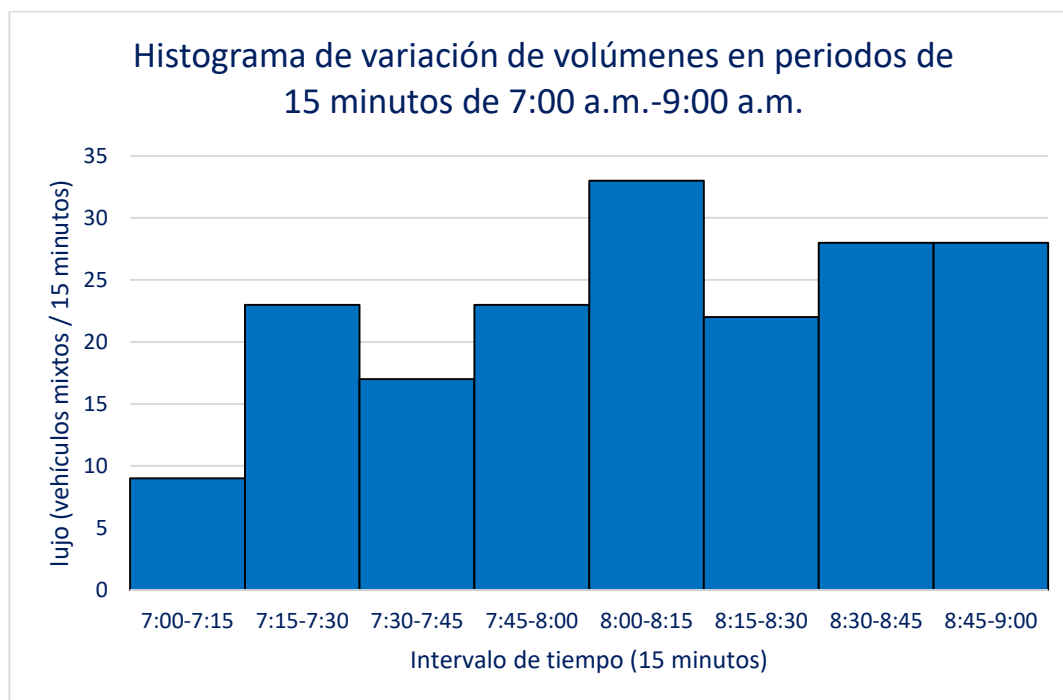
Movimiento 4.

Anexo 7. Tabla aforo del movimiento 4, día lunes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
7:15-7:30	2	6	15	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
7:30-7:45	0	8	8	0	0	1	0	0	0	0	1	17	
7:45-8:00	2	8	13	0	0	0	0	0	0	0	0	23	72
8:00-8:15	4	19	10	0	0	0	0	0	0	0	0	33	96
8:15-8:30	1	10	11	0	0	0	0	0	0	0	0	22	95
8:30-8:45	2	11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	28	106
8:45-9:00	4	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	28	111
Sumatoria 2h	15	78	89	0	0	1	0	0	0	0	1	183	

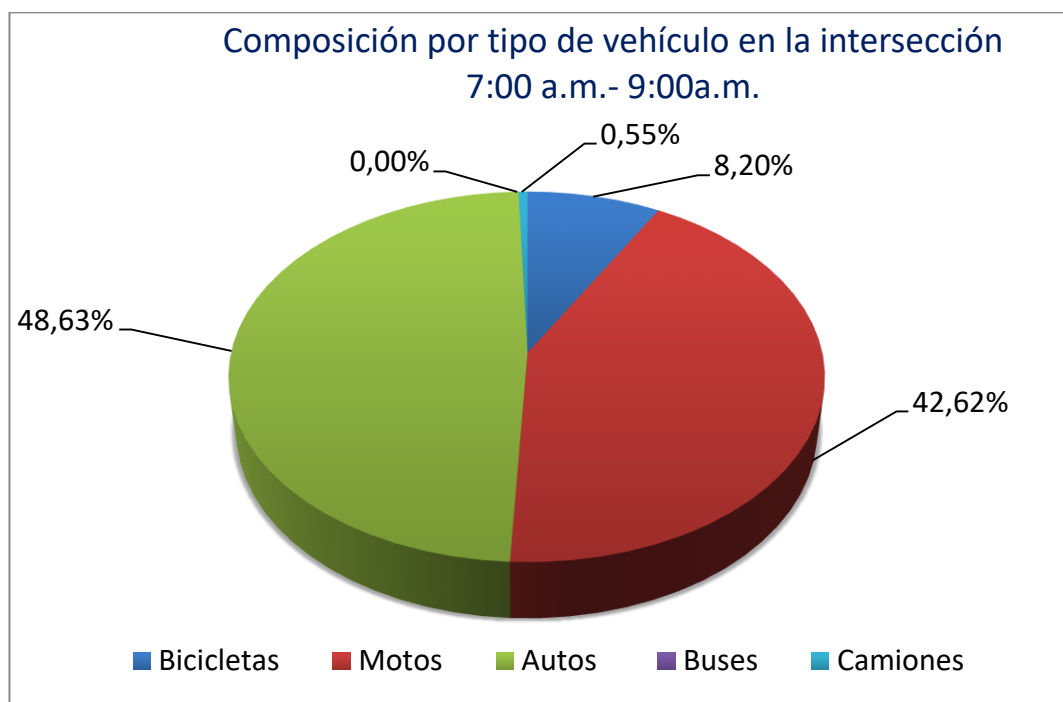
Fuente: elaboración propia.

Anexo 8. Histograma de variación del movimiento 4, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 9. Composición vehicular del movimiento 4 día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

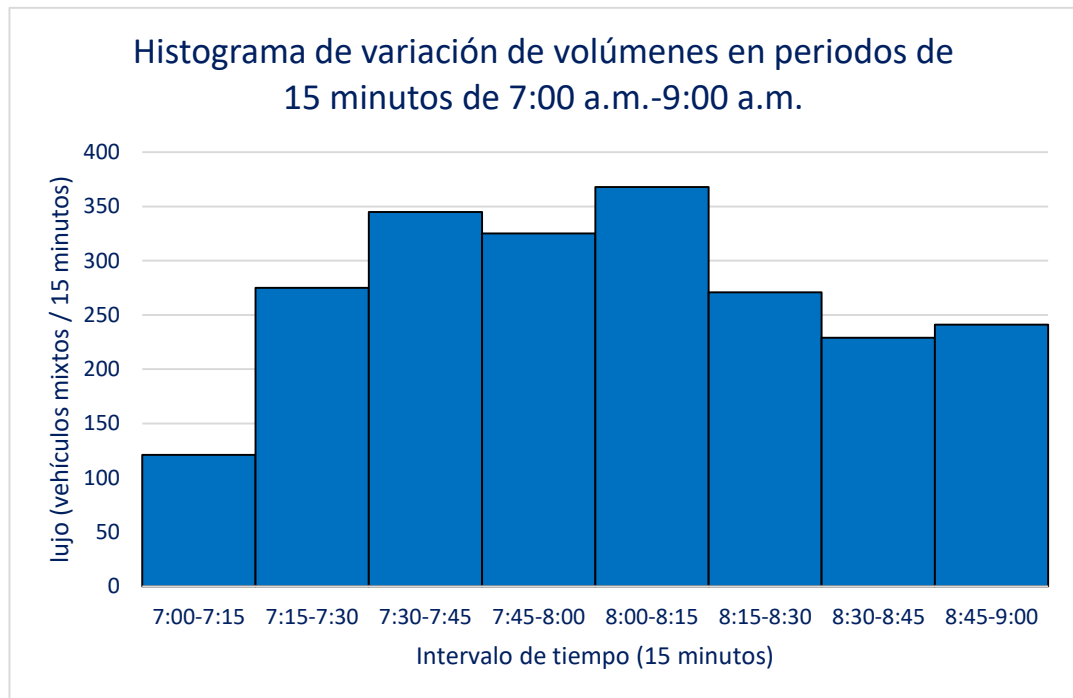
Movimiento 6.

Anexo 10. Tabla aforo del movimiento 6, día lunes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus.	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	50	70	0	1	0	0	0	0	0	1	121	
7:15-7:30	2	110	162	1	0	0	0	0	0	0	0	275	
7:30-7:45	4	153	187	0	1	0	0	0	0	0	1	345	
7:45-8:00	1	166	158	0	0	0	0	0	0	0	0	325	1066
8:00-8:15	1	179	187	0	1	0	0	0	0	0	1	368	1313
8:15-8:30	0	106	163	0	0	2	0	0	0	0	2	271	1309
8:30-8:45	1	92	134	1	1	0	0	0	0	0	1	229	1193
8:45-9:00	0	101	138	0	0	1	1	0	0	0	2	241	1109
Sumatoria 2h	9	957	1199	2	4	3	1	0	0	0	8	2175	

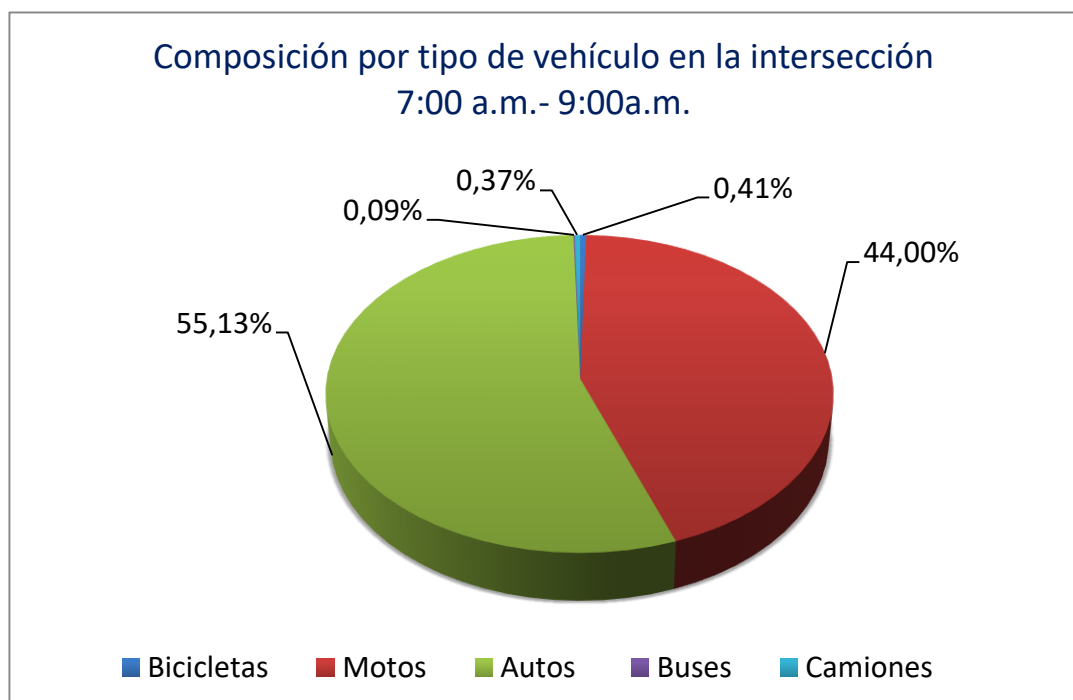
Fuente: elaboración propia.

Anexo 11. Histograma de variación del movimiento 6, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 12. Composición vehicular del movimiento 6, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

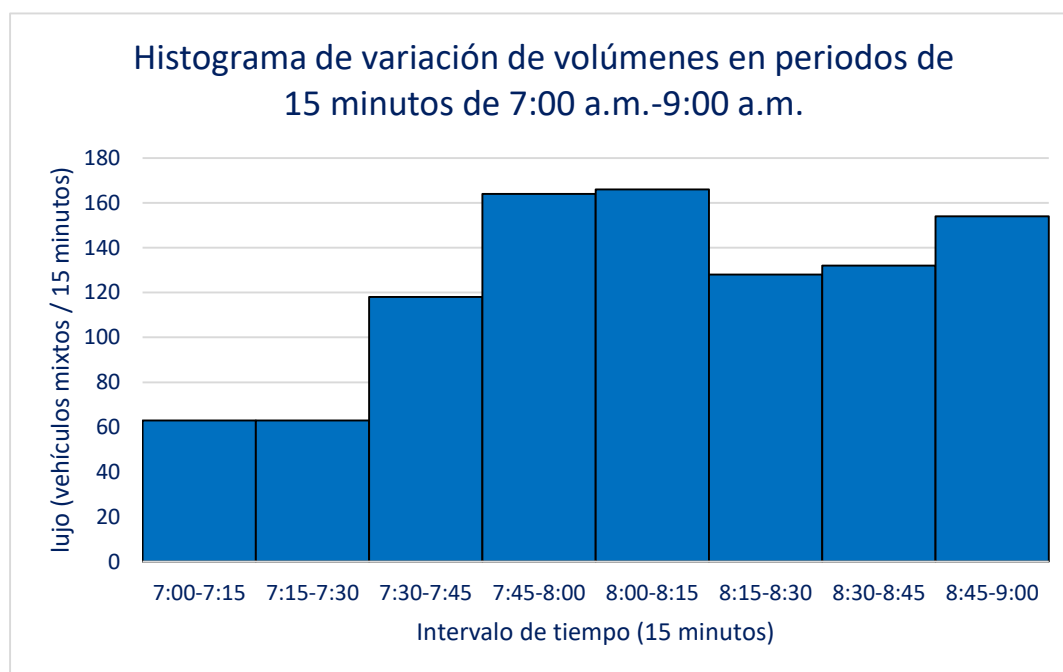
Movimiento 8.

Anexo 13. Tabla aforo del movimiento 8, día lunes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	23	25	15	0	0	0	0	0	0	0	63	
7:15-7:30	0	26	25	12	0	0	0	0	0	0	0	63	
7:30-7:45	0	30	61	24	1	2	0	0	0	0	3	118	
7:45-8:00	1	53	87	22	0	1	0	0	0	0	1	164	408
8:00-8:15	0	57	81	21	5	2	0	0	0	0	7	166	511
8:15-8:30	3	51	46	22	2	4	0	0	0	0	6	128	576
8:30-8:45	2	51	62	15	1	1	0	0	0	0	2	132	590
8:45-9:00	2	47	75	28	2	0	0	0	0	0	2	154	580
Sumatoria 2h	8	338	462	159	11	10	0	0	0	0	21	988	

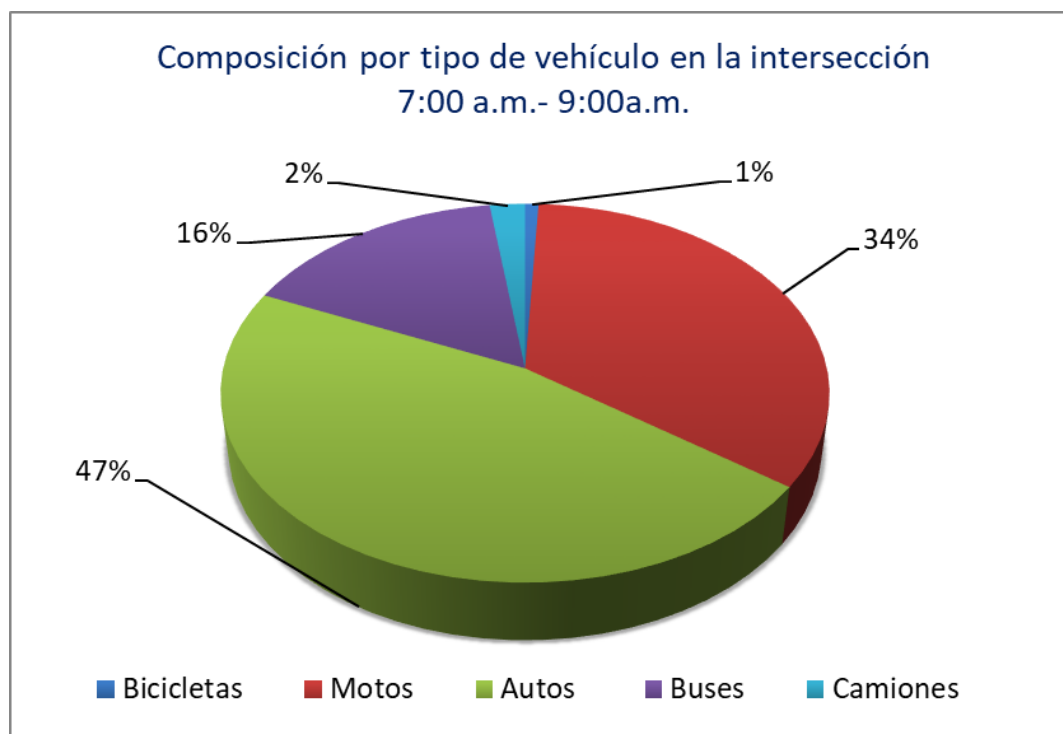
Fuente: elaboración propia.

Anexo 14. Histograma de variación del movimiento 8, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 15. Composición vehicular del movimiento 8, día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

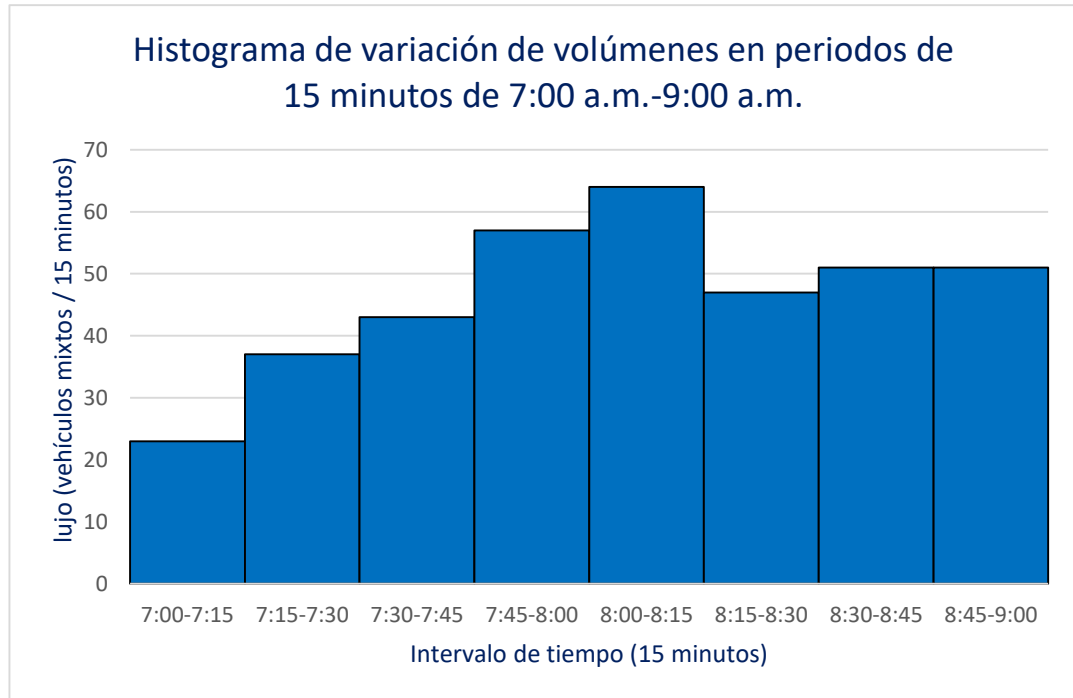
Movimiento 9(1).

Anexo 16. Tabla aforo del movimiento 9(1), día lunes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	1	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
7:15-7:30	0	22	15	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
7:30-7:45	0	22	21	0	0	0	0	0	0	0	0	43	
7:45-8:00	0	31	26	0	0	0	0	0	0	0	0	57	160
8:00-8:15	0	21	43	0	0	0	0	0	0	0	0	64	201
8:15-8:30	1	16	30	0	0	0	0	0	0	0	0	47	211
8:30-8:45	0	26	25	0	0	0	0	0	0	0	0	51	219
8:45-9:00	0	19	31	1	0	0	0	0	0	0	0	51	213
Sumatoria 2h	2	169	201	1	0	0	0	0	0	0	0	373	

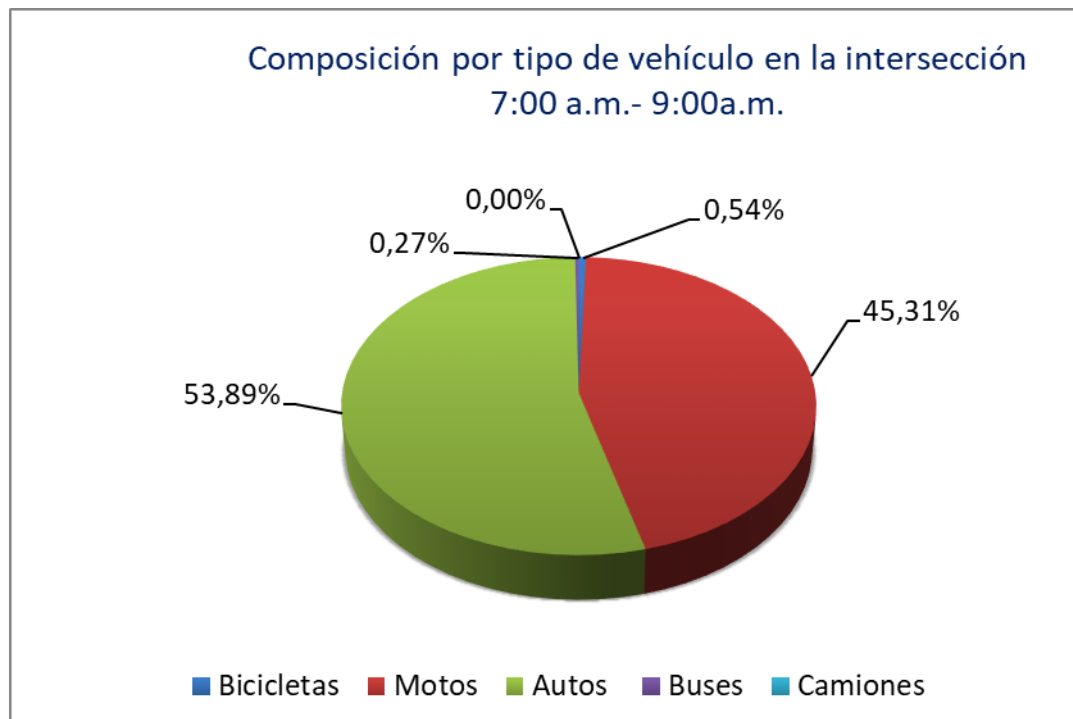
Fuente: elaboración propia.

Anexo 17. Histograma de variación del movimiento 9(1), día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 18. Composición vehicular del movimiento 9(1), día lunes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Horario Tarde.

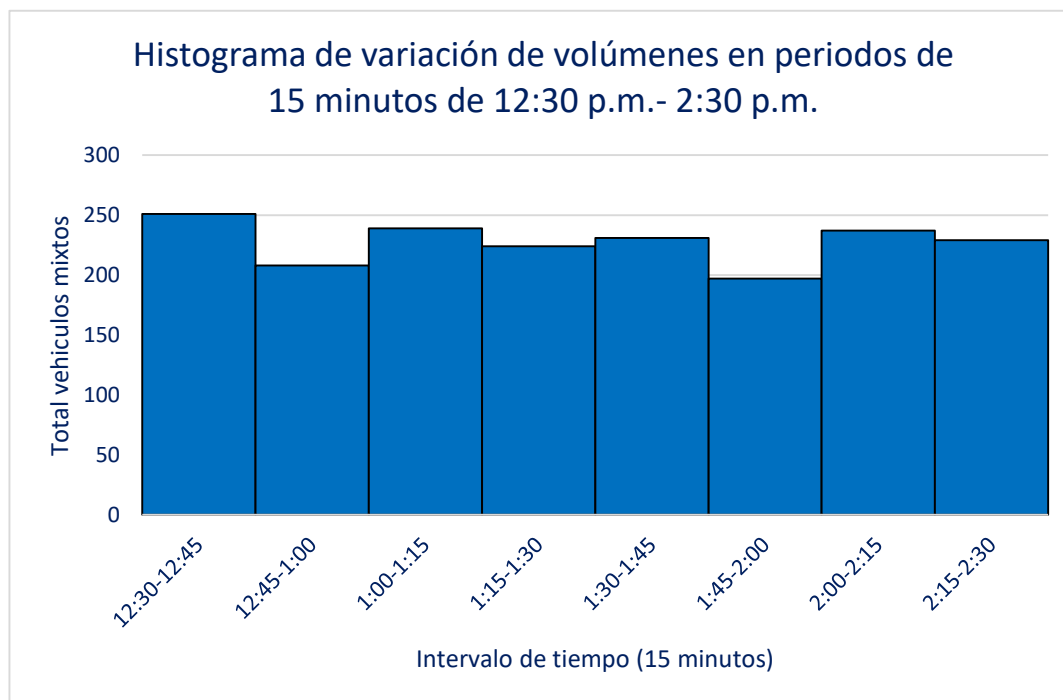
Movimiento 1.

Anexo 19. Tabla aforo del movimiento 1, día lunes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	2	120	125	1	2	1	0	0	0	0	3	251	
12:45-1:00	2	90	115	0	0	1	0	0	0	0	1	208	
1:00-1:15	4	114	116	0	5	0	0	0	0	0	5	239	
1:15-1:30	6	91	123	0	4	0	0	0	0	0	4	224	922
1:30-1:45	6	93	130	0	1	1	0	0	0	0	2	231	902
1:45-2:00	1	91	103	0	1	1	0	0	0	0	2	197	891
2:00-2:15	1	114	120	0	2	0	0	0	0	0	2	237	889
2:15-2:30	2	101	124	0	1	1	0	0	0	0	2	229	894
Sumatoria 2h	24	814	956	1	16	5	0	0	0	0	21	1816	

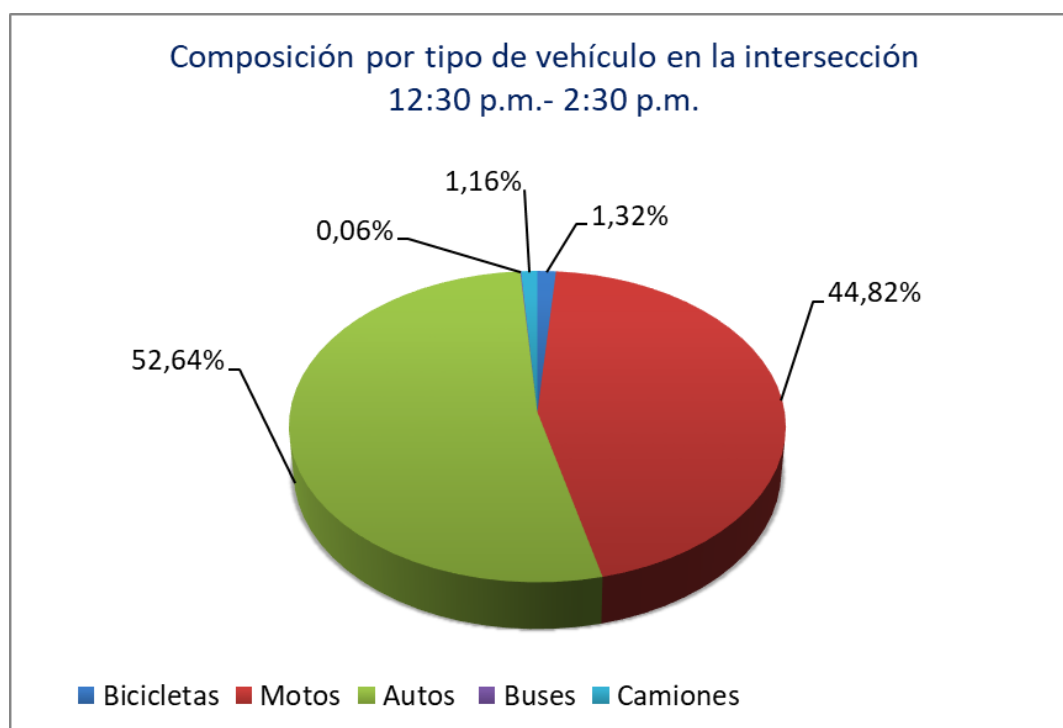
Fuente: elaboración propia.

Anexo 20. Histograma de variación del movimiento 1, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 21. Composición vehicular del movimiento 1, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

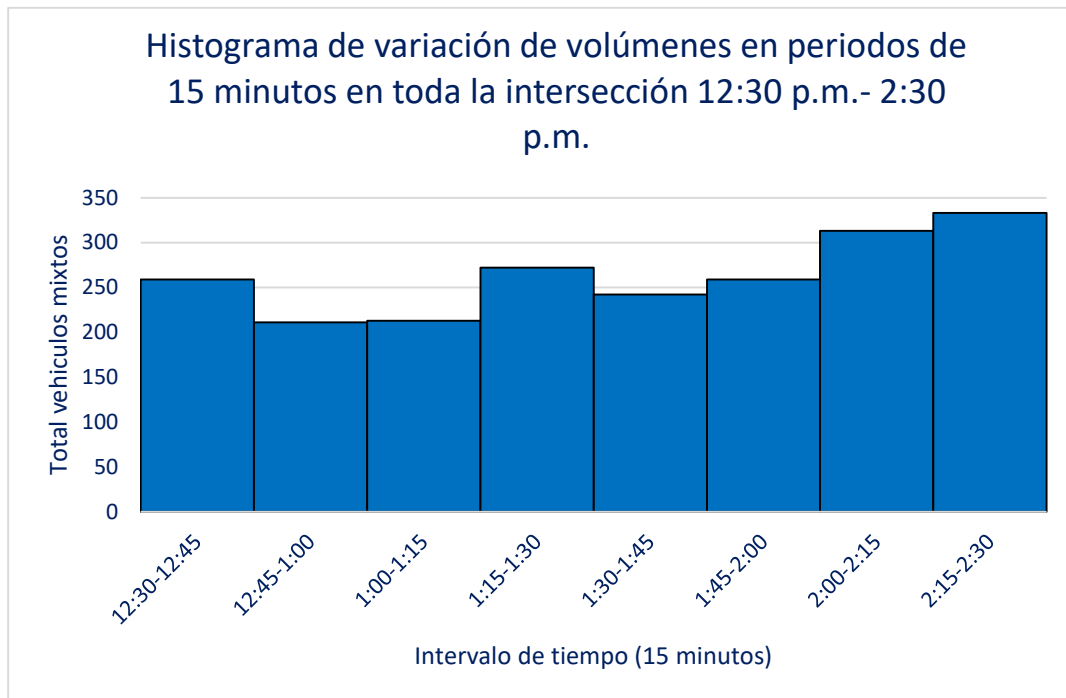
Movimiento 2.

Anexo 22. Tabla aforo del movimiento 2, día lunes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	1	118	123	14	2	1	0	0	0	0	3	259	
12:45-1:00	2	83	108	16	2	0	0	0	0	0	2	211	
1:00-1:15	4	97	101	11	0	0	0	0	0	0	0	213	
1:15-1:30	2	114	134	22	0	0	0	0	0	0	0	272	955
1:30-1:45	0	102	118	20	2	0	0	0	0	0	2	242	938
1:45-2:00	4	129	112	13	1	0	0	0	0	0	1	259	986
2:00-2:15	2	151	135	21	2	2	0	0	0	0	4	313	1086
2:15-2:30	0	139	172	17	5	0	0	0	0	0	5	333	1147
Sumatoria 2h	15	933	1003	134	14	3	0	0	0	0	17	2102	

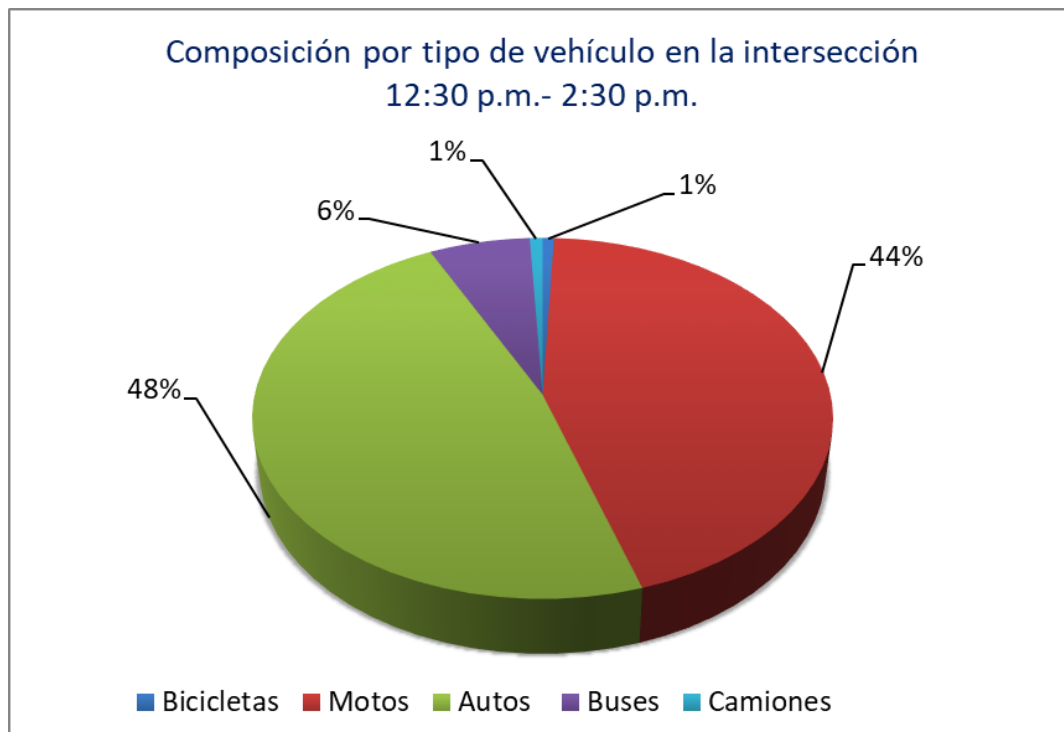
Fuente: elaboración propia.

Anexo 23. Histograma de variación del movimiento 2, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 24. Composición vehicular del movimiento 2, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

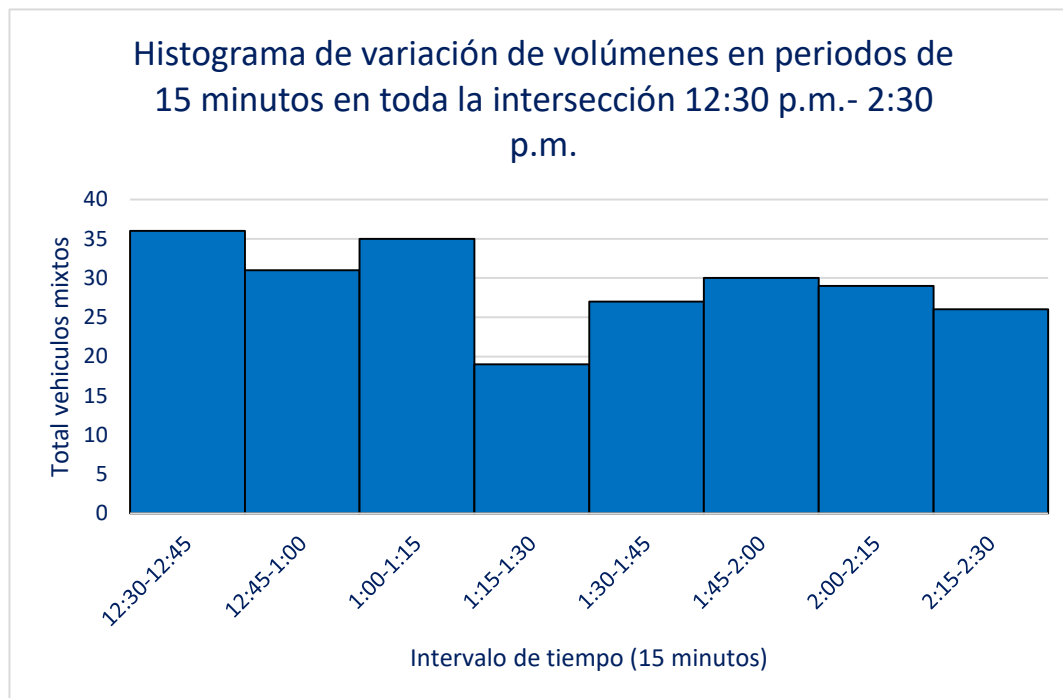
Movimiento 4.

Anexo 25. Tabla aforo del movimiento 4, día lunes, horario tarde.

Periodo	Bicicletas	Motos	Autos	Buses	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	1	15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	36	
12:45-1:00	0	14	17	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
1:00-1:15	1	21	13	0	0	0	0	0	0	0	0	35	
1:15-1:30	0	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	19	121
1:30-1:45	0	16	11	0	0	0	0	0	0	0	0	27	112
1:45-2:00	2	7	21	0	0	0	0	0	0	0	0	30	111
2:00-2:15	2	8	19	0	0	0	0	0	0	0	0	29	105
2:15-2:30	0	15	11	0	0	0	0	0	0	0	0	26	112
Sumatoria 2h	6	102	125	0	0	0	0	0	0	0	0	233	

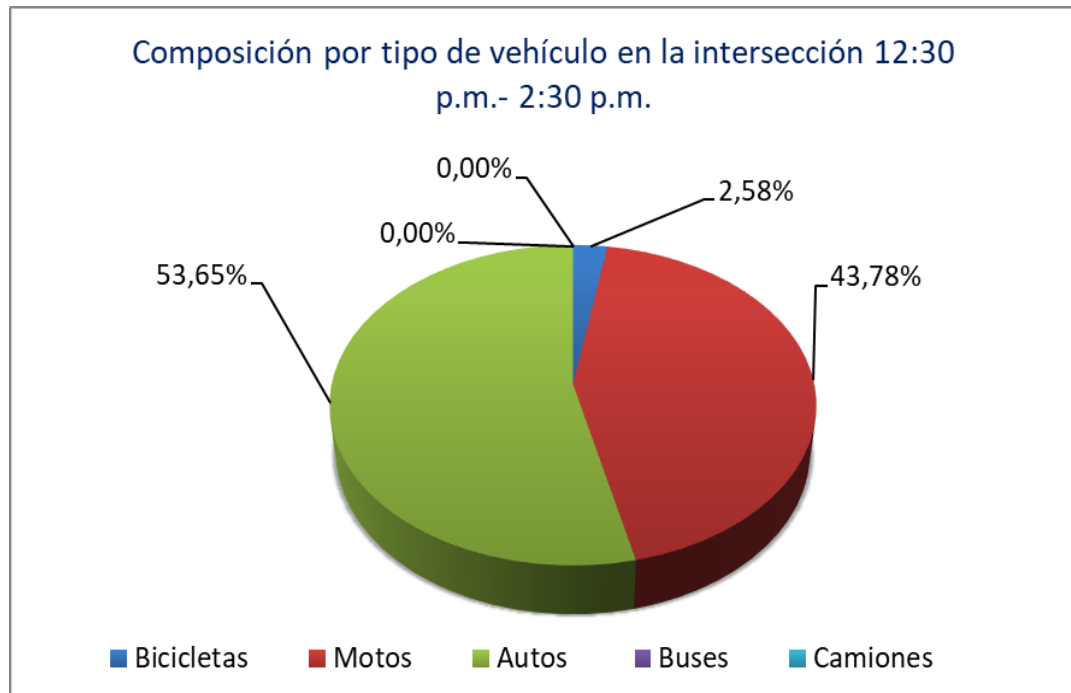
Fuente: elaboración propia.

Anexo 26. Histograma de variación del movimiento 4, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 27. Composición vehicular del movimiento 4, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

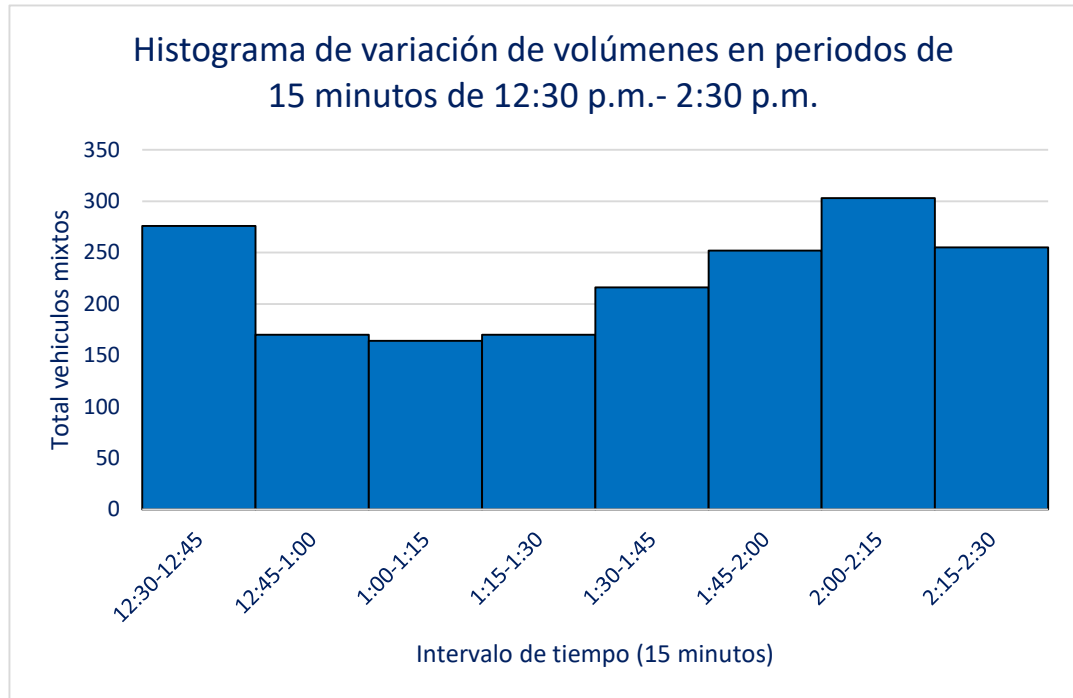
Movimiento 6.

Anexo 28. Tabla aforo del movimiento 6, día lunes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Autos	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	1	173	100	0	1	1	0	0	0	0	2	276	
12:45-1:00	1	89	78	0	0	2	0	0	0	0	2	170	
1:00-1:15	1	84	79	0	0	0	0	0	0	0	0	164	
1:15-1:30	0	71	99	0	0	0	0	0	0	0	0	170	780
1:30-1:45	0	100	115	0	0	1	0	0	0	0	1	216	720
1:45-2:00	1	143	108	0	0	0	0	0	0	0	0	252	802
2:00-2:15	1	146	156	0	0	0	0	0	0	0	0	303	941
2:15-2:30	3	107	145	0	0	0	0	0	0	0	0	255	1026
Sumatoria 2h	8	913	880	0	1	4	0	0	0	0	5	1806	

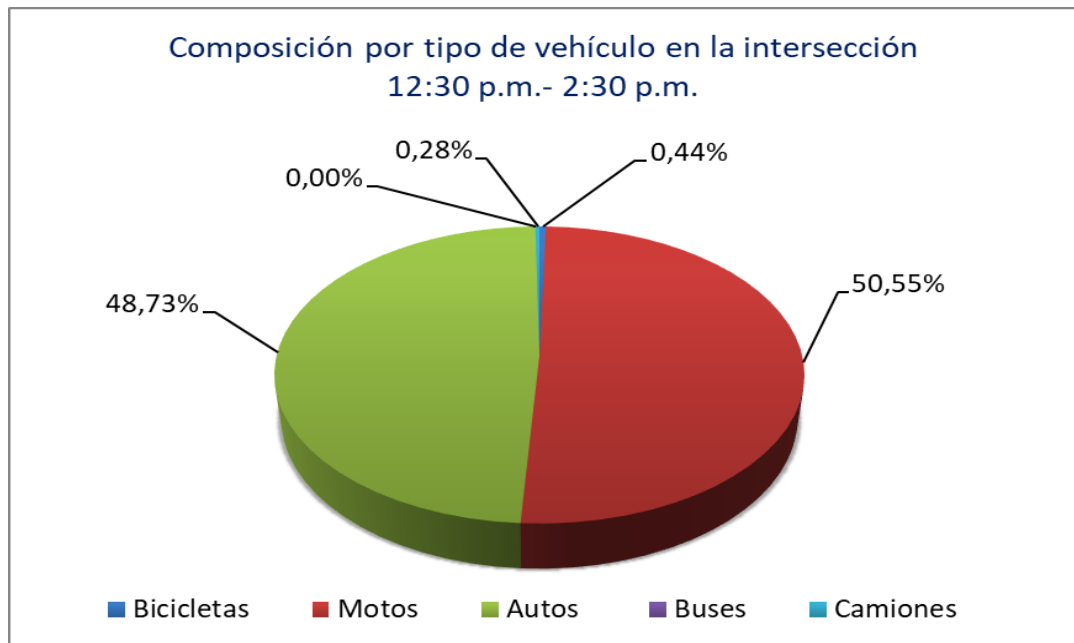
Fuente: elaboración propia.

Anexo 29. Histograma de variación del movimiento 6, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 30. Composición vehicular del movimiento 6, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

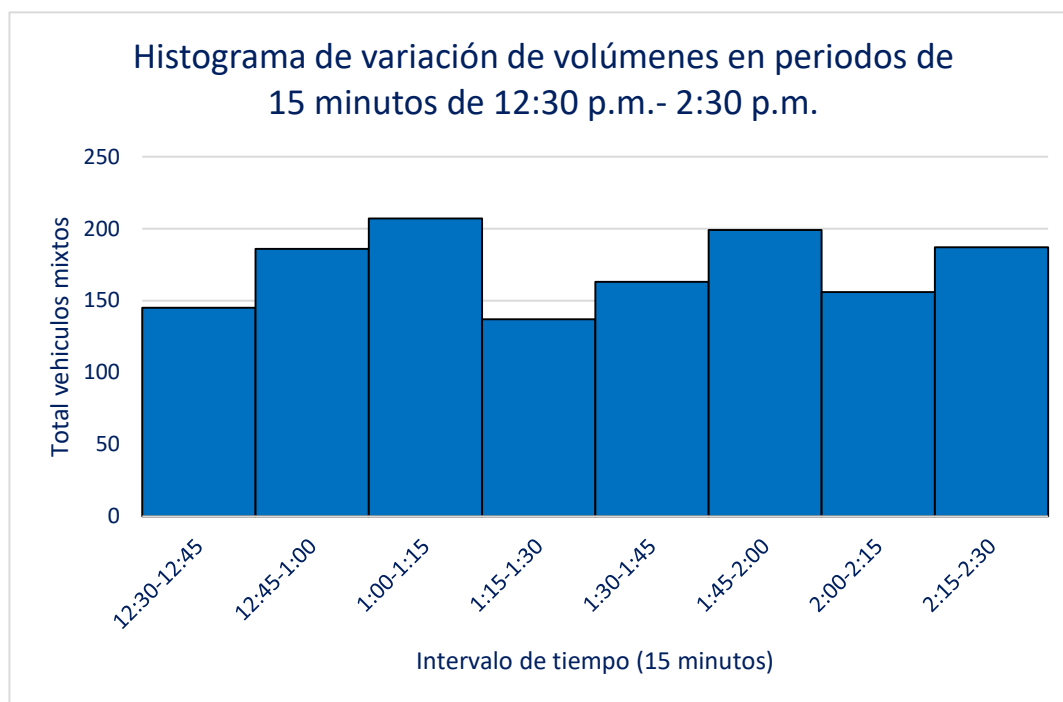
Movimiento 8.

Anexo 31. Tabla aforo del movimiento 8, día lunes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	0	48	68	29	0	0	0	0	0	0	0	145	
12:45-1:00	3	71	86	23	2	1	0	0	0	0	3	186	
1:00-1:15	3	87	90	23	3	1	0	0	0	0	4	207	
1:15-1:30	4	48	64	21	0	0	0	0	0	0	0	137	675
1:30-1:45	3	61	77	20	1	1	0	0	0	0	2	163	693
1:45-2:00	0	77	90	29	2	1	0	0	0	0	3	199	706
2:00-2:15	2	64	71	18	1	0	0	0	0	0	1	156	655
2:15-2:30	2	71	90	18	3	3	0	0	0	0	6	187	705
Sumatoria 2h	17	527	636	181	12	7	0	0	0	0	19	1380	

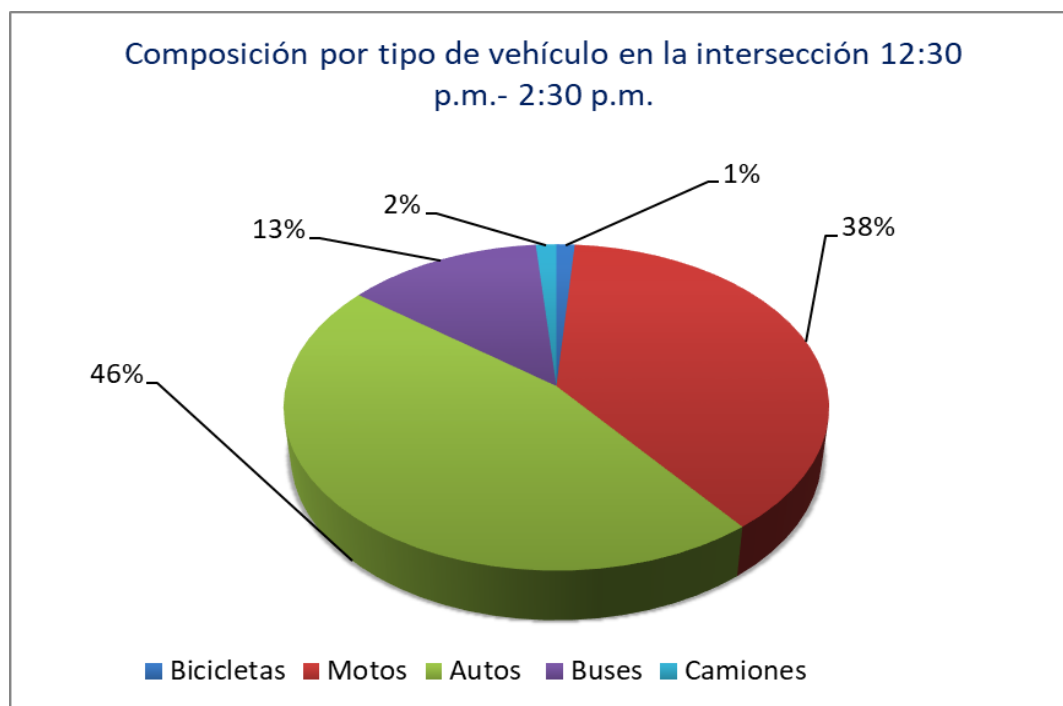
Fuente: elaboración propia.

Anexo 32. Histograma de variación del movimiento 8, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 33. Composición vehicular del movimiento 8, día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

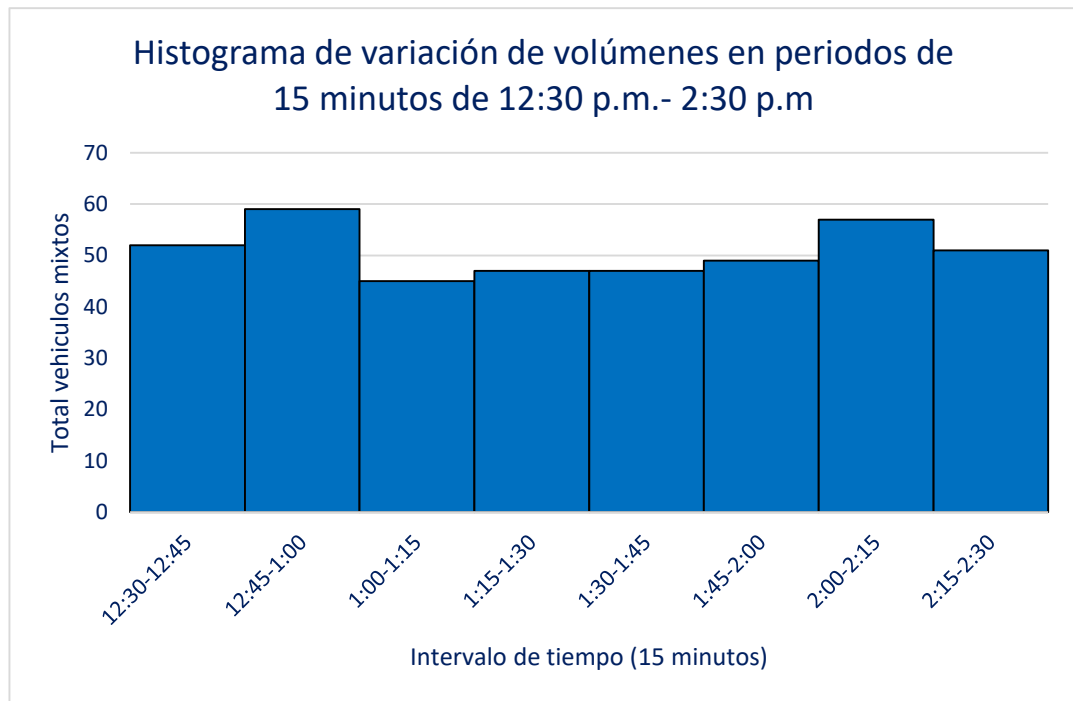
Movimiento 9(1).

Anexo 34. Tabla aforo del movimiento 9(1), día lunes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	0	20	32	0	0	0	0	0	0	0	0	52	
12:45-1:00	0	34	25	0	0	0	0	0	0	0	0	59	
1:00-1:15	2	23	20	0	0	0	0	0	0	0	0	45	
1:15-1:30	2	23	22	0	0	0	0	0	0	0	0	47	203
1:30-1:45	0	24	23	0	0	0	0	0	0	0	0	47	198
1:45-2:00	0	28	20	0	1	0	0	0	0	0	1	49	188
2:00-2:15	2	30	25	0	0	0	0	0	0	0	0	57	200
2:15-2:30	0	22	28	0	1	0	0	0	0	0	1	51	204
Sumatoria 2h	6	204	195	0	2	0	0	0	0	0	2	407	

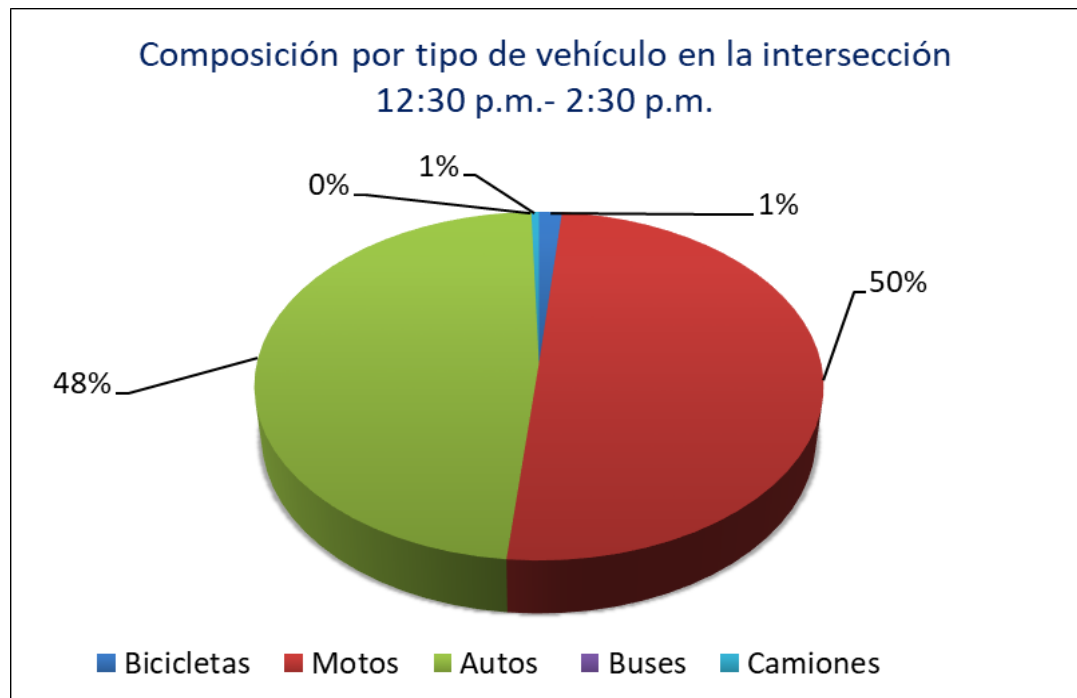
Fuente: elaboración propia.

Anexo 35. Histograma de variación del movimiento 9(1), día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 36. Composición vehicular del movimiento 9(1), día lunes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Datos aforos día viernes.

Horario Mañana.

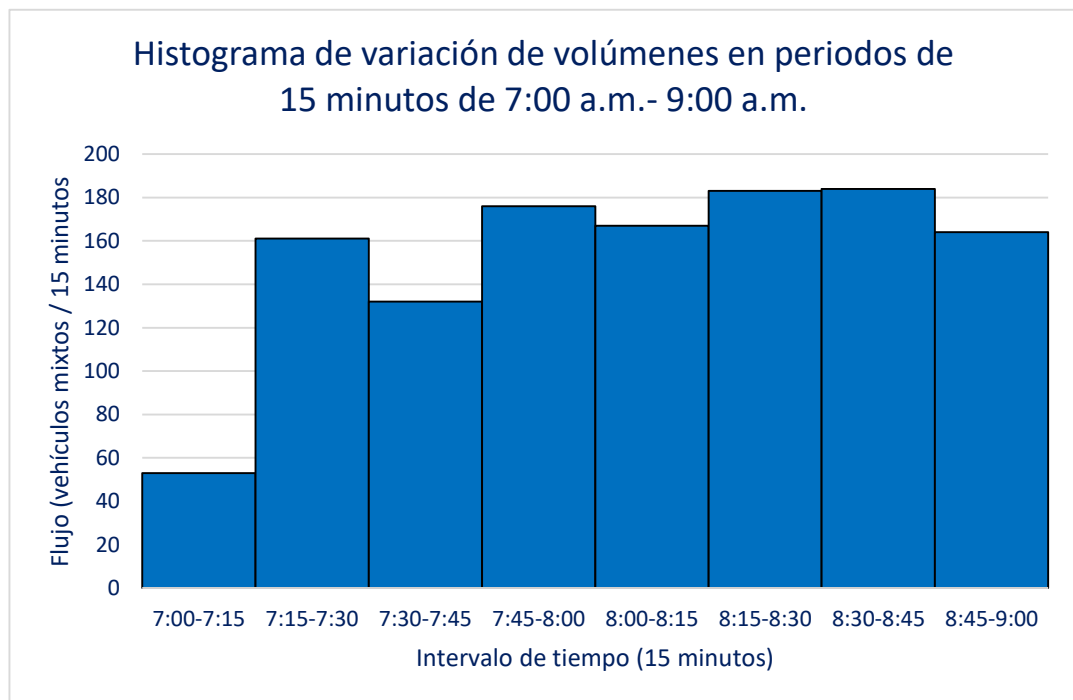
Movimiento 1.

Anexo 37. Tabla aforo del movimiento 1, día viernes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus.	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	2	20	30	0	1	0	0	0	0	0	1	53	
7:15-7:30	3	59	99	0	0	0	0	0	0	0	0	161	
7:30-7:45	3	36	84	0	4	5	0	0	0	0	9	132	
7:45-8:00	3	77	94	0	2	0	0	0	0	0	2	176	522
8:00-8:15	3	75	89	0	0	0	0	0	0	0	0	167	636
8:15-8:30	1	62	117	0	1	2	0	0	0	0	3	183	658
8:30-8:45	2	60	117	0	3	2	0	0	0	0	5	184	710
8:45-9:00	0	57	105	1	1	0	0	0	0	0	1	164	698
Sumatoria 2h	17	446	735	1	12	9	0	0	0	0	21	1220	

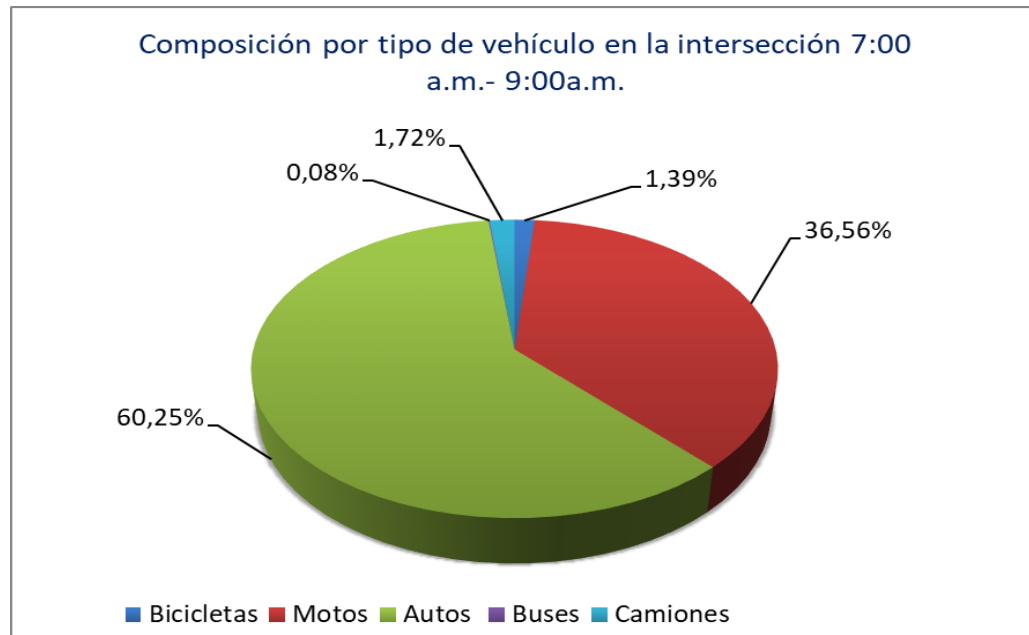
Fuente: elaboración propia.

Anexo 38. Histograma de variación del movimiento 1, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 39. Composición vehicular del movimiento 1, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

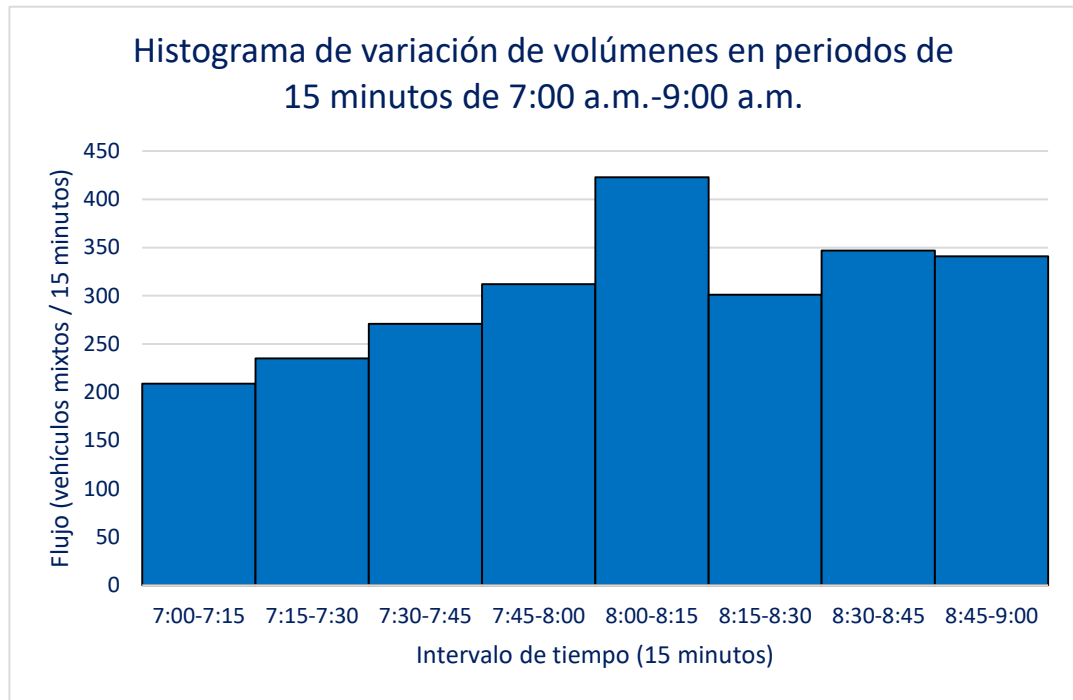
Movimiento 2.

Anexo 40. Tabla aforo del movimiento 2, día viernes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	1	94	102	10	2	0	0	0	0	0	2	209	
7:15-7:30	2	101	115	15	1	1	0	0	0	0	2	235	
7:30-7:45	0	103	135	30	1	2	0	0	0	0	3	271	
7:45-8:00	2	150	135	23	1	1	0	0	0	0	2	312	1027
8:00-8:15	0	189	209	23	0	2	0	0	0	0	2	423	1241
8:15-8:30	4	106	171	17	3	0	0	0	0	0	3	301	1307
8:30-8:45	2	124	193	21	3	4	0	0	0	0	7	347	1383
8:45-9:00	1	154	165	20	1	0	0	0	0	0	1	341	1412
Sumatoria 2h	12	1021	1225	159	12	10	0	0	0	0	22	2439	

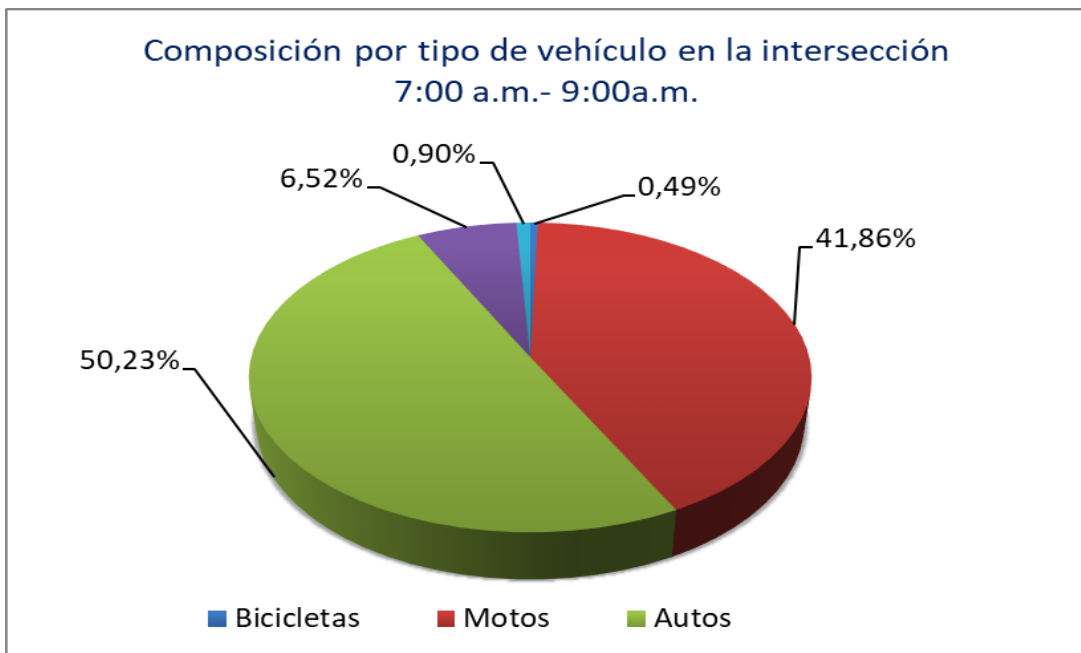
Fuente: elaboración propia.

Anexo 41. Histograma de variación del movimiento 2, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 42. Composición vehicular del movimiento 2, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

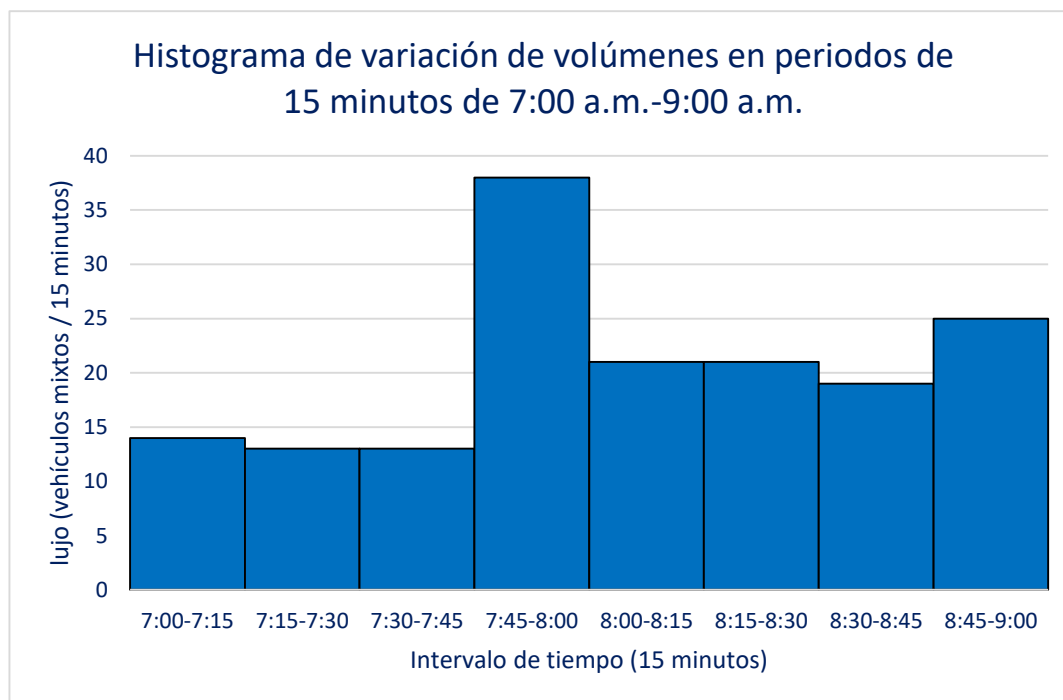
Movimiento 4.

Anexo 43. Tabla aforo del movimiento 4, día viernes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
7:15-7:30	0	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
7:30-7:45	1	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
7:45-8:00	2	15	20	0	1	0	0	0	0	0	1	38	78
8:00-8:15	1	9	11	0	0	0	0	0	0	0	0	21	85
8:15-8:30	1	6	14	0	0	0	0	0	0	0	0	21	93
8:30-8:45	0	7	12	0	0	0	0	0	0	0	0	19	99
8:45-9:00	1	14	9	1	0	0	0	0	0	0	0	25	86
Sumatoria 2h	6	67	89	1	1	0	0	0	0	0	1	164	

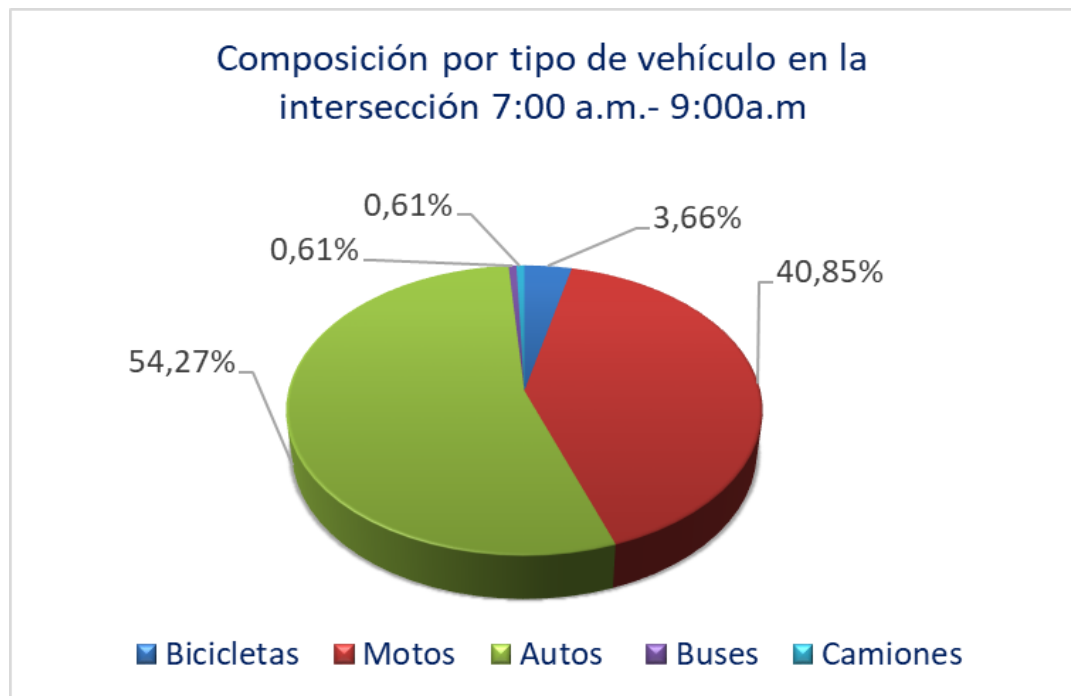
Fuente: elaboración propia.

Anexo 44. Histograma de variación del movimiento 4, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 45. Composición vehicular del movimiento 4, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

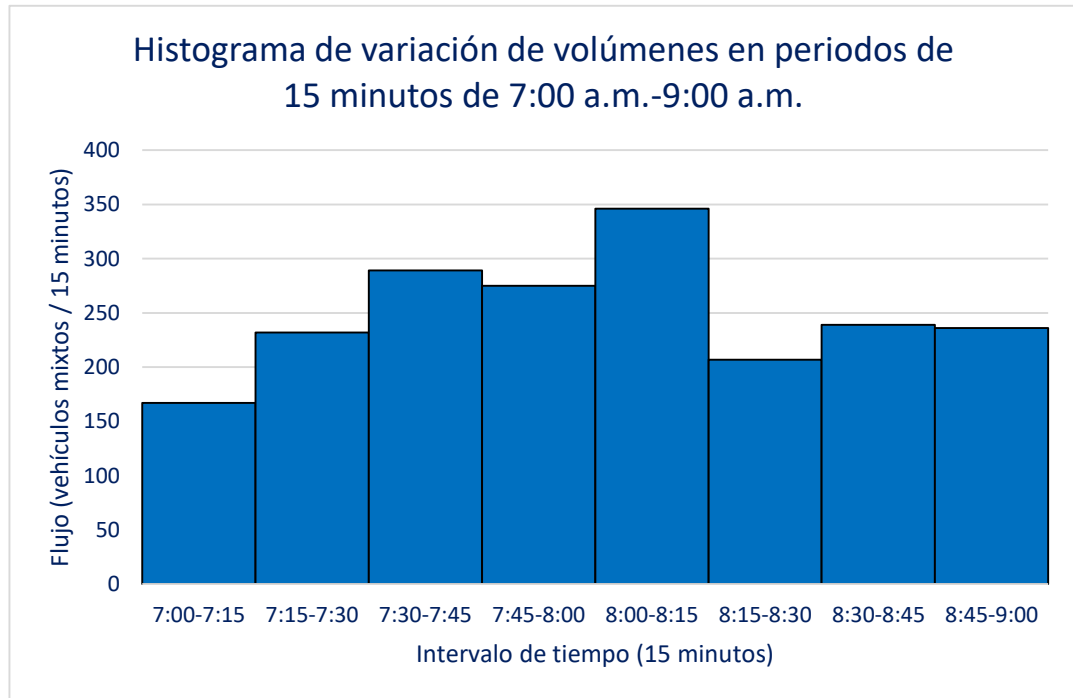
Movimiento 6.

Anexo 46. Tabla aforo del movimiento 6, día viernes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	1	65	100	0	1	0	0	0	0	0	1	167	
7:15-7:30	2	108	122	0	0	0	0	0	0	0	0	232	
7:30-7:45	6	127	153	0	1	2	0	0	0	0	3	289	
7:45-8:00	0	115	160	0	0	0	0	0	0	0	0	275	963
8:00-8:15	2	166	178	0	0	0	0	0	0	0	0	346	1142
8:15-8:30	0	78	129	0	0	0	0	0	0	0	0	207	1117
8:30-8:45	0	86	153	0	0	0	0	0	0	0	0	239	1067
8:45-9:00	1	95	139	0	0	1	0	0	0	0	1	236	1028
Sumatoria 2h	12	840	1134	0	2	3	0	0	0	0	5	1991	

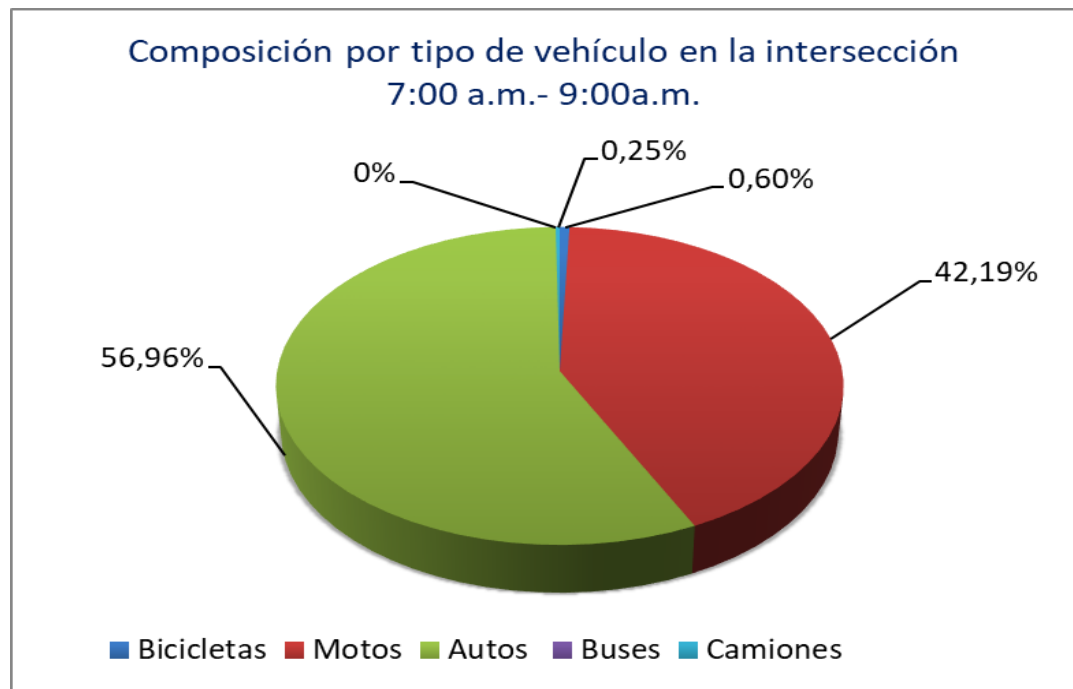
Fuente: elaboración propia.

Anexo 47. Histograma de variación del movimiento 6, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 48. Composición vehicular del movimiento 6, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

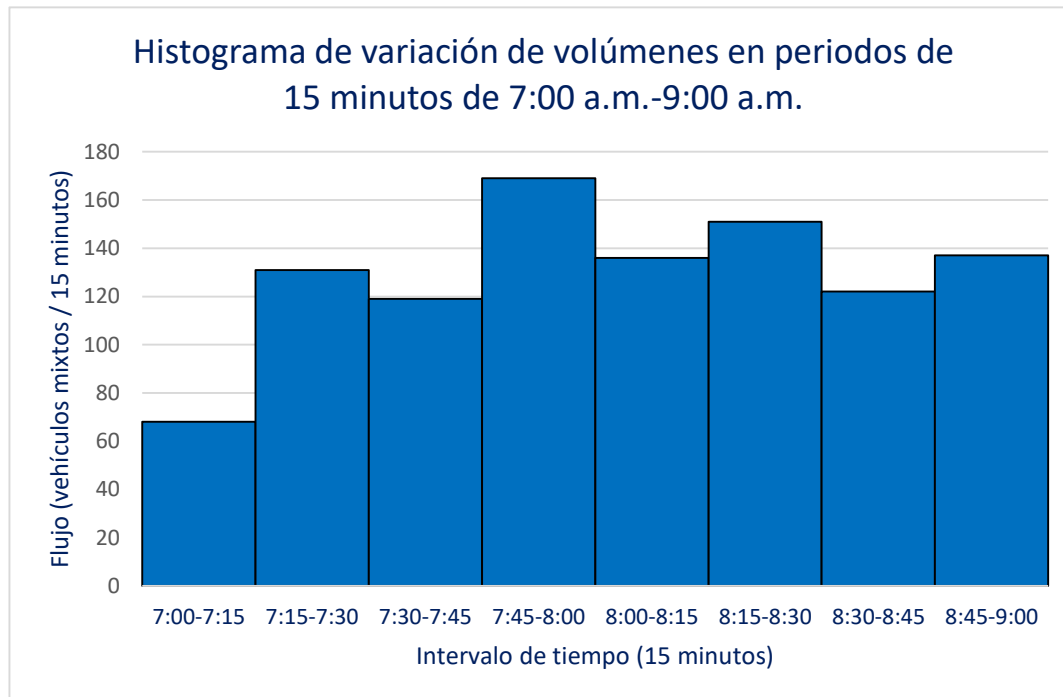
Movimiento 8.

Anexo 49. Tabla aforo del movimiento 8, día viernes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	20	30	15	1	2	0	0	0	0	3	68	
7:15-7:30	3	44	56	26	1	1	0	0	0	0	2	131	
7:30-7:45	1	45	49	22	2	0	0	0	0	0	2	119	
7:45-8:00	3	62	78	23	3	0	0	0	0	0	3	169	487
8:00-8:15	1	51	61	22	1	0	0	0	0	0	1	136	555
8:15-8:30	4	52	71	23	1	0	0	0	0	0	1	151	575
8:30-8:45	0	46	52	21	1	2	0	0	0	0	3	122	578
8:45-9:00	1	39	64	29	3	1	0	0	0	0	4	137	546
Sumatoria 2h	13	359	461	181	13	6	0	0	0	0	19	1033	

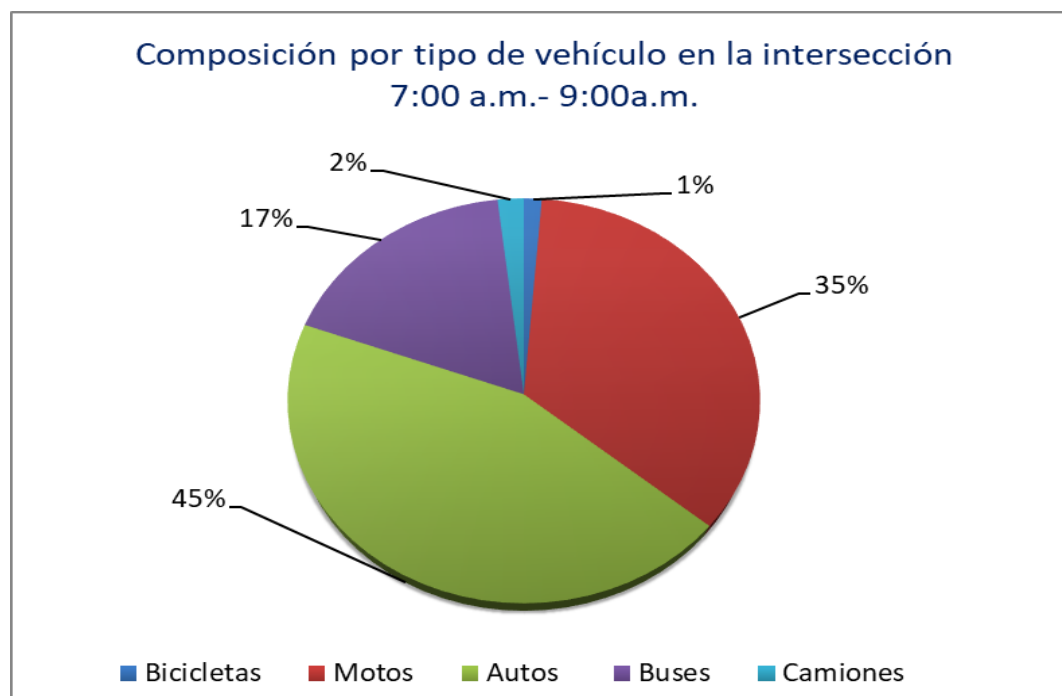
Fuente: elaboración propia.

Anexo 50. Histograma de variación del movimiento 8, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 51. Composición vehicular del movimiento 8, día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

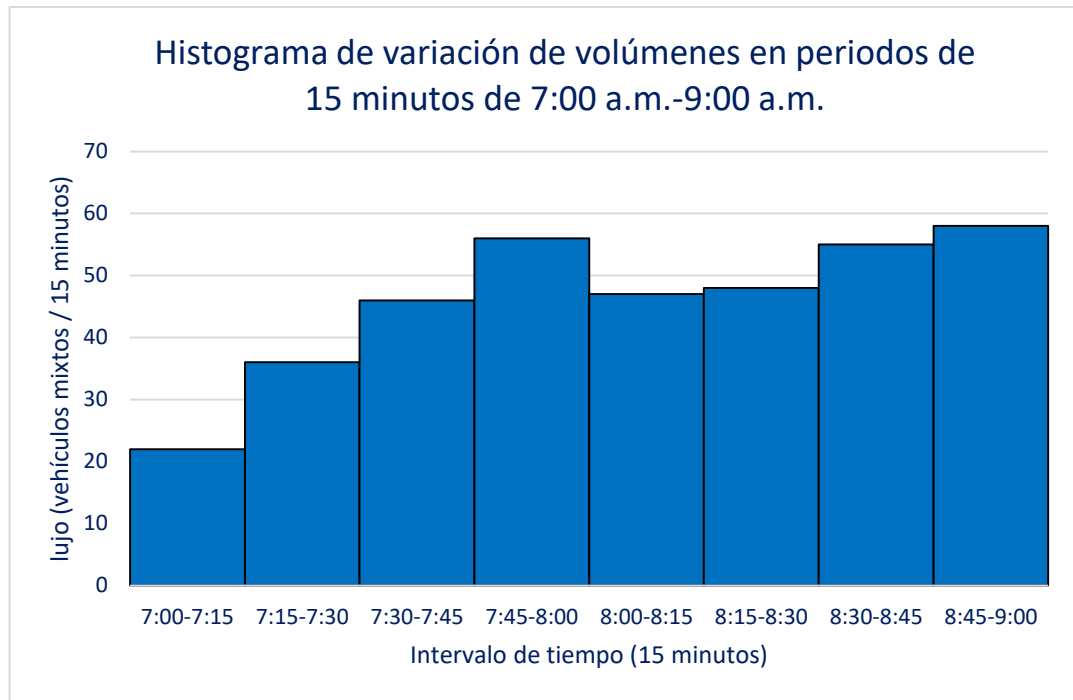
Movimiento 9(1).

Anexo 52. Tabla aforo del movimiento 9(1), día viernes, horario mañana.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
7:00-7:15	0	7	15	0	0	0	0	0	0	0	0	22	
7:15-7:30	1	15	19	0	0	1	0	0	0	0	1	36	
7:30-7:45	1	19	25	0	1	0	0	0	0	0	1	46	
7:45-8:00	1	33	22	0	0	0	0	0	0	0	0	56	160
8:00-8:15	1	19	27	0	0	0	0	0	0	0	0	47	185
8:15-8:30	0	14	34	0	0	0	0	0	0	0	0	48	197
8:30-8:45	1	20	34	0	0	0	0	0	0	0	0	55	206
8:45-9:00	0	30	28	0	0	0	0	0	0	0	0	58	208
Sumatoria 2h	5	157	204	0	1	1	0	0	0	0	2	368	

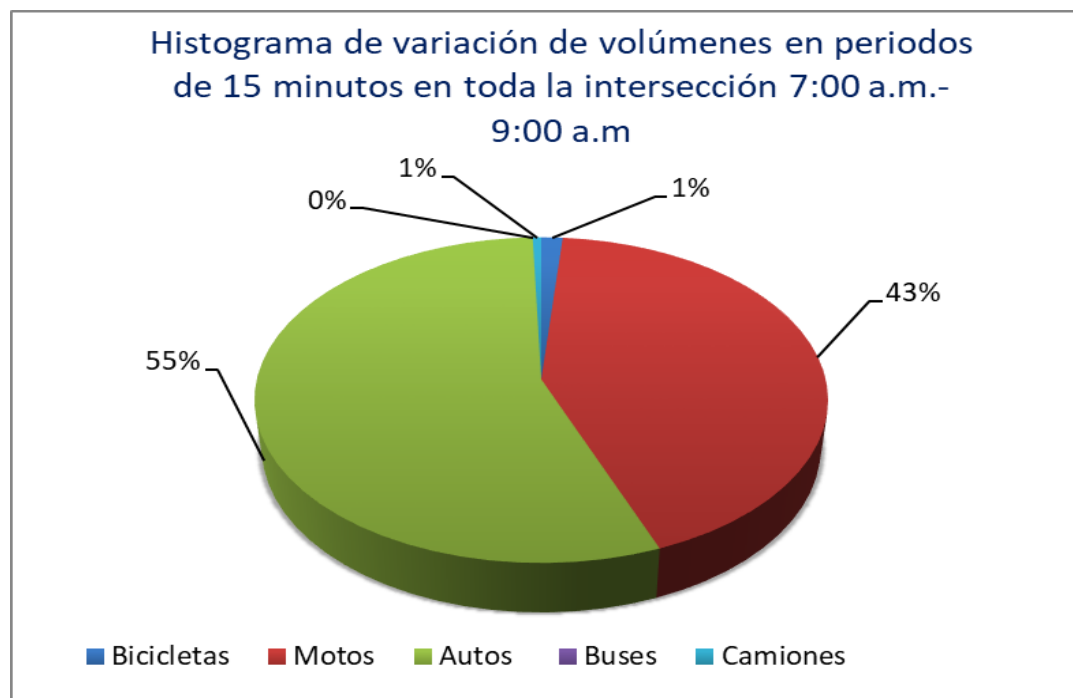
Fuente: elaboración propia.

Anexo 53. Histograma de variación del movimiento 9(1), día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 54. Composición vehicular del movimiento 9(1), día viernes, horario mañana.



Fuente: elaboración propia.

Horario Tarde.

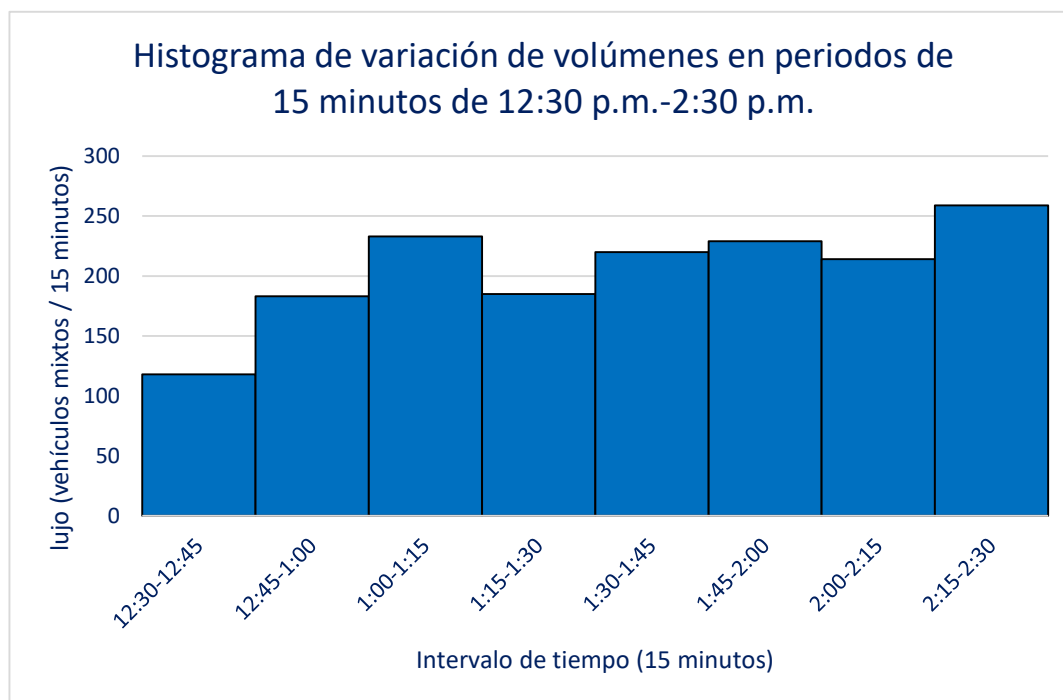
Movimiento 1.

Anexo 55. Tabla aforo del movimiento 1, día viernes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	1	45	70	0	2	0	0	0	0	0	2	118	
12:45-1:00	0	65	115	0	1	2	0	0	0	0	3	183	
1:00-1:15	2	98	129	0	3	1	0	0	0	0	4	233	
1:15-1:30	6	89	89	0	1	0	0	0	0	0	1	185	719
1:30-1:45	2	86	130	0	1	1	0	0	0	0	2	220	821
1:45-2:00	1	107	119	0	2	0	0	0	0	0	2	229	867
2:00-2:15	1	93	119	0	0	1	0	0	0	0	1	214	848
2:15-2:30	2	106	147	0	3	1	0	0	0	0	4	259	922
Sumatoria 2h	15	689	918	0	13	6	0	0	0	0	19	1641	

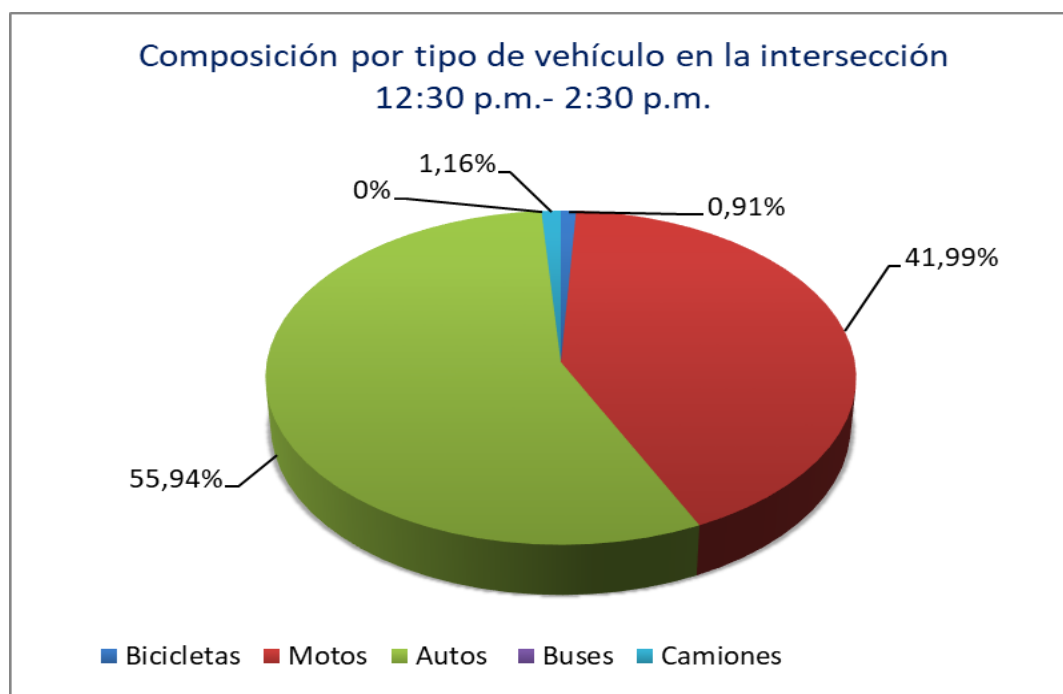
Fuente: elaboración propia.

Anexo 56. Histograma de variación del movimiento 1, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 57. Composición vehicular del movimiento 1, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

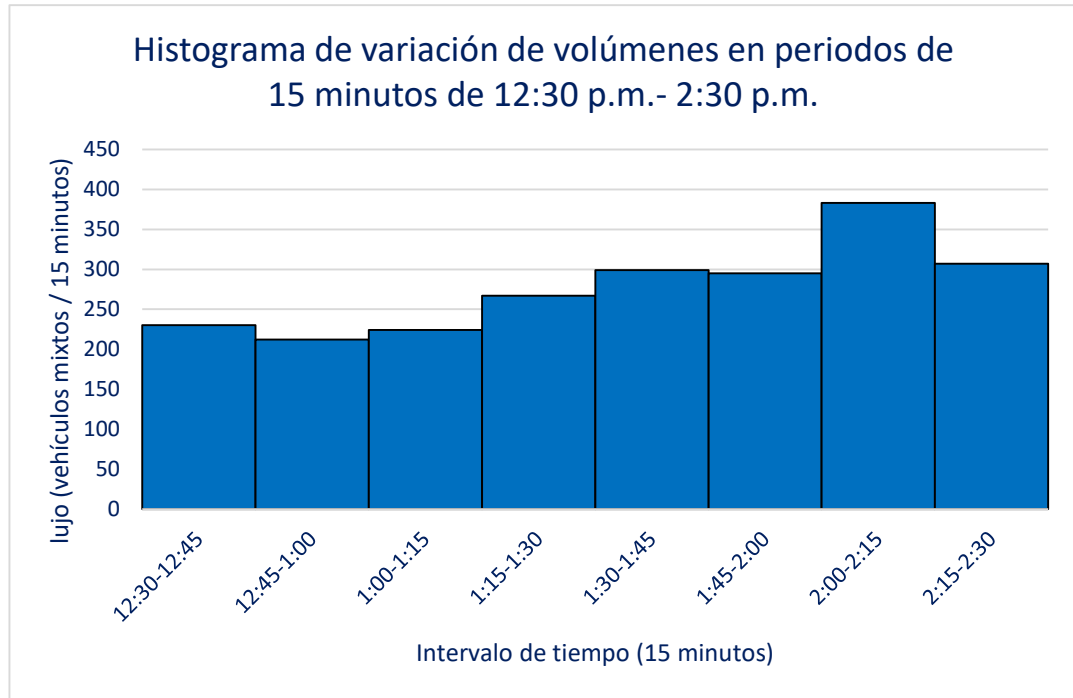
Movimiento 2.

Anexo 58. Tabla aforo del movimiento 2, día viernes, horario tarde.

Periodo	Bici.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	0	103	115	12	0	0	0	0	0	0	0	230	
12:45-1:00	2	90	106	13	1	0	0	0	0	0	1	212	
1:00-1:15	2	77	121	20	2	2	0	0	0	0	4	224	
1:15-1:30	2	107	139	19	0	0	0	0	0	0	0	267	933
1:30-1:45	2	147	140	4	4	2	0	0	0	0	6	299	1002
1:45-2:00	4	146	125	19	0	1	0	0	0	0	1	295	1085
2:00-2:15	6	171	194	9	3	0	0	0	0	0	3	383	1244
2:15-2:30	3	112	176	14	1	1	0	0	0	0	2	307	1284
Sumatoria 2h	21	953	1116	110	11	6	0	0	0	0	17	2217	

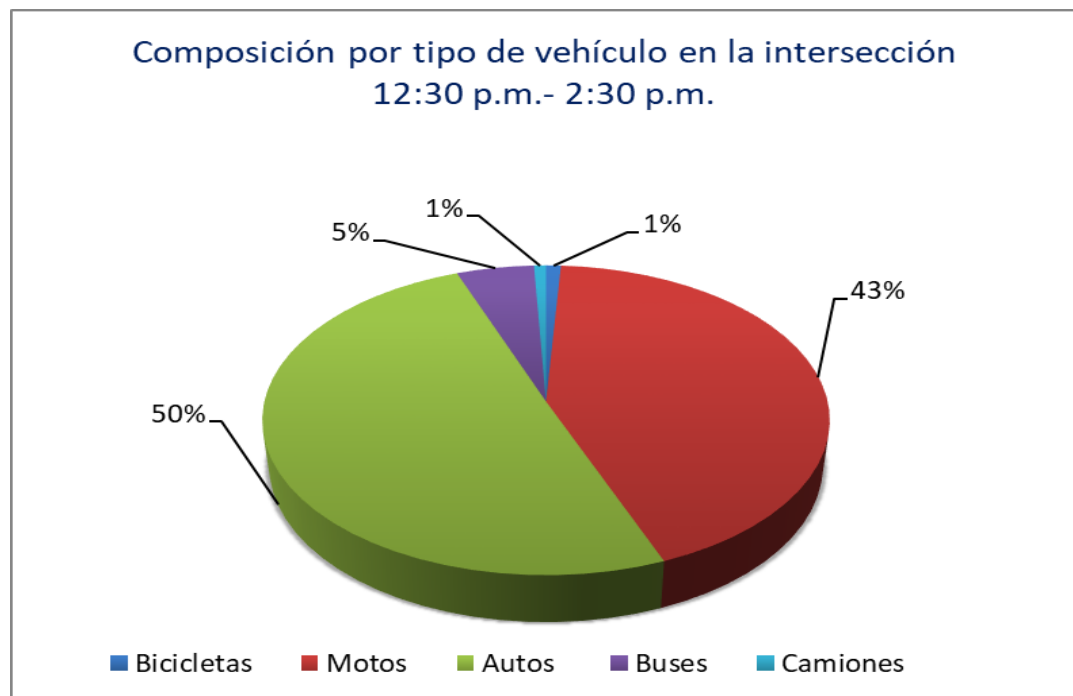
Fuente: elaboración propia.

Anexo 59. Histograma de variación del movimiento 2, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia

Anexo 60. Composición vehicular del movimiento 2, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

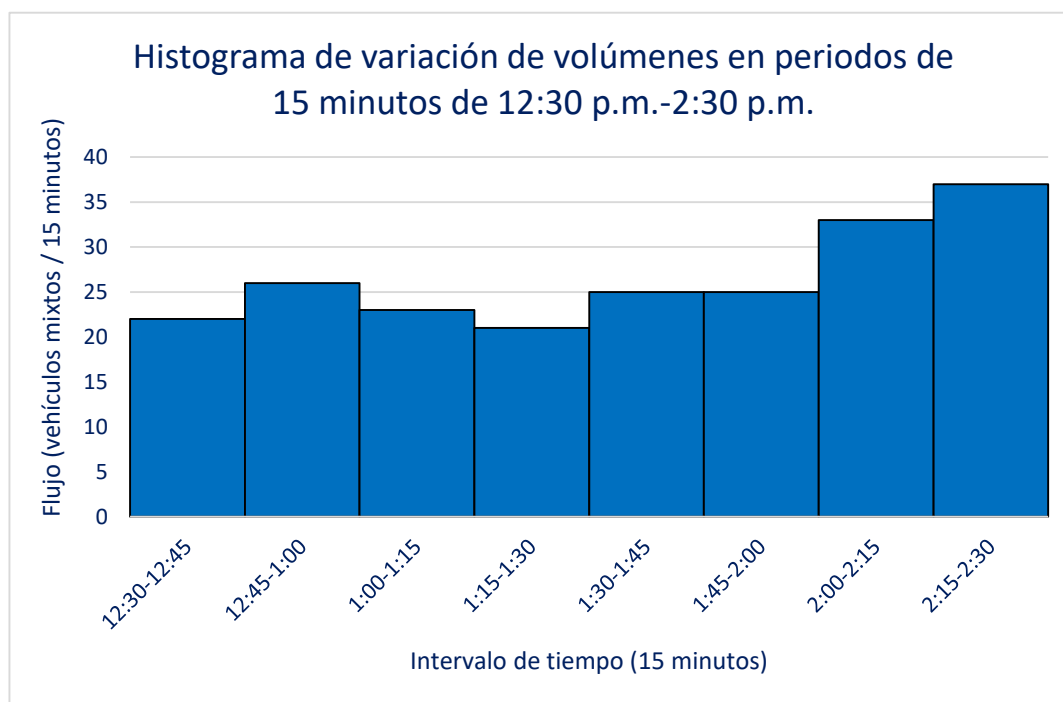
Movimiento 4.

Anexo 61. Tabla aforo del movimiento 4, día viernes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	1	6	15	0	0	0	0	0	0	0	0	22	
12:45-1:00	1	9	16	0	0	0	0	0	0	0	0	26	
1:00-1:15	1	6	16	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
1:15-1:30	0	5	16	0	0	0	0	0	0	0	0	21	92
1:30-1:45	1	7	17	0	0	0	0	0	0	0	0	25	95
1:45-2:00	1	5	19	0	0	0	0	0	0	0	0	25	94
2:00-2:15	2	17	14	0	0	0	0	0	0	0	0	33	104
2:15-2:30	1	13	23	0	0	0	0	0	0	0	0	37	120
Sumatoria 2h	8	68	136	0	0	0	0	0	0	0	0	212	

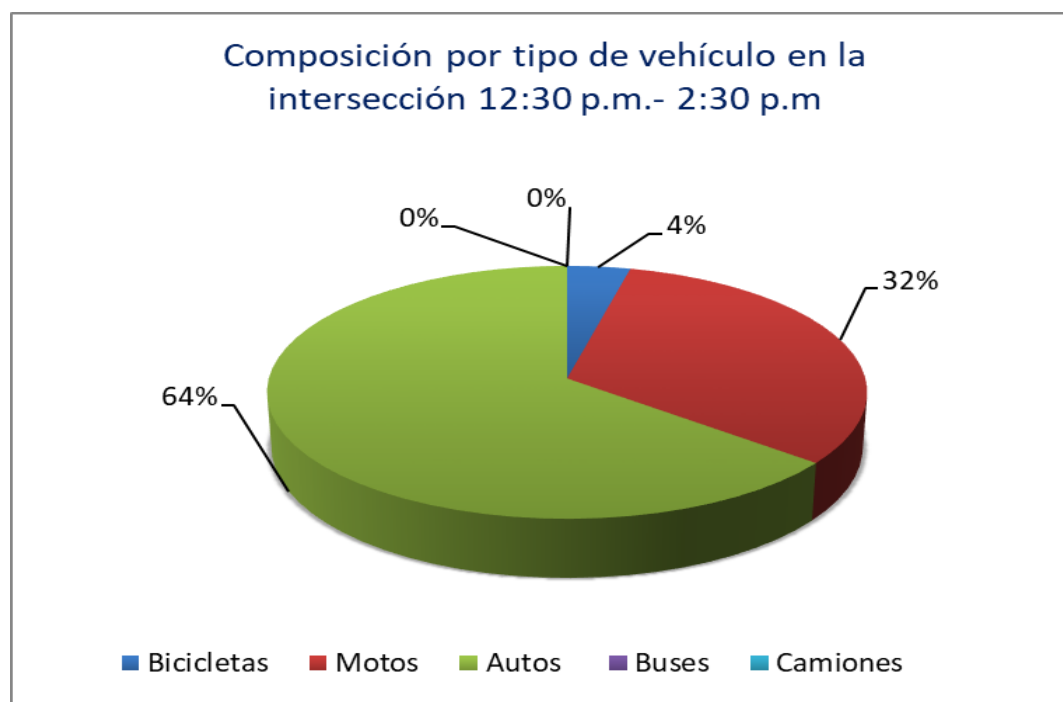
Fuente: elaboración propia.

Anexo 62. Histograma de variación del movimiento 4, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 63. Composición vehicular del movimiento 4, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

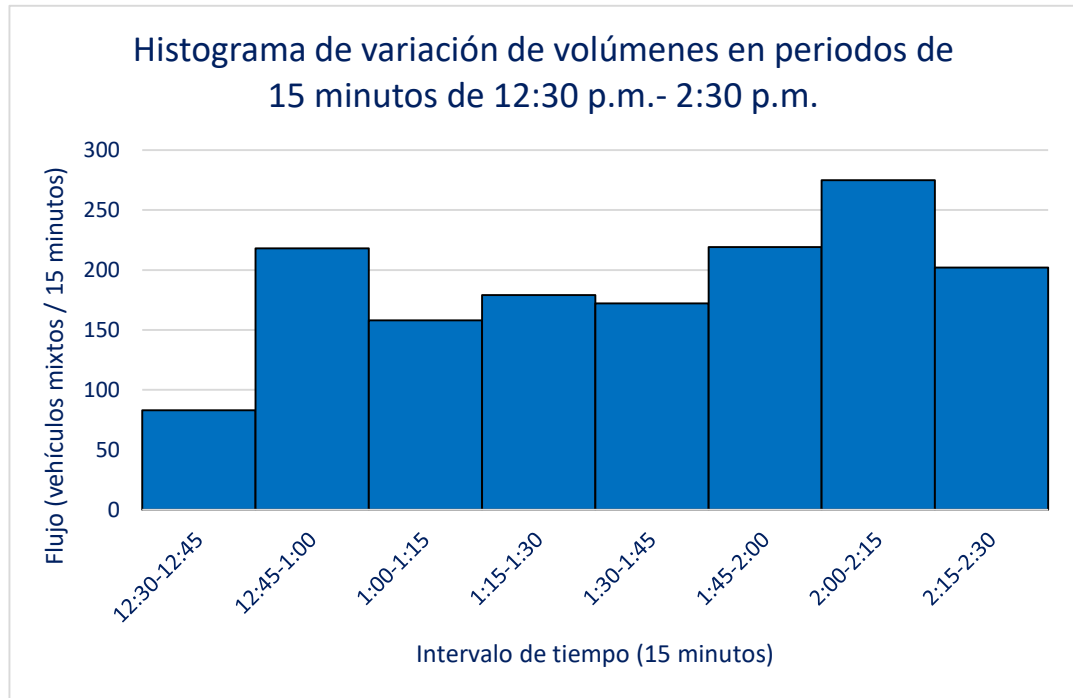
Movimiento 6.

Anexo 64. Tabla aforo del movimiento 6, día viernes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	0	32	50	0	1	0	0	0	0	0	1	83	
12:45-1:00	1	101	115	0	0	1	0	0	0	0	1	218	
1:00-1:15	0	78	80	0	0	0	0	0	0	0	0	158	
1:15-1:30	1	79	99	0	0	0	0	0	0	0	0	179	638
1:30-1:45	1	75	94	0	0	1	1	0	0	0	2	172	727
1:45-2:00	1	98	120	0	0	0	0	0	0	0	0	219	728
2:00-2:15	2	150	122	0	0	1	0	0	0	0	1	275	845
2:15-2:30	0	94	108	0	0	0	0	0	0	0	0	202	868
Sumatoria 2h	6	707	788	0	1	3	1	0	0	0	5	1506	

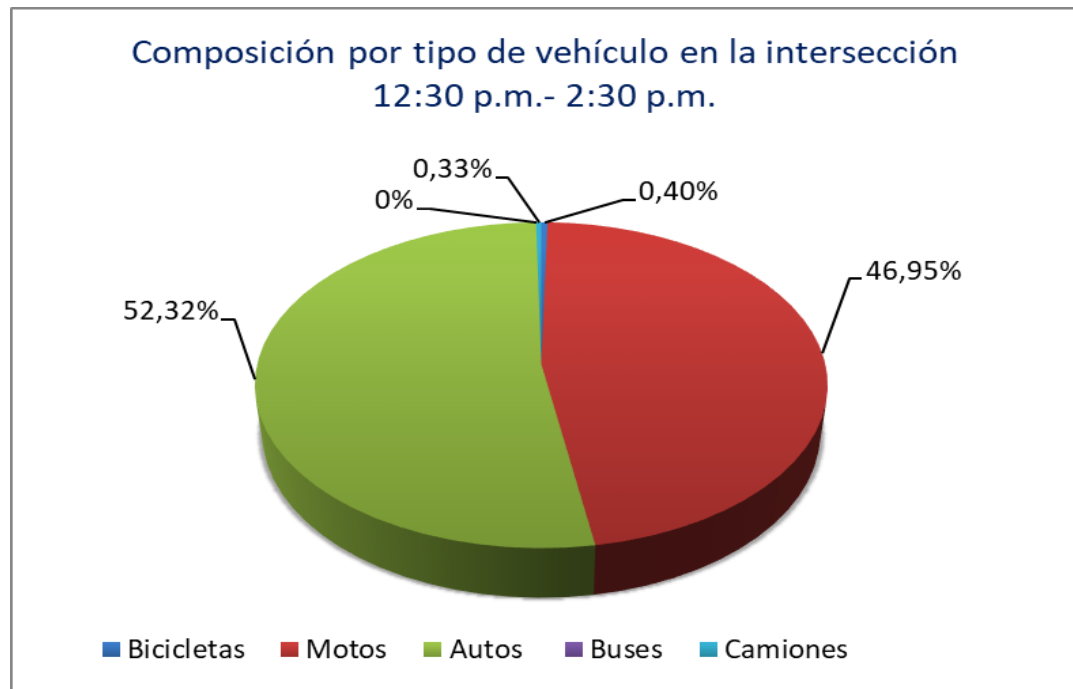
Fuente: elaboración propia.

Anexo 65. Histograma de variación del movimiento 6, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 66. Composición vehicular del movimiento 6, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

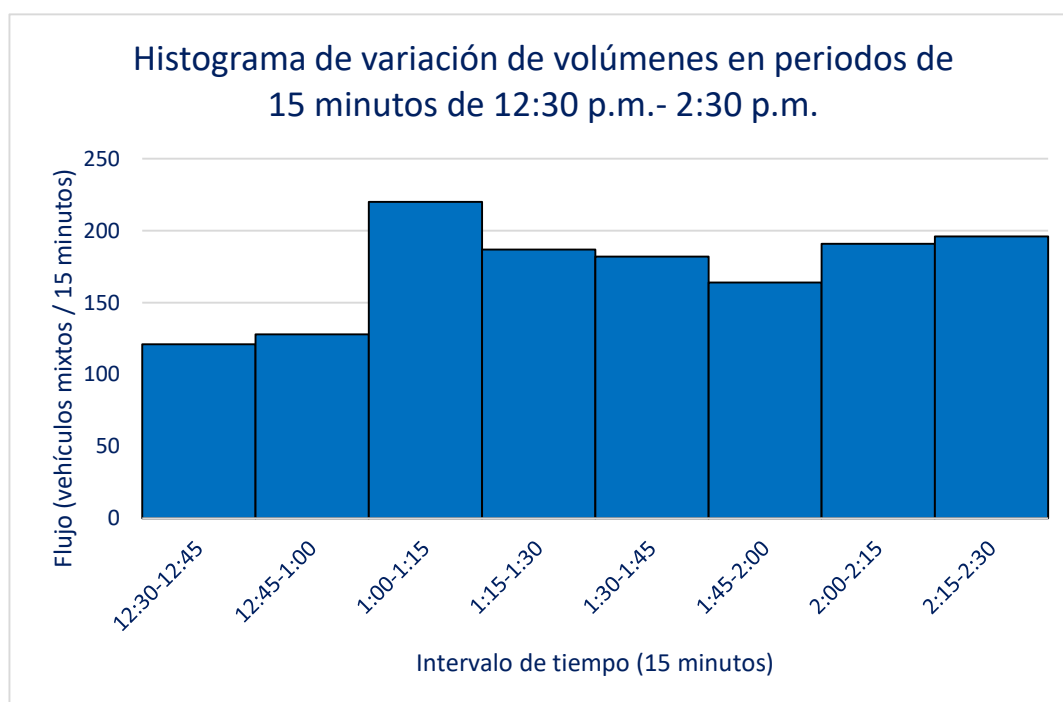
Movimiento 8.

Anexo 67. Tabla aforo del movimiento 8, día viernes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	0	43	55	20	3	0	0	0	0	0	3	121	
12:45-1:00	0	45	61	19	3	0	0	0	0	0	3	128	
1:00-1:15	1	94	97	26	2	0	0	0	0	0	2	220	
1:15-1:30	5	62	93	27	0	0	0	0	0	0	0	187	656
1:30-1:45	2	69	81	25	3	2	0	0	0	0	5	182	717
1:45-2:00	2	66	74	19	2	1	0	0	0	0	3	164	753
2:00-2:15	3	77	89	22	0	0	0	0	0	0	0	191	724
2:15-2:30	0	82	93	20	0	1	0	0	0	0	1	196	733
Sumatoria 2h	13	538	643	178	13	4	0	0	0	0	17	1389	

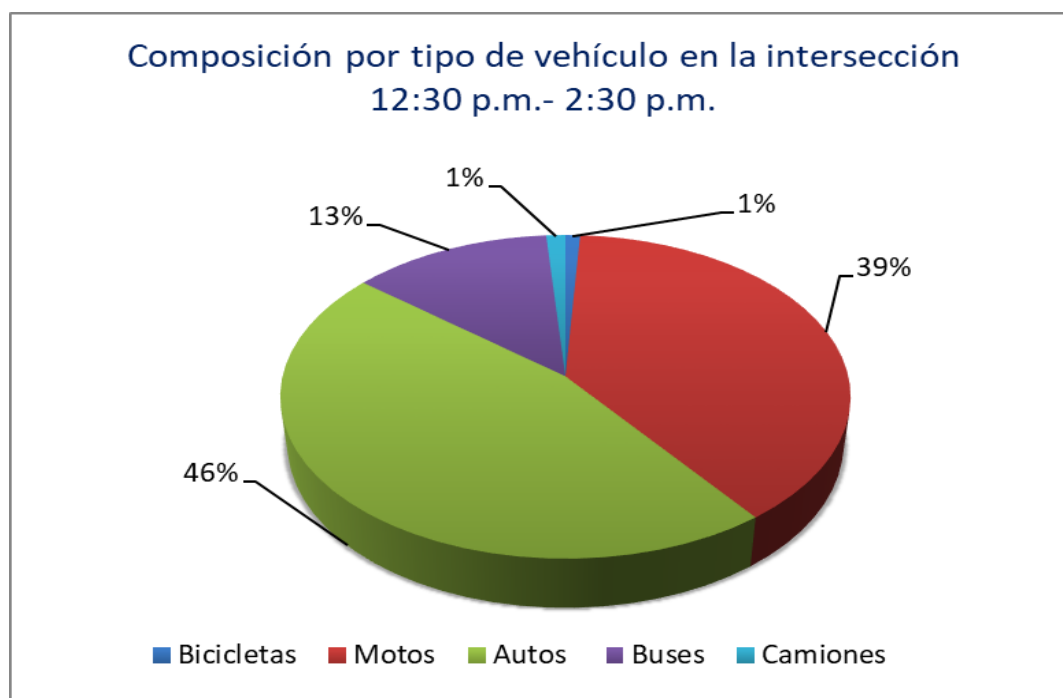
Fuente: elaboración propia.

Anexo 68. Histograma de variación del movimiento 8, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 69. Composición vehicular del movimiento 8, día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

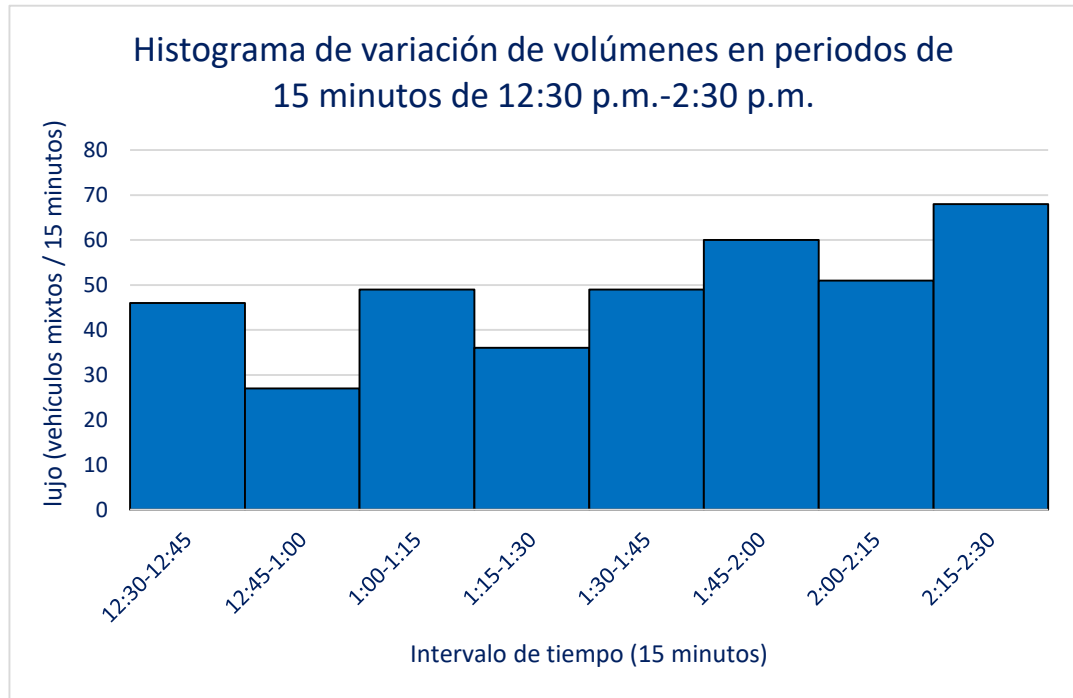
Movimiento 9(1).

Anexo 70. Tabla aforo del movimiento 9(1), día viernes, horario tarde.

Periodo	Bic.	Mot.	Aut.	Bus	Camiones						Total Camiones	Total Veh 15 min	Veh Hora
					C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5			
12:30-12:45	1	22	23	0	0	0	0	0	0	0	0	46	
12:45-1:00	0	11	16	0	0	0	0	0	0	0	0	27	
1:00-1:15	1	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	49	
1:15-1:30	1	15	20	0	0	0	0	0	0	0	0	36	158
1:30-1:45	0	31	18	0	0	0	0	0	0	0	0	49	161
1:45-2:00	0	34	26	0	0	0	0	0	0	0	0	60	194
2:00-2:15	0	26	25	0	0	0	0	0	0	0	0	51	196
2:15-2:30	0	34	34	0	0	0	0	0	0	0	0	68	228
Sumatoria 2h	3	197	186	0	0	0	0	0	0	0	0	386	

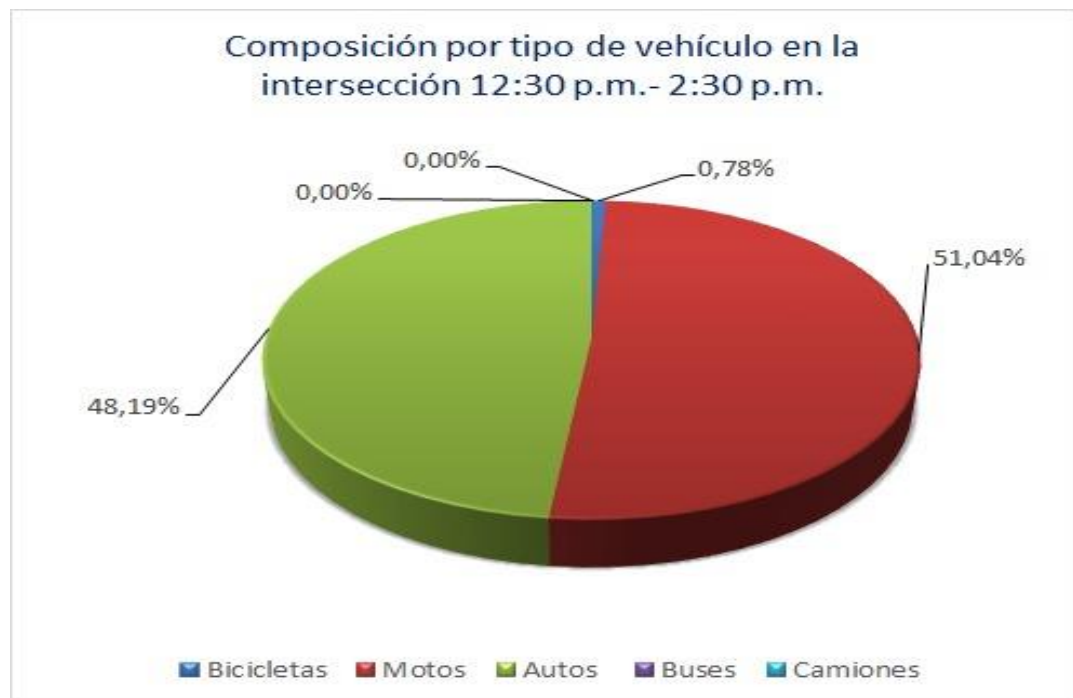
Fuente: elaboración propia.

Anexo 71. Histograma de variación del movimiento 9(1), día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 72. Composición vehicular del movimiento 9(1), día viernes, horario tarde.



Fuente: elaboración propia.

Autora



Perfil Académico

Ingeniera Civil; Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Villavicencio.

Angie Alexandra Fajardo Moreno

angie.fajardom@campusucc.edu.co
angiealexaf199@gmail.com

Líneas de investigación

Tránsito y Transporte, Estudios de Tránsito, Modelación del Tránsito.

Autora



Perfil Académico

Ingeniera Civil; Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Villavicencio.

Yeimy Lizeth García Rey

Yeimy.garcia@campusucc.edu.co
lily.garcia068@gmail.com

Líneas de investigación

Tránsito y Transporte, Estudios de Tránsito, Modelación del Tránsito.

Asesor



Julián Rodrigo Quintero González

julian.quinterogo@ucc.edu.co
jrquinterog.itv@gmail.com

Perfil Académico

Ingeniero en Transporte y Vías; Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Tunja. Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos; Universidad Santo Tomás de Aquino, Sede Tunja. Especialista en Planeación Urbana; Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín. Magíster en Ingeniería Ambiental; Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sede Tunja. Magíster en Derecho Privado, Persona y Sociedad con énfasis en Derecho del Transporte, Logística e Infraestructura; Universidad Externado de Colombia, Sede Bogotá D.C.

Líneas de investigación

Transporte y Ambiente, Derecho del Transporte, Planeación Urbana, Movilidad Urbana, Gestión de Ciudades.