

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Optimización Semafórica de la Avenida 24 de Mayo de la Ciudad de Cañar

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Civil

Autores:

Ronaldo Camilo Samaniego Chiriboga

Antonio Sebastián Santacruz Fernández

Director:

Diego Estuardo Correa Barahona

ORCID:  0000-0003-3551-5875

Cuenca, Ecuador

2024-09-06

Resumen

Actualmente, el incremento del uso del vehículo privado ha causado en la mayoría de urbes, congestionamiento vehicular, demoras, accidentes y problemas ambientales. Dicho aumento surge de varias causas como lo son, facilidad de acceso al automóvil, crecimiento poblacional, falta de sistemas de transporte público, entre otras.

Esta problemática se ve reflejada en la ciudad de Cañar, especialmente a lo largo de la Avenida 24 de Mayo, la arteria vial urbana de mayor importancia. Por tal razón, es preponderante buscar soluciones para solventar dicha problemática. Una de las metodologías más aplicadas a nivel mundial es la Optimización Semafórica, la cual tiene como premisa fundamental, mejorar potencialmente las operaciones de tráfico reduciendo significativamente las demoras y mejorando el nivel de servicio, basándose en un software especializado en microsimulación de tránsito. (Advanced Traffic Analysis Center, 2003).

Este software requiere como información de base: la geometría del corredor vial, el aforo vehicular de las intersecciones semaforizadas, el flujo vehicular en las horas de máxima demanda, la composición vehicular y la configuración semafórica. Estos parámetros técnicos de la ingeniería de tránsito se encuentran debidamente detallados en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM-2010).

Palabras clave del autor: congestionamiento vehicular, intersecciones semaforizadas, microsimulación de tránsito



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

Currently, the increase in the use of private vehicles has caused traffic congestion, delays, accidents and environmental problems in most cities. This increase arises from several causes such as ease of access to automobiles, population growth, lack of public transportation systems, among others.

This problem is reflected in the city of Cañar, especially along Avenue 24 de Mayo, the most important urban road artery. For this reason, it is important to look for solutions to solve this problem. One of the most applied methodologies worldwide is Traffic Light Optimization, which has as its fundamental premise, potentially improving traffic operations by significantly reducing delays and improving the Level of Service, based on software specialized in traffic microsimulation. (Advanced Traffic Analysis Center, 2003).

This software requires as basic information: the geometry of the road corridor, the vehicle capacity of the traffic light intersections, the vehicle flow during peak hours, the vehicle composition and the traffic light configuration. These technical parameters of traffic engineering are duly detailed in the Highway Capacity Manual (HCM-2010).

Author Keywords: traffic congestion, traffic light intersections, traffic microsimulation



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

1	Generalidades	11
1.1	Introducción	11
1.2	Antecedentes.....	11
	Antecedentes Internacionales	11
1.3	Definición del problema	12
1.4	Justificación	13
1.5	Alcance.....	13
1.6	Objetivos.....	14
	Objetivo General	14
	Objetivos Específicos.....	14
2	Marco Teórico	15
2.1	Aforos Vehiculares.....	15
2.2	Transito Promedio Diario Anual	15
2.2.1	Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual.....	15
2.2.2	Proyección del Tránsito Promedio Diario Anual	16
2.3	Señalización Vial	16
2.4	Definiciones de la Ingeniería de Tránsito para Intersecciones Semaforizadas	21
2.4.1	Volumen, Demanda y Capacidad.....	21
2.4.2	Volumen de Tránsito.....	21
2.4.3	Demanda (D)	21
2.4.4	Capacidad (c)	21
2.4.5	Relación Demanda- Capacidad	21
2.5	Congestionamiento Vehicular	22
2.6	Semaforización	22
2.6.1	Componentes de un Ciclo Semafórico.....	22
2.6.2	Tiempos de un Semáforo.....	23
2.6.3	Intersecciones Semaforizadas	24
2.6.4	Cálculo del Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas.....	25
	Determinación de la tasa de flujo por grupos de carriles	25
	Ajuste por ancho de carriles: fw	27
	Ajuste por vehículos pesados: fHV	28
	Ajuste por pendiente del acceso: fg	28

Ajuste por estacionamiento: <i>fp</i>	28
Ajuste por bloque por buses que paran: <i>fb</i>	28
Ajuste por tipo de área: <i>fa</i>	29
Ajuste por utilización de carriles: <i>flu</i>	29
Ajuste por vueltas a la izquierda: <i>fl</i>	29
Determinación de la proporción de llegadas durante el verde	30
Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad	30
Relación Volumen a Capacidad	31
Determinación de las Demoras	31
Determinación del Nivel de Servicio	34
2.7 Simulación con el Software Especializado en Tránsito	35
2.7.1 Software empleado	35
3 Metodología	37
3.1 Tipo de investigación	37
3.2 Diseño de investigación	37
3.3 Población y Muestra	37
3.4 Técnicas e instrumentos de investigación	37
3.5 Procesamiento y análisis de la información	37
3.6 Matriz de Consistencia.....	38
4 Resultados.....	39
4.1 Zona de Estudio.....	39
Estaciones Fijas:.....	39
Estaciones Móviles:	39
4.2 Levantamiento Geométrico de Información de las Estaciones	40
Estación 1.....	40
Estación 2.....	41
Estación 3.....	42
Estación 4.....	43
Estación 5.....	44
Estación 6.....	45
4.3 Levantamiento de Información de la Señalización Vial Actual.....	46
4.4 Levantamiento de Información de la Geometría de la Avenida 24 de Mayo	47
4.5 Estudio de las Condiciones de Tráfico	47
4.5.1 Aforo vehicular en cada intersección analizada.	47
4.5.2 Formato de Aforo de Campo.....	47

4.5.3	Ficha con el resumen de Control de Tráfico.....	48
4.6	Composición y Volumen Vehicular de las Estaciones	49
4.7	Análisis Comparativo de los Volúmenes Vehiculares de las Intersecciones.....	55
4.8	Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)	56
4.8.1	Método de los Factores de Expansión	56
	Resultados Método de los Factores de Expansión.....	58
4.8.2	Proyección del TPDA.....	58
4.9	Micro simulación en Software Synchro	59
	Situación Actual.....	60
4.9.1	Micro simulación de la Situación Actual	61
	Estación 1: Intersección Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca.....	61
	Resultados:.....	61
	Estación 2: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto.....	64
	Resultados:.....	64
	Estación 3: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto	65
	Resultados:.....	65
	Estación 4: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero	66
	Resultados:.....	66
	Estación 5: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre	67
	Estación 6: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar	68
	Resultados:.....	68
	Situación Actual Optimizada.....	69
4.9.2	Micro simulación de la Situación Actual Optimizada	71
	Estación 1: Intersección Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca.....	71
	Resultados:.....	72
	Estación 2: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto.....	75
	Estación 3: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto	77
	Estación 4: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero	79
	Estación 5: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre	81
	Estación 6: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar	84
	Situación Actual Optimizada y Proyectada	86
	Periodo de Proyección	86
	Proyección del Transito.....	86
	Optimización	86
4.9.3	Micro simulación de la Situación Actual Optimizada y Proyectada.....	87

Estación 1: Intersección Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca.....	87
Estación 2: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto.....	90
Estación 3: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto.....	91
Estación 4: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero.....	92
Estación 5: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre	93
Estación 6: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar	94
4.10 Resumen de los Resultados Obtenidos	95
5 Análisis y Discusión	98
6 Conclusiones y Recomendaciones	100
6.1 Conclusiones	100
6.2 Recomendaciones	103
7 Referencias.....	104
8 Anexos.....	106
Anexo A. Aforos Vehiculares de las Intersecciones Semaforizadas de la Avenida 24 de Mayo	106
Anexo B. Resultados obtenidos de las tasas de flujo de saturación y niveles de servicio de micro simulación de la situación actual en el software Synchro, desde la estación 2 hasta la estación 6.	118
Anexo C. Resultados obtenidos de las tasas de flujo de saturación y niveles de servicio de micro simulación de la situación actual optimizada en el software Synchro, desde la estación 2 hasta la estación 6.	128
Anexo D. Resultados obtenidos de las tasas de flujo de saturación y niveles de servicio de micro simulación de la situación actual optimizada y proyectada en el software Synchro, desde la estación 2 hasta la estación 6.	138
Anexo E.....	148
Planos de la situación actual, planos de la situación actual optimizada con las propuestas de mejoramiento implementadas y planos de los ciclos semafóricos.	148

Índice de figuras

Ilustración 1. Diagrama de fases en una intersección con semáforos	24
Ilustración 2. Localización de las estaciones.....	39
Ilustración 3. Geometría de los accesos de la estación 1.....	40
Ilustración 4. Geometría de los accesos de la estación 2.....	41
Ilustración 5. Geometría de los accesos de la estación 3.....	42
Ilustración 6. Geometría de los accesos de la estación 4.....	43
Ilustración 7. Geometría de los accesos de la estación 5.....	44
Ilustración 8. Geometría de los accesos de la estación 6.....	45
Ilustración 9. Parámetros observados en la Av. 24 de Mayo.	46
Ilustración 10. Formato de campo.....	48
Ilustración 11. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 1	49
Ilustración 12. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 2.	50
Ilustración 13. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 3.	51
Ilustración 14. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 4	52
Ilustración 15 Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 5	53
Ilustración 16 Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 6.	54
Ilustración 17. Volumen Vehicular Horas Punta las Intersecciones.	55
Ilustración 18. Variación del volumen vehicular de las intersecciones.....	55
Ilustración 19. Flujos actuales en las intersecciones de la Avenida 24 de Mayo para micro-simulación en Synchro.	59
Ilustración 20. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 1	61
Ilustración 21. Niveles de Servicio para la Estación 1.	62
Ilustración 22. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 1.....	63
Ilustración 23. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 2.....	64
Ilustración 24. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 3.....	65
Ilustración 25. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 4.....	66
Ilustración 26. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 5.....	67
Ilustración 27. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 6.....	68
Ilustración 28. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 1.....	71
Ilustración 29. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 1	72
Ilustración 30. Niveles de Servicio para la Estación 1.	73
Ilustración 31. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 1.....	74
Ilustración 32. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 2.....	75
Ilustración 33. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 2.....	76
Ilustración 34. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 3.....	77
Ilustración 35. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 3.....	78
Ilustración 36. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 4.	79
Ilustración 37. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 4.	80
Ilustración 38. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 5.....	81
Ilustración 39. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 5.	82
Ilustración 40. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 6.....	84
Ilustración 41. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 6.	85
Ilustración 42. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 1.	87
Ilustración 43. Niveles de Servicio para la Estación 1	88
Ilustración 44. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 1.	89

Ilustración 45. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 2.	90
Ilustración 46. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 3.	91
Ilustración 47. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 4.	92
Ilustración 48. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 5.	93
Ilustración 49. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 6.	94
Ilustración 50. Resultados de la micro simulación de la Situación Actual.	96
Ilustración 51. Resultados de la micro simulación de la Situación Actual Optimizada.	96
Ilustración 52. Resultados de la micro simulación de la Situación Actual Optimizada y Proyectada.....	97
Ilustración 53. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 2.	118
Ilustración 54. Niveles de Servicio para la Estación 2.	119
Ilustración 55. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 3.	120
Ilustración 56. Niveles de Servicio para la Estación 3.	121
Ilustración 57. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 4.	122
Ilustración 58. Niveles de Servicio para la Estación 4.	123
Ilustración 59. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 5.	124
Ilustración 60. Niveles de Servicio para la Estación 5.	125
Ilustración 61. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 6.	126
Ilustración 62. Niveles de Servicio para la Estación 6.	127
Ilustración 63. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 2.	128
Ilustración 64. Niveles de Servicio para la Estación 2.	129
Ilustración 65. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 3.	130
Ilustración 66. Niveles de Servicio para la Estación 3.	131
Ilustración 67. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 4.	132
Ilustración 68. Niveles de Servicio para la Estación 4.	133
Ilustración 69 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 5.	134
Ilustración 70. Niveles de Servicio para la Estación 5.	135
Ilustración 71 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 6.	136
Ilustración 72 Niveles de Servicio para la Estación 6.	137
Ilustración 73 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 2.	138
Ilustración 74. Niveles de Servicio para la Estación 2.	139
Ilustración 75 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 3.	140
Ilustración 76 Niveles de Servicio para la Estación 3.	141
Ilustración 77 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 4.	142
Ilustración 78 Niveles de Servicio para la Estación 4.	143
Ilustración 79 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 5.	144
Ilustración 80 Niveles de Servicio para la Estación 5.	145
Ilustración 81 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 6.	146
Ilustración 82 Niveles de Servicio para la Estación 6.	147

Índice de tablas

Tabla 1. Señalización Horizontal	17
Tabla 2. Señalización Vertical.	19
Tabla 3. Factor de ajuste por ancho de carril	27
Tabla 4. Niveles de Servicio de acuerdo a las demoras	34
Tabla 5. Descripción de las intersecciones semaforizadas de la Av. 24 de Mayo	37
Tabla 6. Matriz de consistencia	38
Tabla 7. Datos geométricos de la estación 1.....	40
Tabla 8. Datos geométricos de la estación 2.....	41
Tabla 9. Datos geométricos de la estación 3.....	42
Tabla 10. Datos geométricos de la estación 4.....	43
Tabla 11. Datos geométricos de la estación 5.....	44
Tabla 12. Datos geométricos de la estación 6.....	45
Tabla 13. Ubicación y fechas de grabación de las estaciones.....	47
Tabla 14. Flujo en las Horas Punta de la estación 1.....	49
Tabla 15. Flujo en las Horas Punta de la estación 2.....	50
Tabla 16. Flujo en las Horas Punta de la estación 3	51
Tabla 17. Flujo en las Horas Punta de la estación 4.....	52
Tabla 18. Flujo en las Horas Punta de la estación	53
Tabla 19. Flujo en las Horas Punta de la estación 6.....	54
Tabla 20. Conteo automático de tráfico de la intersección Av. de Mayo y Borrero para cálculo de los factores horario y diario.	56
Tabla 21. Cálculo del factor semanal.	57
Tabla 22. Cálculo del factor mensual.	57
Tabla 23. Resumen de los factores calculados por el método de los factores de expansión.	58
Tabla 24. Resultados obtenidos por el método de los factores de expansión	58
Tabla 25. Proyección del TPDA a 10 años.....	58
Tabla 26. Reformas y modificaciones sugeridas para optimizar la situación actual.	69
Tabla 27. Resultados de la Situación Actual.	95
Tabla 28. Resultados de la Situación Actual Optimizada.	95
Tabla 29. Resultados de la Situación Actual Optimizada y Proyectada.....	95
Tabla 30. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar.	106
Tabla 31. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle Borrero.....	108
Tabla 32. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre.....	110
Tabla 33. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca.	112
Tabla 34. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto.	114
Tabla 35. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto.....	116

1 Generalidades

1.1 Introducción

El congestionamiento vehicular es un problema presente en las ciudades de todo el mundo, y de la cual, la ciudad de Cañar, no está exenta. Este fenómeno no solo afecta la eficiencia del transporte, sino que también tiene repercusiones negativas en la calidad de vida de los ciudadanos, la economía local y el medio ambiente. Ante este desafío, es imperativo desarrollar estrategias efectivas para gestionar y optimizar el flujo de tráfico en las ciudades.

En el presente trabajo de titulación, se pretende realizar un estudio pormenorizado del problema de congestionamiento vehicular que actualmente aqueja a las intersecciones semaforizadas de la Avenida 24 de Mayo de la ciudad Cañar, analizando sus causas, efectos y posibles soluciones.

Inicialmente, se realizará un levantamiento de información de la geometría vial, señalización vial y del aforo vehicular circulante en las intersecciones semaforizadas, mediante el uso de cámaras de video.

Posteriormente, en base a la información previamente obtenida se empleará la herramienta informática de micro simulación "Synchro", para proponer y evaluar una serie de medidas y estrategias de gestión del tráfico en diferentes escenarios, como lo son, la optimización de semáforos, la mejora de la señalización vial, la implementación de carriles exclusivos para ciertos tipos de vehículos y la modificación de los lugares de estacionamiento.

Luego, con estos escenarios adoptados, y en base a un análisis de los resultados obtenidos, se podrán identificar y proponer las soluciones que sean más efectivas y produzcan la mayor viabilidad para mejorar la movilidad urbana y reducir el congestionamiento vehicular, garantizando una mejora en el nivel de servicio de la vía.

Finalmente, esta tesis pretende proporcionar recomendaciones concretas y basadas en evidencia para los responsables de la formulación de políticas, con el objetivo de desarrollar estrategias integrales y sostenibles para abordar el congestionamiento vehicular y mejorar la calidad de vida en la ciudad de Cañar.

1.2 Antecedentes

Antecedentes Internacionales

A nivel mundial, en los últimos años, el congestionamiento vehicular es un problema significativo en las áreas urbanas, especialmente en las intersecciones semaforizadas, debido principalmente al crecimiento exponencial del parque automotor.

En su tesis titulada "Revisión y Rediseño de la Planeación Semaforica de las Intersecciones Viales de la Ciudad de Manizales", (Botero, 2008) llevó a cabo una revisión y rediseño de la planeación semaforica de los principales corredores de la Av. Santander y las avenidas del centro de la ciudad de Manizales, Colombia. Su objetivo era generar planes de señales que mejoraran la coordinación de los corredores y permitieran la implementación de olas verdes para mejorar la movilidad, reduciendo así las demoras de los vehículos causadas por falta de coordinación y planeación de la red de semáforos. A partir de los resultados obtenidos en su investigación, Botero concluyó que era factible mejorar la planeación semaforica. Identificó el

estado actual y el nivel de servicio en cada intersección, destacando la importancia de un control y planeación adecuados de los vehículos de servicio público, especialmente en términos de paraderos controlados, para mejorar significativamente la movilidad en las avenidas del centro de la ciudad. Además, señaló que las intersecciones con movimientos a la izquierda presentaban un nivel de servicio más bajo y necesitaban una fase específica para su trayectoria. Por lo tanto, recomendó buscar alternativas que eliminaran dichos movimientos, como carriles de giro exclusivo o la implementación de fases semafóricas adicionales.

Antecedentes Nacionales

En Ecuador en el año 2022 se matricularon 2.880.910 vehículos motorizados, teniendo un incremento del parque automotor de un 13.61% con respecto al 2021 (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2023). Esta cifra demuestra un alarmante crecimiento vehicular que desencadena en el congestionamiento vehicular, el cual debe ser mitigado mediante mecanismos apropiados que generen soluciones viales adecuadas a las características del flujo vehicular de una vía (Osorio, et al., 2015). Entre las principales estrategias para reducir dicho congestionamiento se encuentra el software de micro simulación de tráfico "Synchro" el cual permite la evaluación del tráfico real y la evaluación de los parámetros de eficiencia de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, para proponer estrategias que posibiliten la optimización del control del tránsito en las intersecciones (Araújo, Jacondino, & Cybis, 2003).

En la ciudad de Cañar existe un incesante problema de congestionamiento vehicular especialmente en las intersecciones semaforizadas que se encuentran a lo largo de la Av. 24 de mayo, la cual conecta a la urbe de Norte a Sur y representa uno de los principales comerciales. Por tal razón, se propondrán y evaluarán propuestas de coordinación semafórica que brinden soluciones prácticas en cuanto a reducir el congestionamiento respecta y a su vez mejorar el nivel de servicio del corredor vial.

1.3 Definición del problema

El congestionamiento vehicular provoca retrasos y pérdidas de tiempo, mayor consumo de combustible, mayor contaminación ambiental, desgaste de la infraestructura vial, entre otros problemas. Este fenómeno se ve agravado en las intersecciones semaforizadas de una red vial que cuentan con una sincronización semafórica ineficiente.

En la ciudad de Cañar existe un elevado congestionamiento vehicular en las intersecciones semaforizadas de la Avenida 24 de Mayo, provocando retrasos, pérdidas de tiempo, mayor consumo de combustible, mayor contaminación ambiental, desgaste de la infraestructura vial, entre otros problemas. Esto es producto del crecimiento vehicular, comercial y poblacional que afronta la ciudad y de una coordinación semafórica que no satisface los altos volúmenes de tránsito especialmente en las horas pico. Por tal razón, es necesario implementar una sincronización semafórica que contemple el encendido de las luces verdes de los semáforos de tal forma que los vehículos puedan atravesar este corredor vial, de extremo a extremo, a una velocidad constante y sin detenerse, procurando que las interrupciones generadas por la luz roja sean mínimas. Esta es una de las formas más eficientes de reducir demoras, consumo de combustible, contaminación y accidentes (Bezerra, 2007).

1.4 Justificación

El congestionamiento vehicular en intersecciones semaforizadas es un fenómeno que deben afrontar la mayoría de ciudades alrededor del mundo y trae consigo afecciones no solo a la movilidad y el tiempo de los conductores y ciudadanos en general, sino que también tiene repercusiones económicas y ambientales significativas.

En el caso específico de la Avenida 24 de Mayo de la ciudad de Cañar, el problema del congestionamiento vehicular ha alcanzado niveles críticos en las intersecciones semaforizadas, especialmente en las horas pico. Por lo tanto, para mitigar dicha problemática, se plantea la implementación de propuestas de optimización de los ciclos semafóricos basadas en micro simulaciones de las condiciones de tránsito de diversos escenarios en el software especializado en tránsito Synchro, el mismo que permitirá determinar las alternativas optimas que reduzcan el congestionamiento y garanticen un flujo vehicular constante a lo largo de las intersecciones de la avenida tratando de que los vehículos recorran mayores distancias en el menor tiempo posible.

1.5 Alcance

El presente trabajo de titulación tiene como premisa fundamental, determinar los parámetros de tránsito de la Avenida 24 de Mayo de la ciudad de Cañar y evaluar las propuestas de optimización de la red semafórica aplicando el software especializado en tránsito Synchro.

Primeramente, se obtuvieron los aforos vehiculares mediante el uso de cámaras de video, luego se procesó manualmente esa información y se aplicó la metodología HCM para determinar los parámetros de tránsito y por consiguiente las condiciones actuales de servicio de la avenida.

Finalmente, se plantean varias propuestas de optimización basadas en micro simulaciones de diversas condiciones de tránsito en el software Synchro, contando con una variedad de parámetros de eficiencia que permiten evaluar y optimizar planes de sistemas sincronizados basados en los volúmenes de tránsito y las condiciones geométricas existentes en la zona de estudio y sus modelos pueden ser utilizados para predecir el comportamiento esperado del sistema ya sea en la actualidad o a una proyección de crecimiento dada. (ATAC, 2003; Park y Chen, 2010; Trafficware, 2017). En el caso del presente trabajo, se ha trabajado con dos periodos de tiempo, el primero es el actual (2023) y el segundo a un lapso 10 años (2033).

1.6 Objetivos

Objetivo General

- Determinar los parámetros de tránsito de la zona de estudio y evaluar propuestas de optimización de la red semafórica empleando la metodología del High Capacity Manual y aplicando un programa informático especializado en tráfico.

Objetivos Específicos

- Recolectar datos de aforo vehicular mediante el uso de cámaras de video.
- Determinar la línea base de la señalización vial existente en la zona de análisis, así como la configuración geométrica de la misma.
- Evaluar y optimizar modelos de fases semafóricas basados en los volúmenes de tránsito y condiciones geométricas existentes en el eje vial analizado, mediante una herramienta computacional especializada en sincronización semafórica.

2 Marco Teórico

En el presente capítulo se detallan los conceptos primordiales de la ingeniería de tránsito referentes a intersecciones semaforizadas. Los mismos que servirán de base para determinar los niveles de servicio de las intersecciones de la Avenida 24 de Mayo de la ciudad de Cañar, iniciando en la Av. Ingapirca y finalizando en la calle Bolívar, y posteriormente, determinar alternativas de optimización de los ciclos semafóricos que mejoren significativamente las condiciones actuales de servicio.

2.1 Aforos Vehiculares

Los aforos vehiculares son conteos de los vehículos que circulan por un punto determinado y a partir del cual se pueden determinar los volúmenes vehiculares que transitan en un punto de interés por periodo de tiempo y tipo de vehículo. Estos aforos deben ser realizados en días representativos tanto de actividades laborales como escolares de la región. Los estudios sobre volúmenes vehiculares y peatonales tienen la finalidad de levantar datos relacionados con los movimientos vehiculares y/o peatonales, dentro de puntos o secciones específicas del sistema vial. Estos datos son expresados en relación del tiempo y hacen posible la estimación de la calidad y nivel de servicio brindado en el sistema. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Existen diferentes formas de realizar estos aforos, tales como:

Aforos manuales: Se los realiza mediante un conteo in-situ de los vehículos que circulan por una vía, se emplean para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y composición vehicular.

Aforos mediante cámaras de video: Se los realiza empleando cámaras de video para grabar los vehículos que circulan por una vía y luego se aplica un procesamiento manual de la información obtenida, es decir, se registra en una ficha los datos obtenidos de los videos.

Aforos manuales-mecánicos: Se los realiza empleando contadores mecánicos, los cuales contabilizan el número de ejes de los vehículos que utilizan la vía. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.2 Transito Promedio Diario Anual

Uno de los elementos más importantes para el diseño de las carreteras es el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de 1 año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición. (Thomson & Bull, 2002)

2.2.1 Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual

En el presente trabajo, al no disponer de la información del aforo anual, para determinar el Transito Promedio Diario Anual, se empleó la expresión matemática con factores de expansión que se indica en la Ecuación 1. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2012)

$TPDA_{actual} = T_o \cdot F_h \cdot F_d \cdot F_s \cdot F_m$	Ecuación 1
---	------------

Donde:

T_o : Tránsito observado (actual)

F_h : Factor horario

F_d : Factor diario

F_s : Factor semanal

F_m : Factor mensual

Factor horario (F_h): Se lo determina dividiendo el tráfico total del conteo automático para el volumen de tráfico que corresponde a las horas del conteo manual del mismo día.

Factor diario (F_d): Se lo determina dividiendo el promedio diario semanal del tráfico del conteo automático para el tráfico total del día calendario que corresponde al conteo manual.

Factor semanal (F_s): Se lo determina dividiendo el promedio del tráfico semanal mensual del conteo automático para la sumatoria del tráfico de la semana que contiene el día calendario del conteo manual. En el caso de no disponer de los datos del tráfico del mes que contiene el día calendario del conteo manual, se lo obtiene dividiendo el número de semanas de cada mes para el número de semanas del mes con menor número de éstas.

Factor mensual (F_m): Se lo calcula dividiendo el promedio de consumo de combustible mensual para el consumo del mes que contiene al día calendario del conteo manual.

2.2.2 Proyección del Tránsito Promedio Diario Anual

La proyección futura del TPDA se la determina mediante la Ecuación 2

$TPDA_{futuro} = TPDA_{actual} \cdot (1 + i)^n$	Ecuación 2
---	------------

Donde:

i : tasa de crecimiento vehicular

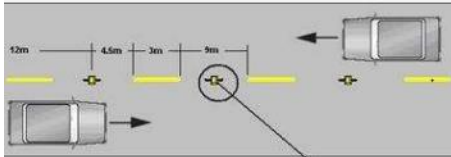
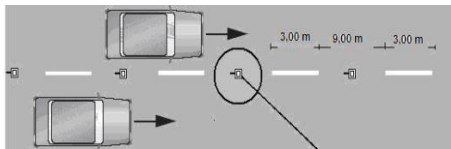
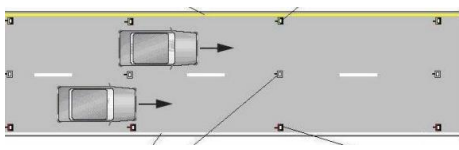
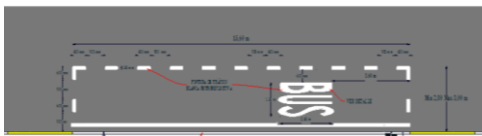
n : tiempo de proyección (años)

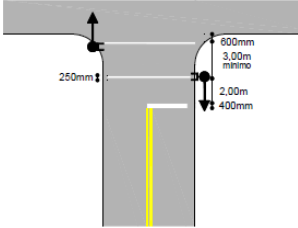
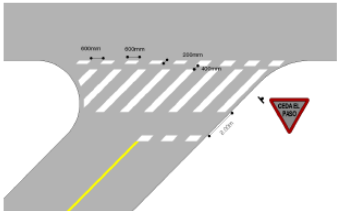
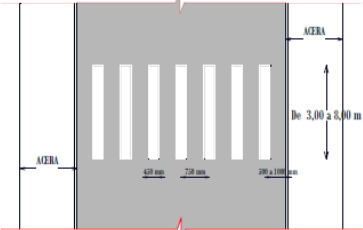
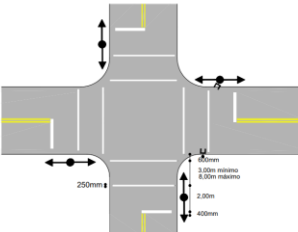
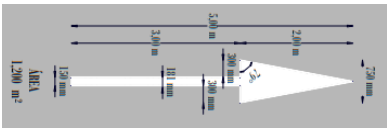
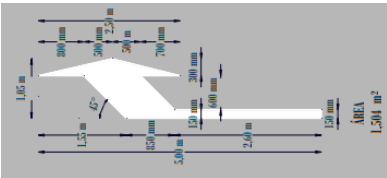
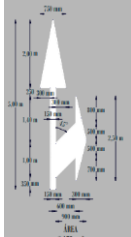
La tasa de crecimiento vehicular adoptada fue para los vehículos livianos del 1.94%, mientras que para los buses y camiones del 1.83%. (Martínez & Pañi, 2019).

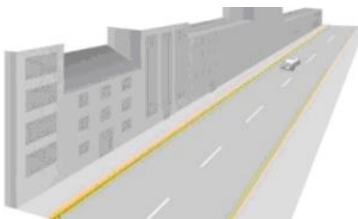
2.3 Señalización Vial

Las señales de tránsito son empleadas para ayudar al movimiento seguro y ordenado del tránsito de peatones y vehículos. Contienen instrucciones las cuales deben ser acatadas por los usuarios de las vías con el fin de evitar peligros u obtener información acerca de rutas, direcciones y destinos. El mensaje de la señal de tránsito puede ser una leyenda, un símbolo o un conjunto de los dos. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011). A continuación, en la Tabla 1 y la Tabla 2, se observa un resumen de las especificaciones técnicas más relevantes correspondientes a la Señalización Horizontal y Señalización Vertical descritas por el INEN. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

Tabla 1. Señalización Horizontal

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL		
PARÁMETRO	DISPOSICIÓN TÉCNICA	OBSERVACIÓN
Líneas Segmentadas de Separación de Circulación Opuesta: Líneas de color amarillo pueden ser traspasadas donde las características geométricas de la vía permiten rebasamiento y los virajes.		Ancho línea 100mm. Patrón 12 m. Relación señalización brecha 3:9 (3m pintados y 9m de separación).
Línea Segmentada Vía de 2 Carriles: Permiten ordenar, separar el flujo de tránsito en una misma vía y posibilitan su uso más seguro y eficiente.		Son de color blanco. Ancho de línea 100mm. Longitud línea pintada 3.00m. Espaciamiento de línea 9.00m.
Líneas de Borde de Calzada: Estas líneas indican a los conductores donde se encuentra el borde de la calzada.		En vías urbanas con velocidad máxima de 50km/h que presenten condiciones geométricas riesgosas. Deben ser de color blanco y se ubican en el borde de la calzada. Deben tener un mínimo 100mm de ancho.
Zona de Escuela: Advierte la probable presencia de escolares en la vía.		Debe complementarse con la señalización vertical. Empleada para velocidades de circulación menores o iguales a 50 Km/h. Las dimensiones se detallan en la Normativa.
Parada Buses: Tiene por objeto delimitar el área donde buses de transporte publico pueden detenerse para tomar y/o dejar pasajeros.		Por razones de seguridad es recomendable emplazarla en un ensanchamiento especial de la calzada como se evidencia en la figura.

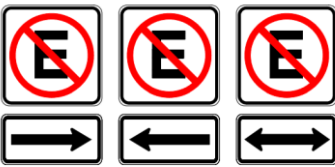
Líneas de Pare: Línea continua de marcada en la calzada. El conductor debe detenerse obligatoriamente.		Tiene un ancho de 400mm con velocidades menores a 50km/h. Se complementa con una señalización vertical de pare. Se debe colocar a 2.00m del poste del semáforo.
Líneas de Detención: Indican a los conductores que viran en una intersección el lugar donde deben detenerse y ceder el paso a los peatones.		Es una línea segmentada de 600mm por 200 mm de ancho son espaciamientos de 600 mm.
Cruce Cebr: Delimita la zona donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestrictiva.		Constituida por bandas paralelas de longitud de 3.00m, ancho 450mm y separación de 750mm con una distancia del bordillo entre 500 y 1000mm. Se acompaña con líneas zigzag.
Cruce Peatonal Controlado por Semáforos: Zona en donde los peatones tienen derecho de cruce en forma temporal, regulado por un semáforo.		Empleada para velocidades de circulación menores o iguales a 50 Km/h.
Flecha Recta: Indica que el carril donde se ubica está destinado al tránsito que continua en línea recta.		Empleada para velocidades de circulación menores o iguales a 50 Km/h.
Flecha de Viraje: Indica que el carril donde se ubica está destinado al tránsito que vira en la dirección y sentido señalado por la flecha.		Empleada para velocidades de circulación menores o iguales a 50 Km/h.
Flecha Recta y de Viraje: Indica que el carril donde se ubica está destinado tanto al tránsito que continua en línea recta como al que vira en dirección y sentido indicado por la flecha de viraje.		Empleada para velocidades de circulación menores o iguales a 50 Km/h.

Líneas de Prohibición de Estacionamiento: Esta señalización indica prohibición permanente de estacionar.		Su color es amarillo a lo largo de un tramo de vía. Debe ser remarcada sobre la calzada junto a los bordillos. Ancho de las líneas 100mm. Se coloca a una distancia entre 200 a 800mm del bordillo de la calzada.
Velocidad Máxima: Indica la velocidad máxima permitida en el carril en que se ubica.		El color es blanco y las dimensiones se detallan en la Normativa.

Nota. Señalización tomada de la normativa RTE INEN 004-2;011 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

Tabla 2. Señalización Vertical.

SEÑALIZACIÓN VERTICAL		
PARÁMETRO	DISPOSICIÓN TÉCNICA	OBSERVACIÓN
PARE: Se instala en las aproximaciones a las intersecciones, donde una de las vías tiene prioridad con respecto a otra, y obliga a detener el vehículo frente a esta señal antes de entrar a la intersección.	 R1 - 1	Cuando existen vías unidireccionales de dos o más carriles o cuando la visibilidad de la señal se vea obstaculizada, esta debe ser reforzada, instalada también al costado izquierdo. Las dimensiones se encuentran detalladas en la Normativa.
Ceda el Paso a Peatones: Instalada en intersecciones semaforizadas, en donde por la geometría vial, los cruces peatonales no son paralelos a la vía desde la cual los vehículos viran para cruzarlos.	 R2-4	Los conductores que giran a la izquierda o derecha, a pesar de tener luz verde, deben ceder el derecho de vía a los peatones. Las dimensiones se encuentran detalladas en la Normativa.

No Virar en U: Indica al conductor que no puede virar y regresar por la vía en la que venía.	 R2-8	Empleada cuando el viraje en “U” puede ocasionar congestión y peligro a los flujos de tránsito, o cuando el radio de giro es pequeño y la maniobra y constituye un factor de riesgo. Las dimensiones se encuentran detalladas en la Normativa.
Límite Máximo de Velocidad: Se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía.	 R4-1	Esta señal debe ser complementada con placas: livianos, pesados y buses. Las dimensiones se encuentran detalladas en la Normativa.
No Estacionar: Se utiliza para indicar la prohibición de estacionar a partir del lugar donde se encuentra instalada.	 R5-1a R5-1b R5-1c	La prohibición puede ser limitada a determinados horarios, tipos de vehículo y tramos de vía. Las dimensiones se encuentran detalladas en la Normativa.
Cruce Peatonal con Prioridad: Previene al conductor del vehículo de la existencia más adelante de un cruce peatonal cebra regulado con señales.		Debe utilizarse siempre que exista un cruce peatonal señalizado horizontal y verticalmente.
Señales de Velocidad Máxima de Escuela: Indica la velocidad máxima para escuelas e indica el límite de velocidad	 ER1-1	Se debe colocar lo más cercano posible al punto donde la zona de velocidad reducida comience 60m antes del cruce de peatones o a 90m de la propiedad de la escuela.
Parada de Bus en Zona Escolar: Indica el inicio del paradero de una zona escolar y sus restricciones.		Instalada al inicio de la zona escolar.
Fin de Zona Escolar: Indica la finalización de la zona escolar y sus restricciones.	 ER3 - 1	Instalada al final de la zona escolar (fin radio de circunferencia).

Nota. Señalización tomada de la normativa RTE 004-1:2011 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2011).

2.4 Definiciones de la Ingeniería de Tránsito para Intersecciones Semaforizadas

2.4.1 Volumen, Demanda y Capacidad

Existen diversos conceptos de gran relevancia para el análisis de las condiciones de tránsito de una arteria vial como lo son volumen, demanda y capacidad. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.4.2 Volumen de Tránsito

El volumen de tránsito se define como número de vehículos que circulan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un lapso de tiempo determinado. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Se expresa mediante la Ecuación 3.

$Q = \frac{N}{t}$	Ecuación 3
-------------------	------------

Donde:

Q: vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/período)

N: número total de vehículos que pasan (vehículos)

t: período determinado (unidades de tiempo)

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, es decir, pueden variar considerablemente de un momento a otro, por lo que son precisos únicamente para el período de duración de los aforos. Estos volúmenes se usan para determinar los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.4.3 Demanda (D)

La demanda se define como el número de vehículos que pasan por un punto dado durante un tiempo específico. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.4.4 Capacidad (c)

La capacidad representa número máximo de vehículos que pueden transitar por un punto durante un lapso de tiempo específico. En los análisis de capacidad se utiliza usualmente un periodo de 15 minutos, puesto que se considera que es el tiempo mínimo de duración en donde se llega a exponer un flujo estable. (Transportation Research Board, 1985).

2.4.5 Relación Demanda- Capacidad

La demanda es una medida del número de vehículos que esperan ser servidos al circular por una vía, distinto de los que son servidos (volumen) y de los que pueden ser servidos (capacidad). Por lo tanto, la relación de volumen/capacidad es utilizada para conocer los niveles de servicio de las vías. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

- Si la relación volumen/capacidad es menor a 1, el sistema vial se encuentra no saturado.
- Si la relación volumen/capacidad es igual, el sistema vial está al límite de saturación.
- Si la relación volumen/capacidad es mayor a 1, el sistema vial se encuentra saturado.

2.5 Congestionamiento Vehicular

En los períodos de máxima demanda, el tránsito vehicular empieza a presentar pérdidas de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a niveles de congestionamiento con las consiguientes demoras y colas asociadas. Por tal razón, es una tarea imprescindible en la ingeniería de tránsito, la correcta planificación y diseño de los sistemas viales de una ciudad, tratando de que las propuestas sean las más eficientes posibles y satisfagan la demanda de manera adecuada y minimicen en su mayoría las demoras de tránsito que se puedan producir. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.6 Semaforización

Los semáforos son dispositivos electrónicos empleados para regular el tránsito vehicular y/o peatonal, colocados en las calles y accionados por corriente eléctrica, utilizan lentes iluminados para exhibir sus indicadores. La función principal de un semáforo es el control de tránsito en una intersección, dar alternativas de paso a los usuarios, para que transiten por la intersección sin problemas, riesgos y demoras. Las instrucciones del semáforo se pueden complementar mediante el uso de señales y demarcaciones horizontales y verticales. (Valencia, 2000).

Es recomendable en ciudades en donde el tránsito vehicular este en constante crecimiento, utilizar sistemas sincronizados de semáforos e integrados con detectores de vehículos dado que usualmente el flujo vehicular varia de forma dinámica y continua en el tiempo, provocando variaciones en el flujo y sus respectivas demoras vehiculares. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.6.1 Componentes de un Ciclo Semaforico

El funcionamiento de los semáforos está basado en intervalos de tiempo, en donde se permiten movimientos, se advierte un cambio de movimiento y se prohíben movimientos. Todas estas acciones se realizan de forma ordenada, llegando así a conformar todo un ciclo semaforico. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

Los parámetros de los ciclos semaforicos son los siguientes:

Ciclo Semaforico

Llega a ser una rotación completa de las acciones del semáforo, en donde al culminar un ciclo se habrán permitido todos los movimientos de la intersección. Cada movimiento vehicular recibe un tiempo de verde durante cada ciclo. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

Longitud de Ciclo

Es el tiempo en segundos que toma completar una rotación del ciclo semaforico, es decir, el tiempo que toma completar todas las fases permitidas una sola vez. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

Intervalo de Tiempos

Es un intervalo de tiempo dentro del ciclo semaforico, en donde la señal semaforica no cambia. Existen diferentes tipos de intervalos en un ciclo semaforico, siendo estos:

Intervalo de Cambio

Se representa mediante el color ámbar o amarillo, se encuentra entre la transición de las luces verde y rojo, y se lo otorga para los vehículos que no lograron detenerse de manera segura antes del cruce peatonal. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

Intervalo de Todo Rojo

También conocido como intervalo de limpieza y se representa con el color rojo. Es un tiempo en donde todos los semáforos presentan el color “rojo”, es decir se prohíbe el uso de la intersección. Este intervalo se utiliza para limpiar la intersección, es decir permitir al vehículo que se encuentra dentro de la misma, poder salir de esta sin causar accidentes. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

Intervalo de Verde

Se representa mediante el color verde. A lo largo de un ciclo semafórico cada movimiento cuenta con un tiempo de verde, en el cual se permite realizar el cruce vehicular a un respectivo movimiento. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

Intervalo de Rojo

Se representa con el color rojo. Cada movimiento cuenta con un intervalo rojo durante un ciclo en el cual su desplazamiento está prohibido. En general el intervalo rojo se sobrepone a los intervalos verdes de los otros movimientos. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

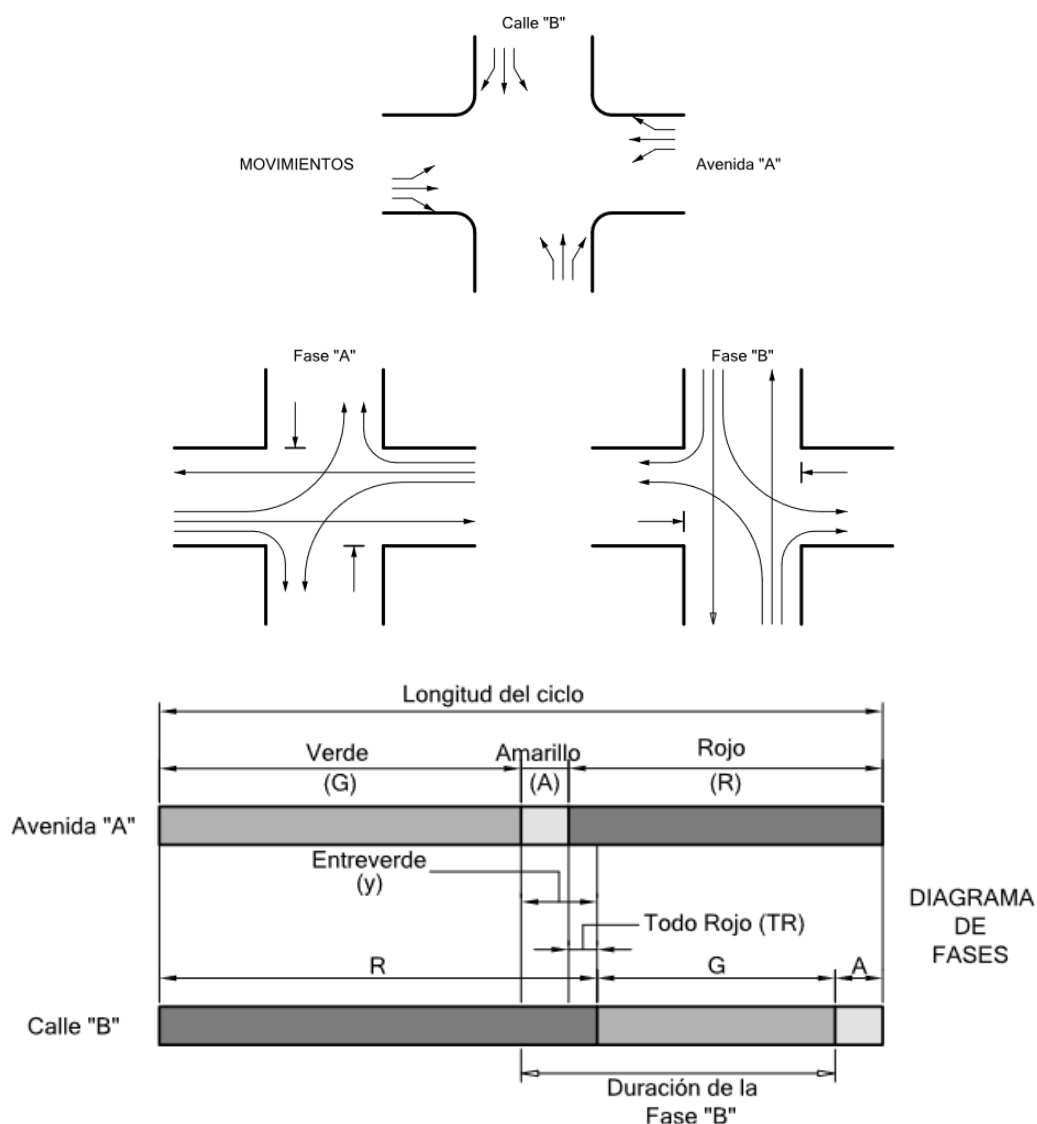
Fase Semafórica

Una fase semafórica consiste en un intervalo secuencial de tiempos de verde, amarillo, todo rojo y rojo. En este lapso de tiempo a un grupo de movimientos se le permite realizar la entrada y posterior salida de la intersección, mientras que los demás grupos se encuentran detenidos. De esta manera se realiza un movimiento seguro. (Roess, Prassas, & McShane, 2011).

2.6.2 Tiempos de un Semáforo

Para que las demoras sean las mínimas posibles, cada fase de una intersección debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos. Así se logrará admitir un mayor volumen de vehículos en la intersección. La distribución de los tiempos en cada fase debe estar en relación directa con los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes. Es decir, la duración de cada fase y del ciclo dependerá de la demanda vehicular. En la Ilustración 1 se muestra una intersección de cuatro accesos operada con un semáforo de dos fases, en ella se observa en forma esquemática los conceptos de longitud de ciclo, intervalos y fases. Una fase consta de un intervalo amarillo, uno todo rojo y uno verde. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Ilustración 1. Diagrama de fases en una intersección con semáforos



Nota. La Ilustración 1 se obtuvo de Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Todas estas acciones se realizan de forma secuencial llegando así a formar todo un ciclo. La función principal del intervalo de cambio de fase es la de alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección. Para calcular el intervalo de cambio de fase, que considere el tiempo de percepción-reacción del conductor, los requerimientos de la desaceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.6.3 Intersecciones Semaforizadas

A diferencia de los sistemas viales de circulación continua, en las intersecciones semaforizadas, la capacidad no está totalmente correlacionada con determinado nivel de servicio, por lo que es importante analizar ambos conceptos de forma independiente. El análisis de capacidad, implica el cálculo de la relación volumen/capacidad (v/c) para movimientos críticos en carriles simples o agrupados, mientras que el análisis del nivel de

servicio se basa en la demora media de los vehículos detenidos por la acción de los semáforos.

Específicamente, el nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por vehículo debida a los controles. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

2.6.4 Cálculo del Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

El “Highway Capacity Manual (HCM)” define el nivel de servicio de una intersección con semáforos a través de las demoras, las cuales representan para el usuario una medida del tiempo perdido de viaje, del consumo de combustible, de la incomodidad y de la frustración. (Transportation Research Board, 2010). Para determinar las demoras, se deben calcular los parámetros que se encuentran detallados a continuación:

Determinación de grupos de movimientos y grupos de carriles

Para la determinación de grupos de movimientos y grupos de carriles se deben aplicar las siguientes reglas. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Un movimiento de vuelta (a izquierda o derecha) que es servido por uno o más carriles exclusivos (no compartidos), deberá designarse como un grupo de movimientos.

Cualquier carril, no asignado a un grupo por la regla anterior, deberá ser combinado en un grupo de movimientos.

Un carril (o carriles) exclusivo para dar vuelta (a izquierda o derecha), deberá ser designado como un grupo de carril separado.

Cualquier carril compartido, deberá ser asignado como un grupo de carril separado.

Cualquier otro carril que no sea carril exclusivo de vueltas o carriles compartido, deberá ser combinado en un grupo de carriles.

Determinación de la tasa de flujo por grupos de movimientos

En esta etapa se determina la tasa de flujo de cada grupo de movimientos. Si un movimiento de vuelta es servido por uno o más carriles exclusivos, sin carriles compartidos, entonces la tasa de flujo del movimiento se destina a un grupo de movimiento. El flujo restante, que no ha sido asignado aún, deberá asignarse a otros grupos de movimientos. La tasa de flujo por vueltas a la derecha en rojo, debe restarse de la tasa de flujo por vueltas a la derecha, independientemente de si la vuelta ocurre desde un carril compartido o exclusivo. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Determinación de la tasa de flujo por grupos de carriles

En este paso se determina la tasa de flujo de cada grupo de carriles. Si no hay carriles compartidos en el acceso o éste tiene solamente un carril, hay una correspondencia uno a uno entre grupos de carriles y grupos de movimientos. En esta situación, la tasa de flujo del grupo de carriles es igual a la tasa de flujo del grupo de movimientos. Cuando se tengan carriles de vuelta a izquierda compartidos, se deberá evaluar la operación en el carril compartido para determinar si efectivamente funciona como carril exclusivo de vuelta a la izquierda, debido a la presencia de altos volúmenes de vuelta a la izquierda. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

$V_i = \frac{V_a - V_i}{N - 1}$	Ecuación 4
---------------------------------	------------

$V_i \geq \frac{V_a - V_i}{N - 1}$	Ecuación 5
------------------------------------	------------

Donde:

V_i : Volumen actual de vuelta a la izquierda (vehículos/h)

V_a : Volumen actual en el acceso (vehículos/h)

N: Número de carriles del acceso

Si se cumple la Ecuación 4, el carril extremo izquierdo es un carril compartido y se usa un solo grupo de carriles para todo el acceso. Si, por el contrario, se cumple la Ecuación 5, el carril extremo izquierdo actúa como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda y, por lo tanto, deberá establecerse como un grupo separado de carriles. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Para ello, se requiere convertir los volúmenes horarios a tasas de flujo a través del factor de la hora de máxima demanda mediante la Ecuación 6.

$v = \frac{V}{FHMD}$	Ecuación 6
----------------------	------------

Donde:

v: Tasa de flujo (vehículos/h)

V: Volumen horario (vehículos/h)

FHMD: Factor de la hora de máxima demanda

Determinación de la tasa de flujo ajustado

Para determinar esta tasa, se deben determinar el factor horario de máxima demanda (FHMD) y la tasa de flujo (V_p), representados mediante la Ecuación 7 y la Ecuación 8.

$FHMD = \frac{VHMD}{4Max(V_{15})}$	Ecuación 7
------------------------------------	------------

.

$V_p = \frac{VHMD}{FHP(f_{HV})}$	Ecuación 8
----------------------------------	------------

Donde:

V_p = tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/h).

$Max(V_{15})$: máxima tasa de flujo en periodos de 15 minutos (veh/h).

VHMD: volumen horario de máxima demanda (veh/h).

FHP: factor de hora pico.

f_{HV} : factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

Para seleccionar el volumen pico para cada movimiento se recomienda observar directamente los flujos y se selecciona el más crítico en los 15 minutos de análisis. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Determinación de la tasa de flujo de saturación ajustada

La tasa de flujo de saturación se define como la tasa máxima de flujo en un acceso o grupo de carriles, que puede pasar a través de la intersección bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y la calle, suponiendo que dicho acceso o grupo de carriles tiene el 100% del tiempo disponible como verde efectivo (esto es, $g/C=1.0$). Las condiciones prevalecientes del tránsito incluyen los volúmenes por tipo de movimiento (izquierda, directo, derecha), su composición vehicular (automóviles, autobuses, camiones), maniobras de estacionamiento, paradas de autobuses y conflictos con peatones y ciclistas. El procedimiento aplicado para determinar la tasa de flujo de saturación ajustada puede determinarse mediante estudios de campo o ajustarse con la Ecuación 9. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

$S_i = S_o N_i f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_L f_R f_{Lpb} f_{Rpb}$	Ecuación 9
--	------------

Donde:

S_i : tasa de flujo de saturación ajustada del grupo de carriles i (vehículos/hora verde)

S_o : tasa de flujo de saturación base (autos/hora verde/ carril)

N_i : número de carriles del grupo i

f_w : factor de ajuste por ancho de carriles

f_{HV} : factor de ajuste por vehículos pesados en el flujo de tránsito

f_g : factor de ajuste por pendiente del acceso

f_p : factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

f_{bb} : factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección

f_a : factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} : factor de ajuste por utilización de carriles

f_L : factor de ajuste por vueltas a la izquierda

f_R : factor de ajuste por vueltas a la derecha

f_{Lpb} : factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda

f_{Rpb} : factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha

Ajuste por ancho de carriles: f_w

Este factor se determina de acuerdo a los parámetros que se indican en la Tabla 3, en ningún caso el ancho debe ser menor a 2.4 m, cuando llega a pasar los 4.8 m se debe analizar como dos carriles. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Tabla 3. Factor de ajuste por ancho de carril

Ancho promedio de carril (m)	Ajuste por ancho de carril (f_w)
< 3	0.96
$\geq 3 - 3.92$	1
> 3.92	1.04

Nota. La Tabla 3 fue obtenida de la (Transportation Research Board, 2010).

Ajuste por vehículos pesados: f_{HV}

Tiene en cuenta el efecto de la presencia de vehículos pesados en el flujo vehicular. Dentro de los vehículos pesados se tienen en cuenta los camiones de carga y los autobuses, sin incluir aquellos buses locales que se detienen en la intersección en un paradero por ascenso y descenso de pasajeros. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Los valores para este factor se calculan con la Ecuación 10.

$f_{HV} = \frac{100}{10 + P_{HV}(E_T - 1)}$	Ecuación 10
---	-------------

Donde:

P_{HV} : Porcentaje de vehículos pesados en el correspondiente grupo (%)

E_T : Número equivalente de automóviles directos a un vehículo pesado=2

Ajuste por pendiente del acceso: f_g

Tiene en cuenta el efecto de la pendiente del acceso sobre el funcionamiento de los vehículos. Los valores para este factor se calculan con la Ecuación 11.

$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$	Ecuación 11
-----------------------------	-------------

Donde:

P_g : porcentaje de pendiente del acceso, correspondiente al grupo de movimientos (%)

Este factor aplica para pendientes en el rango de -6% a +10%. Pendientes negativas en descenso y positivas en ascenso. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Ajuste por estacionamiento: f_p

Tiene en cuenta el efecto en el flujo del grupo de carriles, de la presencia de un carril de estacionamiento adyacente al grupo de carriles, ubicado en los 76 metros corriente arriba de la línea de pare.

Los valores para este factor se calculan con la Ecuación 12.

$f_p = \frac{N_i - 0.1 - \frac{18N_m}{3,600}}{N_i} \geq 0.05$	Ecuación 12
---	-------------

Donde:

N_m : Numero de maniobras de estacionamiento (maniobras/h)

N_i : Número de carriles del grupo i

La ecuación anterior aplica para un máximo de 180 maniobras/h. Si no existe estacionamiento, el factor de ajuste es 1. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Ajuste por bloque por buses que paran: f_{bb}

Tiene en cuenta el impacto de los buses que se detienen, para descargar o abordar pasajeros, en un paradero ubicado dentro de los 76 metros desde la línea de pare en la entrada o salida del acceso, bloqueando el flujo de tránsito en el respectivo grupo de carriles.

Los valores para este factor se calcularon con la Ecuación 13.

$f_{bb} = \frac{N_i - \frac{14.4N_b}{3,600}}{N_i} \geq 0.050$	Ecuación 13
---	-------------

Donde:

N_i : Número de carriles del grupo i

N_b : Número de buses que paran (buses/h)

La ecuación anterior aplica para un máximo de 250 buses/h. Si no existe bloqueo de buses, el factor de ajuste es 1. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Ajuste por tipo de área: f_a

Este ajuste se usa para tener en cuenta la ineficiencia de las intersecciones cuando se encuentran ubicadas en el centro de la ciudad, en comparación con aquellas ubicadas fuera del centro. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Es importante identificar la ubicación de la intersección, para un adecuado análisis.

$f_a = 0.90$ (zonas comerciales CBD)

$f_a = 1.00$ (para otras zonas)

Ajuste por utilización de carriles: f_{LU}

Este ajuste se utiliza cuando el grupo de carriles tiene más de un carril, donde la demanda no es igual en ellos. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Los valores para este factor se calculan con la Ecuación 14.

$f_{LU} = \frac{V_i}{V_1(N_i)}$	Ecuación 14
---------------------------------	-------------

Donde:

V_i : Volumen de demanda del grupo de carriles i

V_i : Volumen de demanda del grupo de carriles i (vehículos/h)

V_1 : Volumen de demanda del carril con el volumen más alto del grupo de carriles i (vehículos/h)

N_i : Número de carriles del grupo i

Ajuste por vueltas a la izquierda: f_L

Este ajuste se utiliza para reflejar el efecto de la trayectoria seguida por los vehículos que dan vuelta a la izquierda. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Para carriles compartidos, los valores para este factor se calculan con la Ecuación 15.

$f_L = \frac{1}{1 + 0.05P_L}$	Ecuación 15
-------------------------------	-------------

Donde:

P_L : Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles

Para carriles exclusivos, el factor es 0.95.

Ajuste por vueltas a la derecha: f_R

Este ajuste se utiliza para reflejar el efecto de la trayectoria seguida por los vehículos que dan vuelta a la derecha. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Para carriles compartidos, los valores para este factor se calculan con la Ecuación 16.

$f_R = 1 - 0.15P_R$	Ecuación 16
---------------------	-------------

Donde:

P_R : Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles

Para carriles exclusivos, el factor es 0.85

Ajuste por peatones y bicicletas en vueltas vehiculares a la izquierda y a la derecha: f_{Lpb} , f_{Rpb}

Estos ajustes están basados en el concepto de la ocupación de la zona de conflicto, donde los flujos vehiculares entran en conflicto con el cruce de los peatones y bicicletas. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Determinación de la proporción de llegadas durante el verde

La proporción de los vehículos que llegan durante la fase verde, se calcula con la Ecuación 17.

$P_i = R_{pi} \left(\frac{g_i}{C} \right)$	Ecuación 17
---	-------------

Donde:

P_i : Proporción de los vehículos que llegan durante el verde, en el grupo de carriles i

R_{pi} : Relación de grupo de llegada, en el grupo de carriles i

g_i : Tiempo de verde efectivo (s), del grupo de carriles i

C : Longitud del ciclo (s)

Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad**Capacidad**

La capacidad en una intersección con control semafórico se define para cada acceso o grupo de carriles, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito, de la calle y del semáforo. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Se calcula mediante la Ecuación 18.

$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$	Ecuación 18
--	-------------

Donde:

c_i : Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)

s_i : Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/ hora verde)

g_i : Tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verdes)

C : Longitud del ciclo del semáforo (segundos)

(g_i/C) : Relación de verde a ciclo para el grupo de carriles i

Relación Volumen a Capacidad

La relación volumen a capacidad, típicamente llamada grado de saturación, y simbolizado como X_i . (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Se calcula mediante la Ecuación 19.

$X_i = \frac{v_i}{c_i}$	Ecuación 19
-------------------------	-------------

Donde:

v_i : es la tasa de flujo de demanda actual o proyectada del grupo de carriles i .

c_i : Capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)

Reemplazando esta ecuación en la ecuación de capacidad, se obtiene la Ecuación 20.

$X_i = \frac{v_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C}\right)} = \frac{\left(\frac{v}{s}\right)_i}{\left(\frac{g_i}{C}\right)}$	Ecuación 20
--	-------------

En esta última expresión, al cociente $(v/s)_i$, se le denomina relación de flujo. Obsérvese que cuando la tasa de flujo v_i es igual a la capacidad c_i , el grado de saturación X_i es igual a 1, y cuando la tasa de flujo v_i es cero, X_i es igual a cero. Valores de X_i superiores a 1, indican un exceso de demanda sobre la capacidad.

Para evaluar globalmente la intersección, con respecto a su geometría y al ciclo, se utiliza el concepto de grado de saturación crítico de la intersección X_c . Considera solamente los accesos o grupos de carriles críticos, definidos como aquellos que tienen la relación de flujo más alta para cada fase, $(v/s)_{ci}$. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Se define con la Ecuación 21.

$X_c = \left(\frac{C}{C-L}\right) \left[\sum \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}\right]$	Ecuación 21
--	-------------

Donde:

X_c : Relación volumen a capacidad crítica de la intersección

C: Longitud del ciclo del semáforo (s)

L: Tiempo total perdido por ciclo (s)

$\left(\frac{v}{s}\right)_{ci}$: Relación de flujo del grupo de carriles críticos i

Determinación de las Demoras

Los valores derivados de los cálculos representan la demora media por control experimentada por todos los vehículos que llegan en el período de análisis, incluidas las demoras que ocurren antes del período de análisis cuando el grupo de carriles está sobresaturado.

La demora por control incluye los movimientos a velocidades bajas y las detenciones en los accesos a la intersección, cuando los vehículos disminuyen la velocidad corriente arriba o cambian de posición en la cola. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Se las calcula mediante la Ecuación 22.

$d_i = d_1(PF) + d_2 + d_3$	Ecuación 22
-----------------------------	-------------

Donde:

d_i : demora media por control del grupo de carriles i (s/veh).

d_1 : demora uniforme (s/veh), suponiendo llegadas uniformes.

PF: factor de ajuste por coordinación. Tiene en cuenta los efectos de la coordinación de los semáforos

d_2 : demora incremental (s/veh), que tiene en cuenta el efecto de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas durante el período de análisis.

d_3 : demora por cola inicial (s/veh), que tiene en cuenta las demoras de todos los vehículos debido a la presencia de colas iniciales antes del período de análisis.

Factor de ajuste por coordinación:

Una buena coordinación de semáforos dará como resultado una proporción alta de grupos vehiculares que llegan en el verde. La coordinación afecta principalmente a la demora uniforme, por lo que se realiza el ajuste sólo a d_1 . (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Se lo determina mediante la Ecuación 23.

$PF = \frac{(1 - P_i)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g_i}{C}\right)}$	Ecuación 23
---	-------------

Donde:

P_i : proporción de vehículos que llegan en verde en el grupo de carriles i

g_i/C : proporción de tiempo verde disponible en el grupo de carriles i

f_{PA} : factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde (1 para tipo de llegadas 1, 3, 5 y 6; 0.93 para tipo de llegadas 2; 1.15 para tipo de llegadas 4).

Demora Uniforme

La demora uniforme d_1 , es la que ocurriría si los vehículos llegaran uniformemente distribuidos, tal que no existe saturación durante ningún ciclo. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Se determina mediante la Ecuación 24.

$d_1 = \frac{0.5C(1 - \frac{g_i}{C})^2}{1 - \left[\min(1, X_i) \frac{g_i}{C}\right]}$	Ecuación 24
---	-------------

Donde:

g_i/C : proporción de tiempo verde disponible en el grupo de carriles i .

C : Longitud del ciclo del semáforo (s).

X_i : grado de saturación

Demora Incremental

La demora incremental d_2 , toma en consideración las llegadas aleatorias, que ocasiona que algunos ciclos se sobresaturen. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Se expresa con la Ecuación 25.

$d_2 = 900T \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \frac{8kIX_i}{c_iT}} \right]$	Ecuación 25
--	-------------

Donde:

T: Duración del periodo de análisis (0.25h)

X_i : grado de saturación

k: Factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones accionadas. k=0.50 para intersecciones prefijadas

I: Factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba. I=1 para intersecciones aisladas.

Demora por cola inicial

Cuando una cola residual existe antes del período de análisis T, los vehículos experimentan (los que llegan durante T) una demora adicional, debido a que la cola inicial deberá primero desalojar la intersección. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

En los casos en que el grado de saturación es mayor a 1 para un período de 15 minutos, el siguiente período empieza con una cola inicial llamada Q_b en vehículos. Q_b se debe observar al inicio del rojo. Cuando $Q_b \neq 1$, los vehículos que llegan durante el período de análisis experimentarán una demora adicional por la presencia de la cola inicial. La demora por cola inicial d_3 , se calcula mediante la Ecuación 26.

$d_3 = \frac{1,800Q_b(1 + u)t}{cT}$	Ecuación 26
-------------------------------------	-------------

Donde:

X_i : grado de saturación

Q_b : cola inicial al principio del período T (veh)

e: capacidad (veh/h)

T: duración del período de análisis (0.25 h)

t: duración de la demanda insatisfecha (h.)

u: parámetro de demora

Demoras agregadas

La demora en cualquier acceso, se determina como un promedio ponderado de las demoras totales de todos los grupos de carriles del acceso, utilizando los flujos ajustados de los grupos de carriles. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Se las calcula mediante la Ecuación 27.

$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i v_i)}{\sum_{i=1}^A v_i}$	Ecuación 27
---	-------------

Donde

A: número de grupos de carriles en el acceso A

d_A : demora en el acceso A (s/veh)

d_i : demora en el grupo de carriles i, en el acceso A (s/veh)

v_i : volumen ajustado del grupo de carriles i (veh/h)

La demora en la intersección, igualmente se determina como un promedio ponderado de las demoras en todos los accesos de la intersección, según la Ecuación 28.

$d_i = \frac{\sum_{A=1}^I (d_A v_A)}{\sum_{A=1}^I v_A}$	Ecuación 28
---	-------------

Donde:

I: número de accesos de la intersección I

d_i : demora en la intersección I (s/veh)

d_A : demora en el acceso A (s/veh)

v_A : volumen ajustado del acceso A (veh/h)

Determinación del Nivel de Servicio

El nivel de servicio de una intersección se la determina en función de las demoras promedio por controles por vehículo. Una vez obtenida la demora para cada grupo de carriles y agregada para cada acceso y para la intersección como un todo, se determinan los niveles de servicio consultando en la Tabla 4. (Transportation Research Board, 2010).

Tabla 4. Niveles de Servicio de acuerdo a las demoras

Nivel de Servicio	Características de la Operación	Demoras (seg/veh)
A	Relaciones volumen/capacidad (v/c) muy pequeñas, donde la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto pueden contribuir a demoras mínimas.	< 10
B	Algunos vehículos comienzan a detenerse. Las relaciones volumen/capacidad (v/c) siguen siendo bajas y la progresión del tránsito también es altamente favorable, para longitudes cortas de ciclo.	> 10 – 20
C	A pesar de que la progresión es aún favorable, algunos ciclos empiezan a malograrse, donde sus longitudes son relativamente moderadas. El número de vehículos que se detienen es significativo, aunque muchos pasan la intersección sin detenerse.	> 20 – 35
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias, o relaciones v/c altas. Muchos vehículos se detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados	> 35 – 55
E	Se considera como el límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones v/c muy altas.	> 55 – 80
F	El tiempo de demora es inaceptable. Los flujos de llegada exceden la capacidad de los accesos de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada, con relaciones v/c mayores a 1.0.	> 80

Nota. La Tabla 4 se obtuvo de la Metodología HCM. (Transportation Research Board, 2010).

2.7 Simulación con el Software Especializado en Tránsito

2.7.1 Software empleado

Para realizar la simulación se empleó el Software Synchro, el cual es una herramienta de informática especializada en la planificación, diseño, control y optimización de tiempos de semáforos en intersecciones viales que tiene como premisa el mejoramiento del flujo vehicular de una intersección, analizando la capacidad de la misma siguiendo la metodología del HCM 2010. (Transportation Research Board, 2010)

Entre las principales funciones del programa, se destacan las siguientes:

- Optimización de longitudes de ciclo de tiempo de fases.
- Coordinación de semáforos generando planes de tiempo optimizando.
- Modelado y simulación microscópica del tráfico de una intersección o una vía.

Datos de entrada

Los datos de entrada son: condiciones geométricas (ancho de carriles, longitud de carriles, y pendiente), condiciones de tráfico y condiciones semafóricas de las intersecciones a ser analizadas.

Ajuste de demanda

Se dividen los volúmenes de tráfico en intervalos de 15 minutos, para determinar posteriormente el Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD).

Ajuste de oferta

Para el cálculo de la tasa de flujo de saturación, el programa emplea el valor por defecto de la tasa de flujo de saturación de 1900 veh/h/carril, el cual representa el flujo de saturación ideal. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Cabe recalcar que este valor el software lo asume por defecto de la metodología del HCM (Transportation Research Board, 2010).

Determinación de la capacidad

Para determinar la capacidad de la vía, el programa incorpora todos los parámetros y estimaciones de la metodología HCM 2010. (Transportation Research Board, 2010).

Determinación de las medidas de eficiencia

El software determina las demoras por control y por cola, con las que se obtiene la demora total, es decir: $\text{Demora total} = \text{demora por control} + \text{demora de cola}$. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Determinación del Nivel de Servicio

Para determinar el Nivel de Servicio de las intersecciones semaforizadas, el software aplica los fundamentos técnicos del HCM 2010. (Transportation Research Board, 2010)

Optimización de longitudes de ciclo y tiempo de fases

El software optimiza las longitudes del ciclo y tiempos de fases, enfocándose en obtener la mayor fluidez del tráfico vehicular. (Transportation Research Board, 2010).

Coordinación de intersecciones semaforizadas

Los sistemas coordinados pueden o no, estar sujetos a un control maestro, en general los semáforos que son de tiempo fijo dentro de un radio de 400 metros y que regulan las mismas condiciones de tránsito, deben funcionar coordinadamente, aún a distancias mayores pueden resultar convenientes. (Contreras, 2014)

Cálculo de plan de fases

Para la preparación de un plan de coordinación de un sistema de semáforos sencillo (vía en uno o doble sentido) se necesita determinar de las intersecciones que lo compone lo siguiente:

Ciclo común

Es la duración en segundos de ciclo que más convenga y que requieren las intersecciones involucradas en el conjunto que compone la red en estudios para satisfacer las demandas de tránsito. Esta duración debe ser común a todas las intersecciones, por lo tanto, habrá algunos sobres diseñados y en caso de serlo mucho se debe analizar el dotar algunas de ellas con una duración del ciclo equivalente a la mitad del ciclo común. (Valencia, 2000).

Reparto del ciclo

Es la distribución de la duración del ciclo común para proporcionar el tiempo de verde del semáforo a cada movimiento de cada intersección. Esta distribución debe satisfacer las demandas del tránsito de cada intersección en los periodos de diseño determinados para la red. (Valencia, 2000).

Desfases

Es el número de segundos que tarda en aparecer la indicación de luz verde en un semáforo cualquiera, después de un instante dado, que se toma como punto de referencia. Se obtiene luego de realizar el procedo de “tanteo” (manual) para establecer las coordinaciones más adecuada o mediante la aplicación de programa computacionales especializados. Estos desfases dependen de las condiciones. (Valencia, 2000).

3 Metodología

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente trabajo de titulación es del tipo descriptivo. Se basa en determinar y analizar la situación actual de la Avenida 24 de Mayo de la ciudad de Cañar y determinar propuestas de optimización de la red semafórica que contribuyan a mejorar el nivel de servicio de la avenida, mediante el uso de un software especializado en tránsito.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental, puesto que se basa en un análisis de datos de los flujos vehiculares que circulan por la Avenida 24 de Mayo, obtenidos mediante cámaras de video, mas no en la manipulación de variables.

3.3 Población y Muestra

La población a analizar la conforma el flujo vehicular que circula por la Avenida 24 de Mayo de la ciudad de Cañar, iniciando en la Av. Ingapirca (estación 1) y finalizando en la calle Bolívar (estación 6). En la Tabla 5 se indica la ubicación de cada una de las estaciones.

Tabla 5. Descripción de las intersecciones semaforizadas de la Av. 24 de Mayo

Estación	Denominación	Ubicación (Intersección)
1	Móvil	Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca
2	Móvil	Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto
3	Móvil	Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto
4	Fija	Av. 24 de Mayo y Calle Borrero
5	Móvil	Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre
6	Fija	Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar

3.4 Técnicas e instrumentos de investigación

Técnica: Observación de videos de los aforos que circulan en las intersecciones, ficha de trabajo.

Instrumento: Cámaras de video, formato de campo.

3.5 Procesamiento y análisis de la información

Mediante cámaras de video se grabó el aforo vehicular en las intersecciones semaforizadas de dicha avenida, luego se procesaron dichos aforos a través de hojas digitales de cálculo. Finalmente, se modelaron las alternativas de optimización de la red semafórica en un software especializado en tránsito, en combinación con mejoras en la señalización horizontal y vertical.

3.6 Matriz de Consistencia

La matriz de consistencia es un instrumento que permite evaluar el grado de coherencia y conexión lógica entre el título, problema, objetivos, variables, dimensiones, método, diseño de investigación, población y muestra de estudio. (Abrigo, Mancero, Hurtado, & Jaramillo, 2018). A continuación, en la Tabla 6, se presenta la matriz de consistencia empleada para la Optimización Semafórica de la Avenida 24 de Mayo de la Ciudad de Cañar.

Tabla 6. Matriz de consistencia

Título	Problema	Objetivo	Variables	Parámetros	Conclusión
Optimización Semafórica de la Avenida 24 de Mayo de la Ciudad de Cañar.	¿Cuál es la situación actual del flujo vehicular de la Av. 24 de Mayo de la ciudad de Cañar y en caso de presentar problemas, cuáles serían las alternativas de solución en base a un software especializado en tránsito?	Determinar alternativas de optimización del flujo vehicular de la Avenida 24 de Mayo, basado en un software especializado en tránsito.	Análisis Vial	Condiciones Geométricas	El proyecto busca no solo evaluar la situación actual, sino también proponer soluciones viables y efectivas para mejorar la fluidez del tráfico en la Avenida 24 de Mayo. El uso de un software especializado permitirá analizar diferentes escenarios y optimizar la sincronización semafórica, lo cual puede resultar en una mejora significativa del flujo vehicular, reducción de demoras y un aumento en el nivel de servicio ofrecido a los usuarios de esta vía. Con estas medidas, se espera lograr una avenida más eficiente y segura para todos los usuarios.
				Área de Estudio	
				Número de Carriles	
				Zona de Estacionamiento	
				Condiciones de Tránsito	
				Volumen Horario de Máxima Demanda	
				Factor Horario de Máxima Demanda	
				Condiciones Semafóricas	
				Longitud de Ciclo	
				Tiempo de Verde Efectivo	
				Tiempo de Amarillo	
				Tiempo de Rojo	
			Flujo Vehicular	Velocidad	
				Ciclo Optimo	
				Capacidad	
				Grado de Saturación	
				Densidad	
				Demoras	
				Nivel de Servicio	
				Coordinación Semafórica	
				Aforo Vehicular	
				Tasa de Flujo	
				Volumen Ajustado	
			Diseño de Propuesta	Factibilidad	
				Asequibilidad	
				Relevancia	
				Tiempo	

4 Resultados

4.1 Zona de Estudio

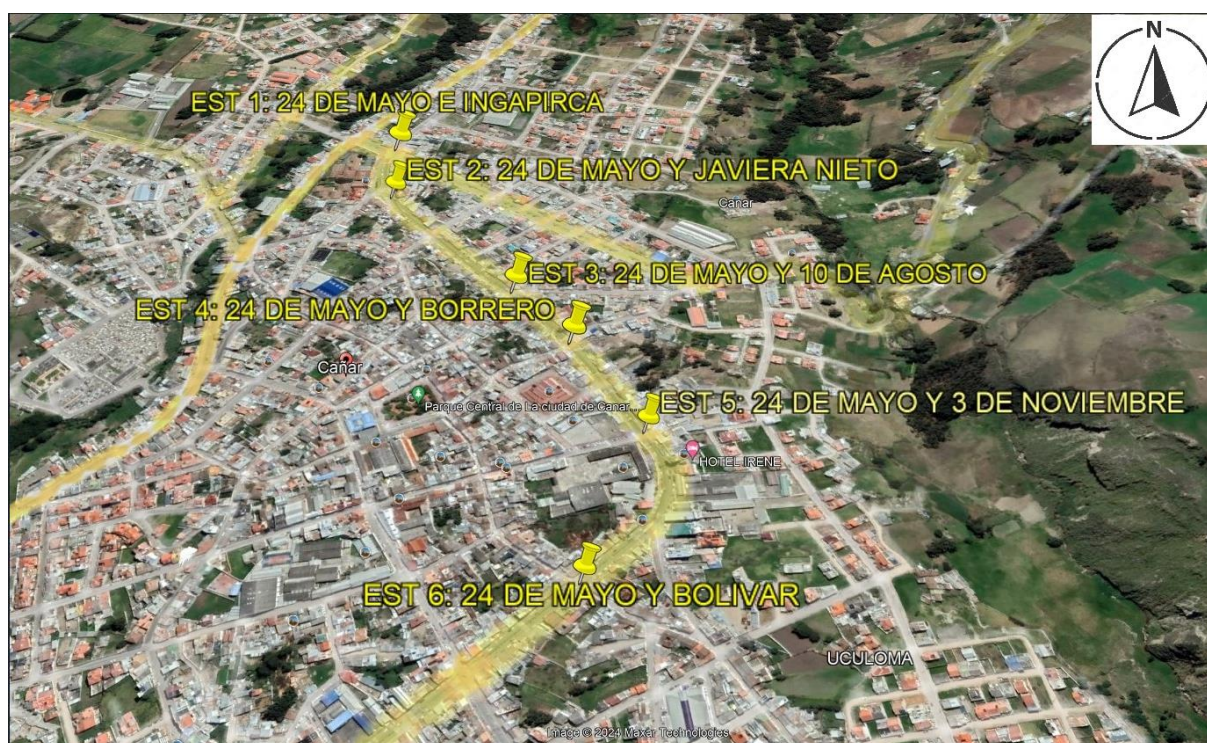
La zona de estudio consta de seis estaciones ubicadas estratégicamente en cada una de las intersecciones semaforizadas pertenecientes al centro urbano de la ciudad de Cañar, a lo largo de la Avenida 24 de Mayo, partiendo en la Avenida Ingapirca (estación 1) y finalizando en la Calle Bolívar (estación 6) las estaciones se muestran en la Ilustración 2. Dichas estaciones se dividen en dos grupos:

Estaciones Fijas: En estas estaciones se recopilan los datos durante siete días, partiendo el día lunes y finalizando el día Domingo.

Estaciones Móviles:

En estas estaciones se recopilan los datos durante un día de la semana intercalando entre los días lunes y viernes.

Ilustración 2. Localización de las estaciones.



Nota. La Ilustración 2 fue obtenida del software Google Earth.

4.2 Levantamiento Geométrico de Información de las Estaciones

Estación 1

Esta estación se encuentra ubicada en la intersección de la Av. 24 de Mayo y la Av. Ingapirca, cuenta con cinco con semáforos. En la Avenida 24 de Mayo existen dos sentidos de circulación Norte- Sur y Sur- Norte con dos carriles de circulación en cada sentido, mientras que en la Avenida Ingapirca existen dos sentidos de circulación Este- Oeste y Oeste-Este con dos carriles por sentido. En la Tabla 7 y la Ilustración 3 se encuentran los datos geométricos de la Intersección de la estación 1.

Tabla 7. Datos geométricos de la estación 1

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Pendiente Promedio (%)
Norte (N)	2	3.06	-6
Sur (S)	2	3	6
Este (E)	2	4.6	8
Oeste (O)	2	4.83	-2

Ilustración 3. Geometría de los accesos de la estación 1



Esta estación se encuentra ubicada en la intersección de la Av. 24 de Mayo y la calle Javiera Nieto, cuenta con 4 semáforos. En la Avenida 24 de Mayo existen dos sentidos de circulación Norte- Sur y Sur- Norte con dos carriles de circulación en cada sentido, mientras que la calle Javiera Nieto posee un solo sentido de circulación de Oeste a Este. En la Tabla 8 y la Ilustración 4 se encuentran los datos geométricos de la estación 2.

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Pendiente Promedio (%)
Norte (N)	2	3.22	-5
Sur (S)	2	3.3	6
Este (E)	-	-	-
Oeste (O)	1	10.47	4

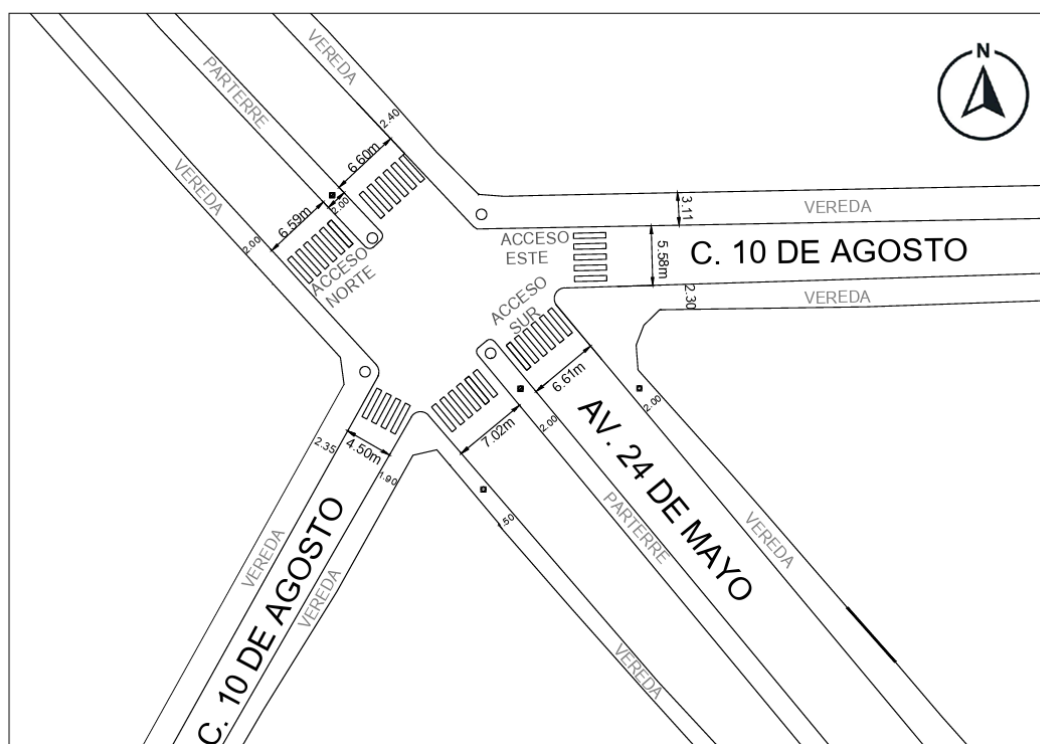
Estación 3

Esta estación se encuentra ubicada en la intersección de la Av. 24 de Mayo y la calle 10 de Agosto, cuenta con 4 semáforos. En la Avenida 24 de Mayo existen dos sentidos de circulación Norte- Sur y Sur- Norte con dos carriles de circulación en cada sentido, mientras que, la calle 10 de Agosto posee un solo sentido de circulación de Este a Oeste. En la Tabla 9 y la Ilustración 5 se encuentran los datos geométricos de la estación 3.

Tabla 9. Datos geométricos de la estación 3.

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Pendiente Promedio (%)
Norte (N)	2	3.3	-8
Sur (S)	2	3.3	10
Este (E)	1	5.58	-10
Oeste (O)	-	-	10

Ilustración 5. Geometría de los accesos de la estación 3.



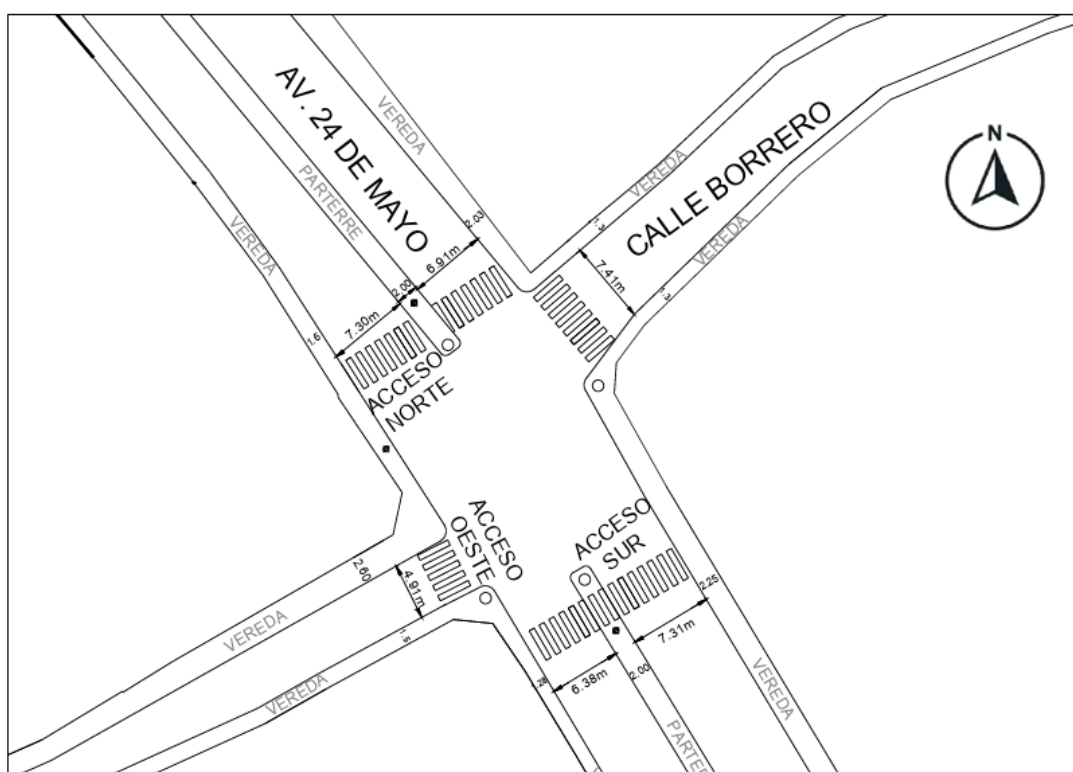
Estación 4

Esta estación se encuentra ubicada en la intersección de la Av. 24 de Mayo y la calle Borrero, cuenta con 4 semáforos, es una intersección con un desfase sobre el eje de la calle Borrero. En la Avenida 24 de Mayo existen dos sentidos de circulación Norte- Sur y Sur- Norte con dos carriles de circulación en cada sentido, mientras que, la calle Borrero posee un solo sentido de circulación de Oeste a Este. En la Tabla 10 y la Ilustración 6 se encuentran los datos geométricos de la estación 4.

Tabla 10. Datos geométricos de la estación 4.

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Pendiente Promedio (%)
Norte (N)	2	3.65	-12
Sur (S)	2	3.65	12
Este (E)	-	-	-12
Oeste (O)	1	4.91	12

Ilustración 6. Geometría de los accesos de la estación 4.



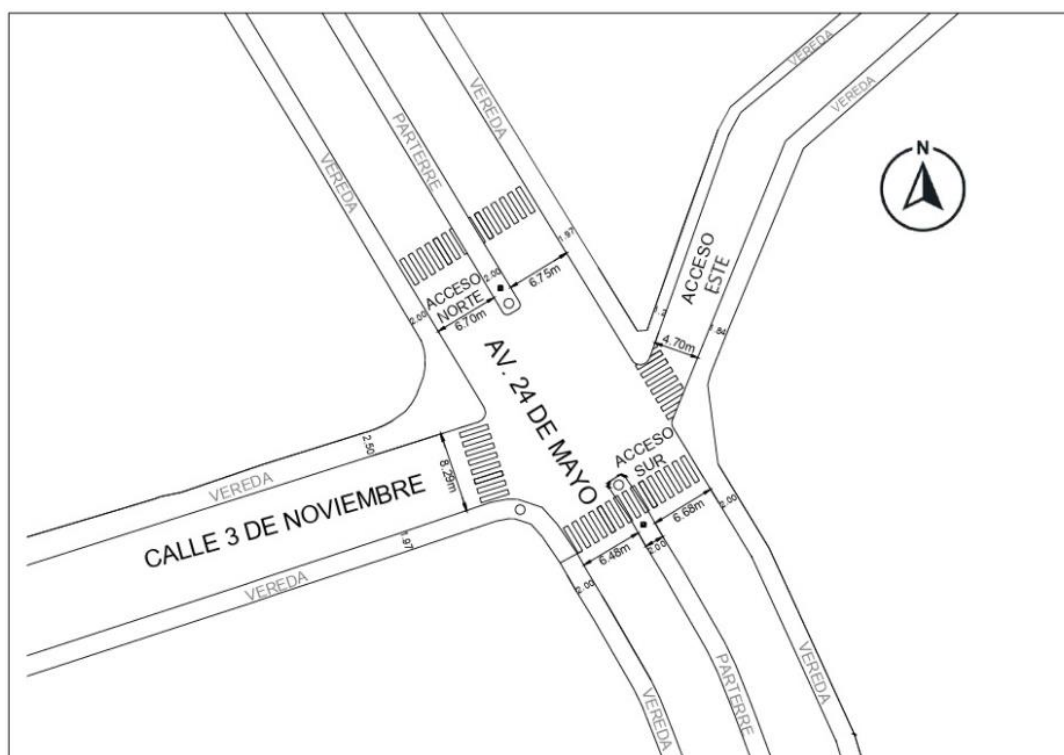
Estación 5

Esta estación se encuentra ubicada en la intersección de la Av. 24 de Mayo y la calle 3 de Noviembre con un desfase sobre el eje de dicha calle 3 de Noviembre, cuenta con 3 semáforos. En la Avenida 24 de Mayo existen dos sentidos de circulación Norte- Sur y Sur-Norte con dos carriles de circulación en cada sentido, mientras que la calle 3 de Noviembre posee un solo sentido de circulación. En la Tabla 11 y la Ilustración 7 se encuentran los datos geométricos de la estación 5.

Tabla 11. Datos geométricos de la estación 5.

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Pendiente Promedio (%)
Norte (N)	2	3.35	-12
Sur (S)	2	3.34	14
Este (E)	1	4.70	2
Oeste (O)	-	-	-3

Ilustración 7. Geometría de los accesos de la estación 5.



Estación 6

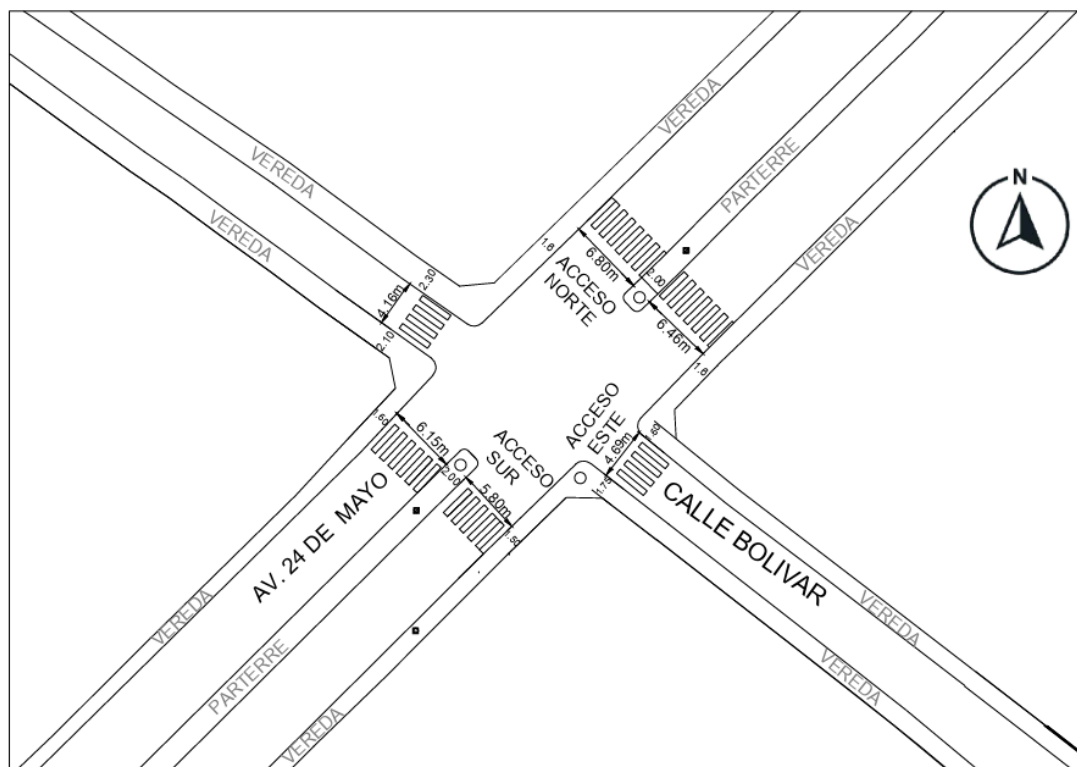
Esta estación se encuentra ubicada en la intersección de la Av. 24 de Mayo y la calle Bolívar, cuenta con semáforos, en la cual se permiten los giros desde el eje vial en sentido S-N hacia Calle Bolívar en sentido Este a Oeste. En la Avenida 24 de Mayo existen dos sentidos de circulación Norte- Sur y Sur- Norte con dos carriles de circulación en cada sentido, mientras que la calle Bolívar posee un solo sentido de circulación de Este a Oeste. En la Tabla 12 y la Ilustración 8 se encuentran los datos geométricos de la estación 6

Tabla 12. Datos geométricos de la estación 6.

	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Pendiente Promedio (%)
Norte (N)	2	3.4	-2
Sur (S)	2	2.9	2
Este (E)	1	4.69	0
Oeste (O)	-	-	-6

I

Ilustración 8. Geometría de los accesos de la estación 6.



4.3 Levantamiento de Información de la Señalización Vial Actual

En la Ilustración 9, se muestra el formato de campo en el cual se levantó la información de los parámetros observados de la situación actual de la Av. 24 de Mayo.

Ilustración 9. Parámetros observados en la Av. 24 de Mayo.

FORMATO DE OBSERVACIÓN EN CAMPO			
PARÁMETROS	SI	NO	OBSERVACIÓN
¿La Avenida 24 de Mayo presenta congestiónamiento vehicular?			Se presenta congestiónamiento vehicular en las intersecciones durante ciertos periodos de tiempo a lo largo del día, especialmente en la hora de máximo flujo vehicular como lo es de 12:30 a 1:30 p.m.
¿El estado actual de la vía es el óptimo para satisfacer el tránsito que circula por ella?			La vía se encuentra en un estado regular, presenta fisuras longitudinales y transversales en el pavimento, ahuellamiento y baches pequeños.
¿La cantidad de carriles satisfacen la demanda de la Avenida?			La Av. 24 de Mayo dispone de dos carriles en cada sentido de circulación, pero a lo largo del día solo se utiliza el carril interno en ambos sentidos de circulación, en cambio el carril exterior o derecho es mal utilizado y es usado como estacionamiento, lo que provoca que la vía no logre satisfacer la demanda vehicular.
¿Existe una correcta señalización de tránsito a lo largo de la Avenida?			La señalización existente en especial la horizontal se encuentra en un estado de deterioro, requiriendo que esta sea reemplazada o reacondicionado.
¿Los conductores respetan las señales de tránsito?			Los conductores no tienen una educación vial, incumplen las señales de tránsito, específicamente realizan giros en U que no están permitidos y parquean los vehículos en lugares no permitidos.
¿Los peatones respetan las señales de tránsito?			Se evidencia que ciertos peatones no utilizan los pasos cebra y cruzan la avenida por lugares no permitidos atravesando el parterre central.
¿Los semáforos son de tiempo fijo?			Los semáforos trabajan con diferentes tiempos de ciclo.
¿Los semáforos se encuentran en buen estado de funcionamiento?			Los semáforos se encuentran en buen estado. Se realizan los mantenimientos respectivos.
¿Están permitido los Giros en las intersecciones de la Av. 24 de Mayo?			Existe señalética que impide los giros en las intersecciones, mas no en todas.
¿Existe zonas señalizadas de parada de buses y transporte de cooperativas particulares?			Si existen zonas y la señalética en las paradas de buses y de transporte de cooperativas, pero la señalización horizontal se encuentra deteriorada, las paradas de buses se encuentran colocadas en su mayoría antes del semáforo en las intersecciones, lo que provoca congestiónamiento en las mismas.
¿Existen señalizadas exclusivas de carga y descarga?			Si existen zonas a lo largo del eje vial y son colocadas al frente de los locales comerciales, la señalética de estas zonas se encuentra deteriorada de manera especial la señalización horizontal.
¿Existen zonas escolares señalizadas?			Sobre el eje vial se encuentran 3 unidades educativas, las zonas escolares se encuentran debidamente señalizadas, pero la señalética horizontal no se encuentra en buen estado.
¿Existen zonas de estacionamiento no permitido con su respectiva señalización?			En el eje vial a excepción de las zonas antes mencionadas existe las zonas de prohibición de parqueo sobre el carril exterior o derecho.

4.4 Levantamiento de Información de la Geometría de la Avenida 24 de Mayo

El levantamiento de información de la señalización vial y de las condiciones geométricas de la Avenida 24 de Mayo se encuentra detallado en el Anexo E.

4.5 Estudio de las Condiciones de Tráfico

Para establecer un correcto análisis vial de las intersecciones semaforizadas de la Avenida 24 de Mayo es primordial caracterizar las condiciones actuales de tráfico de la vía, tales como: cantidad de vehículos, tipología vehicular, volumen vehicular, volumen de giros a la izquierda y derecha, número de vehículos que se detienen en la intersección, estacionamiento, entre otros. Para ello, se realizó la recopilación de los datos mencionados mediante aforo vehicular en las seis intersecciones analizadas a lo largo de la Avenida 24 de Mayo.

4.5.1 Aforo vehicular en cada intersección analizada.

Para la determinación de los aforos vehiculares se procedió a colocar cámaras de video en lugares estratégicos de cada una de las intersecciones, los mismos que presentaron un amplio rango de visión, que permitió visualizar claramente los vehículos y peatones que circularon por las intersecciones. Posteriormente, se procedió a realizar un conteo visual de la información y colocar estos datos en el formato de campo registrando el número de vehículos en el casillero correspondiente. Finalmente, dichos datos fueron exportados a una hoja digital de cálculo para su análisis respectivo y se obtuvo los parámetros de tránsito necesarios para determinar el nivel de servicio de las intersecciones.

En la Tabla 13, se detalla la información de la ubicación y fechas de grabación de las estaciones, así como el formato de campo empleado respectivamente:

Tabla 13. Ubicación y fechas de grabación de las estaciones.

Estación	Denominación	Ubicación	Fecha de Grabación
1	Móvil	Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca	18-10-2023/18-10-2023
2	Móvil	Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto	19-10-2023/19-10-2023
3	Móvil	Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto	20-10-2023/20-10-2023
4	Fija	Av. 24 de Mayo y Calle Borrero	16-10-2023/22-10-2023
5	Móvil	Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre	17-10-2023/17-10-2023
6	Fija	Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar	16-10-2023/22-10-2023

4.5.2 Formato de Aforo de Campo

El formato de campo empleado para registrar los aforos vehiculares en cada una de las intersecciones semaforizadas es el siguiente que se muestra en la Ilustración 10

[illegible]

Una vez llenado el formato de campo que se indica en la Ilustración 10 se procede a colocar los datos más relevantes correspondientes a las horas pico con el mayor flujo vehicular, para el calculo de los volúmenes horarios de máxima demanda, así como los factores horarios de máxima demanda. Los aforos completos de cada una de las estaciones se detallan en el Anexo A.

4.6 Composición y Volumen Vehicular de las Estaciones

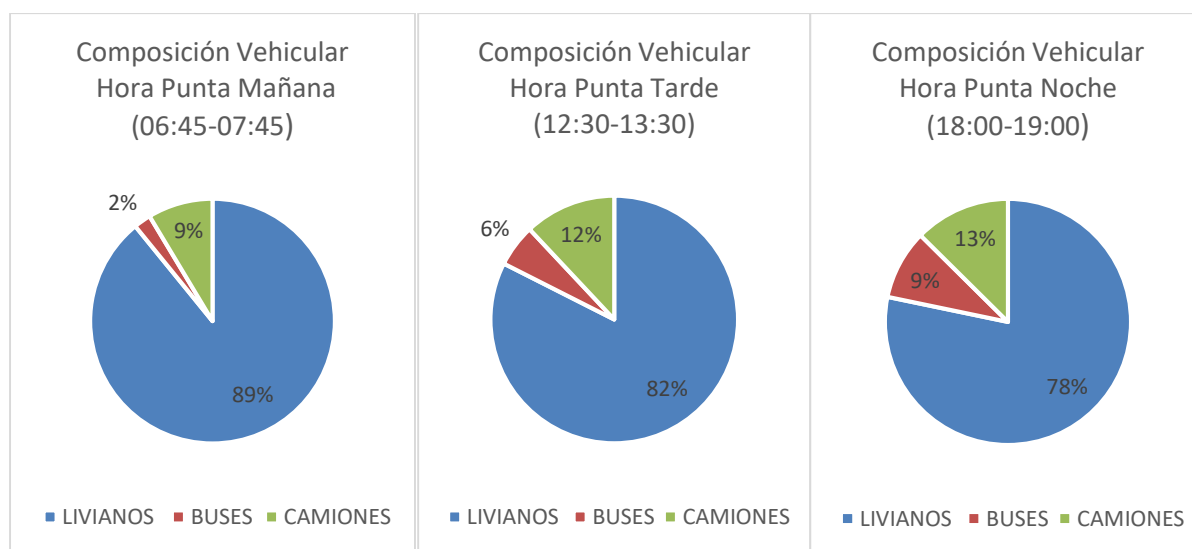
Estación 1: Intersección Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca

En la Tabla 14 se muestra la composición del flujo en la estación 1 y en la Ilustración 11 se muestra la composición vehicular en las horas punta para la estación 1.

Tabla 14. Flujo en las Horas Punta de la estación 1.

AV. 24 DE MAYO Y AV. INGAPIRCA				
Hora		Flujo Total en 15 Minutos	VHMD	FHMD
Hora Punta Mañana	06:45-07:00	238	1058	0.925
	07:00-07:15	258		
	07:15-07:30	276		
	07:30-07:45	286		
Hora Punta Tarde	12:30-12:45	340	1351	0.960
	12:45-13:00	352		
	13:00-13:15	335		
	13:15-13:30	324		
Hora Punta Noche	18:00-18:15	266	1060	0.960
	18:15-18:30	254		
	18:30-18:45	276		
	18:45-19:00	264		

Ilustración 11. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 1



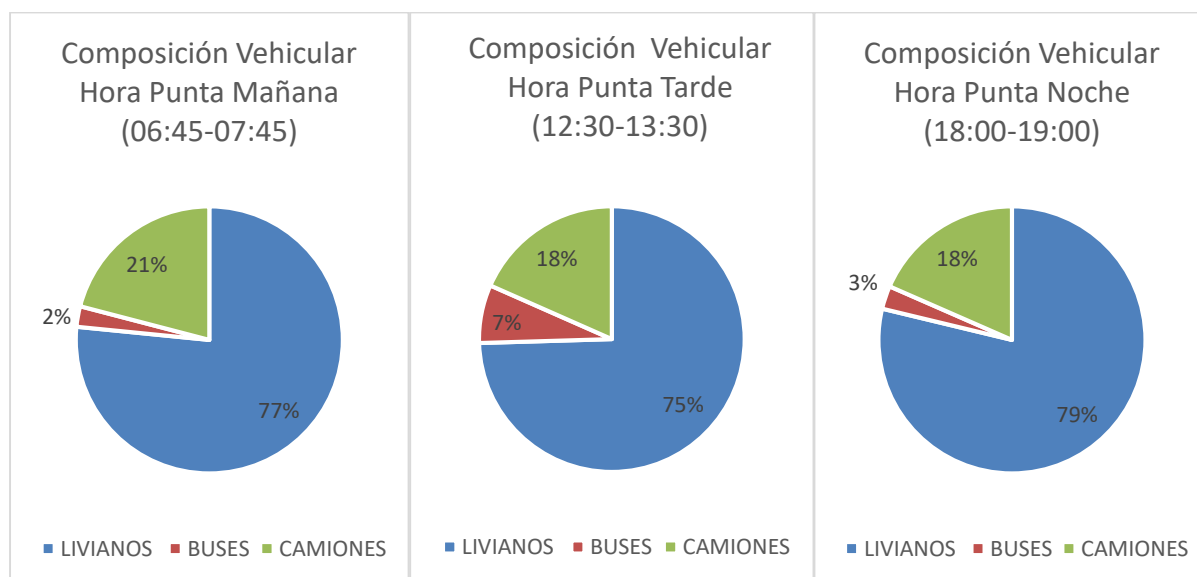
Estación 2: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto

En la Tabla 15 se muestra la composición del flujo en la estación 2 y en la Ilustración 12 se muestra la composición vehicular en las horas punta para la estación 2.

Tabla 15. Flujo en las Horas Punta de la estación 2.

AV. 24 DE MAYO Y CALLE JAVIERA NIETO				
Hora		Flujo Total en 15 Minutos	VHMD	FHMD
Hora Punta Mañana	06:45-07:00	190	764	0.990
	07:00-07:15	189		
	07:15-07:30	192		
	07:30-07:45	193		
Hora Punta Tarde	12:30-12:45	283	1115	0.985
	12:45-13:00	281		
	13:00-13:15	277		
	13:15-13:30	274		
Hora Punta Noche	18:00-18:15	165	678	0.974
	18:15-18:30	170		
	18:30-18:45	174		
	18:45-19:00	169		

Ilustración 12. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 2.



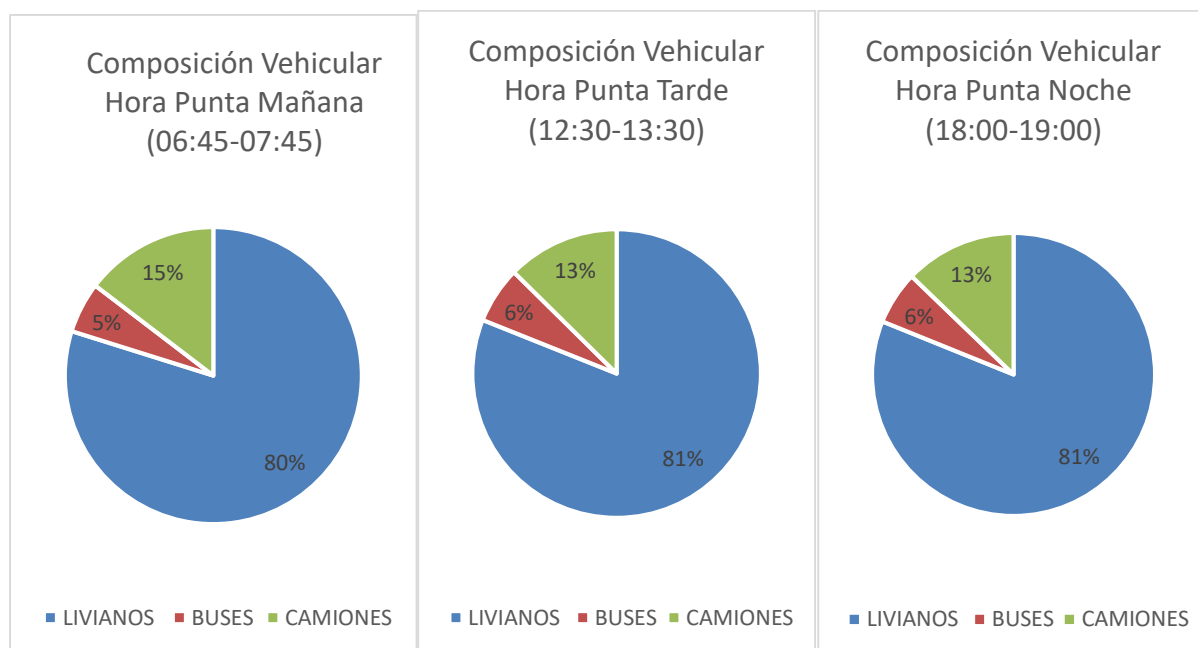
Estación 3: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto

En la Tabla 16 se muestra la composición del flujo en la estación 3 y en la Ilustración 13 se muestra la composición vehicular en las horas punta para la estación 2.

Tabla 16. Flujo en las Horas Punta de la estación 3

AV. 24 DE MAYO Y CALLE 10 DE AGOSTO				
Hora		Flujo Total en 15 Minutos	VHMD	FHMD
Hora Punta Mañana	06:45-07:00	183	759	0.978
	07:00-07:15	190		
	07:15-07:30	192		
	07:30-07:45	194		
Hora Punta Tarde	12:30-12:45	275	1119	0.982
	12:45-13:00	283		
	13:00-13:15	276		
	13:15-13:30	285		
Hora Punta Noche	18:00-18:15	190	778	0.977
	18:15-18:30	199		
	18:30-18:45	196		
	18:45-19:00	193		

Ilustración 13. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 3.



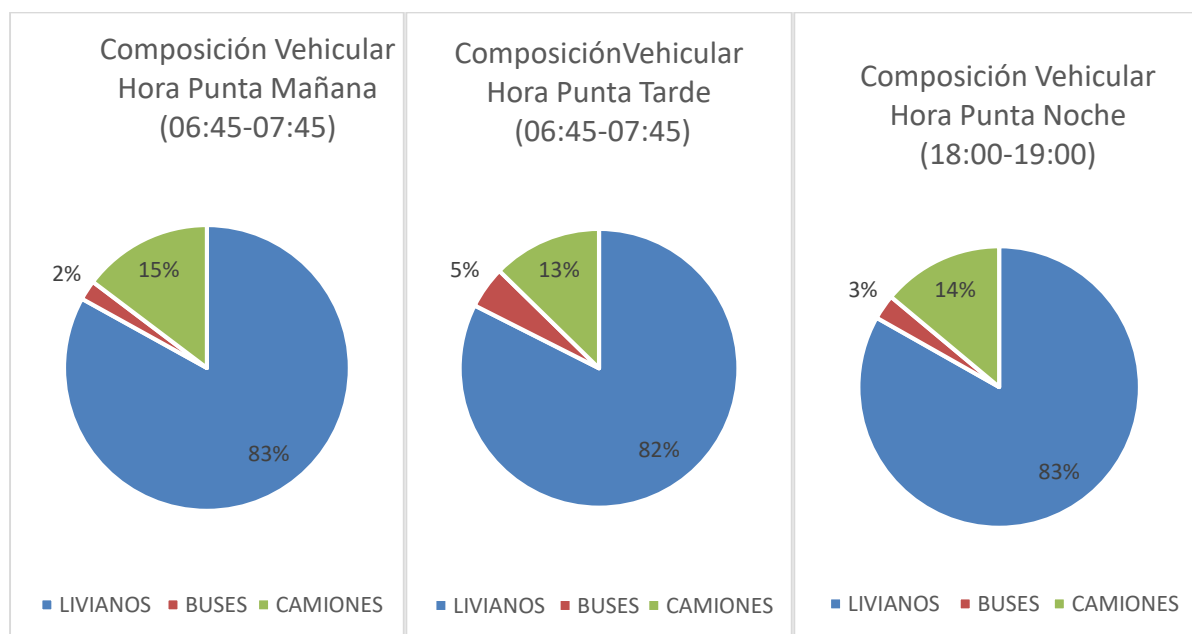
Estación 4: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero

En la Tabla 17 se muestra la composición del flujo en la estación 4 y en la Ilustración 14 se muestra la composición vehicular en las horas punta para la estación 4.

Tabla 17. Flujo en las Horas Punta de la estación 4.

AV. 24 DE MAYO Y CALLE BORRERO				
Hora		Flujo Total en 15 Minutos	VHMD	FHMD
Hora Punta Mañana	06:45-07:00	149	578	0.957
	07:00-07:15	140		
	07:15-07:30	151		
	07:30-07:45	138		
Hora Punta Tarde	12:30-12:45	320	1293	0.962
	12:45-13:00	308		
	13:00-13:15	329		
	13:15-13:30	336		
Hora Punta Noche	18:00-18:15	179	684	0.955
	18:15-18:30	167		
	18:30-18:45	168		
	18:45-19:00	170		

Ilustración 14. Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 4



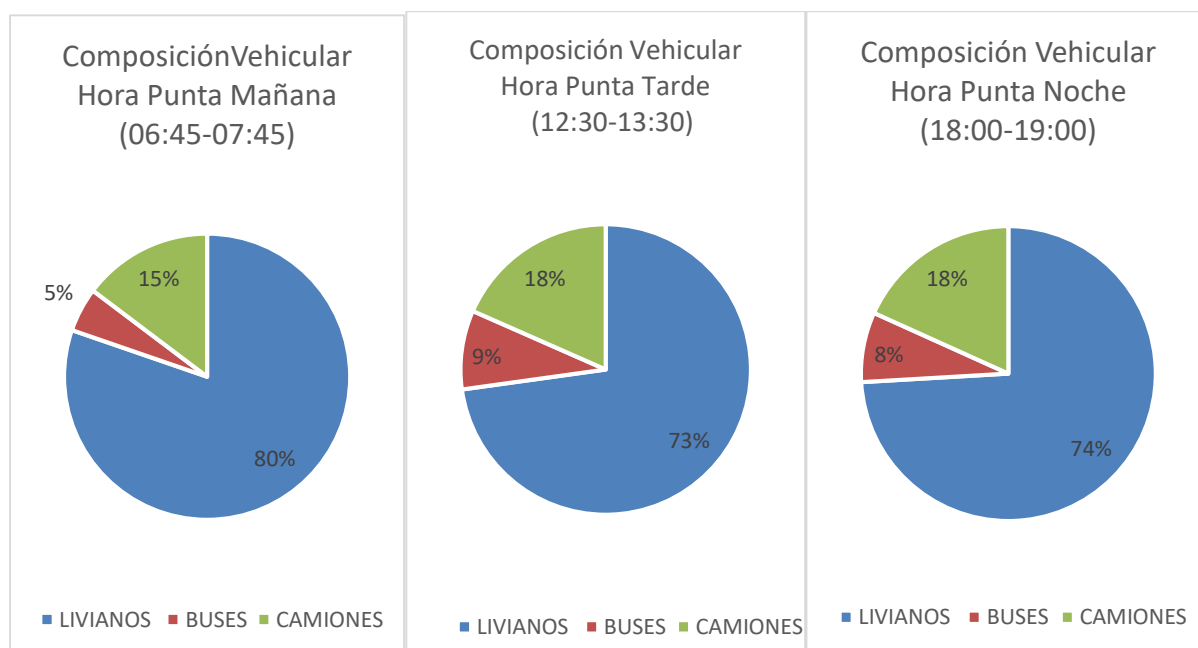
Estación 5: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre

En la Tabla 18 se muestra la composición del flujo en la estación 5 y en la Ilustración 15 se muestra la composición vehicular en las horas para la estación 5.

Tabla 18. Flujo en las Horas Punta de la estación

AV. 24 DE MAYO Y CALLE 3 DE NOVIEMBRE				
Hora		Flujo Total en 15 Minutos	VHMD	FHMD
Hora Punta Mañana	06:45-07:00	172	700	0.956
	07:00-07:15	170		
	07:15-07:30	175		
	07:30-07:45	183		
Hora Punta Tarde	12:30-12:45	322	1261	0.979
	12:45-13:00	315		
	13:00-13:15	307		
	13:15-13:30	317		
Hora Punta Noche	18:00-18:15	187	756	0.964
	18:15-18:30	183		
	18:30-18:45	196		
	18:45-19:00	190		

Ilustración 15 Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 5



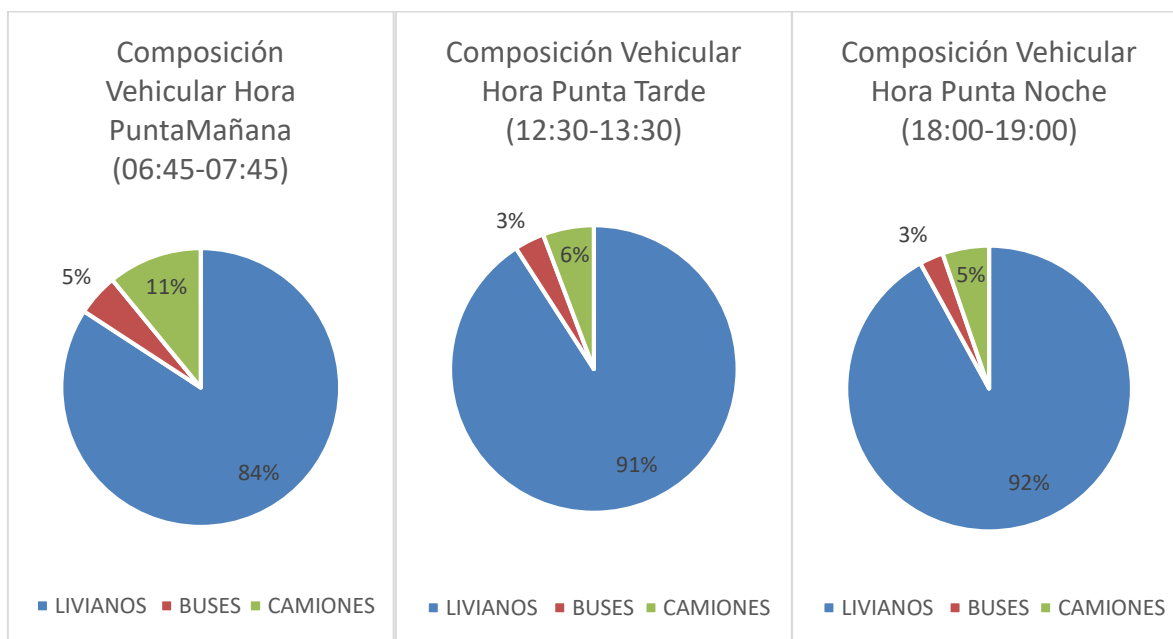
Estación 6: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar

En la Tabla 19 se muestra la composición del flujo en la estación 6 y en la Ilustración 16 se muestra la composición vehicular en las horas punta para la estación 6.

Tabla 19. Flujo en las Horas Punta de la estación 6.

AV. 24 DE MAYO Y CALLE BOLIVAR				
Hora		Flujo Total en 15 Minutos	VHMD	FHMD
Hora Punta Mañana	06:45-07:00	154	722	0.921
	07:00-07:15	183		
	07:15-07:30	189		
	07:30-07:45	196		
Hora Punta Tarde	12:30-12:45	255	1010	0.960
	12:45-13:00	242		
	13:00-13:15	250		
	13:15-13:30	263		
Hora Punta Noche	18:00-18:15	192	765	0.971
	18:15-18:30	181		
	18:30-18:45	195		
	18:45-19:00	197		

Ilustración 16 Composición vehicular en intervalos de 15 minutos para la estación 6.



4.7 Análisis Comparativo de los Volúmenes Vehiculares de las Intersecciones

En la Ilustración 17, se muestra una gráfica comparativa del volumen en las horas punta de cada una de las 6 intersecciones, en la cual se evidencia que la intersección de la Avenida 24 de Mayo y la Avenida Ingapirca es la de mayor flujo vehicular, esto se corrobora debido a que dicha intersección es la que presenta mayor número de accesos y carriles por sentido en cada una de las avenidas que la componen. Además, en la Ilustración 18 se muestra la variación del volumen vehicular durante 14 horas (06:00-20:00).

Ilustración 17. Volumen Vehicular Horas Punta las Intersecciones.

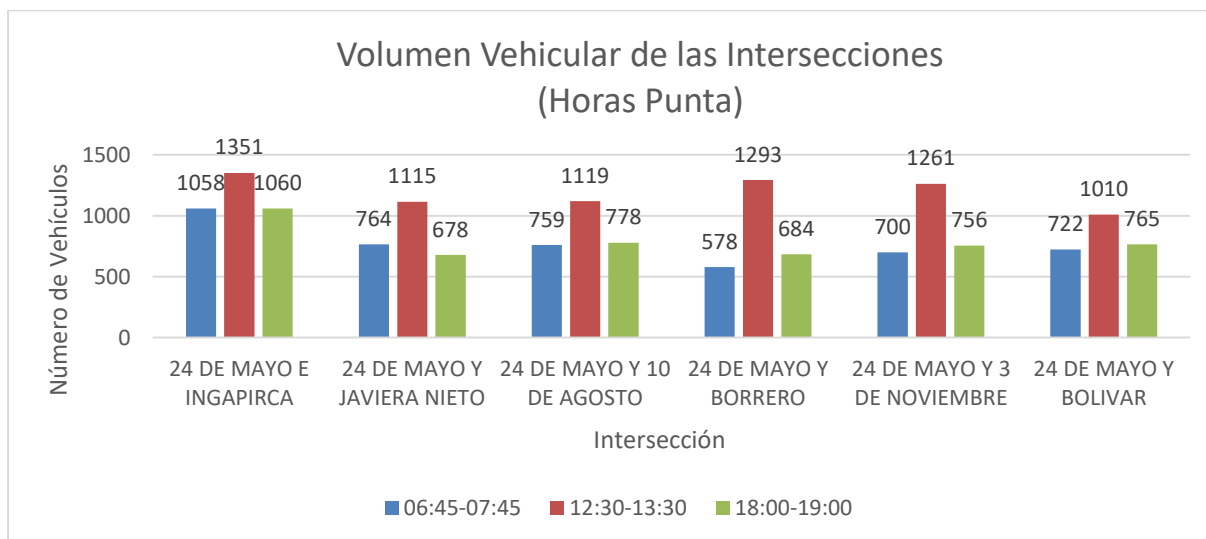
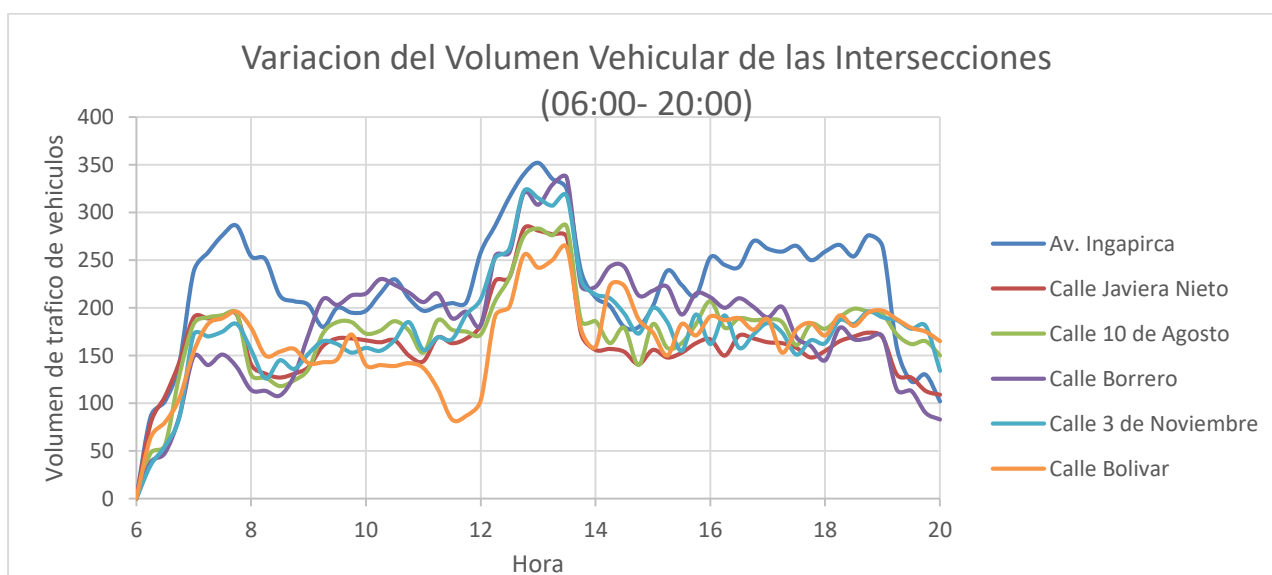


Ilustración 18. Variación del volumen vehicular de las intersecciones



4.8 Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

4.8.1 Método de los Factores de Expansión

Para el cálculo del TPDA se obtuvo los diferentes valores de los factores de expansión que se muestran en la Tabla 20 para el factor diario y horario, en la Tabla 21 el factor semanal y en la Tabla 22 el factor mensual

Factores Horario y Diario

Tabla 20. Conteo automático de tráfico de la intersección Av. de Mayo y Borrero para cálculo de los factores horario y diario.

CONTEO AUTOMÁTICO DE TRÁFICO								
Calle principal:		Av. 24 de Mayo						
Calle Secundaria:		Borrero						
Fecha:		16/Octubre/2023 - 22/Octubre/2023						
HORA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL
00:00-01:00	72	70	67	99	102	110	130	650
01:00-02:00	48	41	45	44	54	61	77	370
02:00-03:00	41	31	33	29	41	44	49	268
03:00-04:00	38	32	31	29	41	37	48	256
04:00-05:00	42	44	41	41	43	44	95	350
05:00-06:00	112	165	122	143	129	109	140	920
06:00-07:00	483	532	227	321	473	328	226	2590
07:00-08:00	752	769	611	543	600	450	503	4228
08:00-09:00	549	591	538	522	513	483	723	3919
09:00-10:00	684	897	608	840	670	607	1054	5360
10:00-11:00	717	903	687	876	761	704	1012	5660
11:00-12:00	691	773	698	782	730	835	1025	5534
12:00-13:00	1180	1191	1164	1140	1132	1085	1630	8522
13:00-14:00	1131	1129	1171	1110	1131	967	1401	8040
14:00-15:00	996	897	957	917	952	866	1069	6654
15:00-16:00	819	856	826	841	838	857	966	6003
16:00-17:00	881	808	923	801	853	799	1056	6121
17:00-18:00	873	632	874	675	899	684	1079	5716
18:00-19:00	855	648	848	684	890	734	866	5525
19:00-20:00	522	427	482	400	524	463	713	3531
20:00-21:00	262	277	280	255	284	332	373	2063
21:00-22:00	208	222	231	212	238	237	290	1638
22:00-23:00	157	162	156	147	181	176	214	1193
23:00-24:00	89	96	105	93	110	105	116	714
TOTAL	12202	12193	11725	11544	12189	11117	14855	85825
PROMEDIO	12260.71							
FACTOR HORARIO	1.096	1.103	1.105	1.104	1.112	1.127	1.115	
FACTOR DIARIO	1.005	1.006	1.046	1.062	1.006	1.103	0.825	

Factor Semanal

Tabla 21. Cálculo del factor semanal.

FACTOR SEMANAL			
MES	N.DIAS	N.SEMANAS	FACTOR SEMANAL
ENERO	31	4.429	1.107
FEBRERO	28	4.000	1.000
MARZO	31	4.429	1.107
ABRIL	30	4.286	1.071
MAYO	31	4.429	1.107
JUNIO	30	4.286	1.071
JULIO	31	4.429	1.107
AGOSTO	31	4.429	1.107
SEPTIEMBRE	30	4.286	1.071
OCTUBRE	31	0.429	1.107
NOVIEMBRE	30	4.286	1.071
DICIEMBRE	31	4.429	1.107

Factor Mensual

Tabla 22. Cálculo del factor mensual.

FACTOR MENSUAL				
MES	ECO PAÍS	SUPER	DIESEL PREMIUM	TOTAL
ENERO	256063	6981	423664	686708
FEBRERO	263383	5986	389187	658556
MARZO	270522	7981	458045	736548
ABRIL	240561	4986	387164	632711
MAYO	257533	7484	403662	668679
JUNIO	264492	4989	381482	650963
JULIO	264524	7978	384159	656661
AGOSTO	303955	8479	411604	724038
SEPTIEMBRE	261042	7484	402143	670669
OCTUBRE	259546	6981	410140	676667
NOVIEMBRE	259019	6981	398618	664618
DICIEMBRE	281948	6981	413547	702476
TOTAL	3182588	83291	4863415	8129294
CONSUMO PROMEDIO MENSUAL				677441.2
FACTOR MENSUAL				1.001

A continuación, se presenta en la Tabla 23 el resumen de los factores calculados:

Tabla 23. Resumen de los factores calculados por el método de los factores de expansión.

RESUMEN DE LOS FACTORES	
Factor Horario	1.104
Factor Diario	1.062
Factor Semanal	1.107
Factor Mensual	1.001

Resultados Método de los Factores de Expansión

En la Tabla 24 se muestra el resultado del TPDA que se obtuvo mediante el método de los factores de expansión.

Tabla 24. Resultados obtenidos por el método de los factores de expansión

	TPDA (2023)
LIVIANOS	12131
BUSES	704
CAMIONES	2163
TOTAL	14998

4.8.2 Proyección del TPDA

Para proyectar el TPDA se ha empleado el método de los factores de expansión, el cual consiste en multiplicar el TPDA actual por los factores horario, diario, semanal y mensual. Los resultados que se obtuvieron se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25. Proyección del TPDA a 10 años.

	TPDA (2023)	TPDA (2033)
LIVIANOS	12131	14421
BUSES	704	829
CAMIONES	2163	2547
TOTAL	14998	17796

4.9 Micro simulación en Software Synchro

Para la evaluación de la situación actual en la que se encuentran las intersecciones semaforizadas de la Avenida 24 de Mayo, se procede a ingresar en el software los datos de las condiciones geométricas como: nombres de las calles y/o avenidas, anchos de carril, número de carriles, movimientos permitidos, etc. Luego se introducen los volúmenes vehiculares, condiciones de tráfico, condiciones semaforicas, ajuste de la demanda y ajuste de la oferta. Posteriormente, se obtiene del software las tasas de flujo de saturación ajustadas, las demoras promedio de las intersecciones y finalmente el Nivel de Servicio de las mismas. Este procedimiento se lo realiza para cada una de las intersecciones semaforizadas que comprenden el eje vial estudiado.

En la Ilustración 19, se pueden observar los flujos que se ingresaron para el modelamiento en el software para la simulación del corredor del eje vial sobre la avenida 24 de Mayo.

Ilustración 19. Flujos actuales en las intersecciones de la Avenida 24 de Mayo para micro-simulación en Synchro.



Nota. La Ilustración 19 es extraída del programa Synchro.

Situación Actual

La Avenida 24 de Mayo es una de las vías urbana más importantes de la ciudad de Cañar, por tal razón por ella circulan un alto flujo vehicular. El estudio de flujo vehicular es primordial para que dicha avenida satisfaga adecuadamente la demanda a la que se enfrenta día a día. Esto no es así, dado que esta vía de carácter arterial presenta un congestionamiento vehicular muy alto en las intersecciones semaforizadas que la componen lo que con lleva a una disminución en el Nivel de Servicio de la vía. Esto se debe básicamente a las siguientes premisas:

- La sincronización semafórica actual hace que intersecciones trabajan aisladamente mas no como un corredor vial, lo que provoca que los vehículos no puedan avanzar distancias considerables del corredor en un solo ciclo semafórico.
- El irrespeto a las señales de tránsito como el estacionamiento en los carriles derechos de la Av. 24 de Mayo aun cuando no están permitidos provoca que en la mayor parte del tiempo los vehículos circulen solamente por un carril dado que el otro carril de circulación se encuentra bloqueado. A esto se suma que los conductores realizan comúnmente giros en U no permitidos generando colas de espera detrás de ellos.
- Si bien la pirámide de movilidad invertida sugiere dar prioridad al peatón, en este caso, al disponer de parterres centrales de alrededor de 2 metros, se sugiere la generación de carriles exclusivos de almacenamiento para giro izquierdo, dado que esta medida ayudara a mejorar el flujo vehicular sin interferir considerablemente en los pasos peatonales.
- La ausencia carriles de almacenamiento para giros izquierdos (agujas) especialmente en el sentido de circulación Sur-Norte provoca que los vehículos no se filtren debidamente provocando que los vehículos en el sentido Norte-Sur que transitan con una pendiente adversa no puedan arrancar en el inicio de ciclo del verde y generan demoras adicionales.

4.9.1 Micro simulación de la Situación Actual

Estación 1: Intersección Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca

Resultados:

En la Ilustraciones 20,21 y 22, se muestran los datos que se introdujeron para la modelación en el software Synchro, además, se muestra la tasa de flujo de saturación y los niveles de servicio para la estación 1.

Ilustración 20. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 1

LANE SETTINGS													
Lanes and Sharing (#RL)													
Traffic Volume (vph)	70	65	25	90	95	45	10	90	335	125	25	280	75
Future Volume (vph)	70	65	25	90	95	45	10	90	335	125	25	280	75
Street Name													
Link Distance (m)	—	61.0	—	—	82.2	—	—	—	93.8	—	—	216.3	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	4.4	—	—	5.9	—	—	—	6.8	—	—	15.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.0	3.6	3.6	3.0	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	—	8	—	—	-2	—	—	—	-6	—	—	6	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	—	☐	—	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.965	—	—	0.972	—	—	—	0.971	—	—	0.972	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.980	—	—	0.980	—	—	—	0.991	—	—	0.996	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2553	—	—	2938	—	—	—	1465	—	—	1300	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.769	—	—	0.770	—	—	—	0.870	—	—	0.933	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	2003	—	—	2309	—	—	—	1286	—	—	1217	—

Nota. La Ilustración 20 se obtuvo del software Synchro.

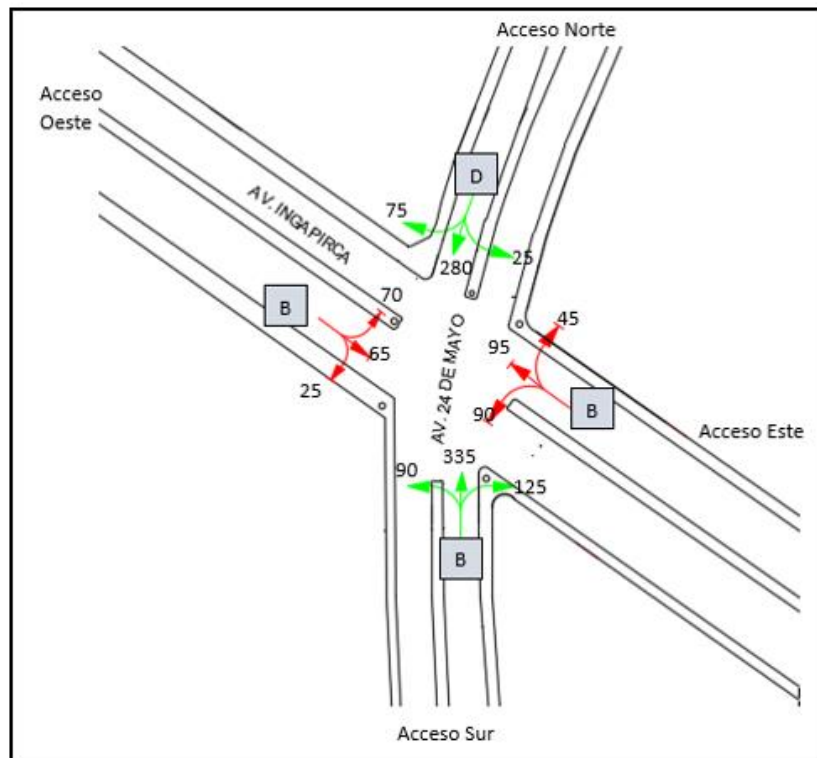
Ilustración 21. Niveles de Servicio para la Estación 1.

TIMING SETTINGS												
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	—	—	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	5.0	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	9.5	22.5	—	22.5	22.5
Total Split (s)	24.0	24.0	—	24.0	24.0	—	41.0	13.0	41.0	—	28.0	28.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	3.0	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	1.0	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	☒	—	—	☐	☐
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	☒	—	—	☐	☐
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	Max	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	—	50	—	—	50
Actuated Effct. Green (s)	—	20.0	—	—	20.0	—	—	—	37.0	—	—	24.0
Actuated g/C Ratio	—	0.31	—	—	0.31	—	—	—	0.57	—	—	0.37
Volume to Capacity Ratio	—	0.31	—	—	0.37	—	—	—	0.80	—	—	0.92
Control Delay (s)	—	19.0	—	—	19.5	—	—	—	19.7	—	—	48.9
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.4
Total Delay (s)	—	19.0	—	—	19.5	—	—	—	19.7	—	—	49.4
Level of Service	—	B	—	—	B	—	—	—	B	—	—	D
Approach Delay (s)	—	19.0	—	—	19.5	—	—	—	19.7	—	—	49.4
Approach LOS	—	B	—	—	B	—	—	—	B	—	—	D
Queue Length 50th (m)	—	9.6	—	—	13.6	—	—	—	32.0	—	—	48.4
Queue Length 95th (m)	—	17.6	—	—	22.5	—	—	—	#121.4	—	—	#100.0
Stops (vph)	—	117	—	—	173	—	—	—	370	—	—	306
Fuel Used (l/hr)	—	6	—	—	9	—	—	—	22	—	—	29

NODE SETTINGS	
Node #	2
ATMS.now Controller ID	0
Import from ATMS.now:	Import
Export to ATMS.now:	Export
Zone:	
X East (m):	729158.9
Y North (m):	9717460.5
Z Elevation (m):	0.0
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	65.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	65.0
Natural Cycle(s):	60.0
Max v/c Ratio:	0.92
Intersection Delay (s):	27.9
Intersection LOS:	C
ICU:	0.76
ICU LOS:	D
Offset (s) :	0.0

Nota. La Ilustración 21 se obtuvo del software Synchro.

Ilustración 22. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 1.



En la estación 1 se tienen demoras promedio de 27.9 segundos, por lo tanto, la intersección se encuentra en un Nivel de Servicio Promedio C, el cual presenta una progresión aun favorable pero algunos ciclos empiezan a malograrse. El número de vehículos que se detienen es importante, aun cuando muchos de ellos pasan la intersección sin detenerse por lo que los ciclos individuales empiezan a fallar. La relación v/c máxima es de 0.92, por lo que al ser menor a 1, la intersección se encuentra próxima a saturarse.

Se evidencian los siguientes aspectos:

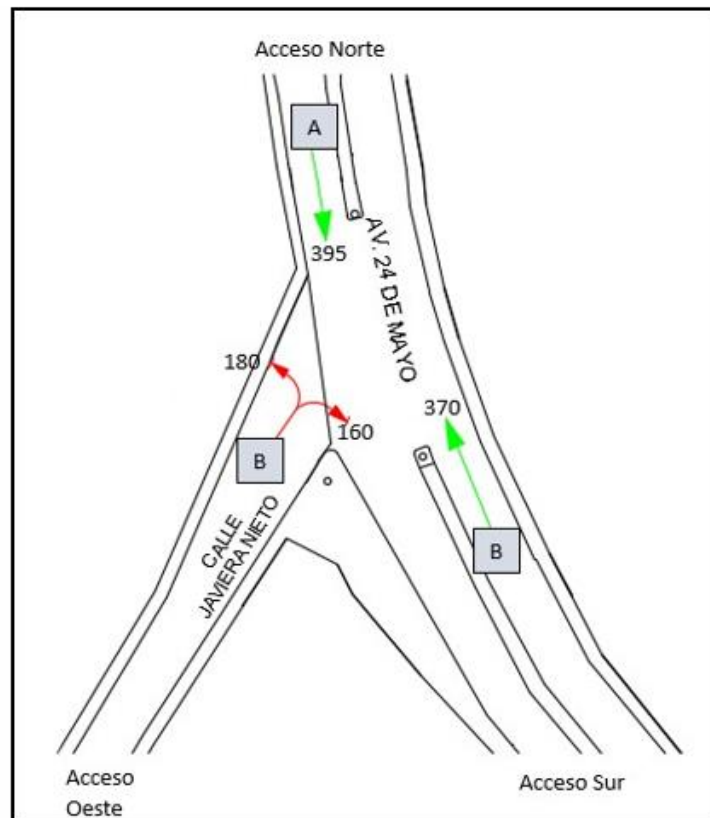
- Mucho tiempo de verde efectivo para la calle secundaria (Avenida Ingapirca), que es la vía menos transitada de la intersección. Se debería priorizar los flujos de la Avenida Ingapirca.
- Secuencia equivocada de fases semafóricas provoca que los giros izquierdos al transitar por la Av. 24 de Mayo en sentido Sur-Norte (pendiente positiva) y sentido Norte-Sur (pendiente adversa) al filtrarse indebidamente provoquen que se desaproveche el tiempo de verde efectivo para los vehículos que circulan recto, provocando que los vehículos no logren avanzar considerablemente y formen colas de espera detrás de ellos.
- El estacionamiento indebido de vehículos en los carriles derechos en ambos sentidos de circulación reduce la capacidad de las vías y provoca congestionamiento. Esto se ve agravado debido a la realización de Giros en U aun cuando no están permitidos.

Estación 2: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Javieria Nieto

Resultados:

En la Ilustración 23 se muestra los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 2.

Ilustración 23. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 2.



En la estación 2 se tienen demoras promedio de 12.9 segundos, por lo tanto, la intersección se encuentra en un Nivel de Servicio Promedio B, el cual presenta una buena sincronía y ciclos cortos, caracterizado porque los vehículos empiezan a detenerse, pero manteniendo una progresión del tránsito altamente favorable. La relación v/c máxima es de 0.56, por lo que al ser menor a 1, la intersección se encuentra no saturada y bastante lejana a serlo.

Se evidencian los siguientes aspectos:

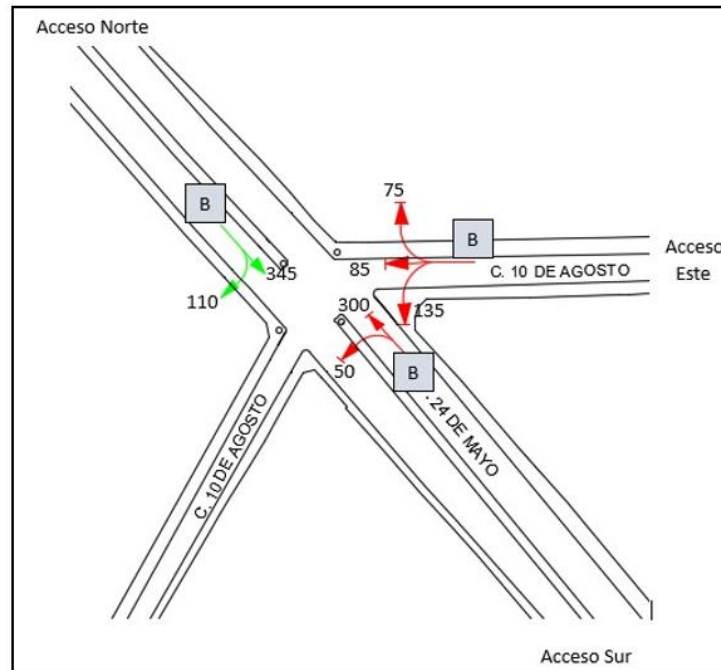
- El estacionamiento indebido de vehículos en los carriles derechos en ambos sentidos de circulación reduce la capacidad de las vías y provoca congestionamiento. Esto se ve agravado debido a la realización de Giros en U aun cuando no están permitidos.

Estación 3: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto

Resultados:

En la Ilustración 24 se muestra los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 3.

Ilustración 24. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 3.



En la estación 3 se tienen demoras promedio de 15.9 segundos, por lo tanto, la intersección se encuentra en un Nivel de Servicio Promedio B, el cual presenta una buena sincronía y ciclos cortos, caracterizado porque los vehículos empiezan a detenerse, pero manteniendo una progresión del tránsito altamente favorable. La relación v/c máxima es de 0.67, por lo que al ser menor a 1, la intersección se encuentra no saturada y bastante lejana a serlo.

Se evidencian los siguientes aspectos:

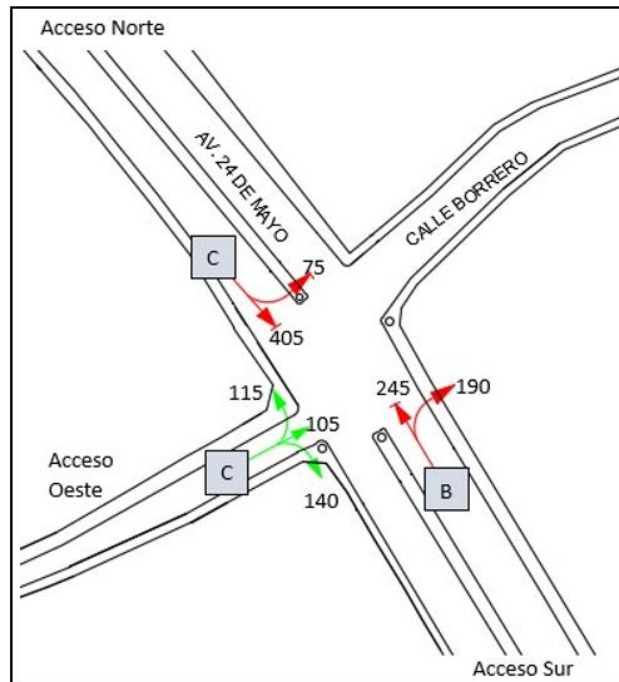
- Existen bloqueos en la Av. 24 de Mayo en sentido N-S debido a que en la intersección con la calle Borrero los giros derechos no evacúan rápidamente el flujo circulante, lo que provoca colas detrás ya que el carril derecho se utiliza indebidamente para estacionamiento.
- La ola de verde ocasiona generalmente excesos de velocidad en la Av. 24 de Mayo en el sentido S-N (pendiente a favor) para tratar de avanzar el mayor tramo posible en el verde efectivo.
- Secuencia equivocada de fases semafóricas provoca que los giros izquierdos al transitar por la Av. 24 de Mayo en sentido Sur-Norte (pendiente positiva) y sentido Norte-Sur (pendiente adversa) al filtrarse indebidamente provoquen que se desaproveche el tiempo de verde efectivo para la los vehículos que circulan recto, provocando que los vehículos no logren avanzar considerablemente y formen colas de espera detrás de ellos.

Estación 4: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero

Resultados:

En la Ilustración 25 se muestra los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 4.

Ilustración 25. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 4.



En la estación 4 se tienen demoras promedio de 20.6 segundos, por lo tanto, la intersección se encuentra en un Nivel de Servicio C, el cual presenta una progresión aun favorable pero algunos ciclos empiezan a malograrse. El número de vehículos que se detienen es importante, aun cuando muchos de ellos pasan la intersección sin detenerse por lo que los ciclos individuales empiezan a fallar. La relación v/c máxima es de 0.87, por lo que al ser menor a 1, la intersección se encuentra no saturada.

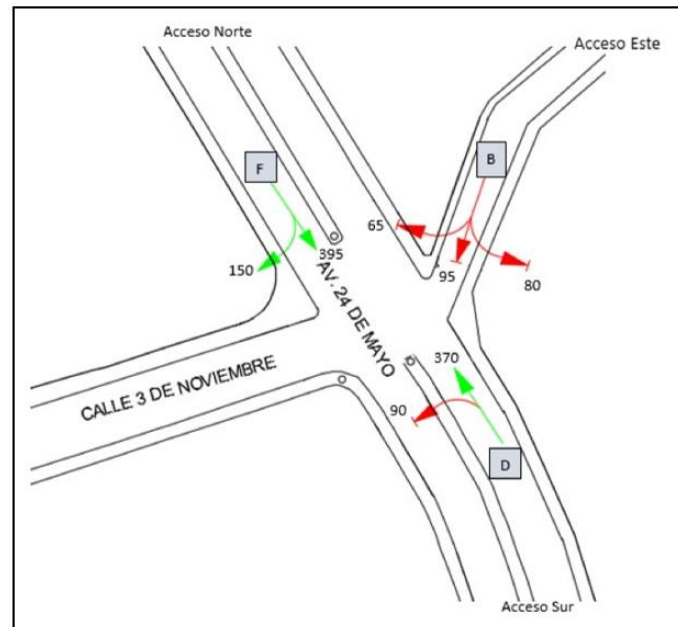
Se evidencian los siguientes aspectos:

- La sincronización semafórica de la Av. 24 de Mayo en sentido S-N puede forzar excesos de velocidad, ya que debido a las condiciones geométricas (pendiente positiva) los conductores tratan de alcanzar la siguiente intersección en verde.
- El estacionamiento indebido de vehículos en los carriles derechos en ambos sentidos de circulación reduce la capacidad de las vías y provoca congestionamiento. Esto se ve agravado debido a la realización de giros en U aun cuando no están permitidos.
- Secuencia equivocada de fases semafóricas provoca que los giros izquierdos al transitar por la Av. 24 de Mayo en sentido Norte-Sur (pendiente adversa) al filtrarse indebidamente provoquen que se desaproveche el tiempo de verde efectivo para la los vehículos que circulan recto en el sentido Sur-Norte, provocando que los vehículos no logren avanzar considerablemente y formen colas de espera detrás de ellos en ambos sentidos.

Estación 5: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre

En la Ilustración 26 se muestra los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 5.

Ilustración 26. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 5.



En la estación 5 se tienen demoras promedio de 58.8 segundos, por lo tanto, la intersección se encuentra en un Nivel de Servicio E, el cual representa el límite aceptable de demoras, las mismas que son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones v/c muy altas. La relación v/c máxima es de 1.14, por lo que al ser mayor a 1, la intersección se encuentra saturada, lo cual excede la capacidad de la misma y genera congestionamiento vehicular, provocando que ésta sea la intersección más conflictiva de todo el corredor vial.

Se evidencian los siguientes aspectos:

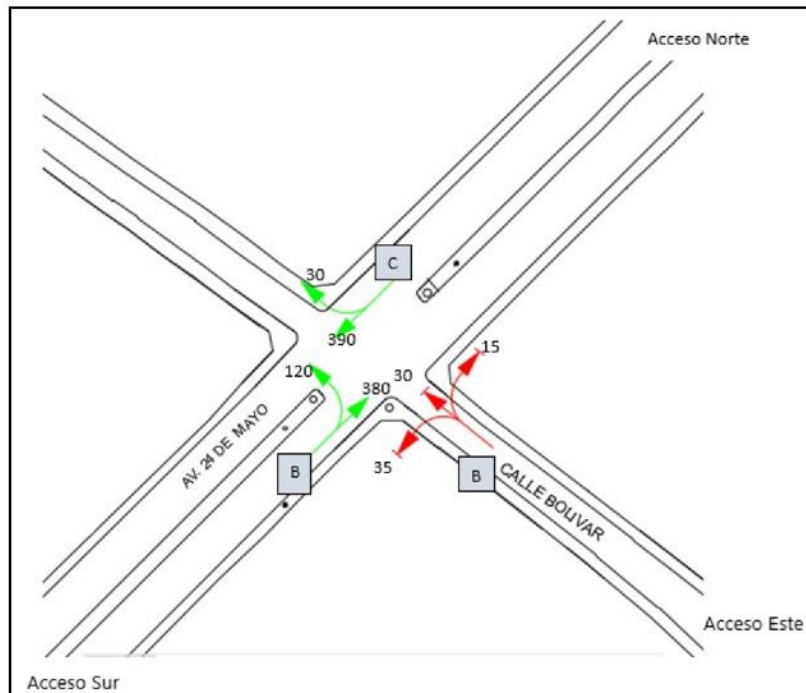
- Le pendiente adversa (14%) en la Av. 24 de Mayo en el sentido Norte-Sur provoca que los vehículos que circulan en ese sentido tarden un poco más de lo normal en arrancar y desaprovechen el tiempo de verde que les corresponde y formen colas de espera detrás de ellos.
- En el sentido S-N de a Av. 24 de Mayo se presentan bloqueos hasta la intersección con la Calle Carrera Cuenca (no semaforizada) por giro izquierdo no permitido en dicho sentido de circulación.
- Secuencia semafórica actual otorga mucho tiempo de verde en la calle secundaria (3 de Noviembre) pese a que se debería priorizar a la Avenida 24 de Mayo que es la que presenta mayor flujo vehicular.
- Secuencia equivocada de fases semafóricas provoca que los giros izquierdos al transitar por la Av. 24 de Mayo en sentido Sur-Norte (pendiente positiva) al filtrarse indebidamente provoquen que se desaproveche el tiempo de verde efectivo para los los vehículos que circulan recto en el sentido Norte-Sur, provocando que los vehículos no logren avanzar considerablemente y formen colas de espera detrás de ellos.

Estación 6: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar

Resultados:

En la Ilustración 27 se muestra los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 5.

Ilustración 27. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 6.



En la estación 6 se tienen demoras promedio de 18.5 segundos, por lo tanto, la intersección se encuentra en un Nivel de Servicio B, el cual presenta una progresión del tránsito altamente favorable y ciclos cortos, caracterizado porque algunos vehículos empiezan a detenerse. La relación v/c máxima es de 0.79, por lo que al ser menor a 1, la intersección se encuentra no saturada y bastante lejana a serlo.

Se evidencian los siguientes aspectos:

- Esta intersección presenta un aceptable nivel de servicio, sin embargo, para mejorarlo a niveles óptimos, se debe configurar la sincronización semafórica para que los conductores puedan llegar a esta intersección (última intersección del corredor vial) en un solo verde, con los respectivos desfases en cada una de las estaciones.
- El estacionamiento indebido de vehículos en los carriles derechos en ambos sentidos de circulación reduce la capacidad de las vías y provoca congestionamiento.
- Secuencia equivocada de fases semafóricas provoca que los giros izquierdos al transitar por la Av. 24 de Mayo en sentido Sur-Norte (pendiente positiva) al filtrarse indebidamente provoquen que se desaproveche el tiempo de verde efectivo para los vehículos que circulan recto en el sentido Norte-Sur.

Situación Actual Optimizada

Para optimizar la situación actual se han planteado en forma general las siguientes reformas y/o modificaciones que se muestra en la Tabla 26:

Tabla 26. Reformas y modificaciones sugeridas para optimizar la situación actual.

Parámetro	Situación Actual	Situación Actual Optimizada
Señalización Línea Segmentada Vía de 2 Carriles		
Señalización Líneas de Ancho de Carril		
Señalización Líneas de Prohibición de Estacionamiento		
Señalización Líneas de Pare		
Señalización Línea de Ceda el Paso		
Señalización Cruce Cebra		
Señalización Cruce Peatonal Controlado por Semáforos		
Señalización PARE		
Señalización Velocidad Máxima Permitida		
Señalización Prohibido Estacionar		
Señalización Vía Carril Bus		
Señalización Parada Buses		
Señalización Parada de Taxis		
Señalización Zona de Peatones		
Señalización Zona de Escuela		
Señalización Una Vía o Doble Vía		
Señalización No Virar Izquierda o Derecha		
Señalización No Rebasar		
Señalización de Prohibición de Giro en U		
Generación de Carril de Almacenamiento (Aguja) para Giros Izquierdos		
Redistribución de las paradas de buses a lugares centrales entre intersecciones.		
Reconfiguración de las Fases Semafóricas para priorizar flujos principales de la Avenida 24 de Mayo		
Generación de nuevas configuraciones para Fases Semafóricas exclusivas para Giro Izquierdo		

Cumple con el parámetro luego de reforma/modificación	
Requiere renovación/mantenimiento	
No cumple con el parámetro	

Además, se plantea lo siguiente:

- Optimizar cada una de las intersecciones con ciclos cercanos a los óptimos para que se trabaje como un corredor vial, es decir, las intersecciones trabajen como un todo mas no aisladamente, con esto se logra que los vehículos logren avanzar la mayor distancia posible con un solo verde efectivo. Para ello se realizó diversas simulaciones con pequeñas variaciones de los ciclos óptimos hasta encontrar la configuración que brinde los mejores resultados.

- Se modeló la situación actual optimizada considerando la condición más crítica que corresponde a que los conductores continúen estacionando sus vehículos en el carril derecho en ambos sentidos de la Av. 24 de Mayo aun cuando no está permitido. Esta condición se la planteó puesto que dicha avenida representa un polo comercial de la ciudad de Cañar, repleta de locales comerciales que requieren parqueo por parte de los clientes.
- Debido a la considerable extensión del corredor, se dividió el corredor en dos tramos para su análisis. La primera parte del corredor inicia en la Estación 1 (Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca) y termina en la intersección no semaforizada de la Av. 24 de Mayo y la calle El Vergel, mientras que la segunda parte del corredor inicia en la Estación 3 (Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto) y termina en la Estación 6 (Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar).
- Debido a que los vehículos que circulan en el sentido Norte-Sur son los que mayores demoras perciben al transitar por la Avenida 24 de Mayo es primordial sincronizar los vehículos en este sentido dándoles prioridad de circulación y tratar de que logre transitar gran parte del corredor en un solo ciclo semafórico.
- Dado que en el estado actual en algunos casos los flujos se encuentran cercanos a la saturación o ya saturados, se sugieren realizar reformas geométricas que permitan reducir el estado de saturación y por consiguiente ampliar la capacidad vial.
- Redirigir los vehículos que suelen estacionarse en los carriles derechos de la Avenida 24 de Mayo hacia las calles secundarias: Av. Ingapirca, Javiera Nieto, El Vergel, 10 de Agosto, 3 de Noviembre, Carrera Cuenca, Bolívar y demás calles aledañas que permitan el estacionamiento.
- En la sincronización semafórica se plantearon desfases puesto que los semáforos funcionan de forma aislada y requieren la inclusión manual de dichos desfases para aprovechar el tiempo de verde efectivo entre las intersecciones. Se deben realizar comprobaciones periódicas de que los mismos estén funcionando adecuadamente según lo planificado.
- En la sincronización semafórica se deben mantener ciclos semafóricos cortos en las intersecciones con mayor pendiente a favor, para evitar excesos de velocidad.
- Redirigir los flujos que realizan giros en U a dar vuelta en las manzanas próximas.
- Redistribuir las paradas de buses cercanas a las intersecciones a lugares centrales de la Avenida 24 de Mayo, para evitar el bloqueo de los carriles cercanos semáforos, teniendo como premisa que dichas paradas no deben interferir la movilidad peatonal.
- Dado que el FHMD es cercano a 1 durante las horas pico, esto significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos en cada período durante toda la hora (Cal y Mayor & Cardenas, 2018). Por esta razón se ha propuesto una sola planificación semafórica para todo el día.
- Las intersecciones Av. 24 de Mayo - El Vergel y Av. 24 de Mayo-Carrera Cuenca son no semaforizadas, por tal razón, en la optimización semafórica se ha configurado idóneamente un desfase de los ciclos de las intersecciones semaforizadas aledañas para que el tráfico procedente de las primeras se incorpore progresivamente sin alterar considerablemente al flujo vehicular.

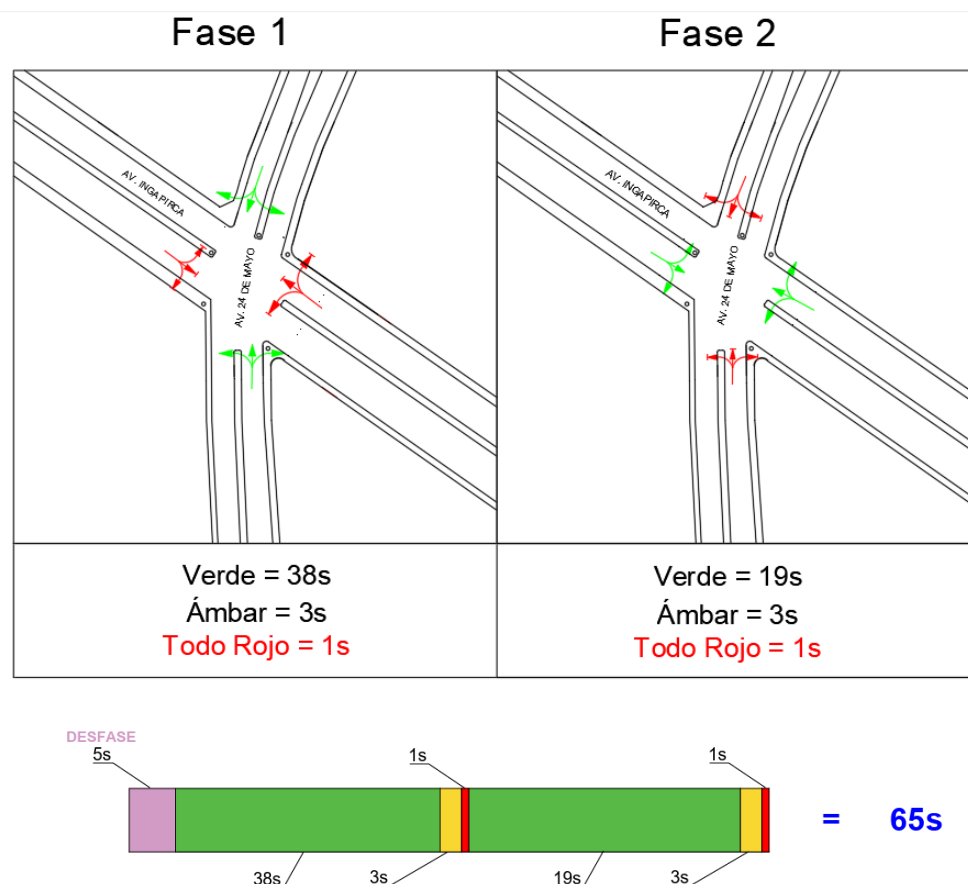
4.9.2 Micro simulación de la Situación Actual Optimizada

Estación 1: Intersección Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca

Modificaciones específicas:

- Reconfiguración de 3 a 2 fases, extendiendo el ciclo óptimo y eliminando la fase de giro izquierdo desde la Avenida 24 de Mayo hacia la Avenida Ingapirca en el sentido Sur-Norte y generando reforma de carril de almacenamiento para giro izquierdo en la Avenida 24 de Mayo en el sentido Sur-Norte.
- Se prioriza a la calle principal (Av. 24 de Mayo) que es la que presenta mayor flujo vehicular, disminuyendo el ciclo semafórico en la calle secundaria (Av. Ingapirca) y extendiéndolo en la principal.
- La longitud del ciclo optimo es de 55 segundos, pero se ha modelado con una duración de 65 segundos, ya que luego de diversas iteraciones se determinó que esta última otorga una mejor progresión vehicular del corredor vial.
- Se plantea un desfase de 5 segundos con respecto a la intersección de la Av. 24 de Mayo y Javiera Nieto, permitiendo aprovechar el verde efectivo de mejor manera, debido a que estas los semáforos de estas intersecciones no funcionan conjuntamente como una red, ni existe una comunicación entre semáforos sino que funcionan de manera aislada e independiente

Ilustración 28. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 1.



Resultados:

En la Ilustración 29, Ilustración 30 e Ilustración 31, se muestran los datos que se introdujeron para la modelación en el software Synchro, además, se muestra la tasa de flujo de saturación y los niveles de servicio para la estación 1.

Ilustración 29. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 1

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)	↕			↕			↕			↕		
Traffic Volume (vph)	70	65	25	90	95	45	90	335	125	25	280	75
Future Volume (vph)	70	65	25	90	95	45	90	335	125	25	280	75
Street Name												
Link Distance (m)	79.6			82.2			93.8			216.3		
Links Speed (km/h)	50			50			50			50		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
Travel Time (s)	5.7			5.9			6.8			15.6		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.0	3.6	3.6	3.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	8			-2			-6			6		
Area Type CBD	☐			☐			☐			☐		
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	30.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—			—			1	—	—	—		
Right Turn Channelized	None			None			None			None		
Curb Radius (m)	—			—			—			—		
Add Lanes (#)	—			—			—			—		
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.965	—	—	0.972	—	1.000	0.961	—	—	0.972	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.980	—	—	0.980	—	0.950	1.000	—	—	0.996	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2505	—	—	2896	—	1660	1465	—	—	1300	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.767	—	—	0.769	—	0.509	1.000	—	—	0.949	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1960	—	—	2272	—	889	1465	—	—	1238	—

Nota. La Ilustración 29 se obtuvo del software Synchro.

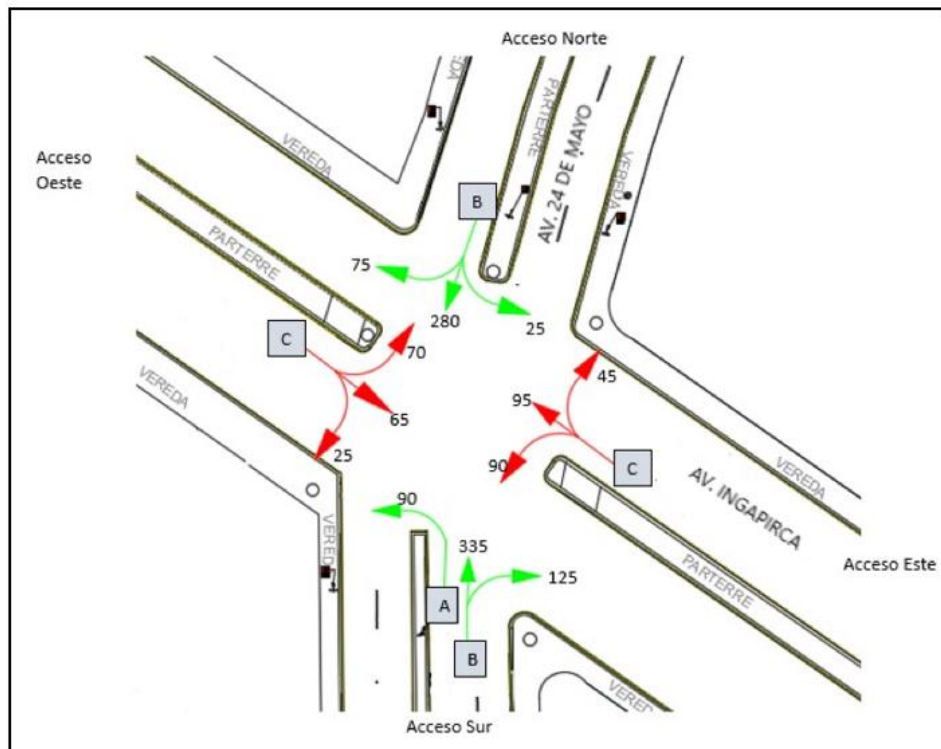
Ilustración 30. Niveles de Servicio para la Estación 1.

TIMING SETTINGS											
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	2.0	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5
Total Split (s)	23.0	23.0	—	23.0	23.0	—	42.0	42.0	—	42.0	42.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	50	50	50	50	—	50	—	50	50
Actuated Effct. Green (s)	—	19.0	—	—	19.0	—	38.0	38.0	—	—	38.0
Actuated g/C Ratio	—	0.29	—	—	0.29	—	0.58	0.58	—	—	0.58
Volume to Capacity Ratio	—	0.33	—	—	0.40	—	0.20	0.58	—	—	0.57
Control Delay (s)	—	20.1	—	—	20.6	—	6.9	11.6	—	—	12.3
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.5	—	—	0.0
Total Delay (s)	—	20.1	—	—	20.6	—	6.9	12.1	—	—	12.3
Level of Service	—	C	—	—	C	—	A	B	—	—	B
Approach Delay (s)	—	20.1	—	—	20.6	—	—	11.2	—	—	12.3
Approach LOS	—	C	—	—	C	—	—	B	—	—	B
Queue Length 50th (m)	—	9.8	—	—	14.0	—	4.6	23.9	—	—	28.8
Queue Length 95th (m)	—	18.1	—	—	23.2	—	m9.2	55.2	—	—	53.3
Stops (vph)	—	121	—	—	176	—	31	314	—	—	229
Fuel Used (l/hr)	—	6	—	—	9	—	2	15	—	—	17

NODE SETTINGS	
Node #	2
ATMS.now Controller ID	0
Import from ATMS.now:	Import
Export to ATMS.now:	Export
Zone:	
X East (m):	729158.9
Y North (m):	9717460.5
Z Elevation (m):	0.0
Description	Av. Ingapirca
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	65.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	65.0
Natural Cycle(s):	55.0
Max v/c Ratio:	0.58
Intersection Delay (s):	14.4
Intersection LOS:	B
ICU:	0.62
ICU LOS:	B
Offset (s):	5.0

Nota. La Ilustración 30 se obtuvo del software Synchro.

Ilustración 31. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 1.



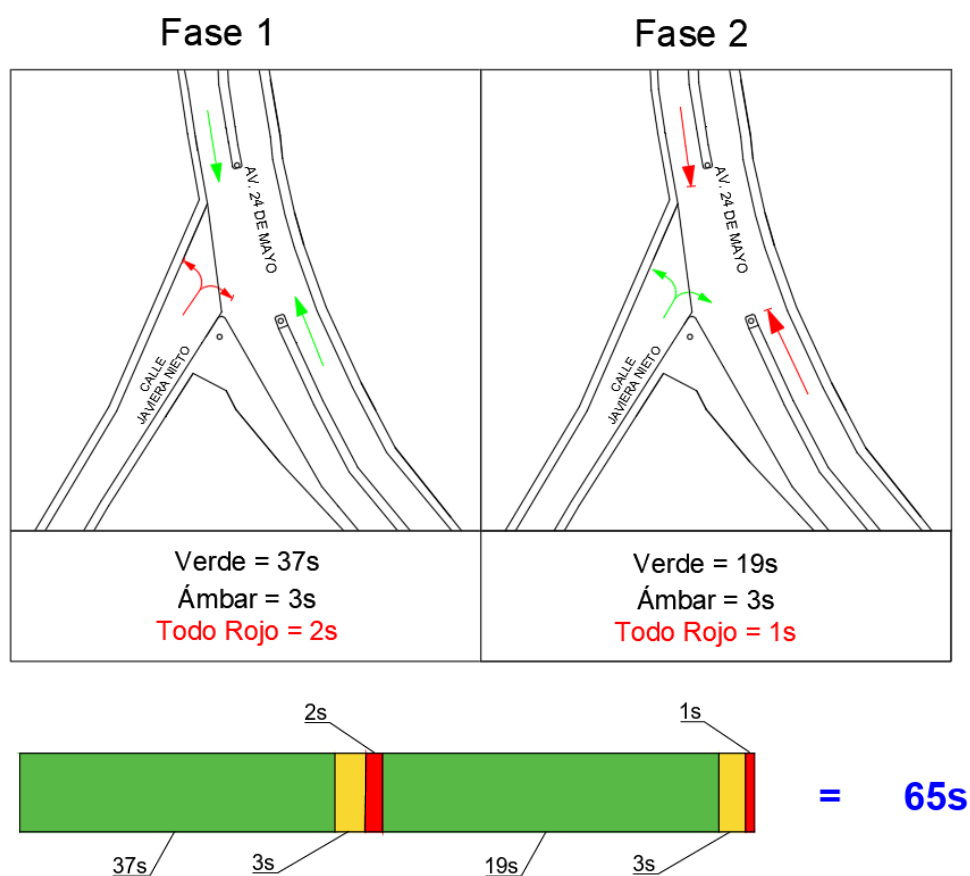
En la estación 1 se obtienen demoras promedio de 14.4 segundos, reduciéndose las mismas en 13.5 segundos con respecto a la situación actual. La intersección pasa de un Nivel de Servicio Promedio C a B, mejorando considerablemente el flujo y la progresión del tránsito. La relación v/c máxima es de 0.58, reduciéndose considerablemente respecto a la situación actual y por ende disminuyendo el grado de saturación de la intersección.

Estación 2: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Javier Nieto.

Modificaciones específicas:

- La longitud del ciclo óptimo es de 50 segundos, pero se ha modelado con una duración de 65 segundos, ya que luego de diversas iteraciones se determinó que esta última otorga una mejor progresión vehicular del corredor vial.
- Se configura la sincronización semafórica para que la Av. Ingapirca inicie el ciclo 5 segundos después de Javier Nieto, es decir, se plantea un desfase, con el objetivo de evitar bloqueos en la intersección de la segunda debido al alto número de giros izquierdos desde la Javier Nieto hacia la Av. 24 de Mayo.
-

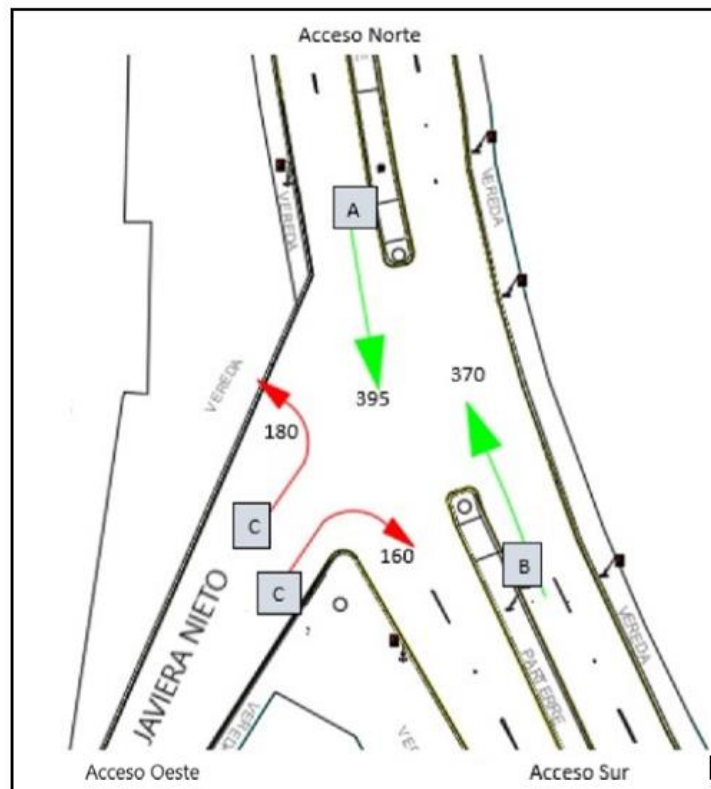
Ilustración 32. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 2



Resultados:

En la Ilustración 33 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvo para la estación 2.

Ilustración 33. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 2.



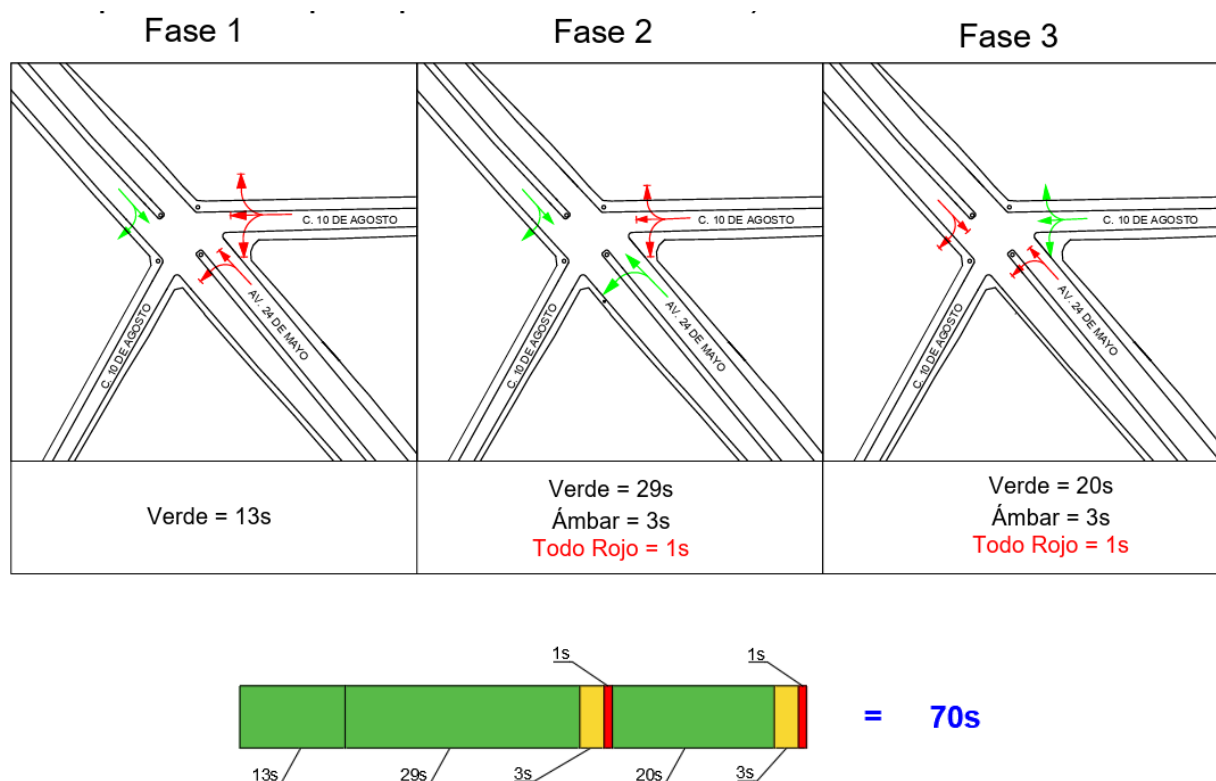
En la estación 2 se obtienen demoras promedio de 14.3 segundos, es decir, las demoras son bajas al igual que en la situación actual. La intersección se mantiene un Nivel de Servicio Promedio B, conservando una progresión del tránsito muy buena. La relación v/c máxima es de 0.52, reduciéndose considerablemente respecto a la situación actual y por ende disminuyendo el grado de saturación de la intersección.

Estación 3: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto

Modificaciones específicas:

- Reconfiguración de las fases semafóricas ampliándolas de 2 a 3, dando preferencia a los vehículos que circulan en el sentido Norte-Sur (subida) ya que tienen pendiente adversa. Se inicia el ciclo con una fase exclusiva de algunos segundos para el acceso Norte se le da prioridad a los vehículos que circulan en la Avenida. 24 de Mayo en el sentido Norte-Sur ya que tienen una pronunciada pendiente en su contra. También sirve de tapón para dejar de obstruir la siguiente intersección con la calle Borrero, se extiende el ciclo.
- La longitud del ciclo óptimo es de 50 segundos pero se ha modelado con una duración de 70 segundos como se indica en la Ilustración 34 ya que luego de diversas iteraciones se determinó que esta última otorga una mejor progresión vehicular del corredor vial. Esta extensión del ciclo sirva para mejorar la fluidez hacia la siguiente intersección (Av. 24 de Mayo y Borrero).

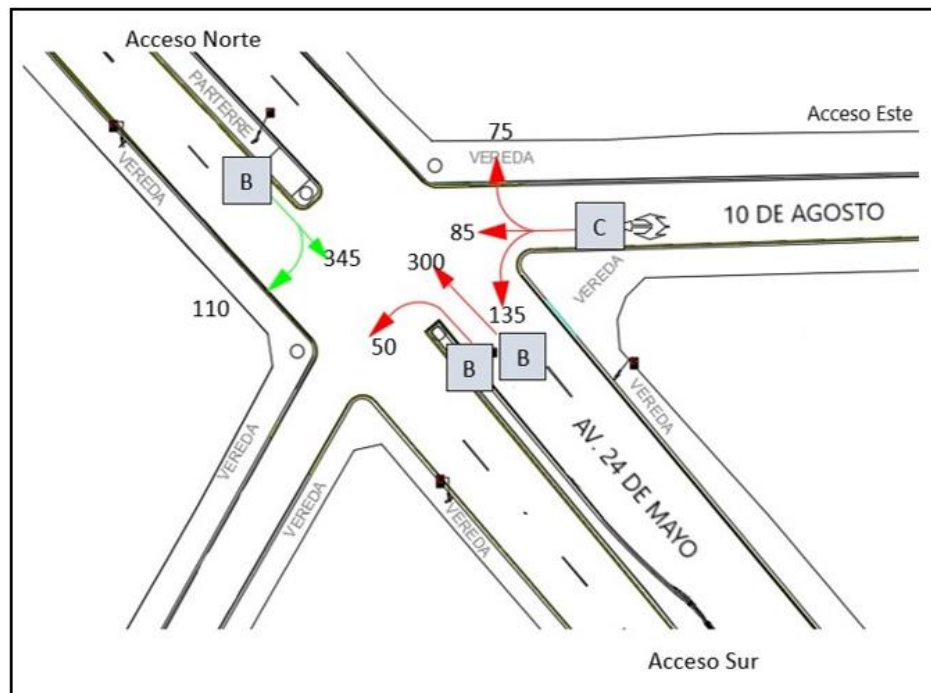
Ilustración 34. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 3.



Resultados:

En la Ilustración 35 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvo para la estación 3.

Ilustración 35. Flujos y Niveles de Servicio de la estación 3.



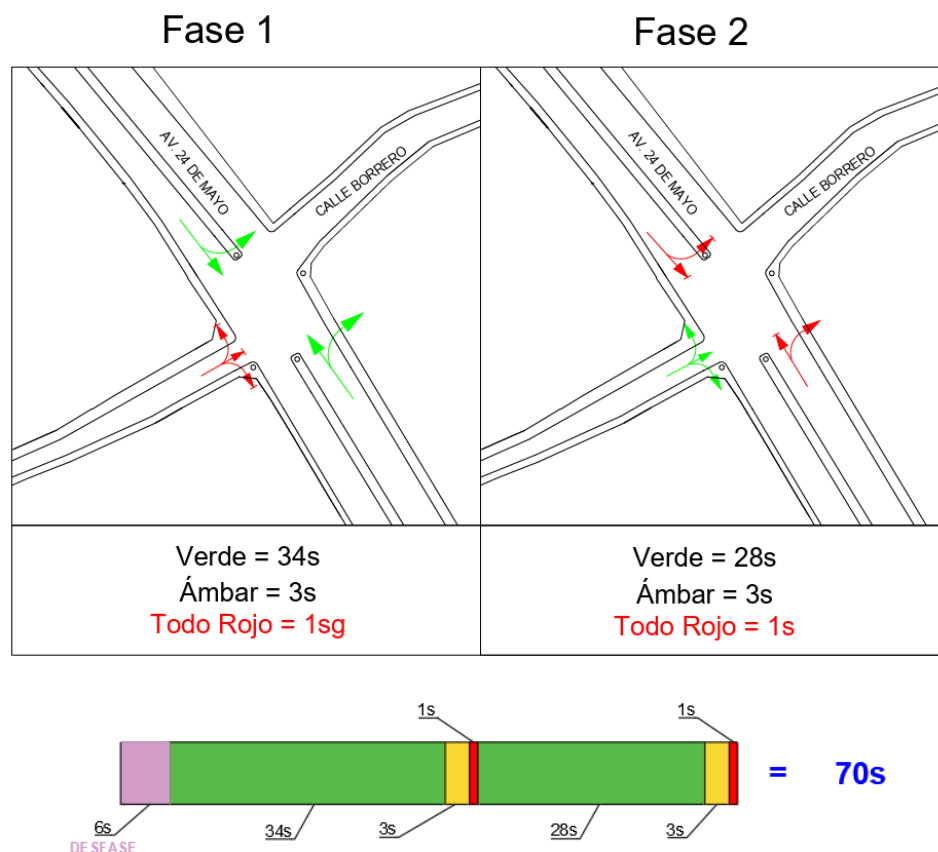
En la estación 3 se obtienen demoras promedio de 19.2 segundos, siendo dichas demoras bajas al igual que en la situación actual. La intersección se mantiene un Nivel de Servicio Promedio B, conservando una progresión del tránsito muy buena. La relación v/c máxima es de 0.66 al igual que la situación actual y por manteniendo un grado de saturación de la intersección aceptable.

Estación 4: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero

Modificaciones específicas:

- La longitud del ciclo óptimo es de 60 segundos pero se ha modelado con una duración de 70 segundos, ya que luego de diversas iteraciones se determinó que esta última otorga una mejor progresión vehicular del corredor vial.
- En esta estación, la calle secundaria (Borrero) es bastante demandada al encontrarse en la parte central del corredor y permite enlazar las dos intersecciones con giros izquierdos más demandadas. Por lo tanto, se propone la generación de una reforma geométrica que consiste en un carril de almacenamiento para giro izquierdo en la Avenida 24 de Mayo en el sentido Norte-Sur, en donde los vehículos pueden esperar para filtrarse cuando el tránsito en sentido S-N de la Avenida 24 de Mayo se limpie.
- Se plantea un desfase de 6 segundos con respecto a la intersección de la Av. 24 de Mayo y 10 de Agosto, permitiendo aprovechar el verde efectivo de mejor manera. Con ciclos menores es probable que mejoren niveles de servicio ligeramente, sin embargo, es la parte central del corredor y la principal salida de vehículos del centro, se mantiene un ciclo ligeramente mayor al recomendado para mantener la progresión de vehículos.

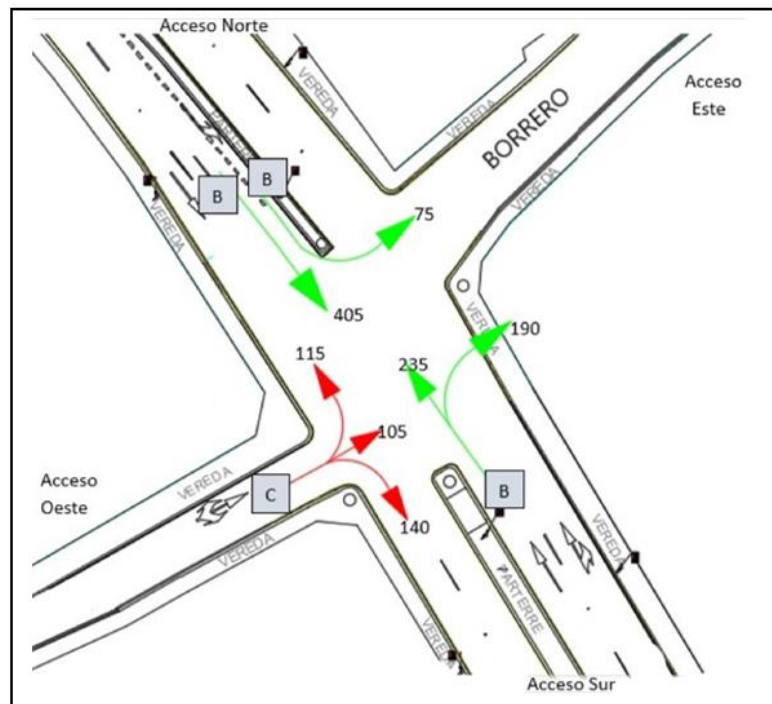
Ilustración 36. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 4.



Resultados:

En la Ilustración 37 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvo para la estación 4.

Ilustración 37. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 4.



En la estación 4 se obtienen demoras promedio de 15.4 segundos, reduciéndose las mismas en 5.2 segundos respecto a la situación actual, cambiando de un Nivel de Servicio C a B, y por consiguiente, mejorando el flujo y la progresión vehicular. La relación v/c máxima es de 0.67, reduciéndose considerablemente respecto a la situación actual y por ende disminuyendo el grado de saturación de la intersección.

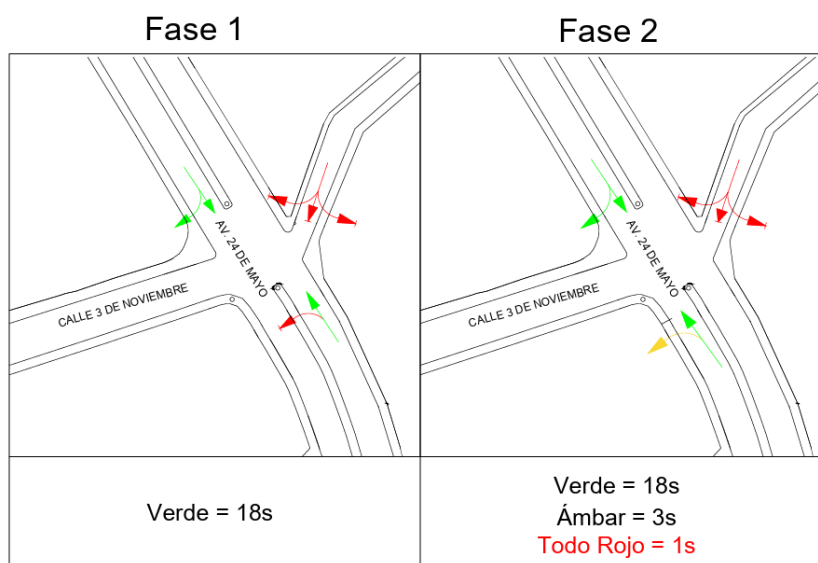
Estación 5: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre

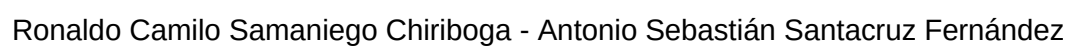
Modificaciones específicas:

Esta intersección es la más crítica del corredor, debido a la alta demanda de giro izquierdo en el sentido S-N de la Avenida 24 de Mayo y a que tiene la pendiente adversa más pronunciada para dicha avenida en el sentido N-S, lo que genera un reiterativo bloqueo de la intersección ya que los vehículos en el sentido S-N (pendiente a favor) al iniciar el ciclo semafórico actual no permite que arranquen los vehículos pesados que provienen del mercado, perdiendo el verde efectivo y generando largas colas hacia la Calle Borrero. Por tal razón, se plantea lo siguiente:

- La longitud del ciclo óptimo es de 75 segundos, pero se ha modelado con una duración de 70 segundos, ya que luego de diversas iteraciones se determinó que esta última otorga una mejor progresión vehicular del corredor vial.
- Generar una reforma de carril de almacenamiento para giro izquierdo en la Avenida 24 de Mayo en el sentido Sur-Norte. Además, en la sincronización, se inicia el ciclo con exclusividad para los vehículos en el sentido Norte-Sur lo que ocasiona que los vehículos en el sentido Sur-Norte se almacenen en el carril de almacenamiento y después cuando se haya limpiado puedan filtrarse. En el caso de no poder filtrarse, se brinda complementariamente una última fase semafórica corta para que puedan realizar maniobra de giro izquierdo.
- Se plantea un desfase de 12 segundos con respecto a la intersección de la Av. 24 de Mayo y Bolívar, permitiendo aprovechar el verde efectivo de mejor manera.
- Extender el ciclo semafórico y programación de 4 fases en la que los últimos vehículos provenientes de la Calle Borrero en algunos ciclos salen todos y en otros no, dependiendo del acarreo de la cola. Este planteamiento funciona complementariamente a la reforma del carril de almacenamiento planteada anteriormente.

Ilustración 38. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 5.





En la estación 5 se obtienen demoras promedio de 25 segundos, reduciéndose las mismas en 33.8 segundos respecto a la situación actual, cambiando de un Nivel de Servicio Promedio E a C, y, por consiguiente, mejorando el flujo y la progresión vehicular. La relación v/c máxima es de 0.93, reduciéndose considerablemente respecto a la situación actual y por ende disminuyendo el grado de saturación de la intersección a un valor inferior a 1, lo que significa que la intersección mejora sustancialmente ya que pasa de trabajar de un estado saturado a uno no saturado, mejorando la fluidez de todo el corredor vial.

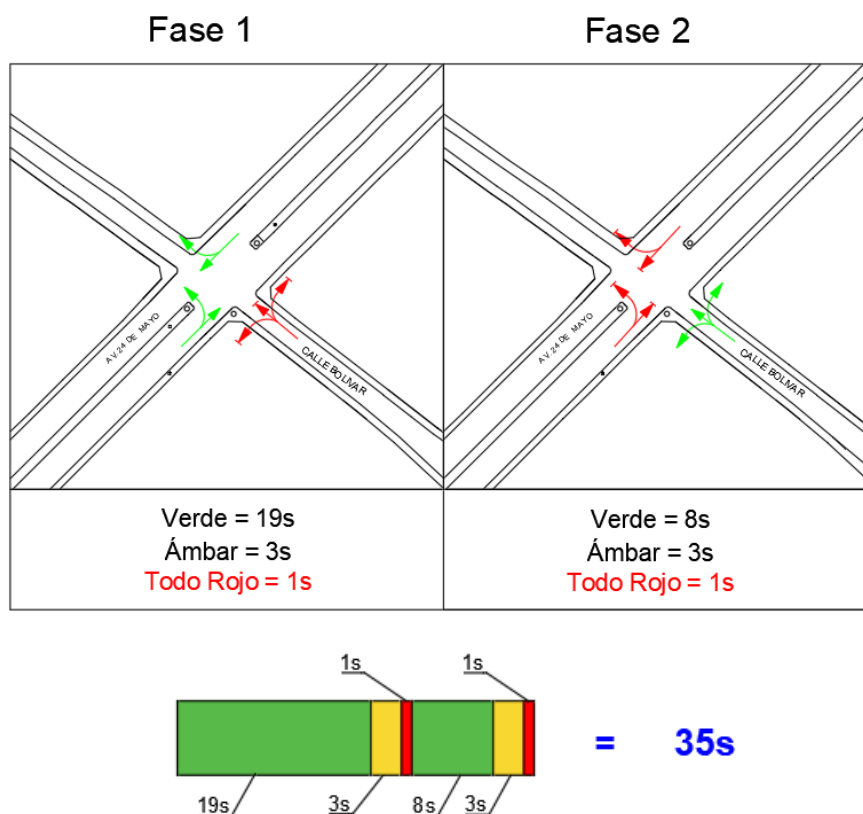
Los Niveles de Servicio del software no resaltan que se mantiene una ola de verde desde la Calle 10 de Agosto y la mayoría de vehículos no necesitan volver a arrancar, los que no alcanzan a arrancar inician el siguiente ciclo con exclusividad y no volverán a quedarse en rojo en la siguiente intersección.

Estación 6: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar

Modificaciones específicas:

- La longitud del ciclo óptimo es de 55 segundos, pero se ha modelado con una duración de 35 segundos como se muestra en la
- Ilustración 40. Nótese que este último valor seleccionado corresponde a la mitad de la longitud de los ciclos de las otras estaciones, esto con el objetivo dinamizar el flujo vehicular, ya que mientras el ciclo semafórico de la 3 de Noviembre se está ejecutando una vez, ya se habrán ejecutado dos ciclos en la Bolívar, ayudando a evacuar gran cantidad de vehículos, Es correcto la selección de ciclo corto debido a que en esta intersección no hay pendientes pronunciadas y los vehículos no tienen dificultad al arrancar.
- Reconfiguración de 3 a 2 fases en conjunto con reforma de generación de carril de almacenamiento para giro izquierdo en la Avenida 24 de Mayo en el sentido Sur-Norte.
- Bajo ningún concepto se permitirán giros en U.

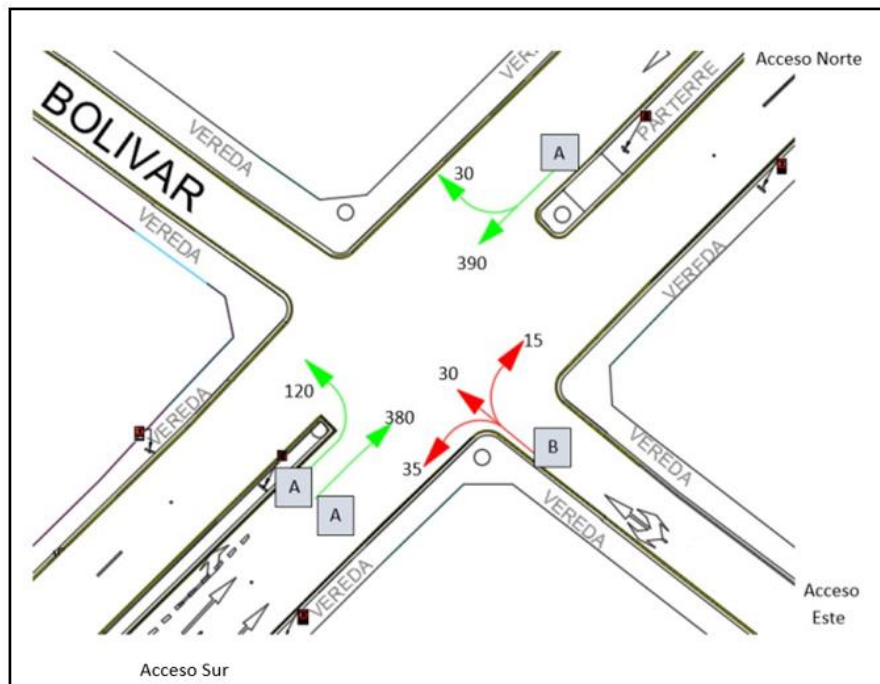
Ilustración 40. Fases y longitud del ciclo semafórico de la Estación 6.



Resultados:

En la Ilustración 41 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvo para la estación 6.

Ilustración 41. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 6.



En la estación 6 se obtienen demoras promedio de 7.6 segundos, reduciéndose las mismas en 10.9 segundos respecto a la situación actual, cambiando de un Nivel de Servicio Promedio B a A, y por consiguiente, mejorando el flujo y la progresión vehicular a con condiciones óptimas. La relación v/c máxima es de 0.60, reduciéndose considerablemente respecto a la situación actual y por ende disminuyendo el grado de saturación de la intersección. Cabe recalcar que esta estación es la que mejor Nivel de Servicio posee de todo el corredor vial, encontrándose en una situación ideal tanto por su ubicación como por sus condiciones geométricas dado que no existen pendientes pronunciadas.

Situación Actual Optimizada y Proyectada

Periodo de Proyección

Dado que la Avenida 24 de Mayo es una vía arterial que conecta la ciudad de Cañar Norte a Sur y recoge los principales flujos de tráfico hacia y desde la ciudad, se eligió un periodo de proyección de 10 años con el fin de asegurar que las propuestas y reformas a realizarse sean útiles durante el mayor tiempo posible, maximizando la vida útil del proyecto y minimizando los costos de inversión.

Proyección del Tránsito

Para proyectar el tránsito actual se empleó la Ecuación 29:

$T_n = T_o(1 + r)^n$	Ecuación 29
----------------------	-------------

Donde:

T_n : Tránsito proyectado al año n

T_o : Tránsito actual (año base)

n : Número de años del periodo de diseño

r : Tasa de crecimiento vehicular

Optimización

Para optimizar la situación proyectada se han planteado las mismas consideraciones, reformas y modificaciones que en la situación actual optimizada, proyectando los flujos a 10 años con las tasas de crecimiento que se detalló anteriormente.

4.9.3 Micro simulación de la Situación Actual Optimizada y Proyectada

Estación 1: Intersección Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca

Resultados:

En la

Ilustración 42, Ilustración 43 e Ilustración 44, se muestran los datos que se introdujeron para la modelación en el software Synchro, además, se muestra la tasa de flujo de saturación y los niveles de servicio para la estación 1.

Ilustración 42. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 1.

LANE SETTINGS												
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	85	80	30	110	115	55	110	400	145	30	330	90
Future Volume (vph)	85	80	30	110	115	55	110	400	145	30	330	90
Street Name												
Link Distance (m)	—	79.6	—	—	82.2	—	—	93.8	—	—	216.3	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	5.7	—	—	5.9	—	—	6.8	—	—	15.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.0	3.6	3.6	3.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	—	8	—	—	-2	—	—	-6	—	—	6	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	30.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.966	—	—	0.972	—	1.000	0.961	—	—	0.972	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.981	—	—	0.980	—	0.950	1.000	—	—	0.996	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	2510	—	—	2895	—	1660	1465	—	—	1299	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.738	—	—	0.746	—	0.464	1.000	—	—	0.937	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1898	—	—	2204	—	811	1465	—	—	1222	—

Nota. La Ilustración 42 se obtuvo del software Synchro.

Ilustración 43. Niveles de Servicio para la Estación 1

TIMING SETTINGS											
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	10.0	—	2.0	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5
Total Split (s)	23.0	23.0	—	23.0	23.0	—	42.0	42.0	—	42.0	42.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50
Actuated Effct. Green (s)	—	19.0	—	—	19.0	—	38.0	38.0	—	—	38.0
Actuated g/C Ratio	—	0.29	—	—	0.29	—	0.58	0.58	—	—	0.58
Volume to Capacity Ratio	—	0.42	—	—	0.50	—	0.25	0.68	—	—	0.68
Control Delay (s)	—	21.4	—	—	22.3	—	7.3	14.1	—	—	15.4
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.4	—	—	0.1
Total Delay (s)	—	21.4	—	—	22.3	—	7.3	14.5	—	—	15.6
Level of Service	—	C	—	—	C	—	A	B	—	—	B
Approach Delay (s)	—	21.4	—	—	22.3	—	—	13.3	—	—	15.6
Approach LOS	—	C	—	—	C	—	—	B	—	—	B
Queue Length 50th (m)	—	12.3	—	—	17.6	—	5.7	50.6	—	—	37.8
Queue Length 95th (m)	—	21.9	—	—	28.5	—	m11.0	97.9	—	—	71.7
Stops (vph)	—	151	—	—	224	—	40	424	—	—	307
Fuel Used (l/hr)	—	8	—	—	12	—	2	20	—	—	21

NODE SETTINGS	
Node #	2
ATMS.now Controller ID	0
Import from ATMS.now:	Import
Export to ATMS.now:	Export
Zone:	
X East (m):	729158.9
Y North (m):	9717460.5
Z Elevation (m):	9.0
Description	Av. Ingapirca
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	65.0
Lock Timings:	☐
Optimize Cycle Length:	Optimize
Optimize Splits:	Optimize
Actuated Cycle(s):	65.0
Natural Cycle(s):	60.0
Max v/c Ratio:	0.68
Intersection Delay (s):	16.7
Intersection LOS:	B
ICU:	0.72
ICU LOS:	C
Offset (s) :	5.0

Nota. La Ilustración 43 se obtuvo del software Synchro.

Diagrama de un cruce de avenidas con veredas y parterres, mostrando accesos y distancias:

- Acceso Norte:** Indica el acceso desde la parte superior del diagrama.
- Acceso Oeste:** Indica el acceso desde la parte izquierda del diagrama.
- Acceso Sur:** Indica el acceso desde la parte inferior del diagrama.
- Acceso Este:** Indica el acceso desde la parte derecha del diagrama.
- Veredas:** Las zonas de tránsito peatonal, etiquetadas como VEREDA.
- Parterres:** Las zonas de tránsito vehicular, etiquetadas como PARTERRE.
- Av. Ingapirca:** Una de las avenidas que se cruzan.
- Distancias:** Se indican distancias en metros para los accesos: 90, 330, 30, 85, 80, 30, 115, 55, 110, 400, 145.
- Áreas A, B y C:** Se marcan tres áreas específicas con letras A, B y C en cuadros grises.

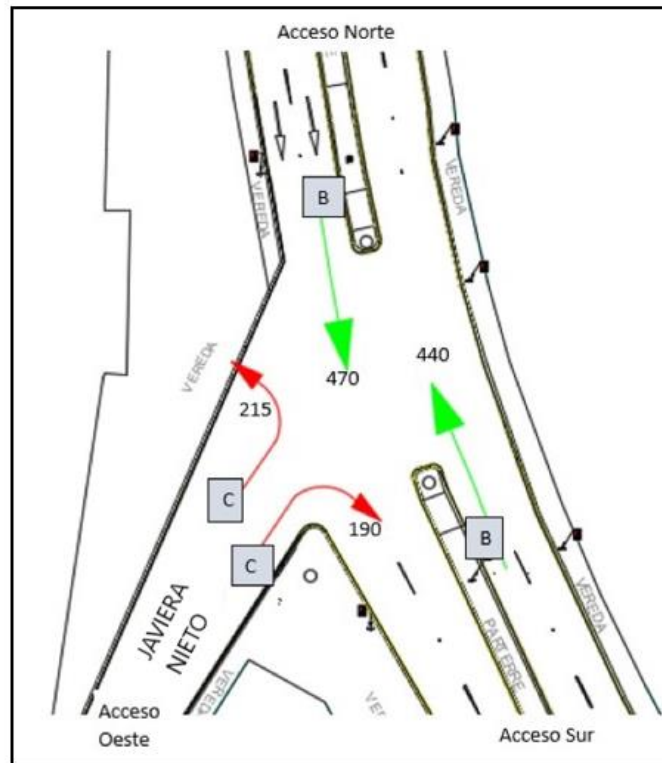
Ronaldo Camilo Samaniego Chiriboga - Antonio Sebastián Santacruz Fernández

Estación 2: Intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Javieria Nieto

Resultados:

En la Ilustración 45 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 2.

Ilustración 45. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 2.



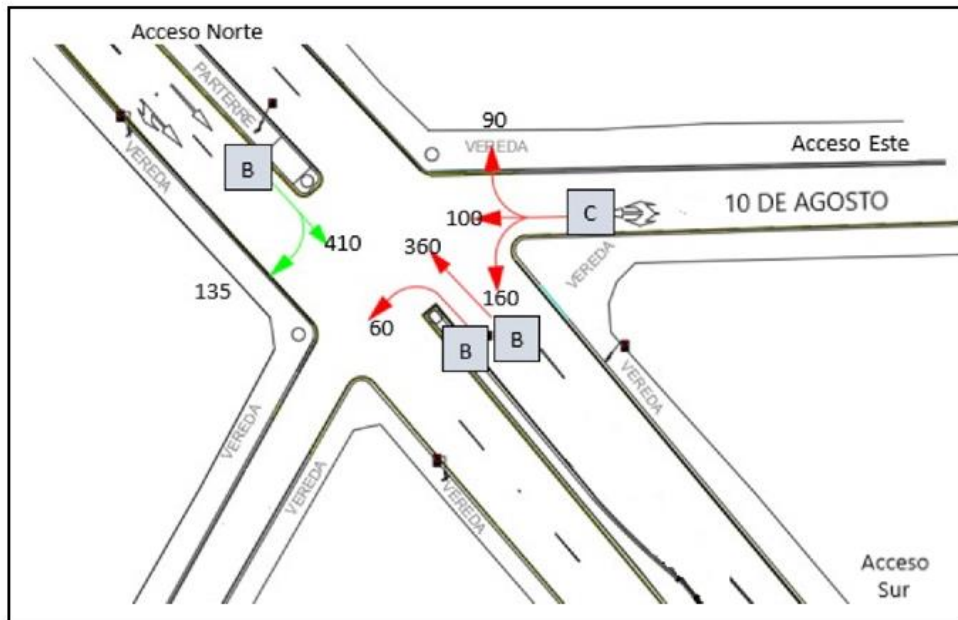
En la estación 2 se obtienen demoras promedio de 14.9 segundos, con un incremento mínimo con respecto a la situación actual optimizada. La intersección se mantiene un Nivel de Servicio B, conservando una progresión del tránsito muy buena. La relación v/c máxima es de 0.57, incrementándose mínimamente respecto a la situación actual optimizada y conservando un grado de saturación bajo de la intersección.

Estación 3: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto

Resultados:

En la Ilustración 46 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 3.

Ilustración 46. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 3.



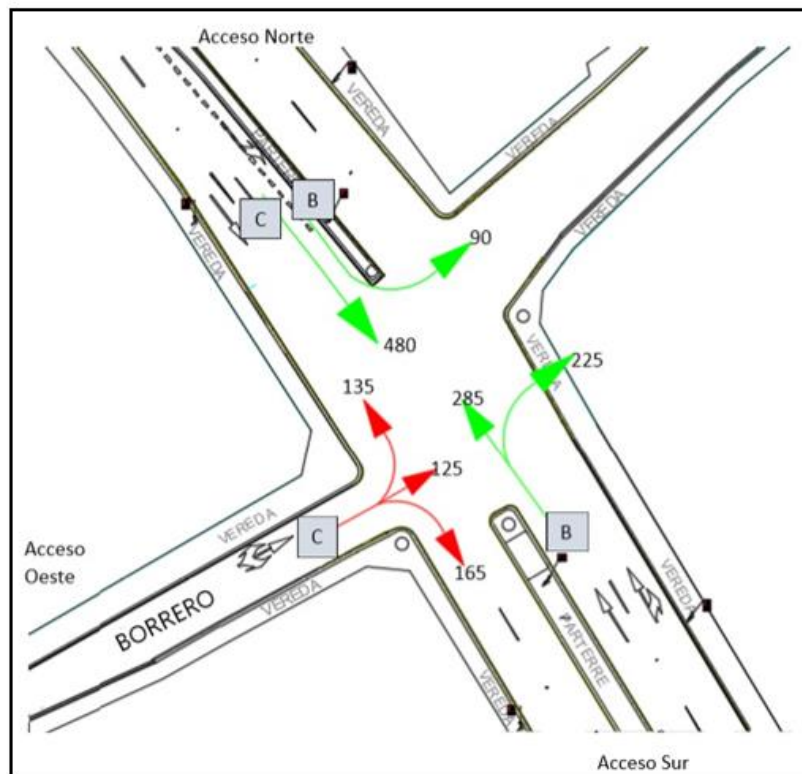
En la estación 3 se obtienen demoras promedio de 22.3 segundos, con un incremento mínimo con respecto a la situación actual optimizada. La intersección presenta un Nivel de Servicio C, conservando aun una progresión del tránsito favorable. La relación v/c máxima es de 0.76, incrementándose mínimamente respecto a la situación actual optimizada y conservando un grado de saturación bajo de la intersección.

Estación 4: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero

En la para la estación 4.

Ilustración 47 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 4.

Ilustración 47. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 4.



En la estación 4 se obtienen demoras promedio de 20.2 segundos, con un incremento mínimo con respecto a la situación actual optimizada. La intersección presenta un Nivel de Servicio C, conservando aun una progresión del tránsito favorable. La relación v/c máxima es de 0.80, incrementándose mínimamente respecto a la situación actual optimizada y conservando un grado de saturación bajo de la intersección.

Estación 5: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre

Modificación específica:

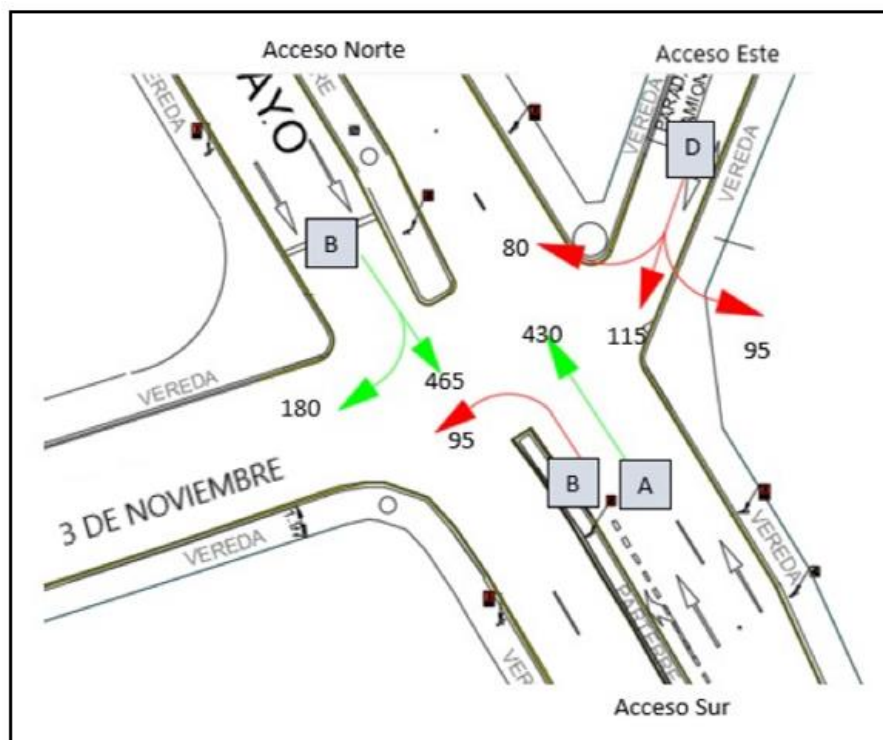
- Extender un segundo en el ciclo semafórico para la calle secundaria (3 de Noviembre) para poder evacuar primero a los vehículos que circulan en la Av. 24 de Mayo en el sentido Norte-Sur, los cuales afrontan una pendiente adversa considerable

Resultados:

En la para la estación 5.

Ilustración 48 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 5.

Ilustración 48. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 5.



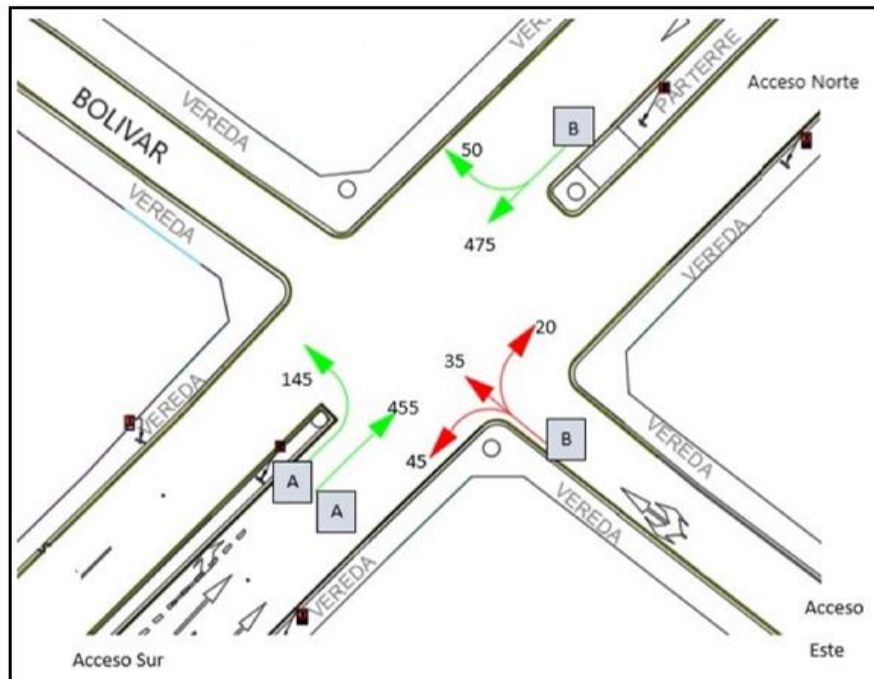
En la estación 5 se obtienen demoras promedio de 17.7 segundos, reduciéndose las mismas en 8.3 segundos respecto a la situación actual optimizada, cambiando de un Nivel de Servicio C a B, y por consiguiente, mejorando el flujo y obteniendo progresión vehicular altamente favorable. Presenta un nivel de servicio incluso mejor que la primera optimización, la relación v/c máxima es de 0.85 mejorando notablemente, otorgando un factor de seguridad que garantizará su funcionamiento con la configuración de fases semafóricas propuesta, permitiendo evacuar primero a los vehículos que circulan en la Av. 24 de Mayo en el sentido Norte-Sur los cuales afrontan una pendiente adversa considerable debido a la extensión de un segundo para la calle secundaria (3 de Noviembre).

Estación 6: intersección Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar

Resultados:

En la Ilustración 49 se muestran los flujos y los niveles de servicio que se obtuvieron para la estación 6.

Ilustración 49. Flujos y Niveles de Servicio de la Estación 6.



En la estación 6 se obtienen demoras promedio de 10.5 segundos, con un incremento mínimo con respecto a la situación actual optimizada, reflejando un Nivel de Servicio B, manteniendo el flujo y la progresión vehicular en condiciones muy buenas. La relación v/c máxima es de 0.73. Su ciclo corto continúa presentando excelentes niveles de servicio a lo largo del tiempo, no existen demoras innecesarias, siempre hay un vehículo en la intersección que demuestra la funcionalidad de los dispositivos semafóricos, controla la evacuación y acceso de vehículos al cantón, excelente índice de volumen- capacidad, funcionará incluso en algunos años más y sobre todo puede adecuarse también al ciclo de los semáforos siguientes. Además, al proponer el ciclo a la mitad se evitan excesos de velocidad.

4.10 Resumen de los Resultados Obtenidos

En la Tabla 27 se muestran los resultados que se obtuvieron de la micro simulación de situación actual del eje vial de la Av. 24 de Mayo, la Tabla 28 indica los resultados de la micro simulación de la situación actual optimizada y por último, en la Tabla 29 se presentan los resultados de la micro simulación de la situación actual optimizada y proyectada.

Tabla 27. Resultados de la Situación Actual.

Estación	Intersección	Demoras	Grado de Saturación	Nivel de Servicio
1	Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca	27.9s	92%	C
2	Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto	12.9s	56%	B
3	Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto	15.9s	67%	B
4	Av. 24 de Mayo y Calle Borrero	20.6s	87%	C
5	Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre	58.8s	114%	E
6	Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar	18.5s	79%	B

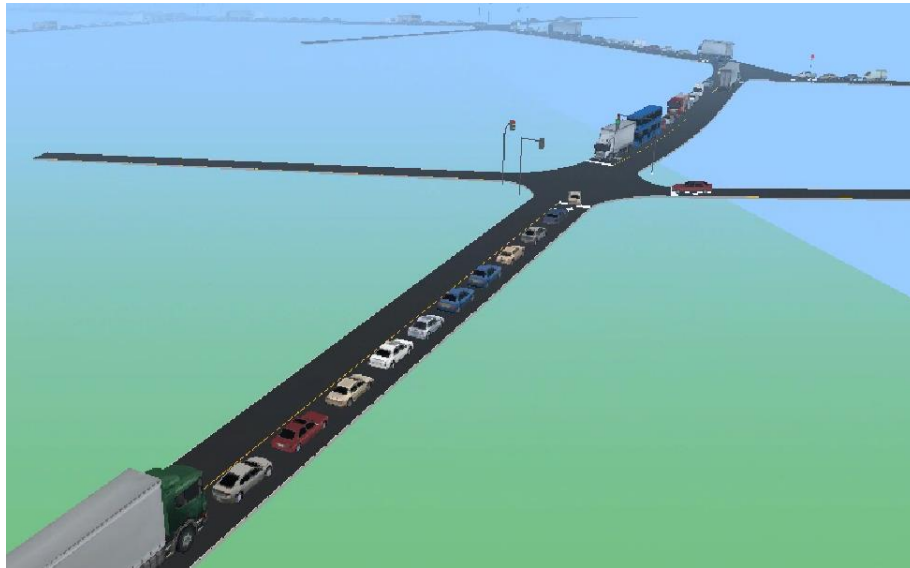
Tabla 28. Resultados de la Situación Actual Optimizada.

Estación	Intersección	Demoras	Grado de Saturación	Nivel de Servicio
1	Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca	14.4s	58%	B
2	Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto	14.3s	52%	B
3	Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto	19.2s	66%	B
4	Av. 24 de Mayo y Calle Borrero	15.4s	67%	B
5	Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre	25s	93%	C
6	Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar	7.6s	60%	A

Tabla 29. Resultados de la Situación Actual Optimizada y Proyectada

Estación	Intersección	Demoras	Grado de Saturación	Nivel de Servicio
1	Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca	16.7s	68%	B
2	Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto	14.9s	57%	B
3	Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto	22.3s	76%	C
4	Av. 24 de Mayo y Calle Borrero	20.2s	80%	C
5	Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre	17.7s	85%	B
6	Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar	10.5s	73%	B

Ilustración 50. Resultados de la micro simulación de la Situación Actual.



Nota. La Ilustración 50 se obtuvo por medio del software Synchro.

En los resultados obtenidos de la micro simulación actual, se evidencia que existe un notorio congestionamiento vehicular en los dos sentidos de circulación de la Av. 24 de Mayo (Sur-Norte y Norte-Sur), lo que conlleva a tener Niveles de Servicio distantes a los óptimos.

Ilustración 51. Resultados de la micro simulación de la Situación Actual Optimizada.



Nota. La Ilustración 51 se obtuvo por medio del software Synchro.

En los resultados obtenidos de la micro simulación actual optimizada, se evidencia que existe una notoria mejoría en cuanto a la progresión vehicular, lo que garantiza un flujo constante de los vehículos y contribuye considerablemente a evitar el congestionamiento y por tanto, a mejorar los niveles de servicio. Esto es producto de las propuestas de mejoramiento implementadas en el modelamiento en el software Synchro.

Ilustración 52. Resultados de la micro simulación de la Situación Actual Optimizada y Proyectada.



Nota. La Ilustración 52 se obtuvo por medio del software Synchro.

En los resultados obtenidos de la micro simulación actual optimizada y proyectada a 10 años, se puede ver que se mantiene una buena progresión vehicular, lo que aun garantiza un flujo constante de los vehículos y por tanto, contribuye a mejorar los niveles de servicio. Esto es producto de las propuestas de mejoramiento modeladas en el software Synchro en conjunto con la proyección de crecimiento vehicular referenciada previamente.

5 Análisis y Discusión

En este capítulo se realizará un análisis comparativo de los resultados obtenidos del trabajo de titulación denominado “Optimización Semafórica de la Avenida 24 de Mayo de la Ciudad de Cañar” de acuerdo a los objetivos planteados.

- De acuerdo al objetivo, determinar los parámetros de tránsito de la zona de estudio:
 - Se empleó la metodología del High Capacity Manual (HCM 2010) y el software Synchro para analizar el tránsito.
 - Se determinaron demoras, grado de saturación y niveles de servicio en las intersecciones del corredor vial estudiado.
 - El volumen horario de máxima demanda se observó entre las 12:30 y las 13:30 en todas las intersecciones.
 - La relación volumen a capacidad varió entre 0.56 y 1.14, destacando la intersección de Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre como la más conflictiva.
 - Las demoras oscilaron entre 12.9 y 58.8 segundos, con niveles de servicio entre B y E.
 - El FHMD en todas las intersecciones demostró una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.
 - En general, los niveles de servicio son regulares aceptables en la mayoría de las intersecciones, excepto en la intersección de Av. 24 de Mayo y 3 de Noviembre, que presenta un nivel de servicio muy malo.
- De acuerdo al objetivo, recolectar los datos de aforo vehicular mediante el uso de cámaras de video:
 - Se colocaron cámaras en lugares estratégicos que permitieron observar completamente a los vehículos que circularon en las seis intersecciones semaforizadas localizadas a lo largo de la Av. 24 de Mayo.
 - Los resultados obtenidos reflejaron que la hora pico en todas las intersecciones se da en el periodo de 12:30 a 13:30, esto es lógico puesto que al ser Cañar una ciudad pequeña, la mayoría de personas en edad productiva regresan a sus hogares en las horas de descanso del medio día.
 - Se evidenció que la intersección de la Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre la más conflictiva dado que presenta un elevado grado de saturación.
- De acuerdo al objetivo, determinar la línea base de la señalización vial y la configuración geométrica de la zona de estudio:
 - Se realizó un recorrido a pie en la zona de estudio para determinar la línea base de la señalización vial y su configuración geométrica.
 - Se identificó una pendiente pronunciada de hasta el 15% en el sentido Norte-Sur de la Avenida 24 de Mayo, causando demoras adicionales.
 - Se identificó que la mayoría de las calles y avenidas del corredor vial presentan señalización horizontal deteriorada y falta de mantenimiento.
 - Se determinó que la falta de mantenimiento vial y la informalidad de los conductores son factores que contribuyen al congestionamiento vehicular de la vía.

Según Ashhad, T et al. (2020), la congestión vehicular es un problema grave que afecta a la población, causado por diversos factores como el incremento demográfico, la falta de obras viales, señalización inadecuada, aumento del parque automotor y falta de mantenimiento vial. Comparando los factores obtenidos en el estudio con los mencionados por Ashhad, T et al. (2020), se concluye que la deficiente señalización vial, la informalidad de los conductores y el crecimiento del parque automotor contribuyen al congestionamiento vehicular en la ciudad de Cañar.

- De acuerdo al objetivo, evaluar y optimizar modelos de fases semafóricas basados en los volúmenes de tránsito y condiciones geométricas existentes en el eje vial analizado, mediante una herramienta computacional especializada en sincronización semafórica, se destaca lo siguiente:
 - Situación Actual:
 - Grado de saturación: Varía entre 56% y 114%.
 - Demoras: Oscilan entre 12.9 y 58.8 segundos.
 - Niveles de servicio: Varían entre B y E.
 - Situación Actual Optimizada:
 - Grado de saturación: Varía entre 47% y 93%.
 - Demoras: Oscilan entre 7.6 y 19.2 segundos.
 - Niveles de servicio: Varían entre A y C.
 - Situación Actual Optimizada y Proyectada:
 - Grado de saturación: Varía entre 57% y 85%.
 - Demoras: Oscilan entre 10.5 y 22.3 segundos.
 - Niveles de servicio: Varían entre B y C.

Estos resultados reflejan una mejora sustancial entre las situaciones actual optimizada y optimizada proyectada en comparación con la situación actual. Se reduce considerablemente el grado de saturación, las demoras y se mejora el nivel de servicio, lo que conduce a una progresión vehicular mejorada y una reducción del congestionamiento en el corredor vial.

6 Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

➤ A partir del análisis detallado sobre la señalización vial y su impacto en el tráfico y la seguridad de la Avenida 24 de Mayo, se concluye que esta vía enfrenta desafíos en la señalización vial que afectan la fluidez del tráfico y la seguridad. Es crucial mejorar la infraestructura, actualizar y mantener la señalización, y fomentar el cumplimiento de las normas de tránsito para reducir el congestionamiento y mejorar la seguridad y eficiencia del tránsito. Entre los principales problemas encontrados se detallan los siguientes:

- Congestionamiento Vehicular: La avenida presenta congestionamiento en intersecciones durante picos de tráfico, especialmente al mediodía, lo que sugiere una infraestructura vial insuficiente.
- Capacidad de los Carriles: Solo se utiliza eficientemente uno de los dos carriles en cada sentido debido al uso del otro como estacionamiento, lo que contribuye al congestionamiento.
- Señalización Horizontal: Está deteriorada y requiere reemplazo para asegurar la seguridad y el flujo eficiente del tráfico.
- Cumplimiento de Señales: Hay una falta de respeto generalizada por las señales de tránsito por parte de conductores y peatones.
- Giros en Intersecciones: La señalización inconsistente que prohíbe giros puede generar confusión y la ejecución maniobras peligrosas (Giros en U) no permitidos.
- Zonas Especiales: La señalización de zonas para carga, descarga y paradas de transporte está deteriorada, aunque las zonas escolares están adecuadamente señalizadas.
- Zonas de Estacionamiento: Las zonas de estacionamiento prohibido están claramente señalizadas, pero su efectividad podría mejorarse con mayor vigilancia.

En forma general, la Avenida 24 de Mayo enfrenta varios desafíos relacionados con la señalización vial que afectan negativamente la fluidez del tráfico y la seguridad de los usuarios. Es crucial implementar mejoras en la infraestructura, actualizar y mantener la señalización horizontal y vertical, y fomentar el cumplimiento de las normas de tránsito tanto por conductores como por peatones. Estas acciones contribuirán a reducir el congestionamiento y a mejorar la seguridad y eficiencia del tránsito en esta importante arteria urbana.

➤ Al realizar el análisis de la situación actual empleando la metodología del High Capacity Manual (HCM 2010), se determinó que:

- El volumen horario de máxima demanda se encuentra entre las 12:30 y 13:30 en todas las intersecciones, con un rango de 1010 a 1351 vehículos/hora.
- La intersección con el mayor flujo vehicular es la de la Avenida 24 de Mayo y Av. Ingapirca.
- El factor horario de máxima demanda es cercano a la unidad, indicando una distribución constante de flujos máximos durante toda la hora. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018) .
- El grado de saturación varía entre 56% y 114%, siendo la intersección de la Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre la más problemática.
- Las demoras oscilan entre 12.9 y 58.8 segundos, reflejando niveles de servicio entre B y E.

- La composición vehicular promedio revela un flujo de vehículos pesados alrededor del 20%.
 - Estos resultados evidencian un alto grado de saturación y niveles de servicio deficientes en varias intersecciones.
- Factores como la señalización vial insuficiente, el estado vial deteriorado, el irrespeto a las señales de tránsito, la localización incorrecta de paradas de buses, el alto porcentaje de vehículos pesados y la sincronización semafórica inadecuada contribuyen al congestionamiento vehicular en el corredor vial y en la ciudad de Cañar en general.
- Para optimizar la situación actual se optó por plantear propuestas de mejoras tanto físicas como tecnológicas, entre ellas:
- Generación de reformas geométricas de carril de almacenamiento para giros izquierdos, junto con la inclusión de esta maniobra en las fases semafóricas. Esto ampliará la capacidad vial actual y evitará la formación de colas de espera de vehículos que circulan recto y se encuentran detrás de aquellos que realizan giros izquierdos.
 - Planeación semafórica que contempla ciclos semafóricos extendidos en comparación a los óptimos. Esto proporcionará tiempos exclusivos tanto para las maniobras de giros izquierdos como para los desfases entre cada intersección. Priorizará a los vehículos que circulan por la Avenida 24 de Mayo en el sentido Norte-Sur, enfrentando una pendiente adversa y representando el sentido de circulación con mayores demoras. Todo ello permitirá que los vehículos sorteen el corredor vial en un solo ciclo semafórico, reduciendo las demoras y colaborando en la descongestión del flujo vehicular.
 - Reforzamiento de la señalización vial y redistribución de las paradas de autobuses a lugares estratégicos que no obstaculicen el flujo vehicular cerca de las intersecciones. Esto evitará el bloqueo temporal de un carril de circulación, reduciendo así el congestionamiento vehicular.

Todas estas propuestas tienen como objetivo fundamental, reducir la saturación, las demoras, mejorar la progresión vehicular, el nivel de servicio y disminuir el congestionamiento vehicular en la arteria vial.

- Con la sincronización semafórica de la cadena de semáforos de la Avenida 24 de Mayo, se optimizaron considerablemente los parámetros de tránsito de cada una de las intersecciones aisladas, así como del corredor vial en conjunto. Entre los resultados mas importantes se encuentran los siguientes:

Comparando los parámetros de tránsito antes y después de la optimización:

- Las demoras disminuyen en promedio 9.78 s/veh.
- El grado de saturación disminuye en un 17%.
- El Nivel de Servicio Promedio pasa de C a B.

Proyectando a 10 años:

- Las demoras disminuyen en promedio 8.72 s/veh.
- El grado de saturación disminuye en un 10%.
- El Nivel de Servicio Promedio pasa de C a B.

En el sentido de circulación Norte-Sur, el cual representa eje vial con mayores demoras actuales:

- Se redujeron las demoras promedio en 24.2 segundos en situaciones optimizadas y optimizadas proyectadas.
- En la intersección de la Av. 24 de Mayo y 3 de Noviembre, donde el acceso presenta demoras de 92.8 segundos en el acceso Norte, se redujeron las demoras 61 y 81 segundos, para situaciones optimizadas y optimizadas proyectadas, respectivamente.

En general, se consiguieron mejores niveles de servicio, disminuyendo las demoras y la saturación vehicular, mientras se mejora la progresión vehicular y se reduce el congestionamiento.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda que, al momento de implementar las nuevas configuraciones semaforicas, se realice la configuración de los desfases en los semáforos de manera manual por personal capacitado debido a que actualmente no se dispone de un control maestro en la dirección de tránsito y movilidad de la Ciudad de Cañar. Esta medida debe realizarse habitualmente para corroborar la calibración idónea de las configuraciones implementadas, de igual manera, cuando existan cortes de energía eléctrica.
- Se recomienda implementar controles rigurosos por parte de las entidades encargadas del control de tránsito a fin de impedir el estacionamiento en zonas no permitidas, especialmente en los carriles derechos en los dos sentidos de circulación de la Av. 24 de Mayo, evitar los giros en U indebidos, evitar los excesos de velocidad, entre otros. Con estas medidas se logrará ampliar la capacidad vial mejorar y el Nivel de Servicio.
- Como propuesta a mediano y largo plazo, se recomienda diseñar un plan maestro de transporte, priorizando el sistema de transporte público, el cual debe disponer semáforos con controles maestros enlazados a un centro de monitoreo con el fin de garantizar un flujo vehicular progresivo.
- Se recomienda realizar un estudio de tráfico vehicular en un periodo de 5 años para corroborar que la configuración semaforica planteada funcione adecuadamente en función del incremento del parque automotor y del aumento de la actividad comercial característica de la Av. 24 de Mayo. En caso de existir deficiencias, se sugiere semaforizar las intersecciones que no semaforizadas en incluirlas en la configuración semaforica.
- Se recomienda a la Municipalidad de Cañar, realizar evaluaciones y estudios de tráfico anuales o periódicas (5 años) de las intersecciones para poder obtener el análisis actualizado de las mismas y corroborar que la configuración semaforica planteada funcione adecuadamente en función del incremento del parque automotor y del aumento de la actividad comercial característica de la Av. 24 de Mayo.
- Debido al crecimiento demográfico y al aumento de conductores en la ciudad de Cañar, se recomienda a las autoridades competentes, realizar capacitaciones de educación vial para que se respeten las señales de tránsito y las optimizaciones planteadas puedan brindar los mejores resultados posibles

7 Referencias

- Abrigo, I., Mancero, N., Hurtado, A., & Jaramillo, P. (2018). La matriz de consistencia. *INNOVA*.
- Advanced Traffic Analysis Center. (2003). *Signal Coordination Strategies Final Report*. North Dakota State, United States.: Advanced Traffic Analysis Center.
- Araújo, D., Jacondino, G., & Cybis, H. (2003). *Método de calibração de modelos de micro-simulação de tráfego através de otimização multivariada*. Brasil: Laboratório de de Sistemas de Transporte LASTRAN.
- Ashhad, T., Cabrera, F., & Roa, O. (2020). *Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador*. Guayaquil, Ecuador: Revista Gaceta Técnica.
- Baeza, A., & Martínez, E. (2012). *Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en las intersecciones semaforizadas de acuerdo al manual HCM 2000; Caso cerro del agua/ingeniería*. México D.F, México: Univesidad Nacional Autónoma de México.
- Bezerra, B. (2007). *Semáforos: gestão técnica, percepção do desempenho, duração dos tempos*. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Botero, T. (2008). *Revision y rediseño de la planeación semafórica de las intersecciones viales de la ciudad de Manizales*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. Ciudad de México, México: Alfaomega.
- Contreras, S. (2014). *Teoría del flujo de tránsito*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Garber, N., & Hoel, L. (2009). *Traffic & Highway Engineering*. Virginia, United States: Cengage Learning.
- Instituto Nacional de Vias. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Transporte.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Reglamento Técnico Ecuatoriano: Señalización Vial*. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2023). *Anuarios de Estadísticas de Transporte*. Estadísticas de de Transporte (ESTRA).
- Martínez, M., & Pañi, E. (2019). *Evaluación y diseño a nivel de prefactibilidad de la intersección: Carretera panamericana y vía rápida Cuenca-Azogues-Biblian*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. (2012). *Normativa Ecuatoriana Vial (NEVI-12)*. Ecuador: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador.

- Osorio, C., Chen, X., Marsico, M., Mohamad, T., Gao, J., & Zhang, S. (2015). *Reducing Gridlock Probabilities via Simulation-based Signal Control*. Corsica: Transportation Research Procedia 6.
- Pirez, J. (2000). *Análisis del comportamiento del volumen del tránsito actual con respecto a 1988*. La Habana: Taller de Ingeniería de Tránsito.
- Roess, R., Prassas, E., & McShane, W. (2011). *Traffic Engineering*. New York, United States: New York University Tandon School of Engineering.
- Thomson, I., & Bull, A. (2002). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Chile: Revista de la Cepal.
- Transportation Research Board. (1985). *Special Report 209*. Washington D.C, United States: National Research Council.
- Transportation Research Board. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington D.C, United States: Transportation Research Board.
- Valencia, V. (2000). *Principios sobre Semaforización*. Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

8 Anexos

Anexo A. Aforos Vehiculares de las Intersecciones Semaforzadas de la Avenida 24 de Mayo

Tabla 30. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar.

FORMATO DE CAMPO: ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR																											
Intersección:	Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar																										
Fecha:	16/Octubre/2023																										
Ciudad:	Cañar																										
Tipo Vehículo	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C
Movim.	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
Hora	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
06:00-06:15	18	0	2	17	1	3	4	0	3	4	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	1
06:15-06:30	29	1	1	26	1	3	6	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0
06:30-06:45	31	0	4	34	1	5	8	1	4	7	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2	1	0
06:45-07:00	51	1	9	58	1	9	9	0	2	6	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	1
07:00-07:15	61	5	7	69	3	8	8	0	1	8	0	1	1	0	0	2	1	1	2	0	0	2	1	0	1	0	1
07:15-07:30	60	7	9	72	4	9	9	0	2	7	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1	2	0	1
07:30-07:45	67	5	6	75	5	7	12	0	1	9	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0	0	3	0	0
07:45-08:00	57	7	8	69	6	7	10	0	0	6	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	2	0	0	3	0	0
08:00-08:15	47	4	6	66	5	6	9	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	1
08:15-08:30	46	5	6	68	4	6	7	1	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	2	0	0
08:30-08:45	40	5	7	64	5	7	9	0	1	5	0	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	2	3	1	0
08:45-09:00	39	4	5	51	4	4	17	0	1	3	0	0	3	0	1	0	1	0	2	0	0	3	0	1	2	0	1
09:00-09:15	36	3	5	61	4	5	11	0	0	6	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	1
09:15-09:30	43	4	6	54	3	4	17	0	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	3	0	0
09:30-09:45	57	3	5	63	4	6	14	0	0	6	0	0	3	0	0	2	0	1	0	1	0	4	0	0	2	0	1
09:45-10:00	38	4	4	60	3	5	11	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	1	3	0	0	3	0	0
10:00-10:15	33	5	6	45	4	5	11	0	0	14	0	0	6	0	1	1	0	0	2	0	0	3	1	0	2	0	1
10:15-10:30	41	4	5	38	4	5	10	1	0	12	0	0	7	1	0	2	0	1	1	0	0	2	0	0	2	1	2
10:30-10:45	42	3	4	49	3	3	12	0	0	10	0	0	8	0	0	1	0	0	1	0	1	2	0	1	2	0	0
10:45-11:00	45	3	4	41	3	3	15	0	0	9	0	0	9	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1
11:00-11:15	29	3	4	35	3	3	13	0	0	8	0	0	8	0	1	2	1	0	1	0	1	2	0	0	1	0	0
11:15-11:30	20	2	3	24	4	3	15	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
11:30-11:45	26	2	3	30	2	4	8	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3	0	0	3	0	1
11:45-12:00	35	3	4	27	3	4	8	0	0	3	0	0	2	0	0	2	0	0	2	1	0	2	1	1	4	0	1
12:00-12:15	65	3	5	66	2	3	25	0	0	4	0	0	5	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	1	4	1	1
12:15-12:30	70	3	4	69	4	5	28	1	0	4	0	0	1	0	1	2	0	0	2	0	1	2	0	2	2	0	0
12:30-12:45	92	3	6	86	4	6	30	0	0	7	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	8	0	2	4	0	0
12:45-13:00	83	4	7	84	3	4	28	0	0	9	0	0	6	1	0	1	0	0	1	0	0	7	0	0	3	0	1
13:00-13:15	82	4	6	86	3	5	32	0	1	9	2	0	7	0	0	0	1	0	2	0	1	4	0	2	3	0	0
13:15-13:30	90	5	8	89	4	6	29	0	0	8	0	0	9	0	1	2	0	1	0	0	0	6	0	1	4	0	0
13:30-13:45	62	2	4	56	4	5	30	0	0	3	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	3	1	0	2	0	1
13:45-14:00	52	3	4	54	3	4	22	0	0	2	0	0	3	0	0	2	0	0	2	0	0	3	0	1	3	1	0
14:00-14:15	70	4	5	84	5	6	25	0	1	7	0	1	5	0	0	1	0	1	1	0	1	3	0	0	2	0	1
14:15-14:30	75	4	6	78	4	6	23	1	0	6	0	0	7	0	1	2	0	0	2	1	1	3	0	0	3	0	0
14:30-14:45	61	3	5	72	3	4	22	0	0	5	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	4	0	1	2	0	1

14:45-15:00	57	3	4	67	4	5	18	0	0	5	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0
15:00-15:15	43	3	5	55	3	5	21	0	0	2	1	0	4	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	3	0	0
15:15-15:30	51	4	6	73	3	4	20	0	0	5	0	0	5	1	0	2	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	2
15:30-15:45	52	3	4	63	2	3	22	0	0	3	0	0	6	0	1	1	0	0	3	0	0	3	0	2	3	0	0
15:45-16:00	62	4	4	81	3	4	17	0	0	5	0	1	3	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	1
16:00-16:15	62	3	4	76	4	5	12	1	0	8	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	1	1	0	0
16:15-16:30	53	5	6	78	4	6	20	0	0	4	0	0	4	0	0	2	1	0	1	0	0	2	0	0	2	0	1
16:30-16:45	54	3	5	68	3	6	20	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	3	0	1
16:45-17:00	62	3	4	71	3	5	17	0	0	3	0	0	6	0	2	0	0	1	2	1	0	3	1	0	4	0	0
17:00-17:15	31	3	4	73	2	4	14	0	0	5	1	2	4	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	1	3	1	0
17:15-17:30	60	2	4	72	4	6	17	0	0	2	0	0	5	1	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
17:30-17:45	60	3	5	68	2	4	22	0	1	4	0	0	4	0	0	1	0	0	2	0	0	3	0	1	3	0	1
17:45-18:00	55	2	3	66	1	2	23	1	0	3	0	0	3	0	0	2	0	1	2	0	0	4	0	0	3	0	0
18:00-18:15	70	1	4	67	2	3	25	0	0	9	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	3	0	0	2	0	1
18:15-18:30	65	1	2	68	0	2	21	0	1	8	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	4	1	1	3	0	0
18:30-18:45	70	1	5	65	1	5	26	0	2	7	0	1	3	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1	2	1	1
18:45-19:00	73	2	2	68	0	4	22	0	1	9	0	0	4	1	0	1	0	0	2	0	1	3	0	0	3	0	1
19:00-19:15	64	1	6	69	1	5	19	0	0	7	1	0	5	0	1	2	0	0	2	1	0	2	0	1	1	0	0
19:15-19:30	63	1	4	68	1	4	18	0	0	8	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	1
19:30-19:45	62	1	6	63	1	3	17	1	0	5	0	0	5	0	1	1	0	0	2	0	0	2	0	1	3	0	1
19:45-20:00	60	0	5	61	0	4	16	0	1	4	0	2	4	0	1	1	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	1

Terminología	
Livianos:	L
Buses:	B
Camiones:	C

Movimientos		
Número	Descripción	Sentido
1:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
2:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
3:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro izquierdo hacia Calle Bolívar	Sur-Norte y Este-Oeste
4:	Circula por la Calle Bolívar y luego giro izquierdo hacia Avenida 24 de Mayo	Este-Oeste y Norte-Sur
5:	Circula por la Calle Bolívar	Este-Oeste
6:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
7:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
8:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro derecho hacia la Calle Bolívar	Norte-Sur y Este-Oeste
9:	Circula por la Calle Bolívar y luego giro derecho hacia Avenida 24 de Mayo	Este-Oeste y Sur-Norte

Nota. La Tabla 30 contiene la descripción de los movimientos de la intersección Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar.

Tabla 31. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle Borrero.

FORMATO DE CAMPO: ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR																											
Intersección:	Av. 24 de Mayo y Calle Borrero																										
Fecha:	16/Octubre/2023																										
Ciudad:	Cañar																										
Tipo Vehículo	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C
Movim.	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
Hora	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
06:00-06:15	16	0	6	12	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:15-06:30	18	1	5	14	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0
06:30-06:45	29	1	6	25	1	5	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	4	0	1	0	0	2	1	1	1
06:45-07:00	49	2	6	47	0	5	3	0	2	3	0	1	1	1	1	8	0	3	9	0	3	1	1	0	2	0	1
07:00-07:15	42	1	5	49	1	4	2	0	1	2	0	0	1	0	1	7	1	2	8	0	5	2	0	1	3	0	2
07:15-07:30	46	2	4	49	2	6	3	0	1	3	0	0	0	0	2	8	0	2	10	0	4	3	0	0	4	1	1
07:30-07:45	43	1	5	42	0	5	3	0	2	3	0	1	0	0	1	6	0	4	9	0	3	4	0	1	5	0	0
07:45-08:00	40	2	4	27	4	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	4	4	1	0	11	0	1	6	0	0
08:00-08:15	44	3	4	16	3	4	2	0	0	1	0	0	3	0	0	1	0	2	5	0	2	12	0	2	7	0	2
08:15-08:30	49	2	2	15	4	0	0	0	0	1	0	1	3	1	1	2	0	2	10	0	0	6	0	3	6	0	0
08:30-08:45	40	3	3	19	2	3	3	0	0	1	0	0	2	0	0	5	0	3	17	0	2	9	0	5	11	0	1
08:45-09:00	28	4	4	27	3	1	1	0	0	0	0	1	6	0	3	9	0	8	37	0	1	12	0	6	19	0	2
09:00-09:15	45	6	6	30	4	5	3	0	1	1	0	0	8	0	1	18	1	9	22	0	3	11	0	9	26	0	0
09:15-09:30	51	5	5	36	2	3	0	0	0	2	0	0	5	0	0	20	0	7	24	0	0	9	0	10	24	0	0
09:30-09:45	55	3	3	35	2	4	3	0	0	1	0	1	10	0	1	21	0	9	15	0	5	14	0	10	18	0	3
09:45-10:00	63	4	4	28	2	4	2	1	0	0	1	0	5	0	1	23	0	10	27	0	6	6	0	6	20	0	2
10:00-10:15	57	4	4	37	5	6	1	0	1	1	0	0	9	0	2	19	0	8	36	0	4	14	0	11	10	0	1
10:15-10:30	56	4	5	29	2	3	4	0	0	2	0	2	4	1	3	29	0	8	33	1	3	12	0	8	14	0	1
10:30-10:45	58	5	4	27	6	7	1	0	0	1	0	0	6	0	2	24	0	7	21	0	6	8	0	6	25	1	1
10:45-11:00	44	3	3	32	3	5	0	1	0	2	1	0	9	0	2	20	0	12	31	0	4	5	0	5	22	0	2
11:00-11:15	69	4	4	30	3	6	1	0	1	3	0	0	6	0	0	19	1	10	25	0	3	9	0	3	16	0	2
11:15-11:30	38	3	3	35	2	3	3	0	0	2	0	0	11	0	1	17	0	11	19	0	0	14	1	8	15	0	3
11:30-11:45	44	4	2	23	3	3	2	0	0	3	0	0	10	0	0	22	0	12	33	0	5	10	0	9	9	0	2
11:45-12:00	37	3	3	20	2	3	1	0	0	2	0	0	11	0	2	18	0	10	32	0	4	12	0	10	7	0	5
12:00-12:15	64	4	8	48	3	4	2	0	2	4	0	0	12	0	2	23	0	9	29	0	3	16	2	8	11	0	0
12:15-12:30	61	10	9	41	1	2	4	0	0	3	0	1	14	1	3	30	0	8	35	0	2	17	0	7	7	0	2
12:30-12:45	81	10	10	52	2	3	3	0	0	4	0	0	30	0	0	34	0	11	30	0	5	20	0	6	12	2	5
12:45-13:00	77	8	12	53	4	5	2	0	0	2	0	0	24	0	0	33	0	10	31	0	3	18	1	8	12	0	5
13:00-13:15	78	10	14	54	4	7	1	1	0	0	1	0	28	0	1	39	0	7	32	1	3	23	0	6	16	1	2
13:15-13:30	82	12	11	50	5	6	3	0	0	1	0	0	31	0	1	42	1	13	33	0	2	19	0	4	16	0	4
13:30-13:45	54	7	7	40	4	6	0	0	1	2	0	0	23	0	1	26	0	9	23	0	0	14	0	2	2	0	2
13:45-14:00	42	8	7	33	4	6	1	0	0	2	0	0	22	0	3	38	0	10	28	0	0	10	1	1	4	0	2
14:00-14:15	54	8	8	39	3	3	0	0	0	0	0	0	20	1	1	33	0	17	34	0	0	7	0	4	9	0	2
14:15-14:30	60	7	7	40	4	6	1	0	1	1	0	0	20	0	2	37	0	12	25	0	1	8	0	2	7	0	2
14:30-14:45	49	10	8	25	2	2	2	0	0	1	0	0	23	0	1	27	0	10	31	0	0	16	0	2	3	0	1
14:45-15:00	55	8	9	36	6	7	0	0	0	1	0	0	16	0	0	26	0	7	25	0	1	17	0	2	2	0	0
15:00-15:15	54	8	8	41	4	6	0	0	0	3	0	0	10	0	2	21	0	13	21	0	2	12	0	3	12	1	1
15:15-15:30	50	6	6	37	7	8	0	0	1	2	0	0	9	0	0	23	1	9	17	0	1	11	0	2	3	0	0

15:30-15:45	53	7	7	39	5	7	3	0	0	1	0	0	12	1	0	25	0	11	23	1	0	17	0	0	1	0	2
15:45-16:00	54	9	9	37	4	6	1	0	0	3	0	1	7	0	2	23	0	12	20	0	2	18	0	1	2	0	0
16:00-16:15	51	5	5	41	2	3	1	1	0	1	1	0	12	0	0	21	0	10	22	0	3	15	0	0	6	0	0
16:15-16:30	50	7	7	40	5	7	0	0	1	1	0	0	6	0	1	26	0	11	23	0	2	14	1	2	3	0	3
16:30-16:45	59	4	4	33	4	6	1	0	0	1	0	0	8	0	0	24	0	10	28	0	1	15	0	0	3	0	0
16:45-17:00	51	5	3	39	3	5	0	0	0	0	0	0	7	0	2	21	0	12	24	0	0	8	0	2	6	1	1
17:00-17:15	55	4	4	33	2	4	1	0	0	2	0	0	9	0	1	26	0	14	22	0	3	10	0	2	8	0	1
17:15-17:30	39	5	5	31	3	5	2	1	0	0	0	0	11	1	1	17	0	11	16	0	2	11	0	1	7	0	0
17:30-17:45	42	3	3	24	3	4	1	0	0	1	0	0	9	0	3	32	1	10	12	1	1	8	0	0	0	1	1
17:45-18:00	35	2	2	22	2	3	1	0	0	2	0	0	15	0	0	24	0	4	17	0	1	9	0	1	3	0	2
18:00-18:15	47	3	3	34	1	4	3	0	0	2	0	0	16	0	0	22	0	6	14	0	0	11	0	1	10	0	2
18:15-18:30	43	2	4	29	2	5	3	0	1	4	0	1	14	0	2	17	0	6	10	0	0	12	1	1	8	0	2
18:30-18:45	44	3	5	32	3	4	1	0	1	2	0	0	15	0	0	18	0	7	12	0	0	9	0	4	7	0	1
18:45-19:00	39	2	5	31	3	5	2	0	1	3	0	1	16	0	1	19	0	4	11	0	2	10	0	3	9	0	3
19:00-19:15	24	3	3	19	3	5	0	0	0	1	0	0	10	0	0	17	0	4	9	0	2	7	0	2	4	0	1
19:15-19:30	22	3	3	17	3	4	2	0	1	0	0	0	12	1	1	16	0	3	10	0	0	5	0	3	5	0	2
19:30-19:45	17	2	4	18	1	4	2	0	1	3	0	1	11	0	1	14	0	3	2	0	0	3	0	1	0	0	2
19:45-20:00	15	2	5	16	2	3	2	1	1	4	1	0	6	0	1	10	1	2	1	1	3	2	0	0	2	1	1

Terminología	
Livianos:	L
Buses:	B
Camiones:	C

Movimientos		
Número	Descripción	Sentido
1:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
2:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
3:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
4:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
5:	Circula por la Calle Borrero y luego giro izquierdo hacia Avenida 24 de Mayo	Oeste-Este y Sur-Norte
6:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro derecho hacia Calle Borrero	Sur-Norte y Oeste-Este
7:	Circula por la Calle Borrero y luego giro derecho hacia Avenida 24 de Mayo	Oeste-Este y Norte-Sur
8:	Circula por la Calle Borrero	Oeste-Este
9:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro izquierdo hacia Calle Borrero	Norte-Sur y Oeste-Este

Nota. La Tabla 31 cuenta con una descripción de los movimientos de la intersección Av. 24 de Mayo y Calle Borrero.

Tabla 32. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre.

FORMATO DE CAMPO: ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR																											
Intersección:	Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre																										
Fecha:	17/Octubre/2023																										
Ciudad:	Cañar																										
Tipo Vehículo	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C
Movim.	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
Hora	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
06:00-06:15	8	2	2	10	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2
06:15-06:30	19	0	0	20	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	4
06:30-06:45	33	1	2	29	2	2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	1	1	0	0	4	1	3
06:45-07:00	49	2	10	49	2	10	10	0	2	2	0	0	0	0	0	11	0	0	7	0	0	7	0	0	9	0	2
07:00-07:15	50	2	8	41	3	8	12	0	1	1	0	0	2	1	2	9	1	1	7	0	1	7	0	1	8	0	4
07:15-07:30	48	5	8	47	5	9	11	2	2	2	0	0	2	0	0	10	0	0	5	0	1	6	0	0	9	0	3
07:30-07:45	50	5	11	44	4	10	12	3	4	2	0	1	1	0	1	9	0	0	9	0	1	8	0	0	6	0	2
07:45-08:00	45	7	10	45	2	8	4	0	0	2	0	0	2	0	1	5	1	1	5	0	1	3	1	1	9	0	3
08:00-08:15	37	6	8	31	4	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	6	0	2	2	0	2	8	0	0
08:15-08:30	39	8	10	37	4	6	6	0	1	2	0	1	2	1	0	4	0	1	4	1	1	3	0	4	7	0	3
08:30-08:45	34	4	8	31	6	8	7	1	3	1	0	0	0	0	0	5	0	2	5	0	3	5	0	2	9	1	1
08:45-09:00	39	7	7	39	4	6	9	2	4	0	0	0	0	0	1	8	1	1	7	0	1	3	0	1	10	0	2
09:00-09:15	33	11	11	37	5	7	11	4	6	2	0	0	0	0	0	9	0	1	5	0	3	7	1	1	8	0	3
09:15-09:30	39	8	9	38	4	6	8	5	9	2	0	0	0	0	0	10	0	2	4	1	0	4	0	0	11	0	2
09:30-09:45	38	8	9	36	5	6	6	3	5	0	0	0	3	0	0	8	0	2	6	0	0	5	0	0	10	0	3
09:45-10:00	38	7	8	34	8	7	12	3	3	1	0	0	0	0	0	9	1	3	5	0	1	7	0	1	8	0	2
10:00-10:15	37	7	8	36	6	6	9	3	7	2	0	0	2	0	1	7	0	2	7	0	2	2	0	0	9	1	1
10:15-10:30	38	8	9	38	6	8	15	4	4	0	0	1	0	0	2	9	0	4	5	0	0	4	0	1	7	0	3
10:30-10:45	38	9	10	39	6	8	17	5	13	1	0	0	0	0	1	10	0	3	5	1	1	5	1	2	7	0	3
10:45-11:00	39	6	6	40	6	7	12	4	8	1	0	0	0	0	0	8	1	1	4	0	0	2	0	0	9	0	2
11:00-11:15	44	5	5	40	8	8	14	4	6	0	0	0	1	0	0	10	0	4	6	0	2	1	0	0	6	0	5
11:15-11:30	42	7	7	41	7	7	9	5	5	1	0	0	0	0	0	10	0	6	5	1	3	1	0	0	8	0	2
11:30-11:45	42	9	10	45	9	9	12	7	7	0	0	0	0	0	0	9	0	8	3	0	1	8	0	0	11	0	3
11:45-12:00	45	12	11	46	8	9	18	4	5	1	0	0	3	0	1	15	0	4	5	0	2	5	1	1	9	1	3
12:00-12:15	51	12	13	55	9	13	24	5	7	1	0	0	1	0	0	13	0	9	13	0	2	9	0	0	12	0	3
12:15-12:30	54	12	13	55	9	13	23	5	6	0	0	0	2	0	0	19	1	7	15	0	3	8	0	0	13	0	4
12:30-12:45	65	15	17	69	8	14	30	3	10	2	0	0	0	1	0	17	0	9	19	1	1	18	0	2	16	0	5
12:45-13:00	64	16	19	67	9	17	30	4	10	3	0	0	0	0	1	14	0	6	17	0	0	15	0	0	16	0	7
13:00-13:15	63	15	17	73	7	15	27	2	5	2	0	1	1	0	0	18	0	5	19	0	1	13	0	2	15	0	6
13:15-13:30	69	17	18	67	8	16	18	4	7	2	0	0	1	1	1	17	0	9	19	0	3	15	0	0	17	0	8
13:30-13:45	64	15	15	51	9	12	17	1	2	3	0	0	0	1	1	9	0	3	6	0	1	4	0	1	10	0	4
13:45-14:00	59	13	14	46	10	14	10	3	4	0	0	0	0	0	0	11	0	3	3	0	2	6	0	1	12	0	3
14:00-14:15	55	12	13	45	10	12	10	3	4	0	1	1	0	0	0	11	2	2	3	1	3	5	1	1	11	1	3
14:15-14:30	48	9	10	54	9	12	12	0	2	0	0	2	0	0	0	10	0	3	8	0	2	2	0	0	8	0	3
14:30-14:45	47	8	8	41	8	10	10	0	2	2	0	1	1	0	1	8	0	1	9	0	1	1	0	0	12	0	2
14:45-15:00	47	12	12	53	11	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	7	0	3	3	0	1	12	0	4
15:00-15:15	45	13	13	49	6	9	9	0	0	1	1	1	0	1	1	8	0	3	7	0	3	1	0	0	11	0	3
15:15-15:30	39	9	9	43	6	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	2	8	0	1	1	0	0	10	0	4

15:30-15:45	42	10	11	47	9	11	9	1	1	2	0	0	1	0	0	9	0	8	10	1	4	3	0	0	11	0	3
15:45-16:00	37	9	10	39	4	5	7	1	1	0	0	1	1	1	0	10	0	9	10	0	1	2	1	2	9	0	2
16:00-16:15	45	11	12	49	8	12	4	0	0	1	0	0	0	0	0	9	0	13	9	0	3	4	0	0	11	0	1
16:15-16:30	33	7	8	41	6	9	9	0	0	0	0	0	3	0	0	13	0	5	9	0	1	2	0	0	9	0	3
16:30-16:45	42	8	9	40	8	8	5	0	0	1	0	1	1	0	0	11	1	9	11	0	5	1	0	1	7	1	2
16:45-17:00	39	9	12	45	5	8	8	1	2	0	0	0	2	0	0	15	0	13	9	0	3	2	0	0	10	0	1
17:00-17:15	40	10	13	41	7	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	8	7	1	2	2	1	0	8	0	4
17:15-17:30	27	8	11	37	6	6	7	1	2	1	0	0	0	0	0	11	0	7	8	0	3	5	0	1	7	0	3
17:30-17:45	36	5	7	43	9	8	6	0	0	1	0	0	4	0	0	10	0	12	8	0	5	3	0	1	6	0	2
17:45-18:00	29	4	6	51	6	8	8	0	0	2	0	0	0	0	0	14	1	9	9	0	3	2	0	0	7	0	4
18:00-18:15	39	7	9	55	8	11	10	0	0	0	1	0	2	0	0	12	0	7	10	0	1	1	0	2	9	0	3
18:15-18:30	36	6	13	47	6	10	11	0	3	0	0	1	0	1	0	12	0	11	10	0	3	4	0	0	7	0	2
18:30-18:45	44	8	11	54	9	10	12	1	2	0	0	0	1	0	0	12	0	6	12	0	1	4	0	0	8	0	1
18:45-19:00	41	5	7	52	4	7	10	1	1	1	0	0	3	0	0	13	0	9	15	0	4	3	1	1	10	0	2
19:00-19:15	40	7	10	55	6	10	12	0	0	0	0	0	1	0	1	15	1	3	10	0	1	1	0	1	9	1	3
19:15-19:30	41	7	9	45	6	7	11	1	1	2	0	0	1	0	1	14	0	2	13	0	4	2	0	0	9	0	2
19:30-19:45	39	7	8	45	6	9	10	0	0	1	1	1	2	0	0	17	0	10	11	0	3	1	0	0	9	0	1
19:45-20:00	27	5	7	30	4	7	9	1	0	0	0	0	1	0	0	11	0	7	9	0	1	5	0	0	7	0	3

Terminología	
Livianos:	L
Buses:	B
Camiones:	C

Movimientos		
Número	Descripción	Sentido
1:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
2:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
3:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro derecho a la Calle 3 de Noviembre	Norte-Sur y Este-Oeste
4:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
5:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
6:	Circula por la Calle 3 de Noviembre	Este-Oeste
7:	Circula por la Calle 3 de Noviembre y luego giro izquierdo hacia Avenida 24 de Mayo	Este-Oeste y Norte-Sur
8:	Circula por la Calle 3 de Noviembre y luego giro derecho hacia Avenida 24 de Mayo	Este-Oeste y Sur-Norte
9:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro izquierdo hacia Calle 3 de Noviembre	Sur-Norte y Este-Oeste

Nota. La Tabla 32 contiene una descripción de los movimientos de la intersección Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre

Tabla 33. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca.

FORMATO DE CAMPO: ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR																																											
Intersección:	Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca																																										
Fecha:	18/Octubre/2023																																										
Ciudad:	Cañar																																										
T. Vehículo	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C							
Mov. Hora	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	
06:00-06:15	13	0	0	14	0	0	8	0	0	10	0	0	12	0	0	10	0	0	0	0	0	3	0	4	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	
06:15-06:30	15	0	1	16	0	1	7	0	0	12	0	0	14	0	0	12	0	0	2	1	0	3	0	1	2	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	9	0	0	2	0	0	
06:30-06:45	21	1	0	27	0	1	8	0	0	13	0	0	15	1	1	17	1	1	4	0	0	6	0	2	0	0	0	5	0	0	1	0	0	1	0	0	10	1	1	4	0	0	
06:45-07:00	40	0	6	42	0	1	12	0	0	22	0	0	22	0	0	22	0	0	10	0	1	15	0	3	4	1	0	8	1	1	2	0	0	0	0	0	13	0	0	10	1	1	
07:00-07:15	41	3	4	44	1	1	10	0	0	20	0	0	17	0	1	34	0	1	20	0	1	14	1	2	6	0	0	10	0	1	1	0	0	0	0	0	14	0	1	9	0	1	
07:15-07:30	38	4	5	36	2	2	9	1	3	16	1	4	14	0	2	27	1	2	27	1	7	22	0	3	10	0	0	11	0	3	0	0	0	0	0	13	0	1	8	0	3		
07:30-07:45	36	5	5	34	1	2	8	0	3	18	0	6	24	0	0	22	0	1	30	0	2	19	0	3	12	0	1	14	0	3	0	0	0	1	0	0	20	0	1	12	0	3	
07:45-08:00	39	2	2	32	2	2	9	0	2	28	0	3	14	1	4	19	0	0	21	0	1	9	0	3	2	1	0	15	0	3	2	0	0	2	0	0	12	1	4	14	0	5	
08:00-08:15	31	2	2	29	1	2	9	0	0	14	0	4	28	0	8	19	0	6	15	0	0	19	0	3	5	0	0	15	0	2	0	0	0	0	0	0	14	0	7	13	0	3	
08:15-08:30	29	2	2	27	2	3	8	0	2	8	1	3	18	0	0	7	0	2	8	1	0	14	0	5	2	0	0	16	1	4	2	0	0	2	1	1	17	0	5	15	1	4	
08:30-08:45	28	2	3	34	3	3	8	1	1	11	0	3	17	0	2	6	1	3	8	0	0	13	1	1	4	0	0	16	0	3	1	0	0	0	0	0	17	0	2	12	0	3	
08:45-09:00	30	5	6	32	2	3	3	0	0	18	0	3	21	0	1	9	0	0	4	0	0	7	0	0	5	0	0	12	0	2	0	0	0	3	0	0	19	0	1	15	0	2	
09:00-09:15	28	3	4	28	2	2	6	0	1	16	0	3	11	0	3	8	0	1	5	0	0	8	0	1	4	1	0	11	0	3	2	0	0	0	0	0	12	0	3	11	0	3	
09:15-09:30	35	2	2	29	2	3	7	0	0	16	0	4	13	1	3	18	0	0	2	1	1	4	0	0	4	0	1	14	0	3	2	0	0	0	0	0	12	1	4	13	0	3	
09:30-09:45	34	3	3	35	3	3	2	2	2	18	0	5	8	0	3	13	0	1	4	0	1	2	0	1	3	0	1	12	0	2	0	0	0	3	0	0	9	0	3	14	0	5	
09:45-10:00	31	2	2	35	5	6	10	0	1	17	1	5	12	0	5	4	1	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	13	1	4	1	1	1	0	0	0	11	0	5	14	1	3	
10:00-10:15	33	5	5	31	4	5	8	0	0	20	0	5	11	0	2	17	0	2	4	0	0	5	0	0	4	0	0	15	0	3	2	0	0	2	0	0	11	0	3	15	0	3	
10:15-10:30	32	4	5	36	4	4	11	0	2	21	0	4	20	0	5	5	0	1	7	0	0	5	1	0	6	1	0	13	0	2	0	0	0	0	1	0	19	0	4	13	0	4	
10:30-10:45	34	5	6	36	3	4	12	0	3	9	0	3	9	0	5	13	0	0	2	1	0	9	0	1	3	0	0	14	0	3	0	0	0	0	0	0	13	0	5	14	0	3	
11:00-11:15	37	4	5	39	4	5	7	0	5	13	0	4	17	1	1	6	0	1	2	0	0	0	0	0	4	0	1	10	0	0	0	0	0	1	0	0	17	1	2	10	0	5	
11:15-11:30	34	6	6	34	9	9	5	1	1	12	2	4	12	0	3	7	0	0	3	0	0	1	0	0	5	0	1	12	1	4	1	0	0	0	0	10	0	3	14	1	4		
11:30-11:45	37	7	8	42	10	11	7	0	3	13	0	3	8	0	1	5	0	0	4	0	0	1	0	1	2	0	0	13	0	3	0	0	0	0	0	1	8	0	2	13	0	3	
11:45-12:00	44	10	11	49	12	12	8	0	5	16	0	4	10	0	2	10	1	1	2	1	0	4	0	2	4	1	1	15	0	4	1	0	0	0	0	0	9	0	2	15	0	2	
12:00-12:15	49	13	13	48	13	13	14	0	9	16	0	6	11	0	1	13	0	2	3	0	0	4	1	1	5	0	0	16	0	3	0	1	0	1	0	0	10	0	1	16	0	3	
12:15-12:30	50	15	16	59	11	9	17	0	0	13	12	0	9	13	0	5	12	0	4	4	0	0	3	0	1	4	0	0	17	0	4	3	0	0	0	1	2	8	0	5	15	0	4
12:30-12:45	54	9	5	71	10	10	13	0	7	13	0	5	14	0	5	23	0	1	10	0	0	8	0	0	10	0	0	21	1	3	2	0	0	6	0	1	4	0	2	23	1	8	
12:45-13:00	52	10	5	72	9	9	15	0	6	19	0	2	15	0	2	18	1	2	25	0	4	5	0	1	12	0	0	18	0	3	3	0	0	5	0	1	5	0	1	27	0	6	
13:00-13:15	59	9	6	68	6	6	11	0	4	20	0	4	14	1	4	23	0	2	10	1	1	6	0	0	13	0	0	19	0	2	3	0	0	3	0	1	5	1	1	25	0	7	
13:15-13:30	57	10	4	65	4	5	14	0	5	23	1	3	12	0	3	24	0	2	14	0	0	5	0	0	9	1	0	18	0	5	2	0	0	1	0	3	5	0	1	23	0	5	
13:30-13:45	49	6	7	34	5	5	6	0	3	11	0	4	12	0	5	10	0	3	14	0	0	7	0	0	4	0	1	12	0	4	3	0	0	0	0	1	10	0	5	12	0	5	
13:45-14:00	42	4	5	31	3	4	6	1	1	12	0	4	6	0	0	11	0	1	15	0	0	8	1	2	10	0	1	14	0	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0	15	0	3	
14:00-14:15	43	3	4	33	2	2	7	0	3	11	0	3	3	0	1	2	1	0	14	1	2	8	0	0	6	0	1	18	1	4	0	1	0	0	0	0	4	0	1	18	1	4	
14:15-14:30	39	1	2	27	1	1	3	1	1	12	0	2	7	0	2	8	0	1	10	0	2	8	0	1	4	0	0	16	0	3	0	0	0	0	0	1	0	7	0	2	16	0	2
14:30-14:45	35	2	2	29	1	2	3	0	2	17	0	3	9	0	2	6	0	2	13	0	4	2	0	0	3	0	0	15	0	4	2	0	0	1	0	0	1	0	2	14	0	4	
14:45-15:00	33	1	2	31	2	2	7	0	1	16	0	5	10	1	2	12	0	0	14	0	1	15	0	1	3	1	0	13	0	3	0	0	0	0	0	0	10	1	2	13	0	0	
15:00-15:15	35	1	2	37	3	4	5	0	3	17	1	2	13	0	5	10	0	2	13	0	3	17	0	3	2	0	0	16	0	4	1	0	1	0	0	1	12	0	5	17	0	4	
15:15-15:30	30	2	2	35	2	3	7	0	2	19	0	3	11	0	3	12	0	4	15	1	4	12	0	2	4	0	0	15	1	3	0	0	0	0	0	0	10	0	3	15	1	3	
15:30-15:45	34	3	4	32	1	2	6	0	3	19	0	4	9	0	1	12	1	2	18	0	3	10	1	3	3	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	2	16	0	0	
15:45-16:00	42	5	5	45	3	4	11	0																																			

Terminología	
Livianos:	L
Buses:	B
Camiones:	C

Movimientos		
Número	Descripción	Sentido
1:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
2:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
3:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro derecho hacia Avenida Ingapirca	Norte-Sur y Este-Oeste
4:	Circula por la Avenida Ingapirca y luego giro izquierdo hacia Avenida 24 de Mayo	Este- Oeste y Norte-Sur
5:	Circula por la Avenida Ingapirca y luego giro izquierdo hacia Avenida 24 de Mayo	Oeste- Este y Sur-Norte
6:	Circula por la Avenida Ingapirca	Este-Oeste
7:	Circula por la Avenida Ingapirca	Oeste-Este
8:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro izquierdo hacia Avenida Ingapirca	Norte-Sur y Oeste-Este
9:	Circula por la Avenida Ingapirca y luego giro derecho hacia Avenida 24 de Mayo	Este-Oeste y Sur-Norte
10:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro izquierdo hacia Avenida Ingapirca	Sur-Norte y Este-Oeste
11:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
12:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
13:	Circula por la Avenida Ingapirca y luego giro derecho hacia Avenida 24 de Mayo	Oeste-Este y Norte-Sur
14:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro derecho hacia Avenida Ingapirca	Sur-Norte y Oeste-Este

Nota. La Tabla 33 contiene una descripción de los movimientos de la Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca.

Tabla 34. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto.

FORMATO DE CAMPO: ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR																		
Intersección:	Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto																	
Fecha:	19/Octubre/2023																	
Ciudad:	Cañar																	
Tipo de Vehículo	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C
Movimiento																		
Hora	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
06:00-06:15	19	1	4	19	0	5	10	1	1	11	0	4	1	0	1	2	0	0
06:15-06:30	24	1	6	26	1	5	15	0	3	14	0	8	1	0	0	2	0	1
06:30-06:45	34	1	17	30	1	8	18	0	4	20	1	6	2	0	0	1	0	0
06:45-07:00	42	1	18	42	2	10	30	0	2	28	0	7	3	0	1	3	0	1
07:00-07:15	42	2	15	41	2	11	32	0	3	26	0	8	3	0	1	2	0	1
07:15-07:30	41	3	17	40	1	12	31	1	4	25	0	8	3	0	1	3	1	1
07:30-07:45	43	5	14	41	1	12	32	0	2	27	0	9	2	0	0	3	0	2
07:45-08:00	33	3	9	28	1	9	31	0	2	20	1	3	0	0	0	1	0	0
08:00-08:15	29	4	11	23	2	8	30	0	1	17	0	2	1	0	0	2	0	1
08:15-08:30	31	2	9	24	2	7	24	0	2	18	0	3	2	0	1	1	1	0
08:30-08:45	35	3	8	21	2	8	25	1	1	21	0	4	1	0	0	1	0	0
08:45-09:00	39	4	9	27	3	6	25	0	2	18	0	3	0	0	0	2	0	0
09:00-09:15	46	3	10	45	4	5	24	0	1	16	0	2	1	0	0	2	0	1
09:15-09:30	51	3	12	42	4	3	26	0	2	19	0	3	1	0	0	2	0	0
09:30-09:45	50	3	8	49	3	4	24	0	5	16	1	4	0	1	0	0	0	0
09:45-10:00	47	4	12	43	5	5	24	1	2	17	0	3	2	0	0	1	0	0
10:00-10:15	48	3	10	47	4	5	20	0	0	20	0	5	1	0	0	1	0	0
10:15-10:30	53	4	9	51	4	3	17	0	2	16	0	4	2	0	0	1	0	0
10:30-10:45	45	6	7	44	4	5	16	0	1	15	0	3	2	0	0	2	0	0
10:45-11:00	42	4	9	41	3	4	16	0	2	16	1	4	0	0	0	2	0	0
11:00-11:15	53	4	10	45	4	5	18	0	2	20	0	5	2	0	1	0	0	0
11:15-11:30	50	5	6	43	6	8	20	1	1	18	0	3	0	0	0	2	0	0
11:30-11:45	51	6	8	38	8	10	18	0	2	19	0	4	2	0	1	1	0	0
11:45-12:00	43	10	9	47	9	11	20	0	3	24	1	3	0	0	0	1	0	1
12:00-12:15	53	13	10	48	12	12	35	0	5	35	0	5	0	0	0	0	0	0
12:15-12:30	52	12	11	52	10	13	36	0	4	33	0	6	1	0	1	1	0	0
12:30-12:45	71	9	21	64	9	19	40	0	6	31	0	8	2	0	0	3	0	0
12:45-13:00	72	9	20	61	9	20	37	1	5	34	0	7	2	0	1	2	0	1
13:00-13:15	69	8	19	65	11	19	39	0	7	31	0	6	1	0	1	1	0	0
13:15-13:30	70	9	18	63	13	17	38	0	7	29	1	3	3	0	0	3	0	0
13:30-13:45	39	6	12	43	10	13	20	0	2	19	0	4	1	0	1	2	0	1
13:45-14:00	38	6	10	41	4	11	18	0	3	18	0	3	1	0	0	3	0	0
14:00-14:15	41	4	9	43	4	12	16	0	2	17	0	4	2	0	0	2	1	0
14:15-14:30	40	3	9	47	5	10	18	1	1	16	0	3	0	0	0	1	0	0
14:30-14:45	40	2	8	36	5	10	17	0	2	17	1	2	1	0	0	0	0	0
14:45-15:00	42	4	10	45	5	11	16	0	1	15	0	3	2	0	0	2	0	0

15:00-15:15	37	2	8	41	5	10	18	0	2	17	0	3	1	1	1	1	0	1
15:15-15:30	42	2	11	45	5	9	14	0	2	19	0	2	2	0	0	0	0	0
15:30-15:45	44	3	12	43	4	10	19	0	3	18	1	3	2	0	0	1	0	0
15:45-16:00	43	5	9	51	6	11	18	0	2	16	1	2	1	0	0	2	0	0
16:00-16:15	42	6	9	47	5	5	15	0	3	12	0	4	1	0	0	1	0	0
16:15-16:30	44	7	11	50	7	9	19	1	4	16	0	2	0	0	0	1	0	0
16:30-16:45	49	8	10	42	8	11	19	0	2	12	0	2	2	0	0	2	0	1
16:45-17:00	40	8	12	47	7	10	20	0	0	17	0	2	1	0	0	0	0	0
17:00-17:15	43	7	10	48	6	9	15	0	2	15	0	2	2	0	1	2	0	1
17:15-17:30	45	8	11	39	5	6	18	0	1	17	1	3	2	0	0	2	0	0
17:30-17:45	42	9	9	41	6	8	16	0	2	13	0	2	0	0	0	0	0	0
17:45-18:00	44	7	11	45	4	5	15	1	3	14	0	3	2	0	0	1	0	0
18:00-18:15	47	3	12	49	3	11	19	0	0	17	0	2	2	0	0	0	0	0
18:15-18:30	50	1	12	50	2	9	18	0	6	14	0	4	1	0	1	1	0	1
18:30-18:45	49	1	14	44	2	8	20	0	8	20	1	5	1	0	0	1	0	0
18:45-19:00	48	2	13	45	2	9	16	1	6	19	1	4	2	0	0	1	0	0
19:00-19:15	40	1	11	40	1	2	17	0	2	12	0	2	1	0	0	1	0	0
19:15-19:30	39	1	10	41	1	3	13	1	2	10	0	3	2	0	1	0	0	0
19:30-19:45	34	0	12	39	0	2	12	1	1	9	0	3	0	0	0	0	0	0
19:45-20:00	36	1	10	33	1	2	10	0	2	10	0	1	1	0	0	1	1	0

Terminología	
Livianos:	L
Buses:	B
Camiones:	C

Movimientos		
Número	Descripción	Sentido
1:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
2:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
3:	Circula por la Calle Javiera Nieto y luego giro izquierdo hacia Avenida 24 de Mayo	Oeste-Este y Sur-Norte
4:	Circula por la Calle Javiera Nieto y luego giro derecho hacia Avenida 24 de Mayo	Oeste-Este y Norte-Sur
5:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
6:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur

Nota. La Tabla 34 contiene la descripción de los movimientos de la Av. 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto

Tabla 35. Formato de Campo de Aforo Vehicular de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto.

FORMATO DE CAMPO: ESTUDIO DE FLUJO VEHICULAR																											
Intersección:	Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto																										
Fecha:	20/Octubre/2023																										
Ciudad:	Cañar																										
Tipo Vehículo	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C	L	B	C
Movim. Hora	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9
06:00-06:15	12	4	5	9	1	2	4	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0
06:15-06:30	16	2	3	17	4	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0
06:30-06:45	29	4	9	30	2	5	16	0	0	6	0	0	4	0	0	9	1	0	8	0	2	2	0	0	1	0	1
06:45-07:00	42	6	15	43	2	6	21	0	0	7	0	1	7	0	1	14	0	0	13	0	2	1	0	1	1	0	0
07:00-07:15	46	8	16	44	4	9	19	0	0	8	0	0	7	0	1	10	0	1	10	1	1	1	0	1	2	1	0
07:15-07:30	47	5	15	43	4	9	21	0	1	7	0	1	6	0	1	14	0	0	13	0	0	2	0	0	2	0	1
07:30-07:45	44	7	14	42	2	8	20	0	0	9	0	1	9	1	1	13	0	1	14	0	2	2	1	0	2	0	1
07:45-08:00	35	7	12	24	2	2	16	0	0	5	0	1	4	0	0	10	1	1	9	0	0	0	0	0	1	0	0
08:00-08:15	27	4	10	19	3	5	18	0	0	6	0	2	6	0	2	10	0	2	9	0	0	1	0	0	2	0	1
08:15-08:30	29	4	5	20	6	3	17	0	0	3	0	0	7	0	0	12	0	0	8	0	0	2	0	1	1	0	0
08:30-08:45	33	4	6	17	4	3	18	0	1	1	0	0	6	0	1	14	0	2	10	0	2	1	1	0	0	0	0
08:45-09:00	37	6	9	23	5	3	19	0	0	4	0	0	4	0	0	10	0	5	9	0	0	0	0	0	2	0	0
09:00-09:15	42	9	12	41	7	5	17	0	2	1	0	1	7	0	0	13	1	1	11	0	0	1	0	0	1	0	1
09:15-09:30	51	10	16	38	6	3	18	1	0	3	0	0	4	0	1	17	0	2	12	0	0	1	0	0	2	0	0
09:30-09:45	47	11	14	45	9	4	16	0	0	2	0	0	5	1	0	12	0	2	11	0	4	0	0	0	1	1	0
09:45-10:00	44	8	11	39	6	5	14	0	0	7	0	0	8	1	1	17	0	1	10	0	0	0	0	0	1	0	0
10:00-10:15	45	6	8	43	9	5	13	0	0	3	0	0	6	0	1	17	0	3	13	1	0	1	0	0	1	0	1
10:15-10:30	50	6	11	51	8	5	12	0	1	7	0	1	7	0	0	10	1	1	12	0	0	2	0	0	0	1	0
10:30-10:45	42	7	10	40	10	5	11	1	1	1	0	0	7	1	0	19	0	4	10	0	2	2	0	1	2	0	0
10:45-11:00	39	6	6	37	7	4	15	0	0	3	0	0	5	0	2	15	0	2	12	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00-11:15	53	9	12	45	5	5	14	0	1	4	0	0	4	0	1	17	0	1	13	1	0	1	0	0	0	0	1
11:15-11:30	47	7	11	39	4	9	13	0	0	3	0	0	7	1	0	19	1	2	11	0	0	0	1	0	2	0	0
11:30-11:45	51	7	11	34	8	10	16	0	0	9	0	0	4	0	0	12	0	1	9	0	0	1	0	1	1	0	0
11:45-12:00	40	4	6	47	5	11	16	0	0	6	0	1	9	0	2	9	0	3	9	0	2	0	0	0	1	0	1
12:00-12:15	53	7	8	44	8	12	18	0	1	7	0	0	10	0	1	18	0	3	15	0	0	2	0	0	0	0	0
12:15-12:30	59	9	10	52	6	13	20	0	0	9	0	0	11	0	1	16	1	4	16	1	0	1	0	1	1	0	1
12:30-12:45	62	11	13	52	8	16	33	0	0	13	0	0	20	0	3	21	0	1	17	0	0	2	0	0	2	1	0
12:45-13:00	65	10	16	56	5	18	34	0	0	10	0	0	22	0	1	21	0	2	17	0	0	3	0	0	2	0	1
13:00-13:15	58	9	12	55	6	17	32	0	0	14	1	0	25	1	3	15	0	3	19	0	2	2	0	1	1	0	0
13:15-13:30	64	10	15	54	8	15	35	1	0	12	0	0	24	0	1	21	0	1	20	0	0	2	0	0	2	0	0
13:30-13:45	36	9	12	39	7	12	13	0	0	4	0	0	10	1	0	14	0	4	20	1	0	1	0	1	1	0	1
13:45-14:00	39	5	7	41	3	10	16	0	0	12	0	0	9	0	1	17	0	1	18	0	2	1	0	0	3	1	0
14:00-14:15	45	4	5	39	3	9	12	1	0	7	0	0	4	1	0	12	1	1	16	0	0	0	0	1	1	0	1
14:15-14:30	41	6	9	47	7	8	14	0	0	4	0	0	12	0	2	11	0	3	14	0	0	0	0	0	1	0	0

14:30-14:45	37	3	4	32	4	10	14	0	0	9	0	0	3	0	0	9	0	1	13	0	0	1	0	0	0	0	0
14:45-15:00	42	7	10	45	4	9	15	0	0	10	0	0	14	0	0	5	0	1	12	0	4	2	0	0	2	1	0
15:00-15:15	34	5	6	37	6	8	15	0	1	5	0	1	8	0	2	12	0	2	11	1	1	1	0	0	1	0	1
15:15-15:30	45	6	11	41	3	9	12	0	0	2	0	0	2	0	1	13	0	1	15	0	0	2	0	0	0	0	0
15:30-15:45	41	7	13	39	6	10	21	0	0	7	0	0	6	0	1	14	1	2	14	0	0	0	0	0	1	0	0
15:45-16:00	47	5	6	51	7	11	31	0	0	11	0	0	9	0	3	9	0	1	13	0	0	1	0	0	2	0	0
16:00-16:15	39	7	9	47	6	5	27	0	0	4	0	1	3	0	1	10	0	0	16	0	0	1	0	1	1	0	1
16:15-16:30	43	6	11	46	8	9	16	0	0	7	0	0	4	0	2	17	0	1	16	0	0	0	1	0	1	1	0
16:30-16:45	49	8	10	38	7	11	12	0	0	5	0	0	4	1	1	21	0	4	12	1	1	1	0	0	1	0	0
16:45-17:00	37	6	12	43	6	10	21	0	0	10	0	0	7	0	4	16	0	1	14	0	0	1	0	0	0	0	0
17:00-17:15	43	3	8	48	5	9	19	0	0	9	1	0	3	0	0	18	1	1	16	0	0	0	0	0	0	0	1
17:15-17:30	45	5	12	34	7	6	12	0	0	5	0	0	1	0	2	12	0	3	13	0	0	2	0	0	2	0	0
17:30-17:45	39	6	11	41	7	8	22	0	0	9	0	0	4	0	2	17	0	1	15	0	0	0	0	0	0	1	0
17:45-18:00	41	7	13	45	6	5	18	0	0	3	0	0	7	1	4	8	0	1	14	0	2	1	0	1	1	0	0
18:00-18:15	49	5	10	47	8	6	13	0	0	9	0	0	12	0	5	14	0	1	10	1	0	0	0	0	0	0	0
18:15-18:30	52	7	9	37	4	7	26	0	1	14	0	0	9	0	2	11	0	1	16	0	0	1	0	1	1	0	0
18:30-18:45	47	7	12	42	3	8	22	0	3	11	0	0	10	0	3	10	1	1	12	0	2	1	0	0	1	0	0
18:45-19:00	41	6	12	45	6	9	19	0	2	10	0	0	12	0	3	9	0	3	14	0	0	1	0	0	1	0	0
19:00-19:15	37	7	14	40	3	2	14	0	0	5	1	0	11	0	0	17	0	3	14	0	0	1	0	1	1	1	0
19:15-19:30	39	6	10	37	5	1	13	0	0	5	0	1	7	1	2	16	0	1	15	0	0	2	0	1	0	0	0
19:30-19:45	41	6	10	35	8	1	18	0	0	9	0	0	7	0	1	10	0	1	15	1	1	0	1	0	0	0	0
19:45-20:00	40	5	9	28	7	1	15	0	0	12	0	0	13	0	0	4	0	1	12	0	0	1	0	1	1	0	0

Terminología	
Livianos:	L
Buses:	B
Camiones:	C

Movimientos		
Número	Descripción	Sentido
1:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur
2:	Circula por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
3:	Circula por la Calle 10 de Agosto y luego giro izquierdo hacia la Avenida 24 de Mayo	Este-Oeste y Norte-Sur
4:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro izquierdo hacia Calle 10 de Agosto	Sur-Norte y Oeste- Este
5:	Circula por la Avenida 24 de Mayo y luego giro derecho hacia Calle 10 de Agosto	Norte-Sur y Oeste-Este
6:	Circula por la Calle de Agosto	Oeste-Este
7:	Circula por la Calle 10 de Agosto y luego giro derecho hacia Avenida 24 de Mayo	Oeste-Este y Sur-Norte
8:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Sur-Norte
9:	Giro en U al circular por la Avenida 24 de Mayo	Norte-Sur

Nota La Tabla 35 indica la descripción de los Movimientos de la Intersección Av. 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto

Anexo B. Resultados obtenidos de las tasas de flujo de saturación y niveles de servicio de micro simulación de la situación actual en el software Synchro, desde la estación 2 hasta la estación 6.

Ilustración 53. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 2.

LANE SETTINGS	 NBU	 NBL	 NBT	 SBU	 SBT	 SBR	 NEL	 NER
Lanes and Sharing (#RL)								
Traffic Volume (vph)	10	0	370	10	395	0	180	150
Future Volume (vph)	10	0	370	10	395	0	180	150
Street Name								
Link Distance (m)	—	—	134.4	—	93.8	—	79.2	—
Links Speed (km/h)	—	—	50	—	50	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	—	NB	—	SB	—	NE	—
Travel Time (s)	—	—	9.7	—	6.8	—	5.7	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	4.0	3.6	4.0	3.6	4.0	4.0
Grade (%)	—	—	5	—	-6	—	-4	—
Area Type CBD	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Storage Length (m)	—	0.0	—	0.0	—	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	—	1.000	—	1.000	—	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	—	—	0.998	—	0.998	—	0.950	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	—	—	1568	—	1376	—	1665	1465
Left Turn Factor (perm)	—	—	0.986	—	0.984	—	0.950	1.000
Right Ped Bike Factor	—	—	1.000	—	1.000	—	1.000	1.000
Left Ped Factor	—	—	1.000	—	1.000	—	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	—	—	1549	—	1357	—	1665	1465

Nota. La Ilustración 53 se obtuvo de la simulación en el software Synchro

Ilustración 54. Niveles de Servicio para la Estación 2.

NODE SETTINGS		
Node #	2	
ATMS, now Controller ID	0	
Import from ATMS, now	Import	
Export to ATMS, now	Export	
Zone:		
X East (m):	729158.9	
Y North (m):	9717460.5	
Z Elevation (m):	0.0	
Description		
Control Type	Pretimed	
Cycle Length (s):	65.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Spills:	Optimize	
Actuated Cycle(s):	65.0	
Natural Cycle(s):	60.0	
Max v/c Ratio:	0.92	
Intersection Delay (s):	27.9	
Intersection LOS:	C	
ICU:	0.76	
ICU LOS:	D	
Offset (s):	0.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	2+6 - NBTL SBTL	
Coordination Mode:	Fixed	

TIMING SETTINGS		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBU	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	—	10.0	—	—	—	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	—	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	5.0	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	—	—	22.5	22.5	—	22.5	9.5	22.5	—	22.5	22.5
Total Split (s)	24.0	24.0	—	—	24.0	24.0	—	41.0	13.0	41.0	—	28.0	28.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	3.0	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	1.0	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	—	Max	Max	—	Max	Max	Max	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	—	—	—	50	—	—	—	50	—	—	50
Actuated Effort Green (s)	—	20.0	—	—	—	20.0	—	—	—	37.0	—	—	24.0
Actuated g/C Ratio	—	0.31	—	—	—	0.31	—	—	—	0.57	—	—	0.37
Volume to Capacity Ratio	—	0.31	—	—	—	0.37	—	—	—	0.80	—	—	0.92
Control Delay (s)	—	19.0	—	—	—	19.5	—	—	—	19.7	—	—	48.9
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.4
Total Delay (s)	—	19.0	—	—	—	19.5	—	—	—	19.7	—	—	49.4
Level of Service	—	B	—	—	—	B	—	—	—	B	—	—	D
Approach Delay (s)	—	19.0	—	—	—	19.5	—	—	—	19.7	—	—	49.4
Approach LOS	—	B	—	—	—	B	—	—	—	B	—	—	D
Queue Length 50th (m)	—	9.6	—	—	—	13.6	—	—	—	32.0	—	—	48.4
Queue Length 95th (m)	—	17.6	—	—	—	22.5	—	—	—	#121.4	—	—	#100.0
Stops (vph)	—	117	—	—	—	173	—	—	—	370	—	—	306
Fuel Used (l/h)	—	6	—	—	—	9	—	—	—	22	—	—	29

Nota. La Ilustración 54 se obtuvo de la simulación en el software Synchro

Ilustración 55. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 3

LANE SETTINGS														
Lanes and Sharing (#RL)	W/B/L2	W/B/L	W/B/R	N/B/L	N/B/R	N/B/R2	SEL	SET	SER	NW/U	NW/L	NW/T	NW/R	
Traffic Volume (vph)	135	85	75	0	0	0	0	345	100	10	50	310	0	
Future Volume (vph)	135	85	75	0	0	0	0	345	100	10	50	310	0	
Street Name														
Link Distance (m)	—	116.4	—	64.9	—	—	—	184.3	—	—	—	126.6	—	
Links Speed (km/h)	—	50	—	50	—	—	—	50	—	—	—	50	—	
Set Arterial Name and Speed	—	W/B	—	NB	—	—	—	SE	—	—	NW	—	—	
Travel Time (s)	—	8.4	—	4.7	—	—	—	13.3	—	—	—	9.1	—	
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	
Lane Width (m)	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	
Grade (%)	—	10	—	0	—	—	—	-10	—	—	—	-8	—	
Area Type CBD	—	☐	—	☐	—	—	—	☐	—	—	—	☐	—	
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	—	0.0	—	0.0	
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	—	None	
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Right Turn Factor	—	0.966	—	—	—	—	—	0.968	—	—	—	1.000	—	
Left Turn Factor (prot)	—	0.964	—	—	—	—	—	1.000	—	—	—	0.991	—	
Saturated Flow Rate (prot)	—	1695	—	—	—	—	—	1370	—	—	—	1458	—	
Left Turn Factor (perm)	—	0.964	—	—	—	—	—	1.000	—	—	—	0.861	—	
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	—	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—	
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	—	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—	
Saturated Flow Rate (perm)	—	1695	—	—	—	—	—	1370	—	—	—	1267	—	

Nota. La Ilustración 55 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 56. Niveles de Servicio para la Estación 3

NODE SETTINGS		
Node #	5	
ATMS, now Controller ID	0	
Import from ATMS, now:	Import	
Export to ATMS, now:	Export	
Zone:		
X East (m):	729163.4	
Y North (m):	9717366.9	
Z Elevation (m):	0.0	
Description		
Control Type	Pretimed	
Cycle Length (s):	65.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s):	65.0	
Natural Cycle(s):	50.0	
Max v/c Ratio:	0.56	
Intersection Delay (s):	12.9	
Intersection LOS:	B	
ICU:	0.42	
ICU LOS:	A	
Offset (s):	0.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	2+6 - NB TU SBTU	
Coordination Mode:	Fixed	

TIMING SETTINGS		NBU	NBL	NBT	SBU	SBT	SBR	NEL	NER
Leading Detector (m)	—	—	10.0	—	10.0	—	—	2.0	2.0
Trailing Detector (m)	—	—	0.0	—	0.0	—	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	—	5.0	5.0	5.0	—	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	—	22.5	22.5	22.5	—	—	22.5	22.5
Total Split (s)	40.0	—	40.0	40.0	40.0	—	—	25.0	25.0
Yellow Time (s)	3.0	—	3.0	3.0	3.0	—	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	—	1.0	1.0	1.0	—	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	0.0
Legging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	—	Max	Max	Max	—	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	50	—	50	—	—	50	—
Actuated Effct. Green (s)	—	—	36.0	—	36.0	—	—	21.0	21.0
Actuated g/C Ratio	—	—	0.55	—	0.55	—	—	0.32	0.32
Volume to Capacity Ratio	—	—	0.48	—	0.56	—	—	0.34	0.34
Control Delay (s)	—	—	11.2	—	7.5	—	—	19.0	19.4
Queue Delay (s)	—	—	0.3	—	1.7	—	—	0.0	0.0
Total Delay (s)	—	—	11.6	—	9.2	—	—	19.0	19.4
Level of Service	—	—	B	—	A	—	—	B	B
Approach Delay (s)	—	—	11.6	—	9.2	—	—	19.1	—
Approach LOS	—	—	B	—	A	—	—	B	—
Queue Length 50th (m)	—	—	29.0	—	19.4	—	—	17.2	15.5
Queue Length 95th (m)	—	—	49.9	—	m24.3	—	—	32.4	30.2
Stops (vph)	—	—	220	—	171	—	—	133	110
Fuel Used (l/h)	—	—	13	—	10	—	—	7	6

Nota. La Ilustración 56 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 57. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 4.

LANE SETTINGS	EBL2	EBL	EBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SWL	SWR	SWR2
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	115	105	140	0	245	190	75	405	0	0	0	0
Future Volume (vph)	115	105	140	0	245	190	75	405	0	0	0	0
Street Name												
Link Distance (m)	—	91.8	—	—	176.1	—	—	126.6	—	61.0	—	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	50	—	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	NB	—	—	SB	—	SW	—	—
Travel Time (s)	—	6.6	—	—	12.7	—	—	9.1	—	4.4	—	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	-12	—	—	-12	—	—	12	—	-12	—	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	☐	—	—
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	—
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.950	—	—	0.939	—	—	1.000	—	—	—	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.969	—	—	1.000	—	—	0.992	—	—	—	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1657	—	—	1571	—	—	1278	—	—	—	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.969	—	—	1.000	—	—	0.867	—	—	—	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	—	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	—	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1657	—	—	1571	—	—	1117	—	—	—	—

Nota. La Ilustración 57 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 58. Niveles de Servicio para la Estación 4.

NODE SETTINGS											
Node #	12										
ATMS, now Controller ID	0										
Import from ATMS, now:	Import										
Export to ATMS, now:	Export										
Zone:											
X East (m):	729442.1										
Y North (m):	9717021.7										
Z Elevation (m):	0.0										
Description											
Control Type	Pretimed										
Cycle Length (s):	60.0										
Lock Timings:	☐										
Optimize Cycle Length:	Optimize										
Optimize Splits:	Optimize										
Actuated Cycle(s):	60.0										
Natural Cycle(s):	60.0										
Max v/c Ratio:	0.87										
Intersection Delay (s):	20.6										
Intersection LOS:	C										
ICU:	0.81										
ICU LOS:	D										
Offset (s):	0.0										
Referenced to:	Begin of Green										
Reference Phase:	2+6 - NBT SBT										
Coordination Mode:	Fixed										

TIMING SETTINGS											
Leading Detector (m)		EBL2	EBL	EBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT		
Trailing Detector (m)		—	2.0	—	—	10.0	—	—	10.0		
Minimum Initial (s)		—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0		
Minimum Split (s)		5.0	5.0	—	—	5.0	—	5.0	5.0		
Total Split (s)		25.0	25.0	—	—	35.0	—	35.0	35.0		
Yellow Time (s)		25.0	25.0	—	—	35.0	—	35.0	35.0		
All-Red Time (s)		3.0	3.0	—	—	3.0	—	3.0	3.0		
Lost Time Adjust (s)		1.0	1.0	—	—	1.0	—	1.0	1.0		
Lagging Phase?		—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0		
Allow Lead/Lag Optimize?		—	—	—	—	—	—	—	—		
Recall Mode		Max	Max	—	—	Max	—	Max	Max		
Speed limit (km/h)		—	50	50	50	50	—	50	50		
Actuated Effort Green (s)		—	21.0	—	—	31.0	—	—	31.0		
Actuated g/C Ratio		—	0.35	—	—	0.52	—	—	0.52		
Volume to Capacity Ratio		—	0.66	—	—	0.60	—	—	0.87		
Control Delay (s)		—	23.1	—	—	13.3	—	—	25.6		
Queue Delay (s)		—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0		
Total Delay (s)		—	23.1	—	—	13.3	—	—	25.6		
Level of Service		—	C	—	—	B	—	—	C		
Approach Delay (s)		—	23.1	—	—	13.3	—	—	25.6		
Approach LOS		—	C	—	—	B	—	—	C		
Queue Length 50th (m)		—	36.6	—	—	31.5	—	—	26.0		
Queue Length 95th (m)		—	63.6	—	—	m37.8	—	—	#103.6		
Stops (vph)		—	296	—	—	224	—	—	288		
Fuel Used (l/h)		—	16	—	—	17	—	—	22		

Nota. La Ilustración 58 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 59. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 5.

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	0	0	80	95	65	90	370	0	0	395	150
Future Volume (vph)	0	0	0	80	95	65	90	370	0	0	395	150
Street Name												
Link Distance (m)	—	77.9	—	—	80.0	—	—	117.3	—	—	176.1	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	5.6	—	—	5.8	—	—	8.4	—	—	12.7	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	—	2	—	—	-3	—	—	-12	—	—	14	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	—	—	—	0.961	—	—	1.000	—	—	0.960	—
Left Turn Factor (prot)	—	—	—	—	0.984	—	—	0.990	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	—	—	—	1629	—	—	1434	—	—	998	—
Left Turn Factor (perm)	—	—	—	—	0.984	—	—	0.693	—	—	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	—	—	—	1629	—	—	1004	—	—	998	—

Nota. La Ilustración 59 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 60. Niveles de Servicio para la Estación 5.

NODE SETTINGS		
Node #	15	
ATMS now Controller ID	0	
Import from ATMS now:	Import	
Export to ATMS now:	Export	
Zone:		
X East (m):	729534.0	
Y North (m):	9716871.5	
Z Elevation (m):	0.0	
Description		
Control Type	Pretimed	
Cycle Length (s)	60.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s)	60.0	
Natural Cycle(s)	80.0	
Max v/c Ratio:	1.14	
Intersection Delay (s)	58.8	
Intersection LOS:	E	
ICU:	0.78	
ICU LOS:	D	
Offset (s) :	0.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	4+8 - Unassigned	
Coordination Mode:	Fixed	

TIMING SETTINGS		EBL	EBT	EBR	w/BL	w/BT	w/BR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Leading Detector (m)		—	—	—	—	10.0	—	—	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)		—	—	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)		—	—	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—	5.0
Minimum Split (s)		—	—	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	—	22.5
Total Split (s)		—	—	—	25.0	25.0	—	35.0	35.0	—	—	35.0
Yellow Time (s)		—	—	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	3.0
All-Red Time (s)		—	—	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	—	1.0
Lost Time Adjust (s)		—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode		—	—	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	Max
Speed limit (km/h)		—	50	50	50	50	—	50	50	50	50	50
Actuated Effct. Green (s)		—	—	—	—	21.0	—	—	31.0	—	—	31.0
Actuated g/C Ratio		—	—	—	—	0.35	—	—	0.52	—	—	0.52
Volume to Capacity Ratio		—	—	—	—	0.48	—	—	0.92	—	—	1.14
Control Delay (s)		—	—	—	—	18.7	—	—	40.2	—	—	92.8
Queue Delay (s)		—	—	—	—	0.0	—	—	0.0	—	—	0.0
Total Delay (s)		—	—	—	—	18.7	—	—	40.2	—	—	92.8
Level of Service		—	—	—	—	B	—	—	D	—	—	F
Approach Delay (s)		—	—	—	—	18.7	—	—	40.2	—	—	92.8
Approach LOS		—	—	—	—	B	—	—	D	—	—	F
Queue Length 50th (m)		—	—	—	—	24.1	—	—	33.6	—	—	~78.9
Queue Length 95th (m)		—	—	—	—	43.7	—	—	m#107.3	—	—	m#111.0
Stops (vph)		—	—	—	—	180	—	—	302	—	—	300
Fuel Used (l/h)		—	—	—	—	9	—	—	26	—	—	55

Nota. La Ilustración 60 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 61. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 6.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEU	NEL	NET	NER	SWU	SWL	SWT	SWR
Lanes and Shading (#RL)														
Traffic Volume (vph)	0	0	0	35	30	15	5	120	380	0	5	0	390	30
Future Volume (vph)	0	0	0	35	30	15	5	120	380	0	5	0	390	30
Street Name														
Link Distance (m)	—	84.9	—	—	82.8	—	—	—	108.2	—	—	—	119.5	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	—	50	—	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	—	NE	—	—	—	SW	—
Travel Time (s)	—	6.1	—	—	6.0	—	—	—	7.8	—	—	—	8.6	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane W/width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	-6	—	—	—	-2	—	—	—	2	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	—	☐	—	—	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	—	0.0	—	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	—	None	—	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	—	—	—	0.979	—	—	—	1.000	—	—	—	0.987	—
Left Turn Factor (prot)	—	—	—	—	0.979	—	—	—	0.987	—	—	—	0.939	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	—	—	—	1734	—	—	—	1728	—	—	—	1613	—
Left Turn Factor (perm)	—	—	—	—	0.979	—	—	—	0.748	—	—	—	0.984	—
Right Ped Bike Factor	—	—	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—
Left Ped Factor	—	—	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	—	—	—	1734	—	—	—	1310	—	—	—	1569	—

Nota. La Ilustración 61 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 62. Niveles de Servicio para la Estación 6.

NODE SETTINGS													
Node #	21												
ATMS now Controller ID	0												
Import from ATMS, now:	Import												
Export to ATMS, now:	Export												
Zone:													
X East (m):	729463.3												
Y North (m):	9716672.5												
Z Elevation (m):	0.0												
Description													
Control Type	Prelimed												
Cycle Length (s)	60.0												
Lock Timings:	☐												
Optimize Cycle Length:	Optimize												
Optimize Splits:	Optimize												
Actuated Cycle(s):	60.0												
Natural Cycle(s):	75.0												
Max v/c Ratio:	0.79												
Intersection Delay (s):	18.5												
Intersection LOS:	B												
ICU:	0.64												
ICU LOS:	B												
Offset (s):	0.0												
Referenced to:	Begin of Green												
Reference Phase:	7 - NETL												
Coordination Mode:	Fixed												
TIMING SETTINGS		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEU	NEL	NET	NER	SWL	SWT
Leading Detector (m)		—	—	—	—	10.0	—	—	—	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)		—	—	—	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)		—	—	—	5.0	5.0	—	—	5.0	—	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)		—	—	—	22.5	22.5	—	—	22.5	—	—	22.5	22.5
Total Split (s)		—	—	—	20.0	20.0	—	40.0	14.0	40.0	—	26.0	26.0
Yellow Time (s)		—	—	—	3.0	3.0	—	—	3.0	—	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)		—	—	—	1.0	1.0	—	—	1.0	—	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)		—	0.0	0.0	—	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?		—	—	—	☐	☐	—	—	☒	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?		—	—	—	☒	☒	—	—	☒	—	—	—	—
Recall Mode		—	—	—	Max	Max	—	—	Max	—	—	Max	Max
Speed limit (km/h)		—	50	50	50	50	—	50	50	50	50	50	50
Actuated Effct. Green (s)		—	—	—	16.0	16.0	—	—	—	32.0	—	—	22.0
Actuated g/C Ratio		—	—	—	0.27	0.27	—	—	—	0.53	—	—	0.37
Volume to Capacity Ratio		—	—	—	0.22	0.22	—	—	—	0.70	—	—	0.79
Control Delay (s)		—	—	—	18.7	18.7	—	—	—	13.8	—	—	23.8
Queue Delay (s)		—	—	—	0.0	0.0	—	—	—	0.0	—	—	0.0
Total Delay (s)		—	—	—	18.7	18.7	—	—	—	13.8	—	—	23.8
Level of Service		—	—	—	B	B	—	—	—	B	—	—	C
Approach Delay (s)		—	—	—	18.7	18.7	—	—	—	13.8	—	—	23.8
Approach LOS		—	—	—	B	B	—	—	—	B	—	—	C
Queue Length 50th (m)		—	—	—	9.1	9.1	—	—	—	31.3	—	—	33.6
Queue Length 95th (m)		—	—	—	15.4	15.4	—	—	—	53.0	—	—	m37.5
Stops (vph)		—	—	—	60	60	—	—	—	325	—	—	294
Fuel Used (l/h)		—	—	—	3	3	—	—	—	18	—	—	19

Nota. La Ilustración 62 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Anexo C. Resultados obtenidos de las tasas de flujo de saturación y niveles de servicio de micro simulación de la situación actual optimizada en el software Synchro, desde la estación 2 hasta la estación 6.

Ilustración 63. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 2.

LANE SETTINGS	 NBL	 NBT	 SBT	 SBR	 NEL	 NER
Lanes and Sharing (#RL)						
Traffic Volume (vph)	0	370	395	0	180	160
Future Volume (vph)	0	370	395	0	180	160
Street Name						
Link Distance (m)	—	134.4	93.8	—	79.2	—
Links Speed (km/h)	—	50	50	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	SB	—	NE	—
Travel Time (s)	—	9.7	6.8	—	5.7	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.0	4.0	3.6	4.0	4.0
Grade (%)	—	5	-6	—	-4	—
Area Type CBD	—	☐	☐	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	1.000	1.000	—	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	1.000	—	0.950	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	—	1541	1453	—	1665	1465
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	1.000	—	0.950	1.000
Right Ped Bike Factor	—	1.000	1.000	—	1.000	1.000
Left Ped Factor	—	1.000	1.000	—	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	—	1541	1453	—	1665	1465

Nota. La Ilustración 63 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 64. Niveles de Servicio para la Estación 2.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS											
Node #	2	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	
ATMS, now Controller ID	0	—	10.0	—	—	10.0	—	2.0	10.0	—	—	10.0	
Import from ATMS, now:	Import	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0	
Export to ATMS, now:	Export	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	
Zone:		22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	
X East (m):	729158.9	23.0	23.0	—	23.0	23.0	—	42.0	42.0	—	42.0	42.0	
Y North (m):	9717460.5	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	
Z Elevation (m):	0.0	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	
Description	Av. Ingapirca	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	0.0	
Control Type	Pretimed	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Cycle Length (s)	65.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Lock Timings:	☐	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	
Optimize Cycle Length:	Optimize	—	50	50	—	50	50	—	50	—	50	50	
Optimize Splits:	Optimize	—	19.0	—	—	19.0	—	38.0	38.0	—	—	38.0	
Actuated Cycle(s):	65.0	—	0.29	—	—	0.29	—	0.58	0.58	—	—	0.58	
Natural Cycle(s):	55.0	—	0.33	—	—	0.40	—	0.20	0.58	—	—	0.57	
Max v/c Ratio:	0.58	—	20.1	—	—	20.6	—	6.9	11.6	—	—	12.3	
Intersection Delay (s):	14.4	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.5	—	—	0.0	
Intersection LOS:	B	—	20.1	—	—	20.6	—	6.9	12.1	—	—	12.3	
ICU:	0.62	—	C	—	—	C	—	A	B	—	—	B	
ICU LOS:	B	—	20.1	—	—	20.6	—	—	11.2	—	—	12.3	
Offset (s):	5.0	—	C	—	—	C	—	—	B	—	—	B	
Referenced to:	Begin of Green	—	9.8	—	—	14.0	—	4.6	23.9	—	—	28.8	
Reference Phase:	2+6 - NBTL SBTL	—	18.1	—	—	23.2	—	m9.2	55.2	—	—	53.3	
Coordination Mode:	Fixed	—	121	—	—	176	—	31	314	—	—	229	
		—	6	—	—	9	—	2	15	—	—	17	

Nota. La Ilustración 64 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 65. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 3.

LANE SETTINGS													
Lanes and Shading (#RL)		WBL2	WBL	WBR	NBL	NBR	NBR2	SEL	SET	SEB	NWL	NWT	NWR
Traffic Volume (vph)	135	85	75	0	0	0	0	0	345	110	50	300	0
Future Volume (vph)	135	85	75	0	0	0	0	0	345	110	50	300	0
Street Name													
Link Distance (m)	116.4	50	50	64.9	50	50	50	184.3	50	50	126.6	50	50
Links Speed (km/h)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Set Arterial Name and Speed	WB	WB	NB	SE	NW								
Travel Time (s)	8.4	4.7	13.3	9.1									
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	10	0	-10	-8									
Area Type CBD	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Storage Length (m)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	0.966	—	—	—	—	—	—	0.965	—	—	1.000	—	—
Left Turn Factor (prot)	0.964	—	—	—	—	—	—	1.000	—	—	0.992	—	—
Saturated Flow Rate (prot)	1699	—	—	—	—	—	—	1369	—	—	1601	—	—
Left Turn Factor (perm)	0.964	—	—	—	—	—	—	1.000	—	—	0.871	—	—
Right Ped Bike Factor	1.000	—	—	—	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—
Left Ped Factor	1.000	—	—	—	—	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—
Saturated Flow Rate (perm)	1699	—	—	—	—	—	—	1369	—	—	1406	—	—

Nota. La Ilustración 65 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 66. Niveles de Servicio para la Estación 3.

NODE SETTINGS													
Node #	9												
ΔTMS: now Controller ID	0												
Import from ΔTMS: now:	Import												
Export to ΔTMS: now:	Export												
Zone:													
X East (m):	729365.5												
Y North (m):	9717122.4												
Z Elevation (m):	37.0												
Description	10 de Agosto												
Control Type	Pretimed												
Cycle Length (s):	70.0												
Lock Timings:	☐												
Optimize Cycle Length:	Optimize												
Optimize Splits:	Optimize												
Actuated Cycle(s):	70.0												
Natural Cycle(s):	50.0												
Max v/c Ratio:	0.66												
Intersection Delay (s):	19.2												
Intersection LOS:	B												
ICU:	0.71												
ICU LOS:	C												
Offset (s) :	0.0												
Referenced to:	Begin of Green												
Reference Phase:	1 - SET												
Coordination Mode:	Fixed												
TIMING SETTINGS													
Leading Detector (m)	2.0	W/BL2	W/BL	W/BR	NBL	NBR	NBR2	SEL	SET	SER	NW/L	NW/T	
Trailing Detector (m)	0.0								0.0				0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	5.0								5.0	5.0	
Minimum Split (s)	9.0	9.0	9.0								22.0	22.0	
Total Split (s)	24.0	24.0	24.0						46.0		33.0	33.0	
Yellow Time (s)	3.0	3.0	3.0								3.0	3.0	
All-Red Time (s)	1.0	1.0	1.0								1.0	1.0	
Lost Time Adjust (s)	0.0					0.0		0.0	0.0			0.0	
Lagging Phase?											☒	☒	
Allow Lead/Lag Optimize?											☒	☒	
Recall Mode	Max	Max	Max								Max	Max	
Speed limit (km/h)	50				50	50			50		50	50	
Actuated Effort Green (s)	20.0								41.5			29.0	
Actuated g/C Ratio	0.29								0.59			0.41	
Volume to Capacity Ratio	0.66								0.60			0.63	
Control Delay (s)	29.7								13.0			18.3	
Queue Delay (s)	0.0								0.0			0.0	
Total Delay (s)	29.7								13.0			18.3	
Level of Service	C								B			B	
Approach Delay (s)	29.7								13.0			18.3	
Approach LOS	C								B			B	
Queue Length 50th (m)	38.7								37.9			24.1	
Queue Length 95th (m)	65.3								66.4			63.8	
Stops (vph)	253								278			249	
Fuel Used (l/h)	16								19			15	

Nota. La Ilustración 66 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 67. Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 4.

LANE SETTINGS	EBL2	EBL	EBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SWL	SWR	SWR2
Lanes and Shairing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	115	105	140	0	235	190	75	405	0	0	0	0
Future Volume (vph)	115	105	140	0	235	190	75	405	0	0	0	0
Street Name												
Link Distance (m)	—	121.7	—	—	176.1	—	—	126.6	—	61.0	—	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	50	—	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	NB	—	—	SB	—	SW	—	—
Travel Time (s)	—	8.8	—	—	12.7	—	—	9.1	—	4.4	—	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane W/width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	-12	—	—	-12	—	—	12	—	0	—	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	☐	—	—
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	0.0	—	0.0	40.0	—	0.0	0.0	0.0	—
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.950	—	—	0.938	—	1.000	1.000	—	—	—	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.969	—	—	1.000	—	0.950	1.000	—	—	—	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1614	—	—	1607	—	1341	1306	—	—	—	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.969	—	—	1.000	—	0.364	1.000	—	—	—	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	—	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	—	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1614	—	—	1607	—	514	1306	—	—	—	—

Nota. La Ilustración 67 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 68. Niveles de Servicio para la Estación 4.

NODE SETTINGS		TIMING SETTINGS									
Node #	12	EBL2	EBL	EBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT		
ATMS, now Controller ID	0	—	2.0	—	—	10.0	—	2.0	10.0		
Import from ATMS, now:	Import	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.0		
Export to ATMS, now:	Export	5.0	5.0	—	—	5.0	—	5.0	5.0		
Zone:		25.0	25.0	—	—	35.0	—	35.0	35.0		
X East (m):	729442.1	32.0	32.0	—	—	38.0	—	38.0	38.0		
Y North (m):	9717021.7	3.0	3.0	—	—	3.0	—	3.0	3.0		
Z Elevation (m):	43.0	1.0	1.0	—	—	1.0	—	1.0	1.0		
Description	Borreio	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.0		
Control Type	Preimed	—	—	—	—	—	—	—	—		
Cycle Length (s):	70.0	Max	Max	—	—	Max	—	Max	Max		
Lock Timings:	☐	—	50	—	50	50	—	—	50		
Optimize Cycle Length:	Optimize	—	28.0	—	—	34.0	—	34.0	34.0		
Optimize Splits:	Optimize	—	0.40	—	—	0.49	—	0.49	0.49		
Actuated Cycle(s):	70.0	—	0.59	—	—	0.61	—	0.33	0.67		
Natural Cycle(s):	60.0	—	21.2	—	—	11.6	—	11.3	15.1		
Max v/c Ratio:	0.67	—	0.0	—	—	0.0	—	0.0	0.1		
Intersection Delay (s):	15.4	—	21.2	—	—	11.6	—	11.3	15.1		
Intersection LOS:	B	—	C	—	—	B	—	B	B		
ICU:	0.59	—	21.2	—	—	11.6	—	—	14.5		
ICU LOS:	B	—	C	—	—	B	—	—	B		
Offset (s) :	6.0	—	40.1	—	—	32.3	—	5.0	25.9		
Referenced to:	Begin of Green	—	67.3	—	—	m39.8	—	m8.1	56.0		
Reference Phase:	1 + 6 - Unassigned	—	27.5	—	—	20.4	—	37	30.1		
Coordination Mode:	Fixed	—	16	—	—	15	—	2	16		

Nota. La se Ilustración 68 obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 69 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 5.

LANE SETTINGS														
Lanes and Sharing (#RL)	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR		
Traffic Volume (vph)	0	0	0	80	95	65	90	370	0	0	395	150		
Future Volume (vph)	0	0	0	80	95	65	90	370	0	0	395	150		
Street Name														
Link Distance (m)	—	77.9	—	—	80.0	—	—	117.3	—	—	176.1	—		
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—		
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—		
Travel Time (s)	—	5.6	—	—	5.8	—	—	8.4	—	—	12.7	—		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900		
Lane W/dth (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6		
Grade (%)	—	2	—	—	-3	—	—	-12	—	—	12	—		
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—		
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	30.0	—	0.0	0.0	—	0.0		
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—		
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None		
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Right Turn Factor	—	—	—	—	0.961	—	1.000	1.000	—	—	0.960	—		
Left Turn Factor (prior)	—	—	—	—	0.984	—	0.950	1.000	—	—	1.000	—		
Saturated Flow Rate (prior)	—	—	—	—	1629	—	1531	1612	—	—	1222	—		
Left Turn Factor (perm)	—	—	—	—	0.984	—	0.444	1.000	—	—	1.000	—		
Right Ped Bike Factor	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—		
Left Ped Factor	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—		
Saturated Flow Rate (perm)	—	—	—	—	1629	—	715	1612	—	—	1222	—		

Nota. La Ilustración 69 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 70. Niveles de Servicio para la Estación 5.

NODE SETTINGS		
Node #	15	
ATMS now Controller ID	0	
Import from ATMS, now:	Import	
Export to ATMS, now:	Export	
Zone:		
X East (m):	729534.0	
Y North (m):	9716871.5	
Z Elevation (m):	57.0	
Description	3 de Noviembre	
Control Type	Prelimed	
Cycle Length (s)	70.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s):	70.0	
Natural Cycle(s):	75.0	
Max v/c Ratio:	0.93	
Intersection Delay (s):	25.0	
Intersection LOS:	C	
ICU:	0.58	
ICU LOS:	B	
Offset (s):	12.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	2 - NBSB	
Coordination Mode:	Fixed	
Master Intersection:	☐	
Yield Point:	Single	

TIMING SETTINGS		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Detector Phases					4	0		3	1 2 3			2
Switch Phase					0	0		0	0			0
Leading Detector (m)						10.0		2.0	10.0			10.0
Trailing Detector (m)						0.0		0.0	0.0			0.0
Minimum Initial (s)					5.0	5.0		5.0				
Minimum Split (s)					22.5	22.5		9.0				
Total Split (s)					20.0	20.0		10.0	50.0			40.0
Yellow Time (s)					3.0	3.0		3.0				
All-Red Time (s)					1.0	1.0		1.0				
Lost Time Adjust (s)						0.0		0.0	0.0			0.0
Lagging Phase?					☒	☒		☐				
Allow Lead/Lag Optimize?					☒	☒		☒				
Recall Mode					Max	Max		Max				
Speed Limit (km/h)			50			50			50			50
Actuated Effct. Green (s)						16.0		24.0	46.0			36.0
Actuated g/C Ratio						0.23		0.34	0.66			0.51
Volume to Capacity Ratio						0.73		0.28	0.35			0.93
Control Delay (s)						38.9		17.3	5.6			31.8
Queue Delay (s)						0.0		0.0	0.0			0.0
Total Delay (s)						38.9		17.3	5.6			31.8
Level of Service						D		B	A			C
Approach Delay (s)						38.9			7.9			31.8
Approach LOS						D			A			C
Queue Length 50th (m)						35.0		7.6	12.7			27.0
Queue Length 95th (m)						#68.9		18.3	25.2			#135.1
Stops (vph)						207		52	102			349
Fuel Used (l/h)						14		3	8			30

Nota. La Ilustración 70 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 71 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 6.

LANE SETTINGS														
Lane(s) and Shoring (#/RL)	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR		
Traffic Volume (vph)	0	0	0	35	30	15	120	380	0	0	390	30		
Future Volume (vph)	0	0	0	35	30	15	120	380	0	0	390	30		
Street Name														
Link Distance (m)	—	84.9	—	—	82.0	—	—	149.5	—	—	119.5	—		
Link Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—		
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NE	—	—	SW	—		
Travel Time (s)	—	6.1	—	—	6.0	—	—	10.0	—	—	8.6	—		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900		
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6		
Grade (%)	—	0	—	—	-6	—	—	-2	—	—	2	—		
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—		
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	30.0	—	0.0	0.0	—	0.0		
Storage Lane(s) (#)	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—		
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None		
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Add Lane(s) (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Right Turn Factor	—	—	—	—	0.979	—	1.000	1.000	—	—	0.984	—		
Left Turn Factor (prot)	—	—	—	—	0.979	—	0.950	1.000	—	—	1.000	—		
Saturated Flow Rate (prot)	—	—	—	—	1734	—	1805	1645	—	—	1463	—		
Left Turn Factor (peim)	—	—	—	—	0.979	—	0.446	1.000	—	—	1.000	—		
Right Ped Bike Factor	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—		
Left Ped Factor	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	—		
Saturated Flow Rate (peim)	—	—	—	—	1734	—	847	1645	—	—	1463	—		

Nota. La Ilustración 71 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 72 Niveles de Servicio para la Estación 6.

NODE SETTINGS		
ATMS, now Controller ID	0	
Import from ATMS, now:	Import	
Export to ATMS, now:	Export	
Zone:		
X East (m):	729463.3	
Y North (m):	9716672.5	
Z Elevation (m):	0.0	
Description		
Control Type	Pretimed	
Cycle Length (s):	35.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s):	35.0	
Natural Cycle(s):	55.0	
Max v/c Ratio:	0.60	
Intersection Delay (s):	7.6	
Intersection LOS:	A	
ICU:	0.45	
ICU LOS:	A	
Offset (s):	0.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	6 - Unassigned	
Coordination Mode:	Fixed	
Master Intersection:	☐	
Yield Point	Single	
Mandatory Stop On Yellow:	☐	

TIMING SETTINGS		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT
Detector Phases		—	—	—	8	8	—	2	2	—	—	4
Switch Phase		—	—	—	0	0	—	0	0	—	—	0
Leading Detector (m)		—	—	—	—	10.0	—	2.0	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)		—	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)		—	—	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—	5.0
Minimum Split (s)		—	—	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	—	22.5
Total Split (s)		—	—	—	12.0	12.0	—	23.0	23.0	—	—	23.0
Yellow Time (s)		—	—	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	3.0
All-Red Time (s)		—	—	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	—	1.0
Lost Time Adjust (s)		—	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode		—	—	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	Max
Speed limit (km/h)		—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50
Actuated Effort Green (s)		—	—	—	—	8.0	—	19.0	19.0	—	—	19.0
Actuated g/C Ratio		—	—	—	—	0.23	—	0.54	0.54	—	—	0.54
Volume to Capacity Ratio		—	—	—	—	0.26	—	0.28	0.44	—	—	0.60
Control Delay (s)		—	—	—	—	13.0	—	6.3	6.8	—	—	7.4
Queue Delay (s)		—	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Total Delay (s)		—	—	—	—	13.0	—	6.3	6.8	—	—	7.4
Level of Service		—	—	—	—	8	—	A	A	—	—	A
Approach Delay (s)		—	—	—	—	13.0	—	—	6.7	—	—	7.4
Approach LOS		—	—	—	—	8	—	—	A	—	—	A
Queue Length 50th (m)		—	—	—	—	5.0	—	3.4	11.6	—	—	15.4
Queue Length 95th (m)		—	—	—	—	9.7	—	9.1	23.1	—	—	m21.4
Stops (vph)		—	—	—	—	63	—	60	202	—	—	241
Fuel Used (l/h)		—	—	—	—	3	—	4	12	—	—	13

Nota. La Ilustración 72 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Anexo D. Resultados obtenidos de las tasas de flujo de saturación y niveles de servicio de micro simulación de la situación actual optimizada y proyectada en el software Synchro, desde la estación 2 hasta la estación 6.

Ilustración 73 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 2.

LANE SETTINGS	 NBL	 NBT	 SBT	 SBR	 NEL	 NER
Lanes and Sharing (#RL)						
Traffic Volume (vph)	0	440	470	0	215	190
Future Volume (vph)	0	440	470	0	215	190
Street Name						
Link Distance (m)	—	134.4	93.8	—	79.2	—
Links Speed (km/h)	—	50	50	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	NB	SB	—	NE	—
Travel Time (s)	—	9.7	6.8	—	5.7	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.0	4.0	3.6	4.0	4.0
Grade (%)	—	5	-6	—	-4	—
Area Type CBD	—	☐	☐	—	☐	—
Storage Length (m)	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	None	—	None	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	1.000	1.000	—	1.000	0.850
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	1.000	—	0.950	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	—	1541	1453	—	1665	1465
Left Turn Factor (perm)	—	1.000	1.000	—	0.950	1.000
Right Ped Bike Factor	—	1.000	1.000	—	1.000	1.000
Left Ped Factor	—	1.000	1.000	—	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	—	1541	1453	—	1665	1465

Nota. La Ilustración 73 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 74. Niveles de Servicio para la Estación 2.

NODE SETTINGS		
Node #	2	
ATMS now Controller ID	0	
Import from ATMS now:	Import	
Export to ATMS now:	Export	
Zone:		
X East (m):	729158.9	
Y North (m):	9717460.5	
Z Elevation (m):	9.0	
Description	Av. Ingapirca	
Control Type	Prelimed	
Cycle Length (s)	65.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s):	65.0	
Natural Cycle(s):	60.0	
Max v/c Ratio:	0.68	
Intersection Delay (s)	16.7	
Intersection LOS:	B	
ICU:	0.72	
ICU LOS:	C	
Offset (s):	5.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	2+6 - NBTL SRTL	
Coordination Mode:	Fixed	

TIMING SETTINGS		EBL	EBT	EBR	w/BL	w/BT	w/BR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Leading Detector (m)	—	10.0	—	—	—	10.0	—	2.0	10.0	—	—	10.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	—	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)	22.5	22.5	—	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5
Total Split (s)	23.0	23.0	—	—	23.0	23.0	—	42.0	42.0	—	42.0	42.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	—	—	—	50	—	—	50	—	—	50
Actuated Effct. Green (s)	—	19.0	—	—	—	19.0	—	38.0	38.0	—	—	38.0
Actuated g/C Ratio	—	0.29	—	—	—	0.29	—	0.58	0.58	—	—	0.58
Volume to Capacity Ratio	—	0.42	—	—	—	0.50	—	0.25	0.68	—	—	0.68
Control Delay (s)	—	21.4	—	—	—	22.3	—	7.3	14.1	—	—	15.4
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	0.0	0.4	—	—	0.1
Total Delay (s)	—	21.4	—	—	—	22.3	—	7.3	14.5	—	—	15.6
Level of Service	—	C	—	—	—	C	—	A	B	—	—	B
Approach Delay (s)	—	21.4	—	—	—	22.3	—	—	13.3	—	—	15.6
Approach LOS	—	C	—	—	—	C	—	—	B	—	—	B
Queue Length 50th (m)	—	12.3	—	—	—	17.6	—	5.7	50.6	—	—	37.8
Queue Length 95th (m)	—	21.9	—	—	—	28.5	—	m11.0	97.9	—	—	71.7
Stops (vph)	—	151	—	—	—	224	—	40	424	—	—	307
Fuel Used (l/h)	—	8	—	—	—	12	—	2	20	—	—	21

Nota. La Ilustración 74 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 75 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 3.

LANE SETTINGS												
Lanes and Sharing (#RL)	WBL2	WBL	WBR	NBL	NBR	NBR2	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Traffic Volume (vph)	160	100	90	0	0	0	0	410	135	60	360	0
Future Volume (vph)	160	100	90	0	0	0	0	410	135	60	360	0
Street Name												
Link Distance (m)	—	116.4	—	64.9	—	—	—	184.3	—	—	126.6	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	50	—	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	WB	—	NB	—	—	—	SE	—	—	NW	—
Travel Time (s)	—	8.4	—	4.7	—	—	—	13.3	—	—	9.1	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	—	10	—	0	—	—	—	-10	—	—	-8	—
Area Type CBD	—	☐	—	☐	—	—	—	☐	—	—	☒	—
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	30.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.965	—	—	—	—	—	0.965	—	1.000	1.000	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.964	—	—	—	—	—	1.000	—	0.950	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1698	—	—	—	—	—	1370	—	1798	1587	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.964	—	—	—	—	—	1.000	—	0.444	1.000	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1698	—	—	—	—	—	1370	—	840	1587	—

Nota. La Ilustración 75 se obtuvo de la simulación en el software Synchro

Ilustración 76 Niveles de Servicio para la Estación 3.

NODE SETTINGS		
Node #	9	
ATMS, now Controller ID	0	
Import from ATMS, now:	Import	
Export to ATMS, now:	Export	
Zone:		
X East (m):	723965.5	
Y North (m):	9717122.4	
Z Elevation (m):	37.0	
Description	10 de Agosto	
Control Type	Prelimed	
Cycle Length (s):	71.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s):	71.0	
Natural Cycle(s):	60.0	
Max v/c Ratio:	0.76	
Intersection Delay (s):	22.3	
Intersection LOS:	C	
ICU:	0.68	
ICU LOS:	C	
Offset (s):	0.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	1 - SET	
Coordination Mode:	Fixed	

TIMING SETTINGS		WBL2	WBL	WBR	NBL	NBR	NBR2	SEL	SET	SER	NWL	NWT
Leading Detector (m)	—	2.0	—	—	—	—	—	—	10.0	—	2.0	10.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	—	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	5.0	5.1
Minimum Split (s)	9.0	9.0	—	—	—	—	—	—	—	—	22.0	22.0
Total Split (s)	25.0	25.0	—	—	—	—	—	—	46.0	—	33.0	33.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	☒	☒
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	☒	☒
Recall Mode	Max	Max	—	—	—	—	—	—	—	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	50	—	50	50	—	—	50	—	—	50
Actuated Effect Green (s)	—	21.0	—	—	—	—	—	—	41.5	—	29.0	29.0
Actuated g/C Ratio	—	0.30	—	—	—	—	—	—	0.58	—	0.41	0.41
Volume to Capacity Ratio	—	0.76	—	—	—	—	—	—	0.73	—	0.21	0.57
Control Delay (s)	—	34.7	—	—	—	—	—	—	17.6	—	14.4	17.6
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	—	—	—	—	0.6	—	0.0	0.0
Total Delay (s)	—	34.7	—	—	—	—	—	—	18.2	—	14.4	17.6
Level of Service	—	C	—	—	—	—	—	—	B	—	B	B
Approach Delay (s)	—	34.7	—	—	—	—	—	—	18.2	—	—	17.1
Approach LOS	—	C	—	—	—	—	—	—	B	—	—	B
Queue Length 50th (m)	—	48.3	—	—	—	—	—	—	53.4	—	5.6	29.4
Queue Length 95th (m)	—	#89.1	—	—	—	—	—	—	95.0	—	m7.7	m46.2
Stops (vph)	—	299	—	—	—	—	—	—	388	—	32	236
Fuel Used (l/h)	—	20	—	—	—	—	—	—	26	—	2	14

Nota. La Ilustración 76 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 77 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 4.

LANE SETTINGS	EBL2	EBL	EBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	SWL	SWR	SWR2
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	135	125	165	0	285	225	90	480	0	0	0	0
Future Volume (vph)	135	125	165	0	285	225	90	480	0	0	0	0
Street Name												
Link Distance (m)	—	121.7	—	—	176.1	—	—	126.6	—	61.0	—	—
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	50	—	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	NB	—	—	SB	—	SW	—	—
Travel Time (s)	—	8.8	—	—	12.7	—	—	9.1	—	4.4	—	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	-12	—	—	-12	—	—	12	—	0	—	—
Area Type CBD			—	—		—	—		—		—	—
Storage Length (m)	—	0.0	0.0	0.0	—	0.0	40.0	—	0.0	0.0	0.0	—
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor	—	0.950	—	—	0.939	—	1.000	1.000	—	—	—	—
Left Turn Factor (prot)	—	0.969	—	—	1.000	—	0.950	1.000	—	—	—	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	1614	—	—	1608	—	1341	1306	—	—	—	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.969	—	—	1.000	—	0.277	1.000	—	—	—	—
Right Ped Bike Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	—	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	—	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	1614	—	—	1608	—	391	1306	—	—	—	—

Nota. La Ilustración 77 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 78 Niveles de Servicio para la Estación 4.

NODE SETTINGS		
Node #	12	
ATMS now Controller ID	0	
Import from ATMS now:	Import	
Export to ATMS now:	Export	
Zone:		
X East (m):	729442.1	
Y North (m):	9717021.7	
Z Elevation (m):	43.0	
Description	Borreio	
Control Type	Pretimed	
Cycle Length (s):	71.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s):	71.0	
Natural Cycle(s):	60.0	
Max v/c Ratio:	0.80	
Intersection Delay (s)	20.2	
Intersection LOS:	C	
ICU:	0.68	
ICU LOS:	C	
Offset (s):	8.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	1+6 - Unassigned	
Coordination Mode:	Fixed	

TIMING SETTINGS		EBL2	EBL	EBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT
Leading Detector (m)	—	2.0	—	—	—	10.0	—	2.0	10.0
Trailing Detector (m)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0
Minimum Initial (s)	5.0	5.0	—	—	—	5.0	—	5.0	5.0
Minimum Split (s)	25.0	25.0	—	—	—	35.0	—	35.0	35.0
Total Split (s)	33.0	33.0	—	—	—	38.0	—	38.0	38.0
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	—	—	3.0	—	3.0	3.0
All-Red Time (s)	1.0	1.0	—	—	—	1.0	—	1.0	1.0
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	—	0.0	0.0	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	—	—	Max	—	Max	Max
Speed limit (km/h)	—	50	50	—	50	50	—	—	50
Actuated Effct. Green (s)	—	29.0	—	—	—	34.0	—	34.0	34.0
Actuated g/C Ratio	—	0.41	—	—	—	0.48	—	0.48	0.48
Volume to Capacity Ratio	—	0.69	—	—	—	0.74	—	0.52	0.80
Control Delay (s)	—	23.9	—	—	—	16.4	—	18.7	21.2
Queue Delay (s)	—	0.0	—	—	—	0.0	—	0.0	0.2
Total Delay (s)	—	23.9	—	—	—	16.4	—	18.7	21.4
Level of Service	—	C	—	—	—	B	—	B	C
Approach Delay (s)	—	23.9	—	—	—	16.4	—	—	20.9
Approach LOS	—	C	—	—	—	B	—	—	C
Queue Length 50th (m)	—	50.4	—	—	—	41.6	—	5.7	45.5
Queue Length 95th (m)	—	83.2	—	—	—	m68.1	—	m11.2	m107.6
Stops (vph)	—	342	—	—	—	286	—	62	385
Fuel Used (l/h)	—	20	—	—	—	21	—	4	22

Nota. La Ilustración 78 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 79 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 5.

LANE SETTINGS																	
Lanes and Sharing (#RL)	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR					
Traffic Volume (vph)	0	0	0	95	115	80	95	430	0	0	465	180					
Future Volume (vph)	0	0	0	95	115	80	95	430	0	0	465	180					
Street Name																	
Link Distance (m)	—	77.9	—	—	151.1	—	—	117.3	—	—	176.1	—					
Links Speed (km/h)	—	50	—	—	50	—	—	50	—	—	50	—					
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—					
Travel Time (s)	—	5.6	—	—	10.9	—	—	8.4	—	—	12.7	—					
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900					
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.0					
Grade (%)	—	2	—	—	-3	—	—	-12	—	—	12	—					
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—					
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	30.0	—	0.0	0.0	—	30.0					
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1					
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None					
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00					
Right Turn Factor	—	—	—	—	0.961	—	1.000	1.000	—	—	1.000	0.850					
Left Turn Factor (prot)	—	—	—	—	0.984	—	0.950	1.000	—	—	1.000	1.000					
Saturated Flow Rate (prot)	—	—	—	—	1629	—	1531	1612	—	—	1319	1033					
Left Turn Factor (perm)	—	—	—	—	0.984	—	0.487	1.000	—	—	1.000	1.000					
Right Ped Bike Factor	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	1.000					
Left Ped Factor	—	—	—	—	1.000	—	1.000	1.000	—	—	1.000	1.000					
Saturated Flow Rate (perm)	—	—	—	—	1629	—	785	1612	—	—	1319	1033					

Nota. La Ilustración 79 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 80 Niveles de Servicio para la Estación 5.

NUDE SETTINGS		
Node #	15	
ATMS now Controller ID	0	
Import from ATMS, now:	Import	
Export to ATMS, now:	Export	
Zone:		
X East (m):	729534.0	
Y North (m):	9716871.5	
Z Elevation (m):	57.0	
Description	3 de Noviembre	
Control Type	Pretimed	
Cycle Length (s)	71.0	
Lock Timings:	☐	
Optimize Cycle Length:	Optimize	
Optimize Splits:	Optimize	
Actuated Cycle(s)	71.0	
Natural Cycle(s)	65.0	
Max v/c Ratio:	0.85	
Intersection Delay (s):	17.7	
Intersection LDS:	B	
ICU:	0.56	
ICU LDS:	B	
Offset (s):	16.0	
Referenced to:	Begin of Green	
Reference Phase:	2 - NBSB	
Coordination Mode:	Fixed	
Master Intersection:	☐	

TIMING SETTINGS											
Detector Phases	EBL	EBT	EBR	w/BL	w/BT	w/BR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBR
Switch Phase	—	—	—	4	4	—	3	1 2 3	—	—	2
Leading Detector (m)	—	—	—	0	0	—	0	0	—	—	0
Trailing Detector (m)	—	—	—	—	10.0	—	2.0	10.0	—	—	10.0
Minimum Initial (s)	—	—	—	5.0	5.0	—	5.0	—	—	—	—
Minimum Split (s)	—	—	—	22.5	22.5	—	9.0	—	—	—	—
Total Split (s)	—	—	—	21.0	21.0	—	10.0	50.0	—	—	40.0
Yellow Time (s)	—	—	—	3.0	3.0	—	3.0	—	—	—	—
AllRed Time (s)	—	—	—	1.0	1.0	—	1.0	—	—	—	—
Lost Time Adjust (s)	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0
Lagging Phase?	—	—	—	☒	☒	—	☐	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	☒	☒	—	☒	—	—	—	—
Recall Mode	—	—	—	Max	Max	—	Max	—	—	—	—
Speed limit (km/h)	—	50	50	50	50	—	—	50	—	50	50
Actuated Effct. Green (s)	—	—	—	—	17.0	—	24.0	46.0	—	—	36.0
Actuated g/C Ratio	—	—	—	—	0.24	—	0.34	0.65	—	—	0.51
Volume to Capacity Ratio	—	—	—	—	0.85	—	0.32	0.42	—	—	0.72
Control Delay (s)	—	—	—	—	47.9	—	17.2	6.0	—	—	12.3
Queue Delay (s)	—	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0
Total Delay (s)	—	—	—	—	47.9	—	17.2	6.0	—	—	12.3
Level of Service	—	—	—	—	D	—	B	A	—	—	A
Approach Delay (s)	—	—	—	—	47.9	—	—	8.1	—	—	10.9
Approach LDS	—	—	—	—	D	—	—	A	—	—	B
Queue Length 50th (m)	—	—	—	—	44.2	—	9.4	13.0	—	—	21.4
Queue Length 95th (m)	—	—	—	—	#87.6	—	m20.4	24.1	—	—	m31.6
Stops (vph)	—	—	—	—	248	—	65	155	—	—	208
											55

Nota. La Ilustración 80 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 81 Tasa de Flujo de Saturación para la Estación 6.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	W/BL	W/BT	W/BR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	0	0	0	45	35	20	145	455	0	0	475	50
Future Volume (vph)	0	0	0	45	35	20	145	455	0	0	475	50
Street Name												
Link Distance (m)	84.9			82.8			149.5			119.5		
Links Speed (km/h)	50			50			50			50		
Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NE			SW		
Travel Time (s)	6.1			6.0			10.8			8.6		
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	4.0	3.6	3.6	4.0	3.6
Grade (%)	0			-6			-2			2		
Area Type CBD												
Storage Length (m)	0.0		0.0	0.0		0.0	30.0		0.0	0.0		0.0
Storage Lanes (#)							1					
Right Turn Channelized			None			None			None			None
Curb Radius (m)												
Add Lanes (#)												
Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Right Turn Factor				0.977			1.000	1.000			0.983	
Left Turn Factor (prot)				0.978			0.950	1.000			1.000	
Saturated Flow Rate (prot)				1729			1805	1645			1462	
Left Turn Factor (perm)				0.978			0.366	1.000			1.000	
Right Ped Bike Factor				1.000			1.000	1.000			1.000	
Left Ped Factor				1.000			1.000	1.000			1.000	
Saturated Flow Rate (perm)				1729			695	1645			1462	

Nota. La Ilustración 81 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Ilustración 82 Niveles de Servicio para la Estación 6.

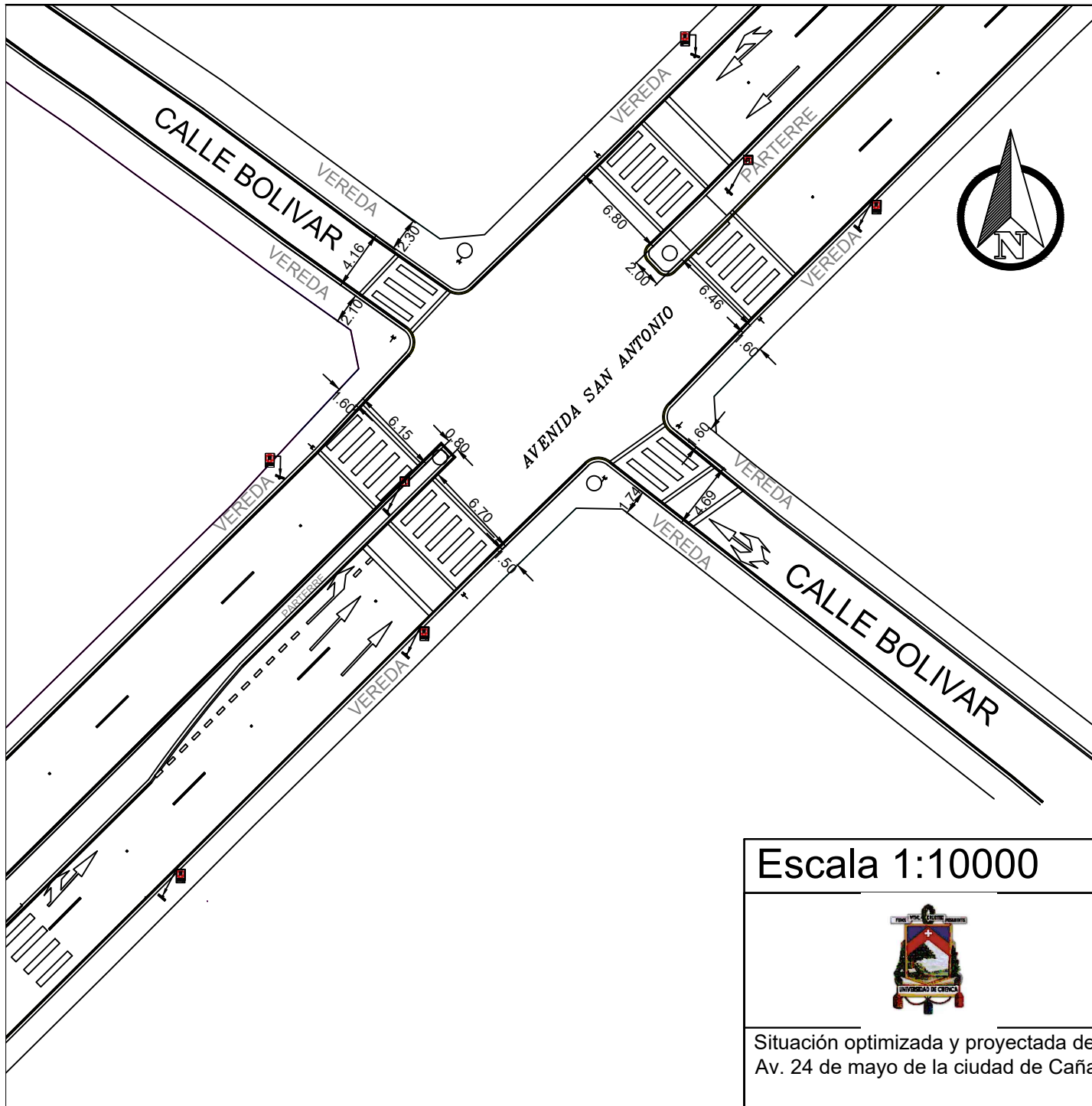
NODE SETTINGS																	
Node #	21																
ATMS, now: Controller ID	0																
Import from ATMS, now:	Import																
Export to ATMS, now:	Export																
Zone:																	
X East (m):	729463.3																
Y North (m):	9716672.5																
Z Elevation (m):	69.0																
Description																	
Control Type	Prelimed																
Cycle Length (s):	35.5																
Lock Timings:	☐																
Optimize Cycle Length:	Optimize																
Optimize Splits:	Optimize																
Actuated Cycle(s):	35.5																
Natural Cycle(s):	60.0																
Max v/c Ratio:	0.73																
Intersection Delay (s):	10.5																
Intersection LOS:	B																
ICU:	0.52																
ICU LOS:	A																
Offset (s):	0.0																
Referenced to:	Begin of Green																
Reference Phase:	6 - Unassigned																
Coordination Mode:	Fixed																
Master Intersection:	☐																
Yield Point	Single																

TIMING SETTINGS																	
Detector Phases		EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT					
Switch Phase		—	—	—	8	0	8	2	0	2	—	4					
Leading Detector (m)		—	—	—	—	10.0	—	2.0	10.0	—	—	0					
Trailing Detector (m)		—	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0					
Minimum Initial (s)		—	—	—	5.0	5.0	—	5.0	5.0	—	—	5.0					
Minimum Split (s)		—	—	—	22.5	22.5	—	22.5	22.5	—	—	22.5					
Total Split (s)		—	—	—	12.5	12.5	—	23.0	23.0	—	—	23.0					
Yellow Time (s)		—	—	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	—	3.0					
AllRed Time (s)		—	—	—	1.0	1.0	—	1.0	1.0	—	—	1.0					
Lost Time Adjust (s)		—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0					
Lagging Phase?		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
Allow Lead/Lag Optimize?		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
Recall Mode		—	—	—	Max	Max	—	Max	Max	—	—	Max					
Speed limit (km/h)		—	50	50	50	50	—	—	50	—	50	50					
Actuated Effct. Green (s)		—	—	—	—	8.5	—	19.0	19.0	—	—	19.0					
Actuated g/C Ratio		—	—	—	—	0.24	—	0.54	0.54	—	—	0.54					
Volume to Capacity Ratio		—	—	—	—	0.31	—	0.42	0.54	—	—	0.73					
Control Delay (s)		—	—	—	—	13.5	—	9.3	8.2	—	—	12.0					
Queue Delay (s)		—	—	—	—	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.0					
Total Delay (s)		—	—	—	—	13.5	—	9.3	8.2	—	—	12.0					
Level of Service		—	—	—	—	B	—	A	A	—	—	B					
Approach Delay (s)		—	—	—	—	13.5	—	—	8.5	—	—	12.0					
Approach LOS		—	—	—	—	B	—	—	A	—	—	B					
Queue Length 50th (m)		—	—	—	—	6.4	—	4.7	15.6	—	—	19.6					
Queue Length 95th (m)		—	—	—	—	11.7	—	13.5	30.9	—	—	m45.7					
Stops (vph)		—	—	—	—	79	—	84	267	—	—	390					
Fuel Used (l/hr)		—	—	—	—	4	—	5	15	—	—	20					

Nota. La Ilustración 82 se obtuvo de la simulación en el software Synchro.

Anexo E.

Planos de la situación actual, planos de la situación actual optimizada con las propuestas de mejoramiento implementadas y planos de los ciclos semafóricos.



LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semaforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semáforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semáforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con líneas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	

Escala 1:10000



UNIVERSIDAD DE CUENCA

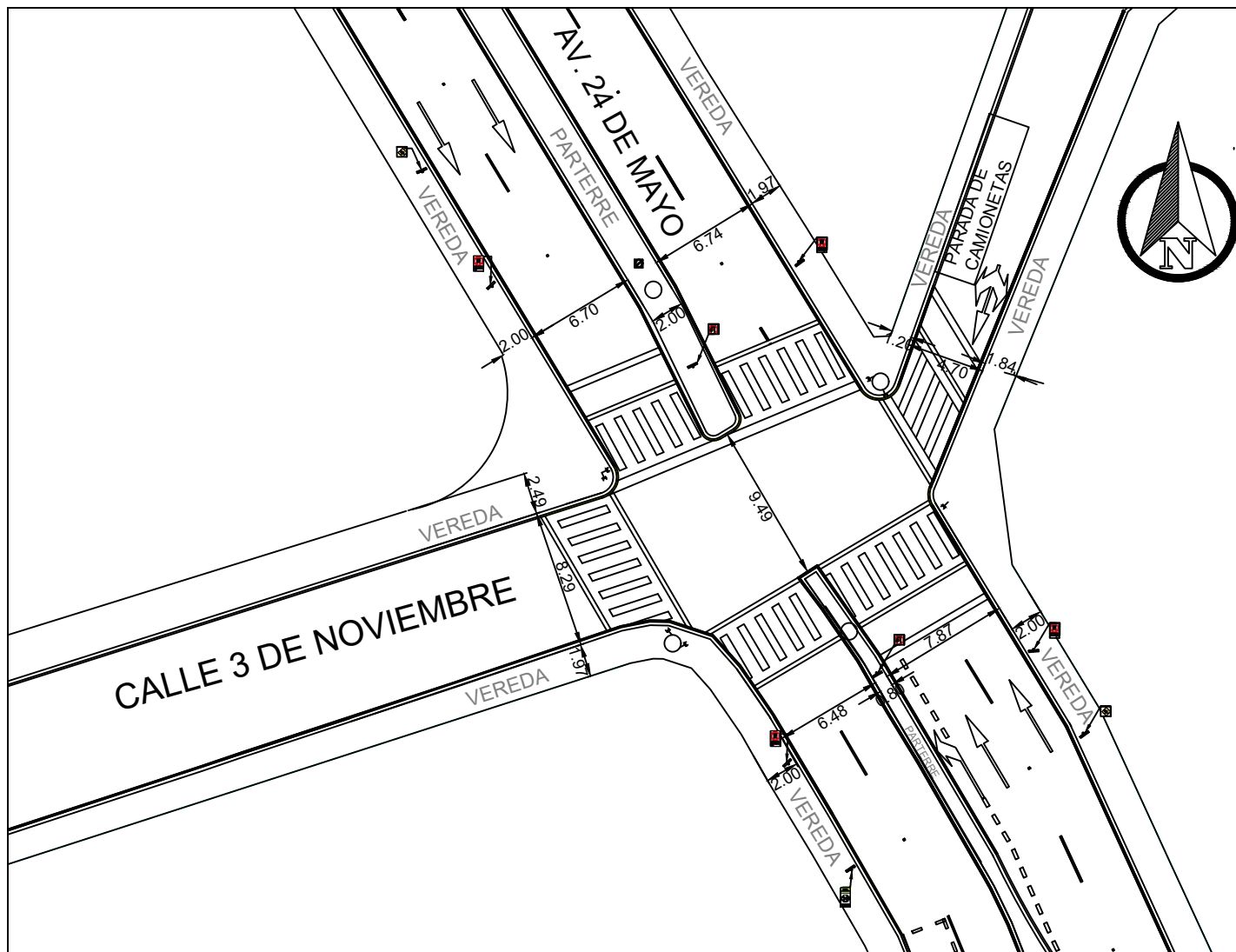
Dib.Samaniego R. Santacruz S
Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa

Ingeniero Civil

Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la
Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 1/6



LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semaforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semáforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semáforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con líneas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	

Escala 1:10000

UNIVERSIDAD DE CUENCA



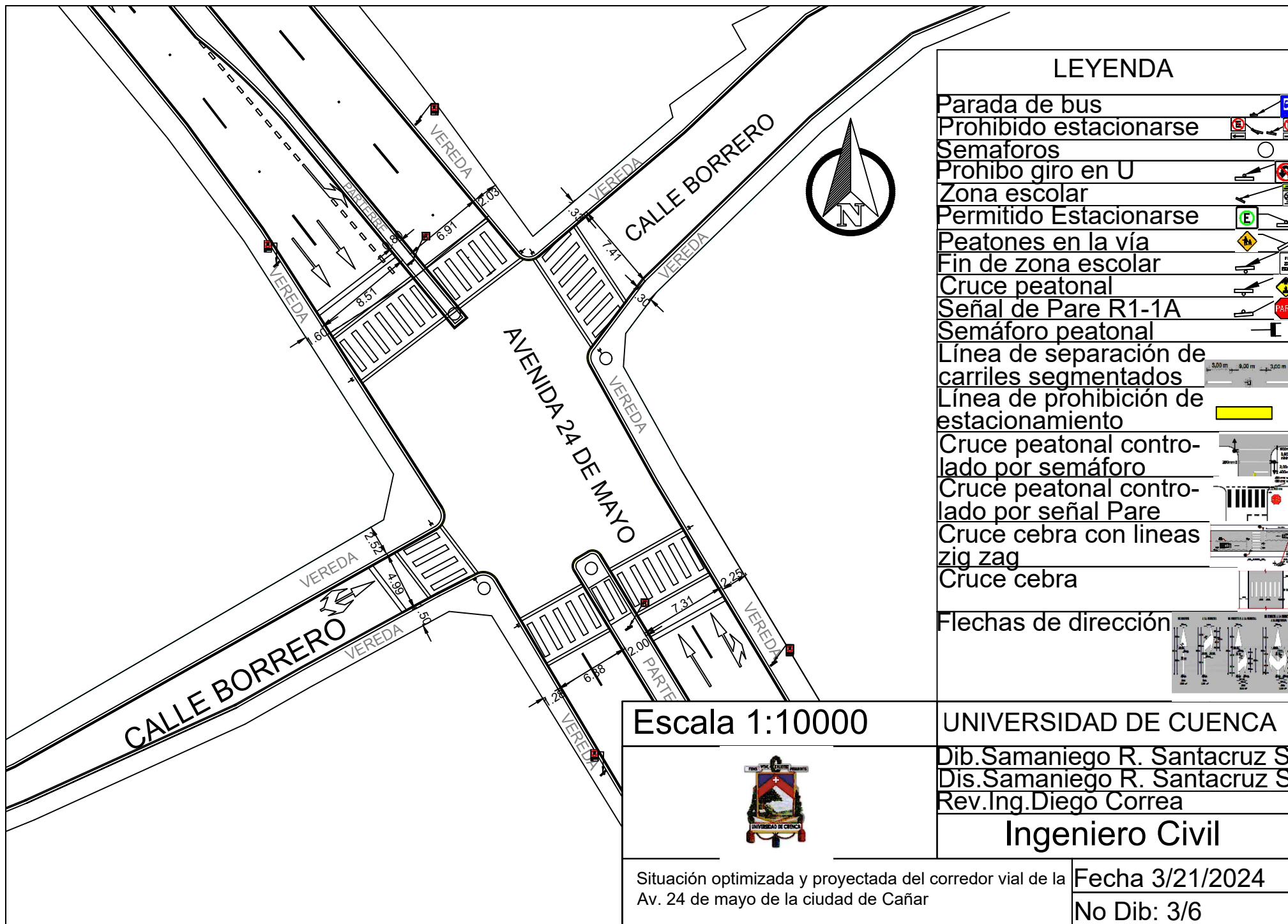
Dib.Samaniego R. Santacruz S
Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa

Ingeniero Civil

Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la
Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 2/6



LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semaforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semáforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semáforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con líneas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	

Escala 1:10000



UNIVERSIDAD DE CUENCA

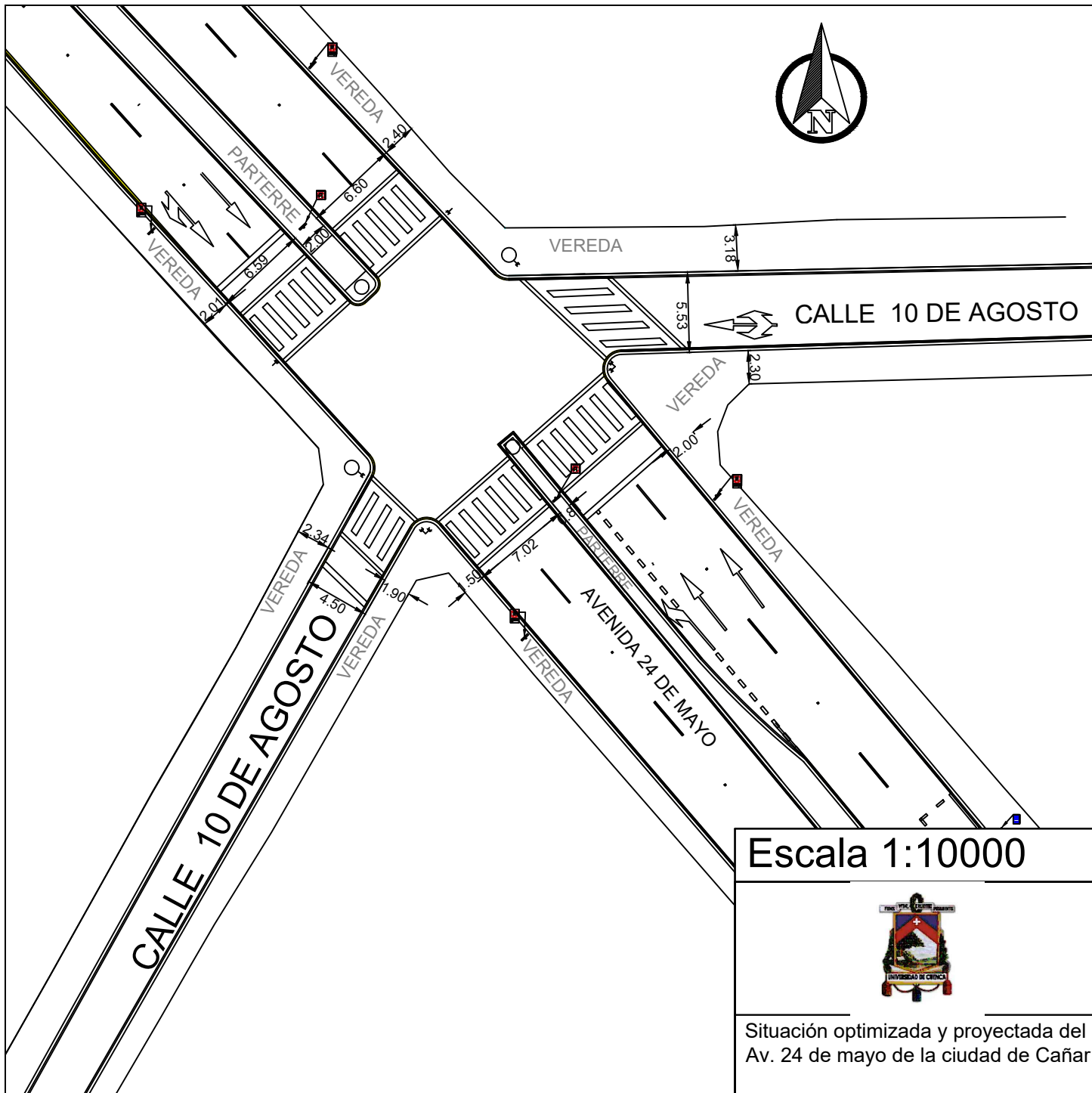
Dib.Samaniego R. Santacruz S
Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa

Ingeniero Civil

Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la
Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 3/6



LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semaforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semáforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semáforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con líneas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	

Escala 1:10000



UNIVERSIDAD DE CUENCA

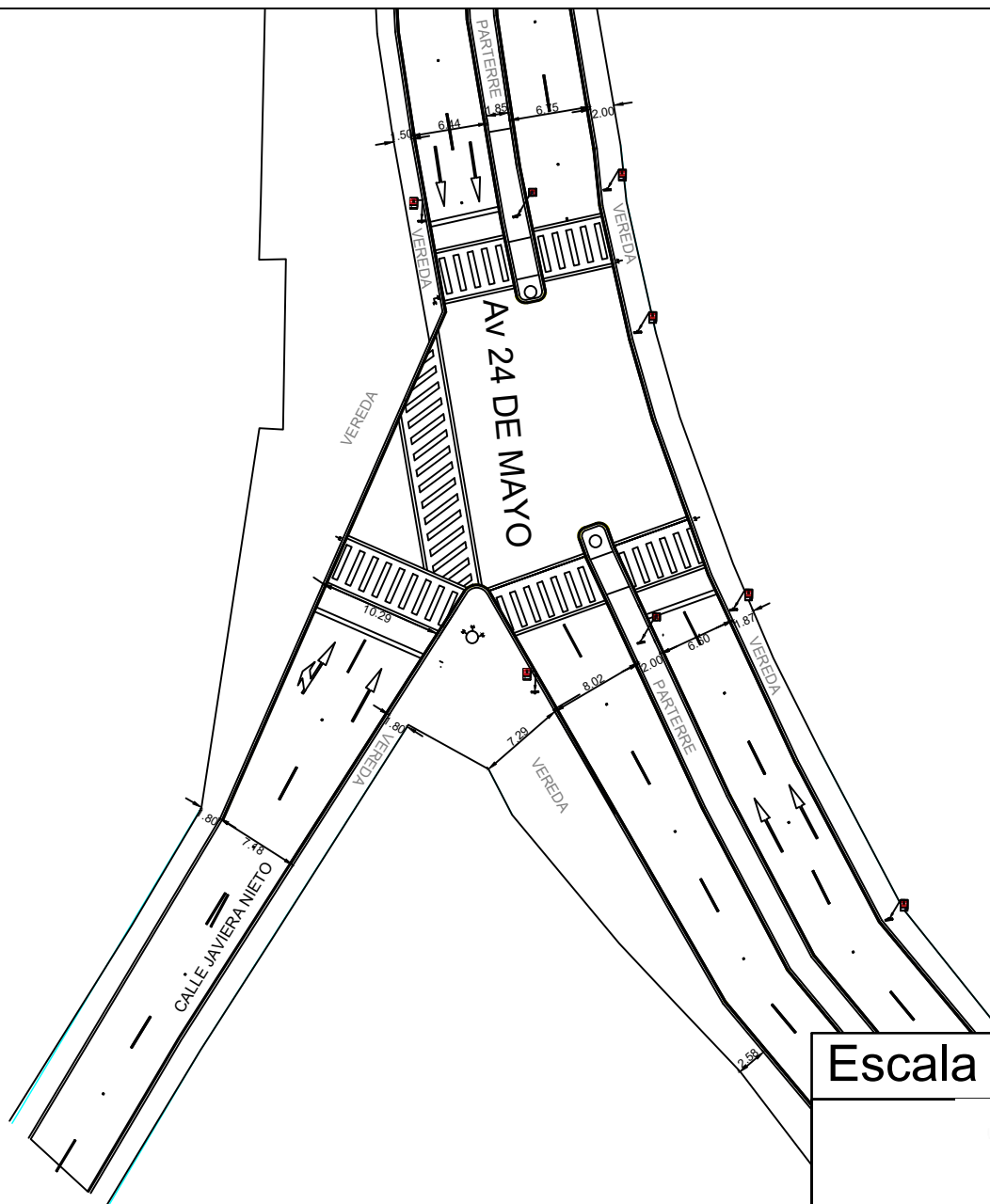
Dib.Samaniego R. Santacruz S
Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa

Ingeniero Civil

Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la
Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 4/6



LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semaforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semáforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semáforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con líneas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	

Escala 1:15000



UNIVERSIDAD DE CUENCA

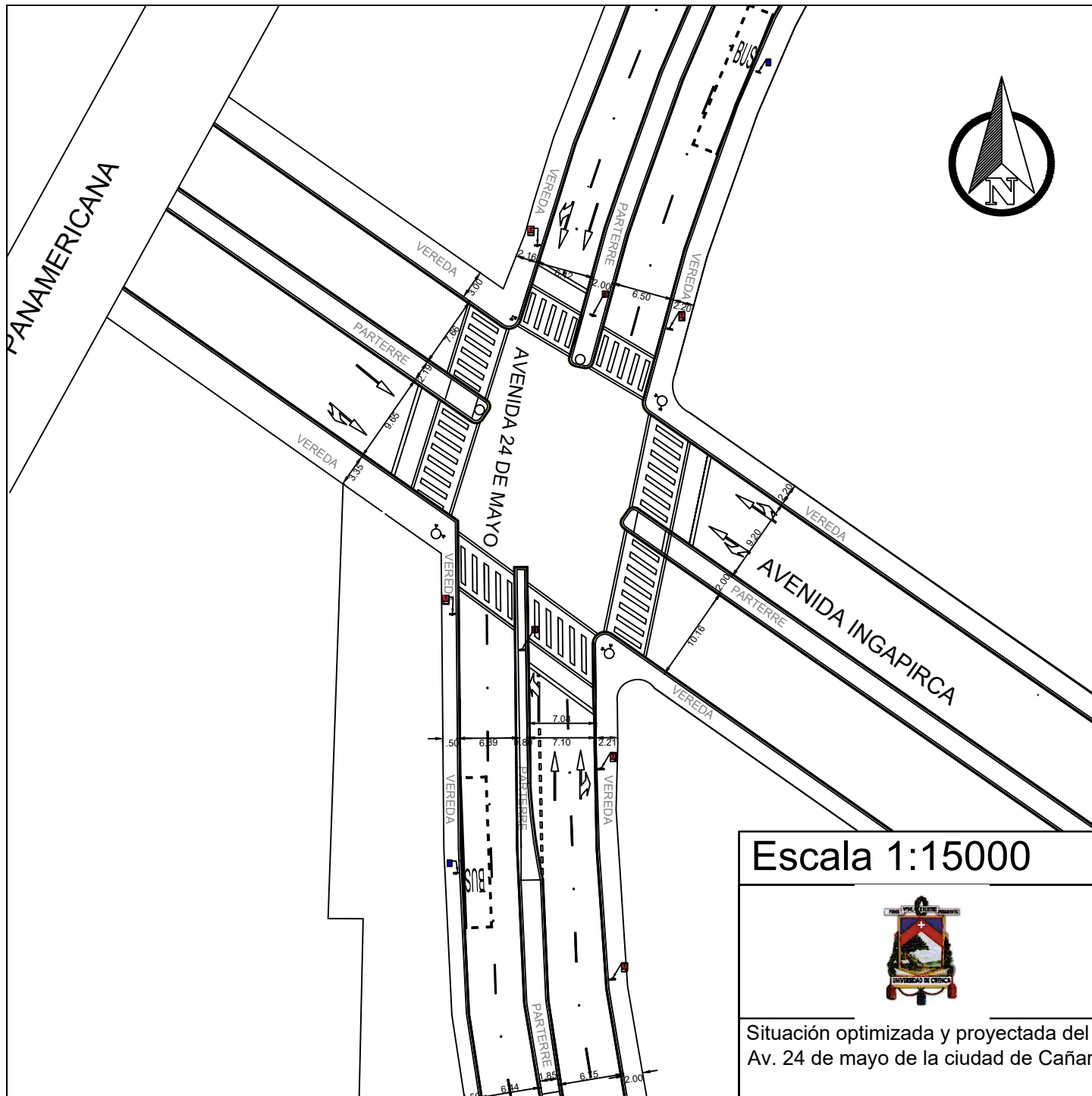
Dib.Samaniego R. Santacruz S
Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa

Ingeniero Civil

Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la
Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 5/6



LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semaforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semáforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semáforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con líneas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	

Escala 1:15000



UNIVERSIDAD DE CUENCA

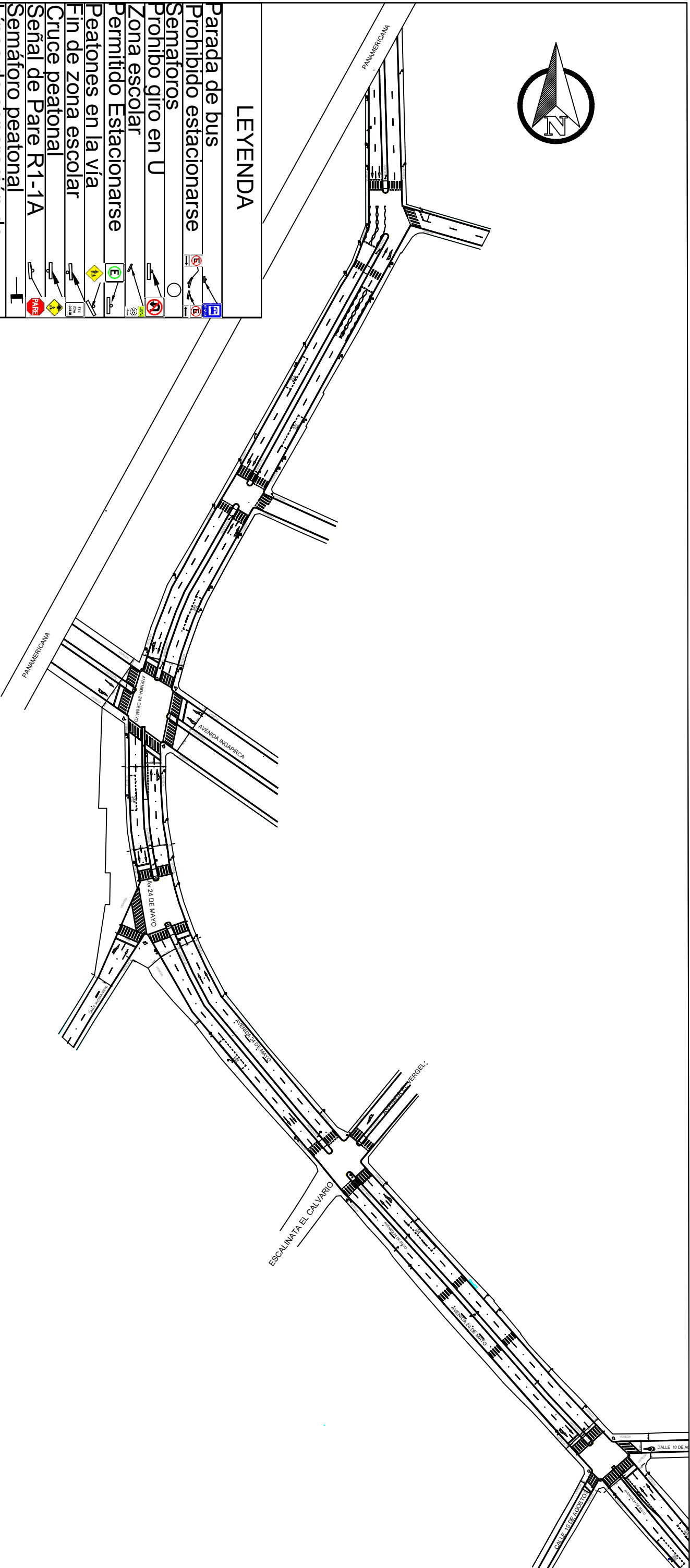
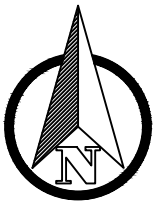
Dib.Samaniego R. Santacruz S
Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa

Ingeniero Civil

Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la
Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 6/6



LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semaforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semaforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semaforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con lineas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	

Escala 1:15000

UNIVERSIDAD DE CUENCA



Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa

Ingeniero Civil

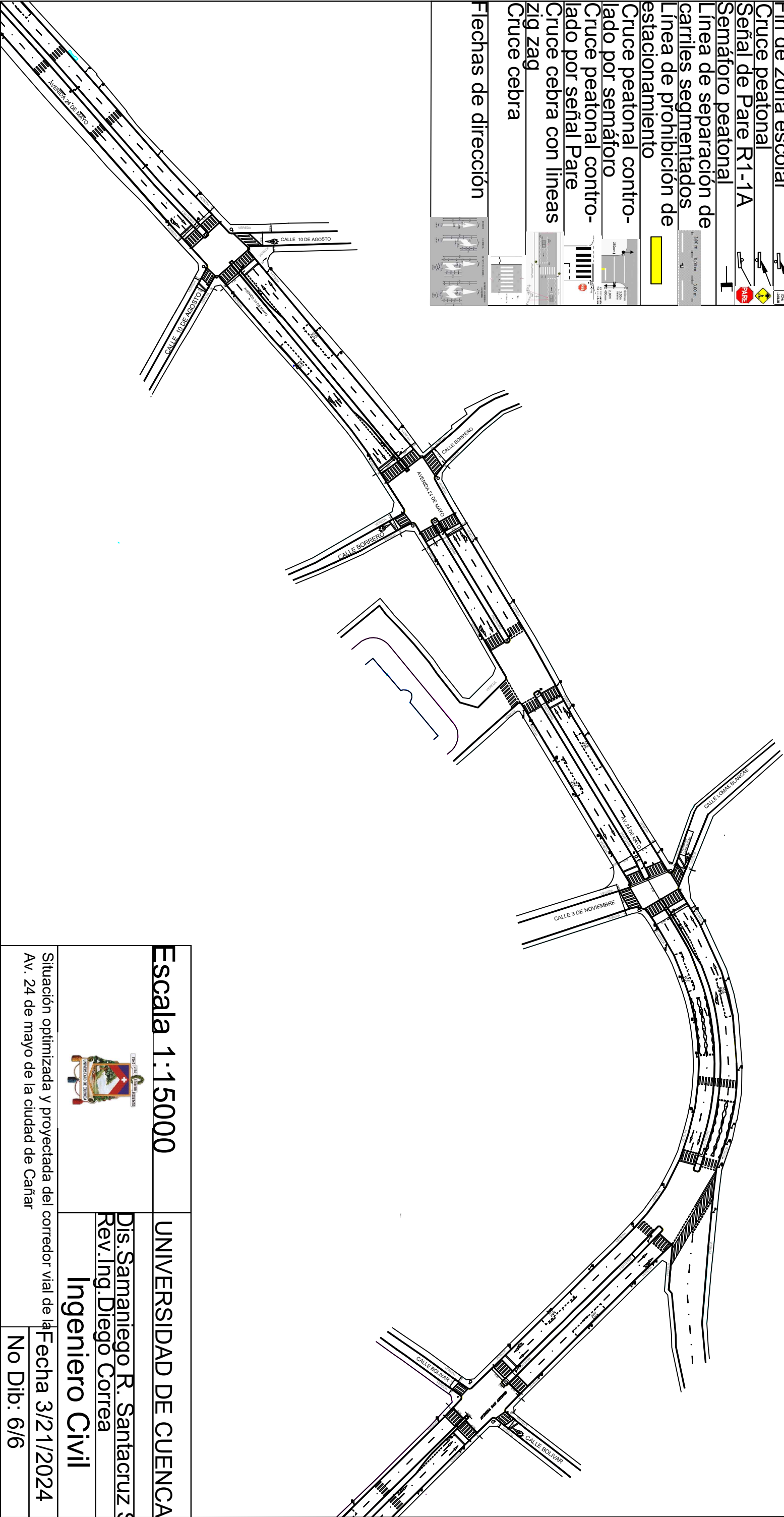
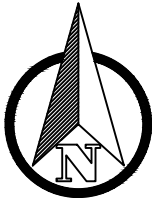
Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 6/6

LEYENDA

Parada de bus	
Prohibido estacionarse	
Semáforos	
Prohibo giro en U	
Zona escolar	
Permitido Estacionarse	
Peatones en la vía	
Fin de zona escolar	
Cruce peatonal	
Señal de Pare R1-1A	
Semáforo peatonal	
Línea de separación de carriles segmentados	
Línea de prohibición de estacionamiento	
Cruce peatonal controlado por semáforo	
Cruce peatonal controlado por señal Pare	
Cruce cebra con líneas zig zag	
Cruce cebra	
Flechas de dirección	



Escala 1:15000

UNIVERSIDAD DE CUENCA



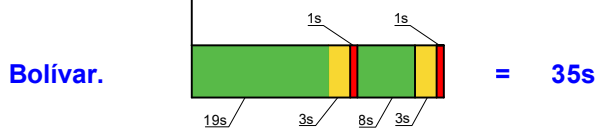
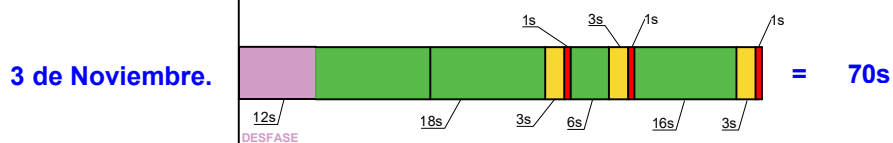
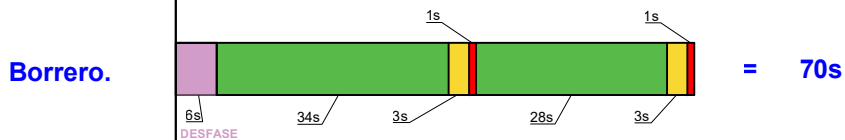
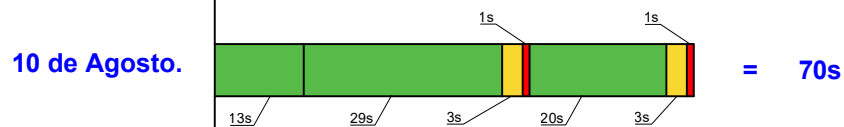
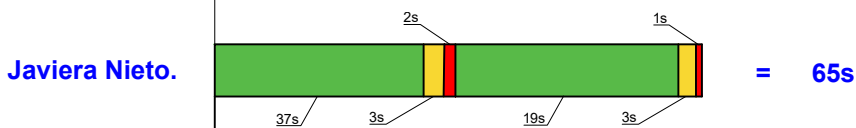
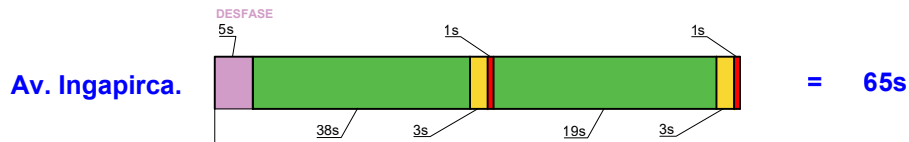
Dis.Samaniego R. Santacruz S
Rev.Ing.Diego Correa
Ingeniero Civil

Situación optimizada y proyectada del corredor vial de la
Av. 24 de mayo de la ciudad de Cañar

Fecha 3/21/2024

No Dib: 6/6

Diagrama de Fases Corredor Avenida 24 de Mayo



**Primer tramo
del corredor.**

**Segundo tramo
del corredor.**

Diagrama de Fases Semafóricas Avenida 24 de Mayo



ELABORADO POR:
Ronaldo Samaniego,
Sebastián Santacruz.

REVISADO Y APROBADO POR:
Ing. Diego Correa

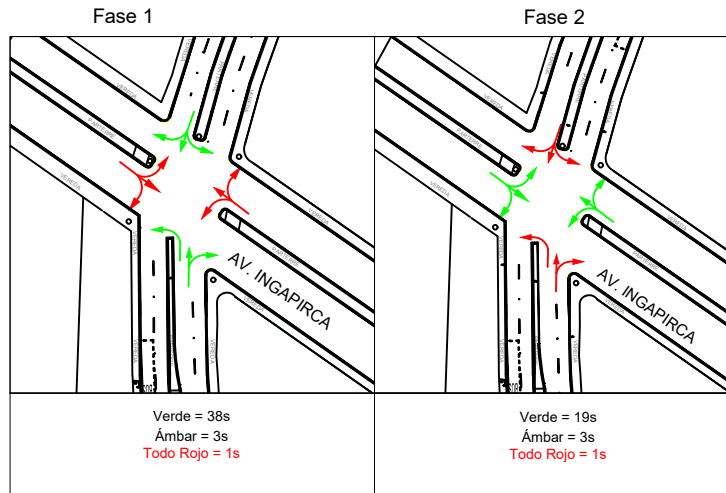
Contiene:
DIAGRAMAS DE FASE

Fecha: 07/04/2024

Hoja N.: 1/4

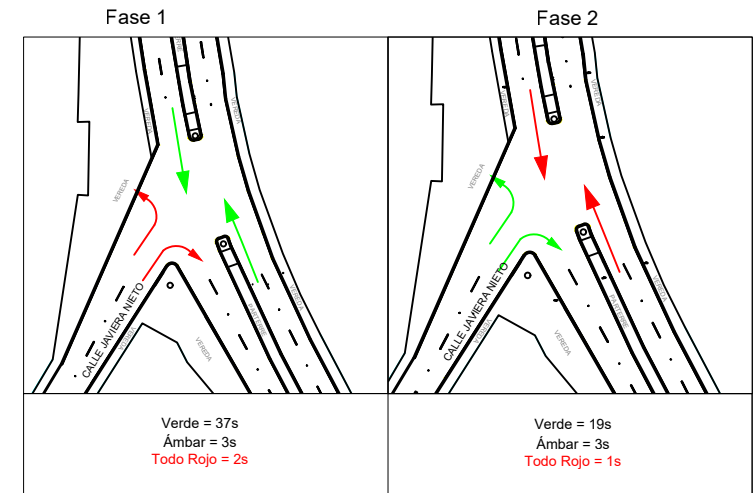
Optimización Semafórica: Intersercción Avenida 24 de Mayo y Avenida Ingapirca Intersercción Avenida 24 de Mayo y Calle Javiera Nieto

1. Av. 24 de Mayo y Av. Ingapirca. (Cambio de 3 a 2 fases con carril de giro izquierdo).



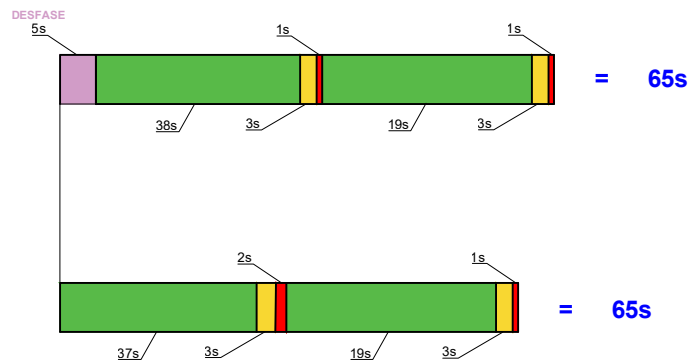
FASE 1	FASE 2	CICLO
42	23	65

2. Av. 24 de Mayo y Javiera Nieto. (Optimización, prohibición de Giros en U).



FASE 1	FASE 2	CICLO
42	23	65

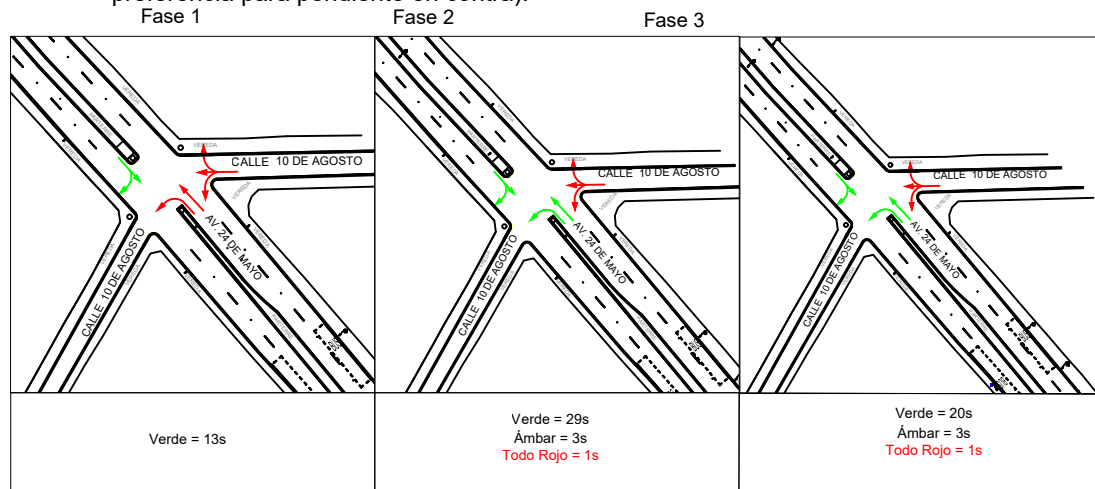
3. Diagramas de Fases Semafóricas.



Optimización Semafórica. Av. 24 de Mayo - Av. Ingapirca - Calle Javiera Nieto.	
	ELABORADO POR: Ronaldo Samaniego. Sebastián Santacruz.
	REVISADO Y APROBADO POR: Ing. Diego Correa
Contiene: ESQUEMA DE SEMAFORIZACIÓN DIAGRAMAS DE FASE	Fecha: 07/04/2024 Hoja N.: 2/4

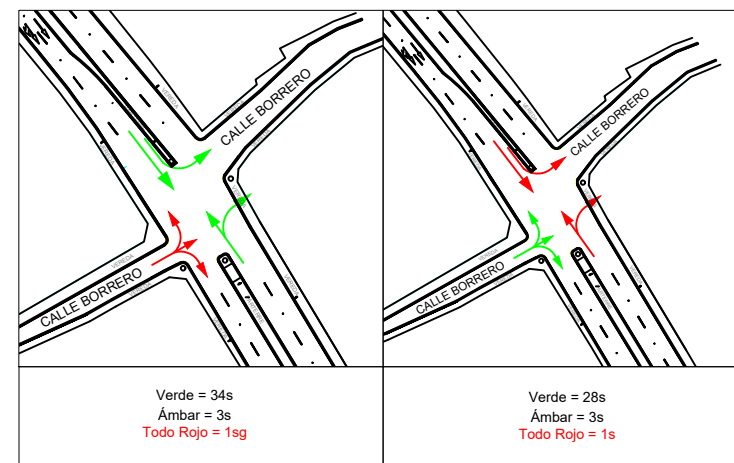
Optmimización Semafórica: Intersercción Avenida 24 de Mayo y Calle 10 de Agosto Intersercción Avenida 24 de Mayo y Calle Borrero

1. Av. 24 de Mayo y 10 de Agosto. (Cambio de 2 a 3 fases con preferencia para pendiente en contra).



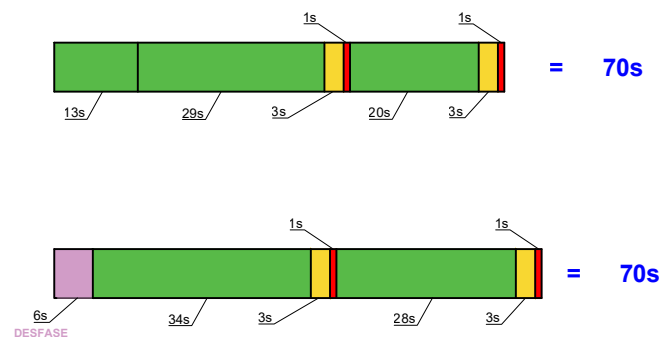
FASE 1	FASE 2	FASE 3	CICLO
13	33	24	70

2. Av. 24 de Mayo y Borrero (Optimización y reforma para giro izquierdo).



FASE 1	FASE 2	CICLO
38	32	70

3. Diagramas de fases semafóricas.

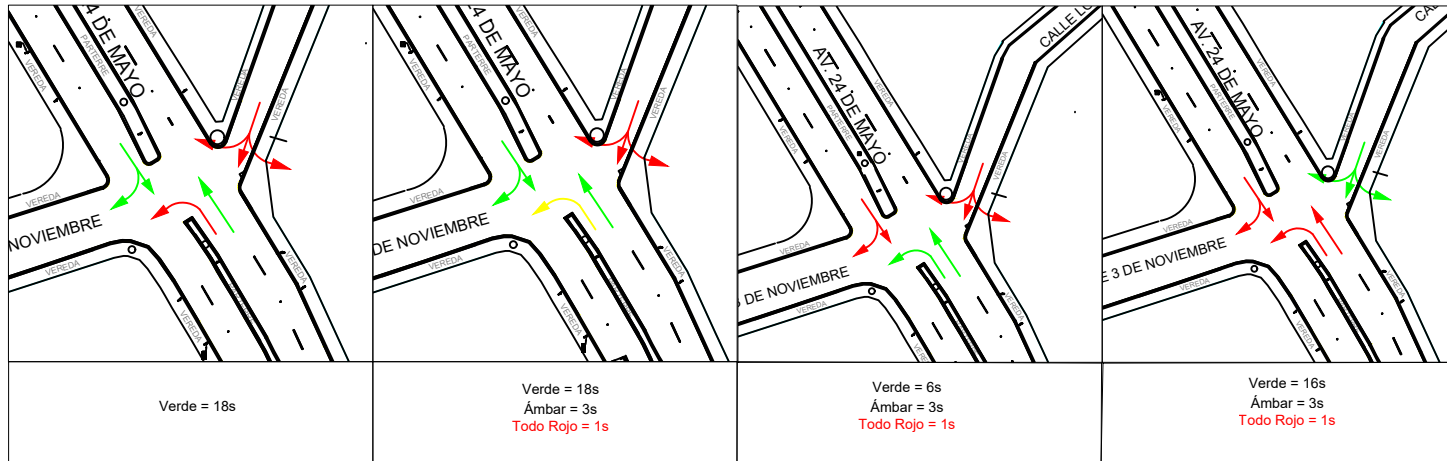


Optimización Semafórica. Av. 24 de Mayo - Calle 10 de Agosto - Calle Borrero.	
	ELABORADO POR: Ronaldo Samaniego. Sebastián Santacruz.
	REVISADO Y APROBADO POR: Ing. Diego Correa
Contiene: ESQUEMA DE SEMAFORIZACIÓN DIAGRAMAS DE FASE	Fecha: 07/04/2024 Hoja N.: 3/4

Optimización Semafórica: Intersercción Avenida 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre

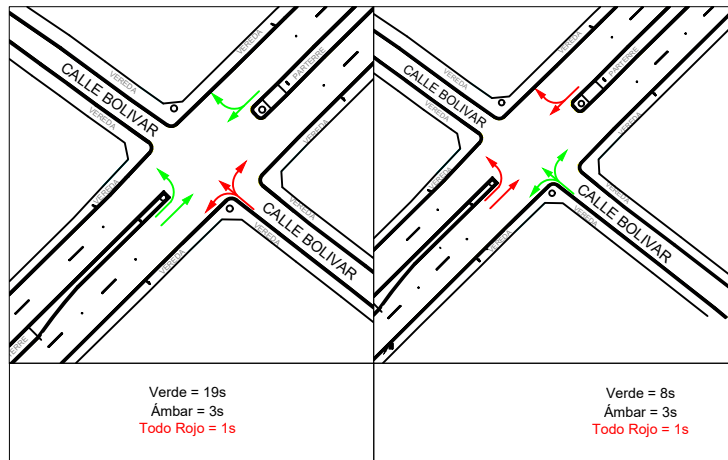
Intersercción Avenida 24 de Mayo y Calle Bolívar

1. Av. 24 de Mayo y Calle 3 de Noviembre. (Cambio de 3 a 4 fases con preferencia para pendiente en contra).



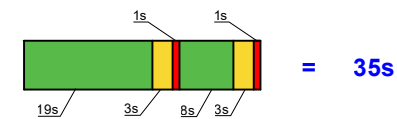
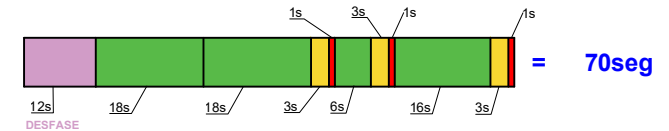
FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	CICLO
18	22	10	20	70

2. Av. 24 de Mayo y Calle Bolívar (Optimización y reforma para giro izquierdo).



FASE 1	FASE 2	CICLO
23	12	35

3. Diagramas de fases semafóricas.



Optimización Semafórica. Av. 24 de Mayo - Calle 3 de Noviembre - Calle Bolívar.	
	ELABORADO POR: Ronaldo Samaniego. Sebastián Santacruz.
	REVISADO Y APROBADO POR: Ing. Diego Correa
Contiene: ESQUEMA DE SEMAFORIZACIÓN DIAGRAMAS DE FASE	Fecha: 07/04/2024 Hoja N.: 4/4