



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL AL CONGESTIONAMIENTO
VEHICULAR QUE SE PRODUCE EN LA AV. PASEO DE LOS CAÑARIS EN
INTERSECCIÓN CON LA CALLE CAMILO PONCE, DE LA CIUDAD DE CUENCA**

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

AUTORES: ERICK ALEXANDER POVEDA PICÓN

KARLA JOHANNA ESPINOZA ENCALADA

TUTOR: ING. IVÁN ALEJANDRO MEJÍA REGALADO, Msc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Erick Alexander Poveda Picón con documento de identificación N° 0106230659 y Karla Johanna Espinoza Encalada con documento de identificación N° 0302057518; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 23 de enero del 2024

Atentamente,



Erick Alexander Poveda Picón

0106230659



Karla Johanna Espinoza Encalada

0302057518

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Erick Alexander Poveda Picón con documento de identificación N° 0106230659 y Karla Johanna Espinoza Encalada con documento de identificación N° 0302057518, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de investigación: “Análisis y propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la Av. Paseo de los Cañaris en intersección con la calle Camilo Ponce, de la ciudad de Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de enero del 2024

Atentamente,



Erick Alexander Poveda Picón

0106230659



Karla Johanna Espinoza Encalada

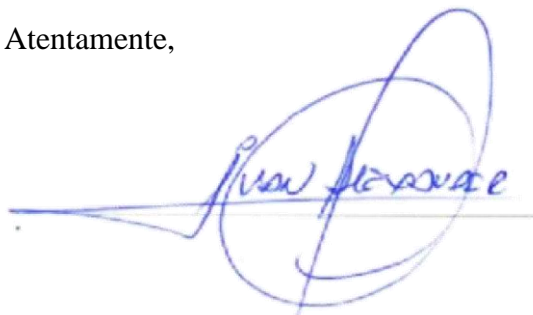
0302057518

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Iván Alejandro Mejía Regalado con documento de identificación N° 0101883841, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN INTEGRAL AL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR QUE SE PRODUCE EN LA AV. PASEO DE LOS CAÑARIS EN INTERSECCIÓN CON LA CALLE CAMILO PONCE, DE LA CIUDAD DE CUENCA, realizado por Erick Alexander Poveda Picón con documento de identificación N° 0106230659 y por Karla Johanna Espinoza Encalada con documento de identificación N° 0302057518, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 23 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado, Msc.

0101883841

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a quienes han sido pilares fundamentales en este camino académico. En primer lugar, a Dios por la fortaleza durante todo este trayecto, a mis padres, Carlos Espinoza y Vilma Encalada cuyo inquebrantable apoyo, sacrificio y amor han sido la luz que ilumina cada paso que doy. Su constante aliento y creencia en mis capacidades han sido la fuerza impulsora detrás de cada logro alcanzado, a mis hermanos Carolina, Carlos, Camila y Karina quienes han sido mi fuente de inspiración inagotable, y ser ese aliento y motivación en los momentos difíciles.

A mi familia extendida y amigos, quienes han compartido esta travesía conmigo, aportando momentos de alegría, distracción y comprensión en los momentos más desafiantes. Agradezco su paciencia y comprensión durante las largas horas de estudio y las ocasiones en las que mi presencia fue limitada.

Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que han dejado su huella en mi vida. Gracias por ser parte de este emocionante capítulo, por creer en mí y por ser fuente constante de inspiración. Este trabajo está dedicado a cada uno de ustedes, con gratitud y aprecio sinceros. Que este logro sea un testimonio de la fuerza que se encuentra en la unidad y en el apoyo mutuo. ¡Gracias por hacer posible este sueño!"

Karla Johanna Espinoza Encalada

DEDICATORIA

En la dedicatoria, quiero rendir homenaje a Dios por ser mi guía constante y brindarme salud, fuerza y sabiduría en todos los aspectos de mi vida. A mis padres, hermanos, abuelos y demás familia, quienes han sido fuentes inagotables de apoyo, inspiración y aliento a lo largo de mi trayectoria estudiantil.

Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que han sido parte de mi viaje. Les agradezco de corazón por formar parte de esta experiencia inolvidable.

Erick Alexander Poveda Picón

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por permitirme celebrar este triunfo en mi vida junto a mi familia y seres amados.

Agradezco a mis padres por darme la oportunidad de estudiar en una prestigiosa universidad, agradezco de todo corazón su esfuerzo diario por verme convertida en una profesional.

A mi familia en general por confiar en mí.

A mi madrina Mariana por siempre estar al pendiente y brindándome su apoyo en todo momento.

A todos mis amigos, colegas y compañeros de clase quienes hicieron de todo este tiempo una experiencia maravillosa.

A todos mis profesores quienes nos compartieron sus conocimientos y experiencias.

Gracias infinitas a todas y cada una de las personas quienes influyeron directa e indirectamente en el trayecto de esta etapa universitaria y la realización de este proyecto.

Karla Johanna Espinoza Encalada

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental de mi travesía académica y que han contribuido de diversas maneras a mi desarrollo y éxito.

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la salud y la fortaleza necesaria para superar los desafíos y seguir adelante en este camino educativo.

A mis padres, Omar Poveda y Leida Picón, un agradecimiento especial. Su apoyo constante y los sacrificios que han hecho para permitirme perseguir mis metas académicas son invaluable. Han sido los artífices durante este proceso, y su fe en mí ha sido mi mayor motivación. Aprecio profundamente su confianza en mi potencial y por ser mi fuente constante de inspiración.

A mis amigos Gustavo Jara, Sebastián Bravo, Jonhatan Córdova, Iván Mejía y Douglas Tinoco, les agradezco por su apoyo emocional y motivacional a lo largo de esta travesía académica.

Quiero expresar mi gratitud al Ing. Iván Alejandro Mejía Regalado, mi supervisor de tesis, por su guía experta, paciencia y mentoría. Su sabiduría y experiencia han sido fundamentales para dar forma a mi investigación y brindarme valiosos consejos en cada etapa del camino. Agradezco sinceramente su creencia en mí y por ayudarme a alcanzar nuevos niveles de excelencia académica.

También agradezco a todos los participantes de mi investigación, quienes generosamente dedicaron su tiempo y compartieron sus conocimientos para enriquecer mi trabajo. Sus contribuciones han sido invaluable y han elevado la calidad de mi tesis.

Erick Alexander Poveda Picón

RESUMEN

El presente estudio tiene como enfoque principal presentar una solución viable ante la problemática de congestiónamiento vehicular que presenta la Av. Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce. Durante el tiempo de ejecución del estudio se experimentó la demanda vehicular que presenta dicha intersección, generándose por este motivo largas filas y gran tiempo de demora, por lo tanto, se realizó en estudio con la finalidad de ofrecer una solución para así mejorar el nivel de servicio y reduciendo la incomodidad de los usuarios. El estudio comprende varios enfoques como son, análisis de congestiónamiento, conteo vehicular, TPDA, y mayormente determinar el destino de los vehículos mediante análisis de giros dentro de la intersección. Al tener determinada la problemática se realiza una propuesta de solución con la ayuda de herramientas tecnológicas, la misma que permite que los usuarios de la intersección circulen sin problemas, reduciendo los tiempos de espera y congestiónamiento, así como también, con niveles de servicio mejorados que influyen positivamente al flujo vehicular de la intersección.

Palabras clave: Congestionamiento, demanda, nivel de servicio, conteo vehicular, TPDA, intersección, problemática.

ABSTRACT

The main purpose of this study is to present a viable solution to the problem of traffic congestion on Paseo de los Cañaris and Camilo Ponce Avenues. During the time of execution of the study, we experienced the vehicular demand that this intersection presents, generating long lines and long delays, therefore, the study was conducted in order to offer a solution to improve the level of service and reducing the discomfort of users. The study includes several approaches such as congestion analysis, vehicle counting, TPDA, and mainly to determine the destination of vehicles through analysis of turns within the intersection. Once the problem has been determined, a solution proposal is made with the help of technological tools, which allows the users of the intersection to circulate without problems, reducing waiting times and congestion, as well as with improved service levels that positively influence the vehicular flow of the intersection.

Key words: congestion, demand, level of service, vehicle count, TPDA, intersection, problems.

Índice General

ÍNDICE DE TABLAS	15
INTRODUCCIÓN.....	16
1 PROBLEMA DE ESTUDIO.....	19
1.1 Problemática.....	19
1.2 Antecedentes.....	20
1.3 Justificación.....	20
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	21
2 MARCO TEORICO.....	22
2.1 Congestionamiento vehicular.....	22
2.2 Causas de congestionamiento vehicular.....	22
2.3 Parámetros del Tránsito vehicular.....	23
2.3.1 Trazo urbano actual.....	23
2.3.2 Demanda vehicular y oferta vial.....	23
2.4 Principios básicos del flujo de tránsito.....	25
2.4.1 Velocidad.....	25
2.4.2 Volumen.....	26
2.4.3 Densidad.....	26
2.4.4 Resumen de giros, número de vehículos y valor porcentual.....	26
2.5 Características de los componentes de tránsito.....	27
2.5.1 Usuarios de vía.....	27
2.5.2 Factores del tráfico.....	28
2.6 Vehículos.....	29
2.7 Sistema Vial.....	30
2.8 Sistema vial en zonas urbanas.....	31
2.9 Capacidad y nivel de servicio.....	32
2.10 Intersecciones.....	34
2.10.1 Glorietas.....	34
2.11 Clasificación de la señalética.....	35
2.12 Dispositivos controladores de tránsito.....	36
2.13 Características de la semaforización.....	37
2.13.1 Descripción de indicaciones de semáforos.....	38

2.13.2	Criterios de control en semáforos.....	39
2.13.3	Sincronización de ciclos semaforicos.....	40
2.14	Sistemas y modos de transporte.....	49
2.14.1	Ubicación.....	49
2.14.2	Movilidad.....	49
2.14.3	Eficiencia.....	49
2.15	Simulación de Tráfico Vehicular.....	50
2.15.1	Software AIMSUN.....	50
3	METODOLOGÍA.....	55
3.1	Fases de estudio.....	55
3.2	UBICACIÓN.....	56
3.3	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	57
3.4	CONTEO VEHICULAR.....	57
3.5	SIMULACIÓN (AIMSUN).....	70
3.5.1	Levantamiento de información.....	70
3.5.2	Información general.....	71
3.5.3	Importación de datos.....	72
3.5.4	Condiciones generales.....	73
3.5.5	Importación de datos del flujo vehicular.....	83
3.5.6	Plan de transporte público.....	87
3.5.7	Niveles de servicio.....	91
3.5.8	Calibración del modelo de micro simulación.....	93
3.5.9	Calibración Gráfica.....	94
3.5.10	Regresión Lineal.....	95
3.5.11	Estadísticas del modelo.....	97
3.5.12	Niveles de servicio obtenidos en la intersección.....	98
3.5.13	Intersección proyectada a 2043 (20 años).....	99
3.5.14	Tiempos de demora del tráfico (en cola).....	101
3.5.15	Alternativas de solución.....	106
3.5.16	Solución.....	107
4	Presupuesto.....	114
5	Conclusiones.....	115
6	Recomendaciones.....	116
7	Referencias bibliográficas.....	118

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Oferta Vial y Demanda Vehicular.....	24
Ilustración 2. oferta vial y demanda.....	25
Ilustración 3. Niveles de servicio	33
Ilustración 4. Esquema de intersección	35
Ilustración 5.Diferentes clases de señaléticas de aproximación.	36
Ilustración 6. Esquema de intervalo	41
Ilustración 7. Vehículos directos equivalentes para giros a la izquierda	44
Ilustración 8. Vehículos directos equivalentes para giros ala derecha	44
Ilustración 9. Modelo del flujo de saturación.	45
Ilustración 10. Diagrama de fases en la intersección.....	48
Ilustración 11. Diagramas de tiempos en dos fases	49
Ilustración 12. Simulación realizada en el software AIMSUN.....	51
Ilustración 13. Ubicación del área de estudio.....	56
Ilustración 14. Grafica de tráfico vehicular	61
Ilustración 15. Intersección por diseñar.....	70
Ilustración 16. Selección de plantilla	71
Ilustración 17. importación de las condiciones geométricas de la intersección	72
Ilustración 18. Intersección en la Av. Paseo de los Cañaris	73
Ilustración 19. Condiciones geométricas de la intersección	74
Ilustración 20. Jerarquía vial en la Ciudad de Cuenca.....	75
Ilustración 21. Características generales del corredor	76
Ilustración 22. Pendiente de la Av. Camilo Ponce	76
<i>Ilustración 23. Asignación de giros en la intersección.....</i>	<i>78</i>
Ilustración 24. Señales de tránsito en la intersección	79
Ilustración 25. Grupos semafóricos en la estación 1.	80
Ilustración 26. Grupos semafóricos en la estación 2.	80
Ilustración 27. Grupos semafóricos de las estaciones 3 y 4.....	81
Ilustración 28. Plan maestro semafórico	81
Ilustración 29. Datos de ciclos semafóricos	81
Ilustración 30. Programa de planes horarios	82
Ilustración 31. Ciclos semafóricos en la intersección.....	82
Ilustración 32. Vehículos pesados en el corredor de la Av. Paseo de los Cañaris.....	84
Ilustración 33. Porcentaje de vehículos pesados en la intersección	85
Ilustración 34. Vehículos livianos en la intersección	86
Ilustración 35. Vehículos livianos en la Av. Camilo Ponce.....	86
Ilustración 36. Porcentaje de vehículos livianos en la intersección.	87
Ilustración 37. Líneas de buses que circulan por la intersección	89

Ilustración 38. Datos generales de las líneas de buses.....	90
Ilustración 39. Parada de los buses en la intersección	91
<i>Ilustración 40. Niveles de servicio ingresados en el AIMSUN</i>	<i>92</i>
Ilustración 41. Ubicación de los detectores.....	93
Ilustración 42. Detectores en la intersección	94
Ilustración 43. Valores reales vs valores simulados.....	95
Ilustración 44. Gráfica de la regresión lineal del modelo	96
Ilustración 45. Valores del GEH.....	97
Ilustración 46. Estadística GEH	98
Ilustración 47. Niveles de servicios de la intersección en 2023.....	99
Ilustración 48. Proyección a 20 años de la intersección	101
Ilustración 49. Paseo de los Cañaris (Carril de ingreso).....	102
Ilustración 50. Tiempos de espera en cola.....	102
Ilustración 51. Av. Paseo de los Cañaris (carril ingreso a intersección).....	103
Ilustración 52. Tiempos de demora en cola	103
Ilustración 53. Av. Juan José Flores (carril de ingreso)	104
Ilustración 54. Tiempos de demora en cola.....	104
Ilustración 55. Av. Camilo Ponce (carril de ingreso).....	105
Ilustración 56. Tiempos de demora en cola.....	105
Ilustración 57. Sincronización de los tiempos semafóricos.....	108
Ilustración 58. Eliminación del giro ala izquierda.....	109
Ilustración 59. Solución al problema de congestión vehicular en la intersección.....	109
Ilustración 60. Av. Paseo de los Cañaris.....	110
Ilustración 61. Tiempos de espera en cola con solución.....	111
Ilustración 62. Av. Paseo de los Cañaris.....	111
Ilustración 63. Tiempos de espera en cola con solución.....	112
Ilustración 64. Av. Juan José Flores	112
Ilustración 65. Tiempos de espera en cola con solución.....	113
Ilustración 66. Camilo Ponce	113
Ilustración 67. Tiempos de espera en cola con solución.....	114
Ilustración 68. Giros vista planta de la estación 1	139
Ilustración 69. Giros vista planta de la estación 2	139
Ilustración 70. Giros vista planta de la estación 3	140
Ilustración 71. Giros vista planta de la estación 4	140
Ilustración 72. Visualización del conteo mediante dron.	141
Ilustración 73. Visualización del conteo mediante dron.	141
Ilustración 74. Plano vista planta señalización y giros.	142
Ilustración 75. Plano trazado calzada, vereda, bordillo y medidas.	142
Ilustración 76. Ubicación de la intersección de estudio	143
Ilustración 77. Factor de ajuste por vehículo pesado.....	143
Ilustración 78. Cálculo de movimientos en la estación 1	144
Ilustración 79. flujo total equivalente de acceso en cada estación.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conteo vehicular de los 7 días de la semana	58
Tabla 2. Resumen de giros y número de vehículos	59
Tabla 3. Resumen de giros y valor porcentual de vehículos.....	60
Tabla 4. Resumen de tráfico en la intersección en la hora pico.....	62
Tabla 5. Resumen de tráfico en la intersección durante el día.....	62
Tabla 6. Corrección de factor TPDA en la hora pico.....	63
Tabla 7. Corrección de factor TPDA en el día completo.....	63
Tabla 8. Consumo de combustible Azuay 2022	65
Tabla 9. Factores vehiculares en la intersección.....	66
Tabla 10. Resumen de factores vehiculares.....	66
Tabla 11. Tasa de crecimiento vehicular 2022-2023.....	67
Tabla 12. Tasas de crecimiento vehicular proyectada.....	68
Tabla 13. Tráfico proyectado de 00H00 a 24H00.....	69
Tabla 14. Presupuesto	115
Tabla 15. Conteo de tráfico vehicular, estación1, giro ala izquierda	121
Tabla 16. Conteo de tráfico vehicular estación 1, giro recto	122
Tabla 17. Conteo de tráfico vehicular, estación1, giro ala derecha.....	123
Tabla 18. Conteo de tráfico estación 1, giro en U.	124
Tabla 19. Resumen conteo de tráfico intersección.....	125
Tabla 20. Resumen conteo de tráfico intersección vehículos	126
Tabla 21. Resumen flujo vehicular estación 1.....	129
Tabla 22. Resumen flujo vehicular estación 2.....	132
Tabla 23. Resumen flujo vehicular estación 3.....	135
Tabla 24. Resumen flujo vehicular estación 4.....	138

INTRODUCCIÓN

Las altas exigencias de tráfico en las calles y carreteras en muchas partes del país requirieron trabajar prioritariamente en varios aspectos de mejora vial para promover mayor kilometraje en el menor tiempo posible. Sin embargo, entre más evidente se manifiesta el problema de tránsito como resultado del aumento en el congestionamiento, más rápido se intenta resolver el problema. Por eso tarde o temprano, todo país, cada ciudad, tendrá que considerarlo, estudiarlo y tratar de afrontarlo, por que serán víctimas del alto precio que se paga por la era de la motorización, los últimos tiempos se ha elevado el grave problema del tránsito por lo que comenzaron a centrarse en el análisis operativo de los flujos de tráfico de calles y carreteras (Cal. Rafael et al., 2007)

El análisis de congestionamiento vehicular comprende las características y comportamiento del tránsito, los mismos que son condiciones estándares que aportan al planteamiento de proyectos, rediseño y operación calles, carreteras y obras complementarias en el mismo sistema de transporte. Estos requisitos aportan para la determinación de la capacidad existente, estimar la calidad de tráfico, a partir de los volúmenes vehiculares previstos (Romanowska & Jamroz, 2021). Esto debido a su elevada importancia ya que es un aporte directo para el desarrollo de la localidad. Con la aplicación de métodos de conteo y análisis matemáticos, se puede determinar el flujo vehicular, regulación de tráfico en la ciudad (Junevicius & Bogdevicius, 2007), descripción de la manera en la que circulan los distintos vehículos en algún tipo de vialidad, permitiendo identificar el nivel de eficacia de la operación y dirigir hacia una mejora de la actividad efectiva en el flujo de tráfico (Xu et al., 2018)

El congestionamiento vehicular tiene múltiples consecuencias que afectan tanto a nivel personal como también a nivel colectivo y ambiental. A nivel personal las largas horas de tráfico pueden generar mucha frustración, estrés y también pérdida de tiempo para los conductores lo que pudrían influenciar negativamente a su salud emocional y calidad de vida. Además, los atascos pueden retrasar actividades cotidianas como ir al trabajo o cualquier actividad importante con consecuencias económicas y sociales (Cortínez & Domínguez, 2013). En general, el tráfico excesivo de vehículos conduce a un transporte ineficiente, lo que se traduce en tiempo de viaje más largos y costos operativos muchos más altos para las empresas de transporte y logística, generando de esta manera un gran impacto económico al retrasar la llegada de mercancías y desplazamiento de personas. Además, la congestión de tráfico puede también dar paso a problemas de accesibilidad lo que dificulta a la movilidad y transporte público, así mismo entorpece que las personas accedan a servicios esenciales como son hospitales, escuelas y centros comerciales.

Ambientalmente el congestionamiento vehicular aumenta significativamente al cambio climático y a la contaminación de aire, ya que los vehículos emiten gases que contaminan como son: óxidos de nitrógeno (NO_x) y el dióxido de carbono (CO₂), los mismos que tienen un impacto negativo para la calidad de aire y afectan la salud humana. Adicionalmente el tráfico genera grandes niveles de ruido, lo que puede afectar a la tranquilidad y disminuyen la calidad de vida de las aledañas a las carreteras muy transitadas (Gumashta & Bijlwan, 2020).

Para abordar estas consecuencias, en varios países y ciudades se han estudiado e implementado métodos para una mejora de transporte como son

Li et al.,(2019) de la Universidad nacional, Pekín, China. Beijing University of Post and Telecommunications (BUPT). Basada en sus estudios ante esta problemática presenta como

solución un balanceador de carga en cada extremo para el control de tráfico de redes vehiculares, es decir un sistema de tránsito inteligente, el cual amerita que cada vehículo para transitar debe estar obligatoriamente conectado a sensores los mismos que son ubicados en los vehículos los cuales reciben y distribuyen recursos de computación, almacenamiento y control, para beneficiarse de la intercomunicación y de esta forma planificar automáticamente una ruta eficaz, que garantiza la conducción eficiente y segura, también mostrando el proceso en tiempo real de circulación de todos los vehículos conectados, evitando de esta forma el ingreso a vías que presenten un incremento de tráfico, por lo tanto reduciendo el congestionamiento vehicular y tiempo de circulación.

Luis Fernando et al., (2013) presentan. un artículo respaldado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, Colombia. Describe un prototipo regulador de tránsito vehicular con un sistema de comunicación basado en el protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) el mismo que funciona mediante enlaces de datos que se usa en internet para que los ordenadores y otros dispositivos envíen y reciban datos, para el monitoreo y controlar remotamente las luces de semáforos en intersecciones. Los resultados indican el tiempo de comunicación en la matriz y los controladores de tránsito. La conclusión destaca la importancia de utilizar dicho protocolo en el sistema de semáforos, ya que al conocer el comportamiento de tráfico de la intersección, de ser necesario se modifican el tiempo de semaforización con la finalidad de estabilizar el flujo vehicular.

La congestión vehicular de tráfico que presenta la Ciudad de Cuenca y muchas otras ciudades andinas, es una problemática de índole diario, en especial en la zona urbana, como es la Av. Paseo de los cañaris y Camilo Ponce. En esta intersección se puede notar un aumento en el número de

vehículos, lo que genera más tiempo de tráfico en ciertas horas del día (Macea-Mercado et al., 2016). El empleo de las distintas maneras de transporte aportan comodidad y seguridad en la movilidad en general tomando en cuenta importantes aspectos económicos, culturales y sociales. La Ingeniería de Tránsito se une directamente con los proyectos geométricos y la programación del tránsito que moviliza por las vías y su correspondencia con las formas de transporte, determinando al transporte como la variación de personas, mercancías de un lado a otro con la intención de abastecer las necesidades esenciales de una población, con la finalidad de dar paso a la circulación económica de la ciudad y el país en general (Cal. Rafael et al., 2007).

1 PROBLEMA DE ESTUDIO

1.1 Problemática

La problemática principal que presente la intersección Av. Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce es el congestionamiento de vehículos. Esta situación se caracteriza por la acumulación de vehículos en las carreteras a un ritmo más rápido de lo que pueden moverse, lo que resulta en un flujo de tráfico lento o incluso detenido, teniendo actualmente tiempos de espera entre 19 a 34 segundos, así como también niveles de servicio en las diferentes estaciones se presenta desde A, B y F. Sin embargo, el mayor problema es el nivel servicio F que se encuentra operando dentro de la intersección en la Av. Paseo de los Cañaris de Oeste a Este, hacia la Calle Camilo Ponce.

Para abordar la congestión vehicular, se pueden tomar diversas medidas, como realizar un estudio el cual permita presentar una solución viable que garantice reducir el congestionamiento vehicular en la hora pico, de esta forma brindar eficiencia y comodidad a los usuarios.

1.2 Antecedentes

Como ya es de conocimiento el congestionamiento de vehículos es generado cuando el tráfico que existe sobrepasa la capacidad de diseño de la vía, presentándose así el origen del problema del tema de estudio, comúnmente se muestra cuando una cantidad considerable de vehículos circula simultáneamente y horas pico. Es importante tener en cuenta que en la actualidad el tráfico incrementa de una forma acelerada, debido al incremento de vehículos en la ciudad.

1.3 Justificación

En la Ciudad de Cuenca incrementa notablemente la congestión vehicular a lo largo del tiempo. Esto se observa en múltiples intersecciones de la ciudad, en especial en la Av. Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce.

Esta intersección muestra un incremento al tiempo de viaje, aumento en picos, consumo de combustibles, así también con aumento de costos operativos. El presente proyecto consiste principalmente en el análisis de tráfico producido el cual será analizado mediante grabaciones en puntos estratégicos, durante 7 días, las 24 horas, es importante mencionar que al no tener información existente para ejecución del proyecto es necesario iniciar desde un levantamiento geométrico y de información vehicular ya que desempeña un papel fundamental en la gestión eficiente de las vías y la planificación del transporte, recopilar datos precisos y actualizados sobre el flujo de vehículos es crucial ya que permite presentar una solución acertada, teniendo en cuenta que en la zona de estudio se muestran múltiples paradas de buses, hospitales y diversos locales comerciales que aportan en la parte económica y social de la zona, estos serán beneficiarios directamente al momento de mejorar las condiciones de flujo actuales.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el flujo de tránsito en la intersección constituida por la Av. Paseo de los Cañaris y la calle Camilo Ponce, ubicada en la Ciudad de Cuenca haciendo énfasis en la capacidad y nivel de servicio, a fin de proponer una alternativa de solución al conflicto de movilidad.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el conteo vehicular mediante escenas de tráfico.
- Determinar la capacidad y nivel de servicio con el que trabaja la intersección en los diferentes días del aforo vehicular y peatonal.
- Plantear una propuesta de intervención para mejorar el nivel de servicio de la intersección conformada por la Av. Paseo de los Cañaris y la calle Camilo Ponce, con la finalidad de maximizar la capacidad de tránsito.

2 MARCO TEORICO

Análisis vehicular es un enfoque integral que permite comprender y evaluar diversos aspectos relacionados con los usuarios y funcionamiento vehicular. Se basa en una sólida fundamentación teórica y conceptos técnicos que proporcionan las bases necesarias para analizar y resolver el problema presentado.

2.1 Congestionamiento vehicular

La problemática de congestión vehicular también es conocida como atasco de tráfico o embotellamiento, es un desafío común en muchas áreas urbanas en ciudades grandes (Cal. Rafael et al., 2007).

2.2 Causas de congestionamiento vehicular

- **Demanda Excesiva de Transporte:** En áreas urbanas densamente pobladas, la cantidad de vehículos en las carreteras a menudo supera la capacidad de estas para acomodarlos.
- **Infraestructura Inadecuada:** Carreteras, puentes y sistemas de transporte público insuficientes o mal mantenidos pueden contribuir al congestionamiento.
- **Horas Pico:** La congestión tiende a ocurrir en las horas pico, cuando las personas se desplazan al trabajo o regresan a casa, lo que aumenta la demanda de carreteras.
- **Fallas en el Transporte Público:** Problemas con el transporte público, como retrasos o falta de eficiencia, pueden llevar a más personas a usar sus vehículos privados.

- **Planificación Urbana Inadecuada:** Ciudades con un diseño urbanístico deficiente, que promueven la dispersión de la población y la dependencia del automóvil, pueden exacerbar la congestión.

2.3 Parámetros del Tránsito vehicular

2.3.1 Trazo urbano actual

El trazo urbano es aquel que es parte de los elementos físicos, que facilitan visualizar históricamente y que agrupan el proceso de desarrollo urbano.

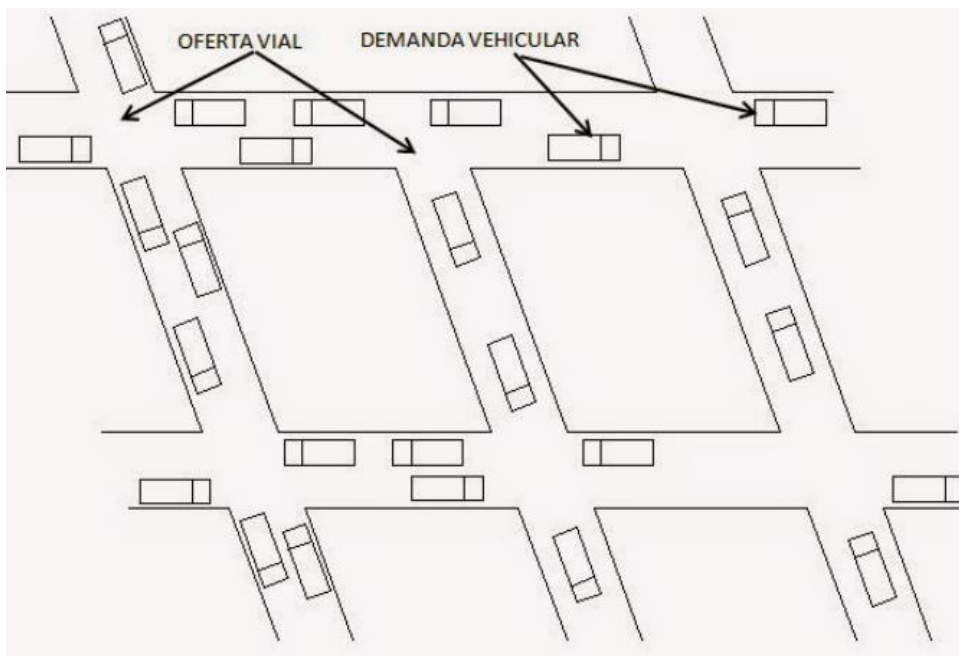
De esta manera, se debe tener en cuenta el bienestar de los ciudadanos y se puede prevenir accidentes mortales. Desde distinto enfoque, es anacrónico, decir que un automóvil puede circular a gran velocidad en la ciudad, no da, se encuentra fuera del momento histórico de este momento, busca un sistema de tránsito amigable en un espacio urbano dinámico y prefiere peatones, ciclistas y transporte público. Por lo tanto, el diseño vial debe ser compatible con la velocidad del vehículo y el nivel y funciones del sistema vial urbano (Cal. Rafael et al., 2007).

2.3.2 Demanda vehicular y oferta vial

Demanda de vehículos hace énfasis a la cantidad de vehículos que necesitan moverse mediante un determinado sistema de carreteras o suministro de carreteras. Se entiende por demanda de vehículos, aquellos que circulan por el sistema vial, estos que hacen una serie para pasar (en caso de presentar congestión) y que pueden tomar vías alternativas (para evitar la congestión, en caso de existir) (Cal. Rafael et al., 2007).

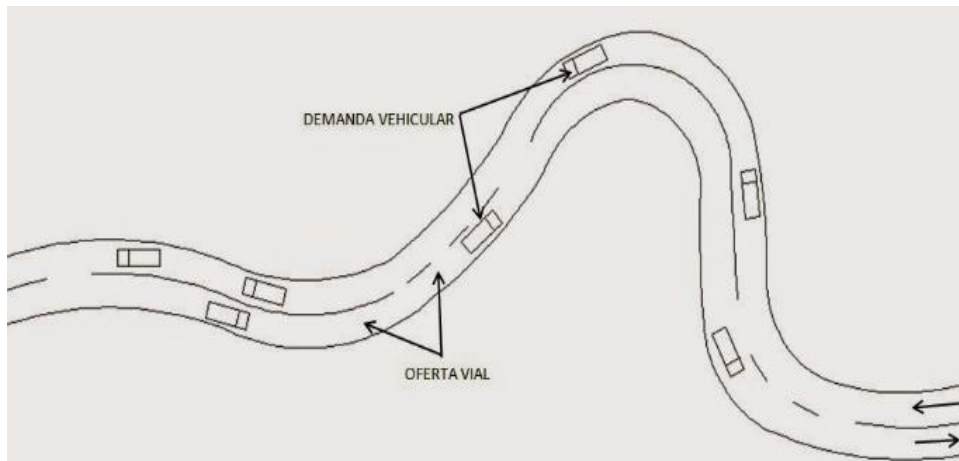
Para entender si el vehículo está operando bajo el estado de flujo sólido o cargado, se debe examinar la demanda en función a la oferta vial. A tal efecto, deberán expresarse de la misma forma las unidades, de modo que la oferta vial representativa del espacio físico pueda expresarse en su sección o volumen. Como tal, la entrega o capacidad vial es el número límite de vehículos que a la final puedan viajar o movilizarse en un entorno físico determinado.

Ilustración 1: Oferta Vial y Demanda Vehicular



Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007)

Ilustración 2. oferta vial y demanda



Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007)

2.4 Principios básicos del flujo de tránsito.

A través del estudio de los principios básicos del flujo de tránsito, se puede comprender las particularidades, el proceder del tráfico, así como los lineamientos necesarios para planificar, construir y operar las calles, caminos y proyectos de apoyo integrados en el sistema de transporte. Mediante la utilización de leyes matemáticas y físicas, el análisis del flujo vehicular expone la forma en que se conduce un vehículo y el tipo de carretera, lo que facilita determinar el nivel de eficacia de su operación (Cal. Rafael et al., 2007).

Para estimar el estado operacional en las tendencias de flujo, las medidas claves son:

2.4.1 Velocidad

La velocidad es representativa de la relación entre la distancia recorrida y el tiempo que toma en completar ese viaje. Esto significa que para un vehículo representa su velocidad, generalmente expresada en kilómetros por hora (Cal. Rafael et al., 2007).

2.4.2 Volumen

El volumen de tráfico se muestra como la cantidad de vehículos que pasan por un punto determinado o intersección de un carril o camino en un momento dado.

- **TPDA:** Es un factor importante y de influencia directa para la obtención de resultado, el cual es la unidad de medición en el tráfico de una carretera, el mismo que se establece basado en observación de tráfico específicas y factores variables.(LOTAIP, 2017).

2.4.3 Densidad

Cantidad de vehículos divididos por carril o vía (Cal. Rafael et al., 2007).

2.4.4 Resumen de giros, número de vehículos y valor porcentual

Un resumen de giros es una representación concisa y organizada de los diferentes tipos de giros realizados por los vehículos en una intersección. Proporciona una visión general de la distribución y frecuencia de los giros en cada dirección de la intersección.

Un resumen de giros generalmente incluye información como:

- **Tipos de giros:** Enumera los diferentes tipos de giros que pueden ocurrir en la intersección, como giros a la izquierda, giros a la derecha, o giros directos.
- **Números de giros:** Indica la cantidad total de giros realizados en cada dirección o movimiento específico.
- **Distribución porcentual:** Muestra el porcentaje de cada tipo de giro en relación con el total de giros realizados en la intersección. Esto proporciona una idea de la proporción de cada tipo de giro en el flujo de tráfico en la intersección.

El objetivo de un resumen de giros es presentar la información relevante sobre los giros en una forma fácil de comprender y analizar. Proporciona datos clave que pueden utilizarse para identificar patrones de tráfico, evaluar la eficiencia de la intersección y desarrollar estrategias de gestión del tráfico.

Es importante tener en cuenta que un resumen de giros debe basarse en datos reales recopilados a través de métodos de conteo, como el uso de cámaras, encuestas o sensores de tráfico. Los resultados del resumen de giros son fundamentales para el diseño y la planificación de la infraestructura vial, así como para mejorar la seguridad y la eficiencia de la intersección.

2.5 Características de los componentes de tránsito

Donde estudian los distintos factores y límites de los usuarios y vehículos como componentes del flujo vehicular. Donde se indaga la densidad, volumen y velocidad; el inicio y fin de la actividad, capacidad de carretas y calles, operación de pasos elevados, cruces de canales y análisis de accidentes (Junevicius & Bogdevicius, 2007).

2.5.1 Usuarios de vía

La humanidad es partícipe del sistema de transporte, por ser el componente principal del tránsito, debe ser estudiada y comprendida a su totalidad, pues de acuerdo con su comportamiento se afectará o favorecerá a el flujo del tránsito. Siendo útil asesorar a las personas de manera adecuada para fomentar la cultura vial y brindar la oportunidad de conducir en condiciones seguras y cómodas.

Entre los usuarios de la vía, los peatones son los sujetos primarios y vulnerables de la seguridad vial, que se refiere a las personas que transitan por las calles, aceras o carreteras, y se estima que

son la totalidad de la población del sector; Una persona que se mueve con un vehículo sin motor (bicicleta) de un lugar a otro como medio de transporte contribuye en gran medida a la protección del ambiente; por último, conductor es una persona responsable de conducir un vehículo de motor para favorecer el movimiento de personas u objetos, que debe recibir una formación adecuada y estar en posesión de las correspondientes licencias de circulación.

Para estudiar con precisión el impacto del comportamiento del conductor en la carretera, se debe considerar la capacidad de percibir y reaccionar. Estas características pueden variar dependiendo de las calidades funcionales del individuo, por lo que el diseño vial debe ser compatible. Las capacidades y limitantes de la mayoría de los conductores que manejan la ruta (Cal. Rafael et al., 2007).

2.5.2 Factores del tráfico

Los factores de tráfico son herramientas utilizadas para analizar y comprender los patrones de flujo vehicular en diferentes períodos de tiempo. Estos factores permiten determinar los picos de mayor afluencia de vehículos y evaluar la demanda de tráfico en distintos momentos. A continuación, se describen algunos factores comunes utilizados en el análisis del tráfico:

- **Factores horarios:** Permite ajustar los volúmenes de tráfico para reflejar las variaciones a lo largo del día, se puede utilizar un factor horario para aumentar o disminuir los volúmenes de tráfico en las horas pico en comparación con las horas de menor demanda. Esto permite obtener estimaciones más precisas de la demanda de tráfico en cada hora del día.
- **Factores diarios:** Se utilizan para ajustar los volúmenes de tráfico en función de las variaciones que ocurren de un día a otro, es decir, se pueden utilizar factores diarios para reflejar diferencias en la demanda de tráfico entre días laborables y fines de semana. Esto

ayuda a obtener estimaciones más precisas de la demanda de tráfico en días específicos de la semana.

- **Factores semanales:** Se usa para ajustar los volúmenes de tráfico en función de las variaciones que ocurren a lo largo de la semana, se pueden utilizar factores semanales para reflejar diferencias en la demanda de tráfico entre días laborables y fines de semana.
- **Factores mensuales:** Se utilizan para ajustar los volúmenes de tráfico en función de las variaciones estacionales que ocurren a lo largo del año, se pueden usar factores mensuales para reflejar diferencias en la demanda de tráfico entre meses de verano y meses de invierno. Esto ayuda a obtener estimaciones más precisas de la demanda de tráfico en diferentes meses del año.
- **Factor de tráfico promedio diario anual (TPDA):** Se utiliza para ajustar los volúmenes de tráfico observados en un período limitado de tiempo a una estimación anual. Este factor tiene en cuenta las variaciones estacionales, los días laborables y no laborables, y otros factores que pueden influir en los flujos de tráfico a lo largo del año.

2.6 Vehículos

El desarrollo de los vehículos ha sido característico de la nueva necesidad de transporte de la humanidad, desde los vehículos de vapor autopropulsados hasta los vehículos de gasolina. Estos vehículos van desde los más rústicos hasta los más sofisticados, con la tecnología más avanzada para llegar a los autos avanzados de hoy.

Es importante distinguir que todos los vehículos que convergen el tránsito brindar características representativas de acuerdo con el propósito del diseño vial.

Una caracterización más global para vehículos dado por (Cal. Rafael et al., 2007) es la siguiente:

Vehículo Proyectante: Este es un vehículo supuesto donde las dimensiones, peso y características de manejo se utilizan para crear pautas para el diseño de la geometría del vehículo.

- Vehículos livianos
- Vehículos pesados

Las principales características para su diferenciación estas referidas al radio mínimo de giro y aquellas que determinan las ampliaciones o sobrecanchos necesarios en las curvas horizontales, tales como distancia entre ejes extremos, ancho total de la huella y vuelos delante y trasero.

2.7 Sistema Vial

La red vial es el medio de desarrollo sostenible más importante del país, que se refiere a la agrupación de carreteras y caminos interconectados en una zona determinada, que permite que el transporte público y privado se traslade con facilidad de manera segura y efectiva de una zona a otra (Majstorovic et al., 2023).

En la organización de la cualidad del transporte, este criterio de estructuración es la clasificación por función de la red vial, en otras palabras, la agrupación de las cualidades de las carreteras y calles según la contribución que las calles y carreteras hacen al sistema vial (Mannering L. Fred & Scott S. Washburn, 2020).

2.8 Sistema vial en zonas urbanas

La migración de la población a ciudades más grandes conducirá inevitablemente a la expansión de los núcleos urbanos, ya que se pueden hacer muchas cosas para mejorar los estilos de vida. En ciertas áreas de las ciudades se distinguen por un número excesivo de vehículos, lo que genera congestión durante los períodos de mayor productividad, lo que se describe en un decrecimiento de la calidad de la estructura vial y un incremento en las cantidades de accidentes.

De acuerdo con el gran estándar de planificación, las redes de caminos rurales y urbanos deben clasificarse y las diferentes calles y carreteras deben asignar funciones específicas para satisfacer las necesidades del flujo de personas y mercancías.

De forma global, las calles y carreteras urbanas pueden clasificarse principalmente en tres grandes grupos:

- ❖ Calles primordiales: Aquellas que facilitan la circulación del tránsito entra áreas de la ciudad. Brindan un servicio directamente a los que generan transito primordial, y se enlazan con el sistema de vías rápidas y autopistas.
- ❖ Calles colectoras: Aquella que conectan calles primordiales con las calles de la localidad, brindando a su vez entrada a las propiedades colindante.
- ❖ Calles de la localidad: Dando acceso a las propiedades, estas asean residencias, comerciales, industriales o en cualquier otra utilidad (Cal. Rafael et al., 2007).

2.9 Capacidad y nivel de servicio.

La capacidad es el flujo límite que puede sobrellevar una calle o carretera. En concreto, la capacidad de la infraestructura vial hace referencia al número máximo de vehículos que pueden cruzar un carril o punto o un solo tramo de carretera en un intervalo de tiempo determinado. El nivel de servicio es un indicador cualitativo que presenta la descripción de las condiciones o patrones en los que operan los flujos de tráfico y la apreciación de los conductores y pasajeros (Cal. Rafael et al., 2007).

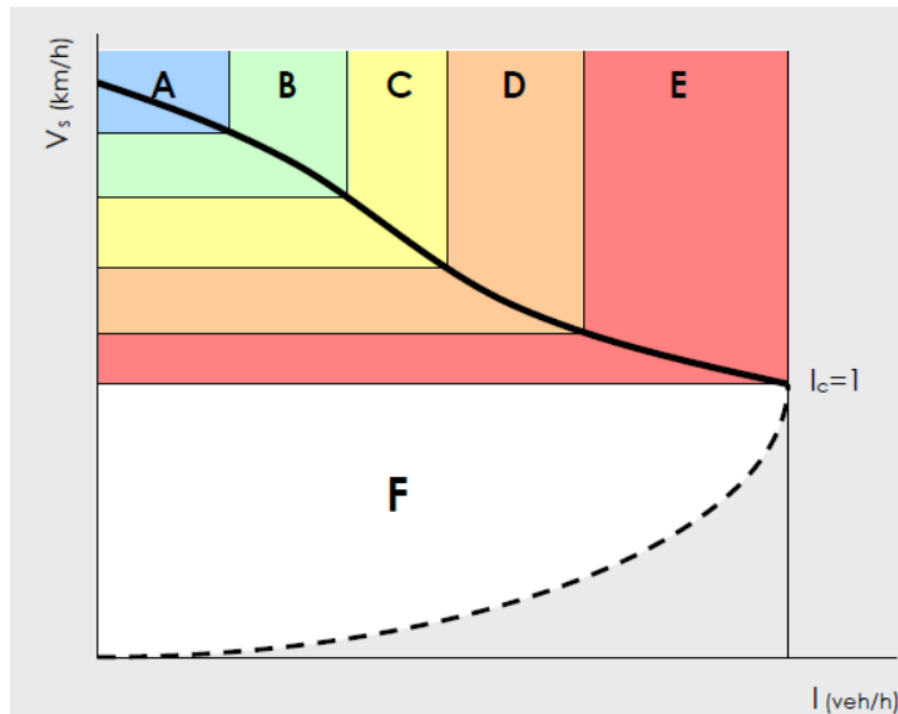
Los niveles de servicio son los siguientes:

- **Nivel de servicio A:** Este nivel de servicio proporciona una condición de flujo libre fija. Los usuarios individuales no se ven afectados por la presencia de otros en el flujo de tráfico y son libres de elegir su propia velocidad y maniobrar en el flujo de tráfico (Cal. Rafael et al., 2007).
- **Nivel de servicio B:** Este nivel de servicio también permite cambios de velocidad, pero comienza a notarse la presencia de otros usuarios en el flujo de tráfico reduciendo de esta forma la libertad de maniobras (Cal. Rafael et al., 2007).
- **Nivel de servicio C:** Mantiene una velocidad media, pero la maniobrabilidad se ve notablemente comprometida (cambiar de carril requiere una atención cuidadosa del conductor). Cada vehículo opera con una demora de 20 a 35 segundos (Cal. Rafael et al., 2007).
- **Nivel de servicio D:** Cada vehículo opera con un retraso de acción de 35 a 55 segundos, cuando el tráfico aumenta, la velocidad es muy limitada. La libertad de maniobra se vuelve

más restringida, se pueden formar largas colas de espera y el confort físico del conductor disminuye (Cal. Rafael et al., 2007).

- **Nivel de servicio E:** El tiempo de operación aumenta con demoras de entre 55 y 80 segundos por vehículo, siendo este tiempo el límite aceptable de demoras. la velocidad se ve aún más limitada y las maniobras son casi nulas (Cal. Rafael et al., 2007).
- **Nivel de servicio F:** El tiempo de demora es superior a 80 segundos por vehículo, en este nivel la cantidad de flujo llega a exceder la capacidad de diseño, provocando operación y congestión saturada (Cal. Rafael et al., 2007).

Ilustración 3. Niveles de servicio



Fuente:(Bañon B. Luis, 2000)

2.10 Intersecciones

A pesar del limitado número de tipo de intersecciones que se muestran, se puede establecer una categoría según la cantidad de ramales que convergen. En algunos de estos grupos se puede discernir por la disposición geométrica que toman los ramales. Cuando aumenta el tráfico, esta infraestructura a menudo no puede operar de manera eficiente y no puede acomodar la demanda resultante. Los subgrupos se pueden distinguir por su función geométrica y capacidad física.

En función con lo descrito las intersecciones se direccionan a dos principales tipos que son, las intersecciones perpendiculares y las intersecciones oblicuas (Bañon B. Luis, 2000).Adicionalmente, se puede considerar también que se subdividen como:

Tres ramales: Tipo "T" (Perpendicular) y tipo "Y" (Oblicua).

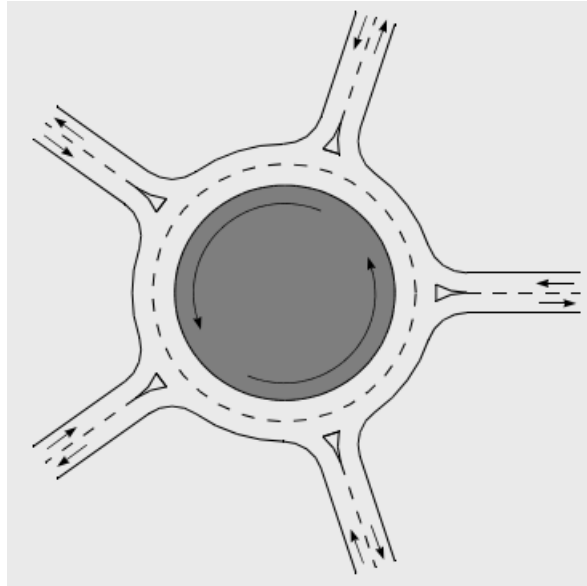
Cuatro ranales: Tipo "Cruz" (Perpendicular) y tipo "X" (Oblicua).

2.10.1 Glorietas

Una glorieta o cruce giratorio se distingue por ramales que convergen alrededor de una isleta central en un bucle circular en sentido contrario a las manecillas del reloj, teniendo prioridad los vehiculos que ingresan a la rotonda.

Esta clase de intersecciones se presenta como una solución a los repetitivos inconvenientes de accidentalidad y congestión en la ciudad (Bañon B. Luis, 2000).

Ilustración 4. Esquema de intersección



Fuente: (Bañon B. Luis, 2000).

2.11 Clasificación de la señalética

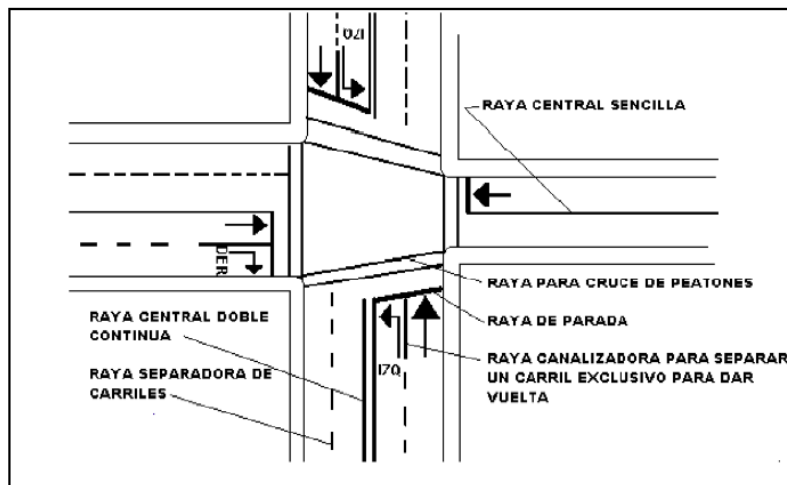
El ordenamiento de tránsito en la vía pública se realiza en base a señaléticas horizontales verticales, semáforos, marcas en la calzada, radares y demás dispositivos auxiliares.

Estas señales están estandarizadas en cuanto a color, gráficos, forma, información, ubicación y símbolos por la norma Inen (Instituto Ecuatoriano de Normalización), para que los usuarios de la vía puedan percibir fácilmente sus indicaciones. Son señales instaladas en la vía pública para brindar información a conductores y peatones; su clasificación está determinada por:

- ❖ Señales reglamentarias (Tipo R): Su función es regular el movimiento de tránsito y la falta de cumplimiento de sus instrucciones representa una infracción (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003).

- ❖ Señales de Preventivas (Tipo P): Su función es advertir a los usuarios de las vías sobre las condiciones de las mismas o del terreno adyacente ya que puede presentarse de forma inesperada y peligrosa (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003).
- ❖ Señales de información (Tipo I): Su función es guiar al usuario por caminos y calles e informarle de los nombres y ubicaciones de los residentes, lugares de interés, servicios, kilometraje y ciertas recomendaciones a seguir (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2003).

Ilustración 5. Diferentes clases de señaléticas de aproximación en una intersección.



Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007).

2.12 Dispositivos controladores de tránsito

La unidad competente para las normas de tránsito en las ciudades es el municipio, que adopta las normas territoriales de tránsito, teniendo en cuenta la seguridad y el bienestar público. Por lo tanto, la encuesta de las unidades de control de tráfico aceptó la norma.

Las señaléticas de tráfico, marcas, semáforos y otros dispositivos colocados en las carreteras o junto a ellas se denominan dispositivos de control. Se colocan en base a levantamientos viales previos de acuerdo con las necesidades y funciones viales (Li et al., 2019).

2.13 Características de la semaforización

Los semáforos electrónicos que regulan el tránsito de vehículos y peatones en una vía mediante la indicación de colores distintivos generalmente controlados por un sistema de control. Esta es una herramienta valiosa de gestión del tráfico que evita conflictos entre los flujos de tráfico en áreas urbanas y los divide temporalmente en intervalos preestablecidos. Esta medida consiste en dar prioridad a los vehículos de forma rotativa según la demanda del tráfico. (Cal. Rafael et al., 2007)

Según (Roger P. Roes et al., 2022), en las zonas urbanas los semáforos de controles de tránsito se clasifican en:

- Semáforos de tiempo fijo: Aquellos que especialmente son útiles en intersecciones donde desea sincronizar la actividad de los semáforos en función de otros objetos cercanos. Facilitan la coordinación con las señales adyacentes, de forma más precisa que con las señales de conducción
- Semáforos accionados totalmente por el tránsito: Estos semáforos se caracterizan por ciclos de duración que normalmente responden a cambios en la demanda de tráfico vehicular.
- Semáforos semi accionados por el tránsito: Se instalan en intersecciones de alto tráfico con

velocidades de aproximación mucho más altas y se fusionan con calles secundarias con menos tráfico. Su indicación suele ser verde en calles principales y cambia en calles más secundarias cuando detecta movimiento.

2.13.1 Descripción de indicaciones de semáforos.

El esquema de indicaciones de semáforos tienen como propósito brindar una información clara y precisa a los usuarios de vía, (Cal. Rafael et al., 2007), señala la función de estos indicadores de la siguiente manera:

- ❖ Verde fijo: Los conductores pueden avanzar y girar a menos que estén restringidos. Los peatones pueden cruzar la calzada siempre y cuando otro semáforo no lo permita.
- ❖ Amarillo fijo: Se advierte al conductor que está próximo a realizar el cambio a luz roja, para que el conductor detenga el movimiento temporalmente accionado por la luz verde, esto libera el tráfico en las intersecciones y evita las paradas inesperadas que podrían generar conflictos.
- ❖ Rojo fijo: Los vehículos deben detenerse anticipadamente a la línea de alto. Los peatones no tienen permitido cruzar la calle a menos que lo permita otro equipo.
- ❖ Rojo intermitente: Se da cuando la luz de advertencia parpadea de forma intermitente, el conductor se verá obligado a detenerse con anterioridad a la línea de alto. Estas señales se utilizan para entrar en las carreteras primordiales.
- ❖ Amarillo intermitente: La luz amarilla parpadea intermitentemente y los vehículos deben tener cuidado al rebasar. Una forma de proporcionar tráfico prioritario.
- ❖ Verde intermitente: Indica a los pilotos la finalización del ciclo de luz verde.
- ❖ Flechas de dirección: Deben señalar en el sentido de la movilización permitida; las flechas verticales que apuntan hacia arriba indican circulación directa; las flechas horizontales

indican giros a la derecha o giros a la izquierda, aproximadamente en ángulo recto; las flechas inclinadas hacia arriba a 45° indican giros en la calle que se producen en un ángulo distinto de 90° (Cal. Rafael et al., 2007).

2.13.2 Criterios de control en semáforos.

Se deben tener en cuenta las siguientes condiciones básicas en la modelación de la unidad de control de señales de siega y en función de su tiempo de funcionamiento:

- **Indicador de señalización:** Un semáforo que activa una luz o una combinación de ellas.
- **longitud del ciclo:** Tiempo en el sé que tarda el semáforo en completar toda la secuencia de indicaciones.
- **Movimiento:** Realizar maniobras individuales en un mismo cuando se tenga la prioridad y formen una secuencia.
- **Intervalo:** La duración de cualquier periodo durante el cual el semáforo no indica ningún cambio.
- **Fase:** Este es el periodo asignado para cualquier tipo de combinación de varios movimientos para obtener el a cruzar la intersección.
- **Secuencia de fases:** El orden preestablecido en el que se dan los periodos del ciclo.
- **Reparto:** Proporciona la duración del ciclo asignada a cada fase.
- **Intervalo de despeje:** Es entonces cuando aparece la indicación amarilla, seguida de un intervalo verde, que avisa el cambio de fase.
- **Intervalo todo rojo:** Cuando la luz roja está encendida, está prohibido conducir en ambas direcciones por seguridad del vehículo. Aparece dentro del primer segundo de un semáforo en rojo en la calle, lo que indica que ha perdido el derecho de paso.

- Intervalo de cambio de fase: Esta representa la suma del intervalo de transición de fase (amarillo) y la brecha de despeje en la intersección (rojo sólido), (Cal. Rafael et al., 2007).

2.13.3 Sincronización de ciclos semafóricos.

Para el análisis de control en las intersecciones mediante la semaforización y requisitos para la distribución de los tiempos, se tiene una relación directa en base a los volúmenes de tránsito de giros y movimientos correspondientes a cada grupo de los carriles que se presenten en la zona de estudio. En otros términos, la duración idónea de cada ciclo y fase son parámetros obtenidos a partir de la cuantificación de la demanda.

Si los intervalos entre el grupo de vehículos que ingresan a la intersección durante la hora de máxima demanda son semejantes a los carriles congestionados de las calles que se interconectan, entonces la distribución del tiempo total del ciclo en verde, será correcta si es que los intervalos que pertenecen a cada calle se vuelven directamente proporcional a los volúmenes del flujo vehicular en los carriles más críticos (Cal. Rafael et al., 2007).

Se presentan los criterios de cálculo para estructurar de manera correcta el ciclo semafórico según la metodología propuesta por Cal. Rafael et al., (2007), en su libro de Ingeniería de tránsito:

Intervalo de cambio de fase.

La función principal es la de notificar a los usuarios de un cambio de fase para brindarles el derecho de paso. Para obtener el intervalo de cambio de fase que va a considerar el tiempo que tiene el conductor para reaccionar, espacio de desaceleración y un tiempo de despeje de la intersección, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{v + L}{2a} \right)$$

Donde:

Y = Es el intervalo de cambio de fase, ámbar más todo rojo en segundos.

t = Se define el tiempo reacción-percepción del conductor, usualmente $t = 1$ segundo.

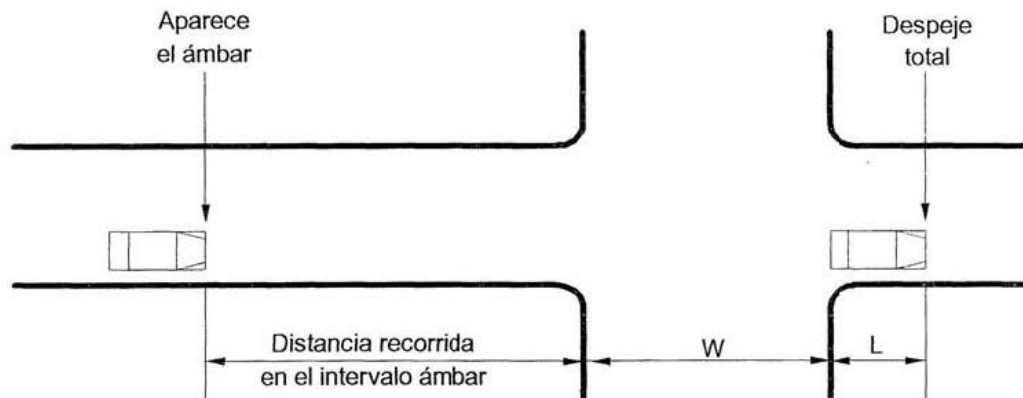
v = Es la velocidad de aproximación de vehículos, (metros/segundos).

a = Tasa de desaceleración del vehículo y el valor usual es ($a = 3,05 \text{ m/s}^2$).

W = Ancho que tiene la intersección en metros.

L = Longitud del vehículo, (un valor sugerido de $L=6,10 \text{ m}$) (Cal. Rafael et al., 2007).

Ilustración 6. Esquema de intervalo



Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007).

Longitud del ciclo C_0 .

Para la obtención de una demora mínima de los vehículos en una intersección semaforizada, la longitud del ciclo óptimo será calculado mediante la siguiente ecuación:

$$C_o = \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}$$

Donde:

C_o = Define el tiempo óptimo de ciclo en segundos.

L = Es el tiempo total que se pierde por ciclo en segundos.

Y_i = El máximo valor entre el flujo actual y el flujo de saturación.

φ = Número de fases (Cal. Rafael et al., 2007).

Vehículos equivalentes.

El flujo que ingresa y sale de una intersección está conformado por vehículos livianos, buses y camiones que realizan distintos giros, para estandarizar las condiciones de tasas mínimas y máximas del flujo vehicular que se producen por efecto de cada movimiento de los vehículos.

En las intersecciones la mayoría de casos de vuelven complejas por la presencia de movimientos hacia la izquierda y derecha, así como el grupo de vehículos que transitan la misma. Para el cálculo de ajuste por la manifestación de vehículos pesados, se lo realiza con la siguiente ecuación:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1)}$$

Donde:

f_{HV} = Define el factor de ajuste por los vehículos pesados.

P_C = Porcentaje de camiones en el flujo vehicular.

EC = Automóviles en equivalencia a un camión.

PB = Porcentaje de buses en el flujo vehicular.

EB = Automóviles en equivalencia a un bus (Cal. Rafael et al., 2007).

Los vehículos comerciales y pesados que transitan por la intersección necesitan mayor tiempo para despeje debido a su menor poder de aceleración y mayor longitud en relación con los vehículos livianos. Los valores comúnmente utilizados para los automóviles equivalentes varían de 1,4 a 1,6 (tomando en cuenta un valor medio de 1,5 con pendiente aproximadas al 0%) según el proyecto en el que se vaya a aplicar la conversión, valores determinados a partir de los estudios realizados en la Ciudad de México, en el que también se utilizó 2,0 automóviles equivalentes por un camión y un autobús respectivamente, así mismo un valor de 3,5 para los automóviles equivalentes por un camión (remolque). Según la metodología HCM 2000, utiliza un valor de 2,0 en las intersecciones para los automóviles equivalentes (vehículos pesados).

Por otra parte, se debe requerir factores por movimiento de vuelta, debido a que algunos vehículos realizan maniobras que consumen un mayor tiempo en comparación a los que van a seguir de frente, de la misma forma se incluirá factores equivalentes de giro a la izquierda EVI y giro la derecha EVD .

Ilustración 7. Vehículos directos equivalentes para giros a la izquierda

ADE PARA VUELTAS A LA IZQUIERDA			
Flujo opuesto (veh/h)	Número de carriles opuestos		
	1	2	3
0	1,1	1,1	1,1
200	2,5	2	1,8
400	5	3	2,5
600	10	5	4
800	13	8	8
1000	15	13	10
≥1200	15	15	15
Para vueltas a la izquierda protegidas EVI=1,05			

Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007)

Ilustración 8. Vehículos directos equivalentes para giros ala derecha

Volumen peatonal en el cruce peatonal en conflicto (peatones/h)	Equivalente
Ninguno	0
Bajo	50
Moderado	200
Alto	400
Extremo	800

Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007)

Los volúmenes horarios de máxima demanda $VHMD$, serán convertidos a automóviles directos equivalentes por hora, a través del factor horario de máxima demanda unificado para toda la intersección.

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{HV}} \right) (E_{VI} \text{ o } E_{VD})$$

Según Cal. Rafael et al., (2007), el intervalo entre el inicio de los periodos de verde G y verde efectivo g, es ee' referido como la pérdida inicial; el tiempo entre el final del periodo de verde y verde efectivo, ff' , es la ganancia final; la demora inicial es la suma del tiempo de entre verde Y_i y la pérdida inicial ee' . Suponiendo que la pérdida inicial ee' es igual a la ganancia final ff' el tiempo perdido por fase se expresará como:

$$l_i = y_i = (A_i + TR_i)$$

Donde:

y_i = Define el intervalo de cambio de fase en segundos.

A_i = Intervalo de ámbar en segundos.

TR_i = Intervalo todo rojo en segundos (Cal. Rafael et al., 2007).

Tiempo perdido por ciclo.

Se considera la sumatoria de los intervalos de cambio de fase (amarillo más todo rojo), está representada mediante la siguiente ecuación:

$$L = \sum_{i=1}^{\varphi} (A_i + TR_i)$$

Donde:

L = Tiempo total perdido por ciclo en segundos

A_i = Intervalo de ámbar en segundos.

TR_i = Intervalo todo rojo en segundos.

φ = Número de fases (Cal. Rafael et al., 2007).

Asignación de tiempos de verdes.

El tiempo verde efectivo total gT útil por ciclo para todos los accesos de la intersección está dado por la siguiente expresión:

$$gT = C - L$$

Donde:

gT = Tiempo de verde total por ciclo para todos los accesos en segundos.

C = Longitud del ciclo en segundos.

L = Tiempo total perdido por ciclo en segundos (Cal. Rafael et al., 2007).

Para obtener la demora mínima en la intersección, el gT será distribuido proporcionalmente en cada fase, usando relaciones de flujo máximas y flujo de saturación de cada fase. El tiempo de verde efectivo para cada fase vendrá expresado por:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} (gT)$$

Donde:

g_i = Tiempo de verde efectivo para cada fase en segundos.

gT = Tiempo de verde total por ciclo para todos los accesos en segundos.

Y_i = El máximo valor entre el flujo actual y el flujo de saturación, carril crítico o giro de la fase.

φ = número de fases (Cal. Rafael et al., 2007).

El tiempo de verde real G_i dispuesto para cada fase se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$G_i = g_i + l_i - A_i - TR_i$$

Donde:

G_i = Tiempo en verde real para cada fase (i) en segundos.

g_i = Tiempo de verde efectivo para cada fase en segundos.

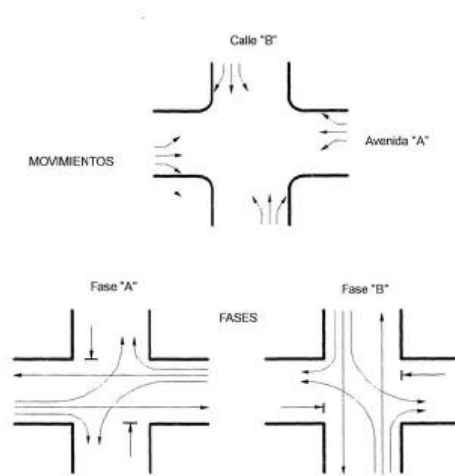
l_i = Tiempo perdido por fase en segundos.

A_i = Intervalo de ámbar en segundos.

TR_i = Intervalo todo rojo en segundos (Cal. Rafael et al., 2007).

se muestra una intersección con cuatro accesos operada por un semáforo de dos fases. Aquí se detallan los movimientos respectivos en cada fase, así mismo se distribuyen los tiempos de cada una a partir de la demanda vehicular producida.

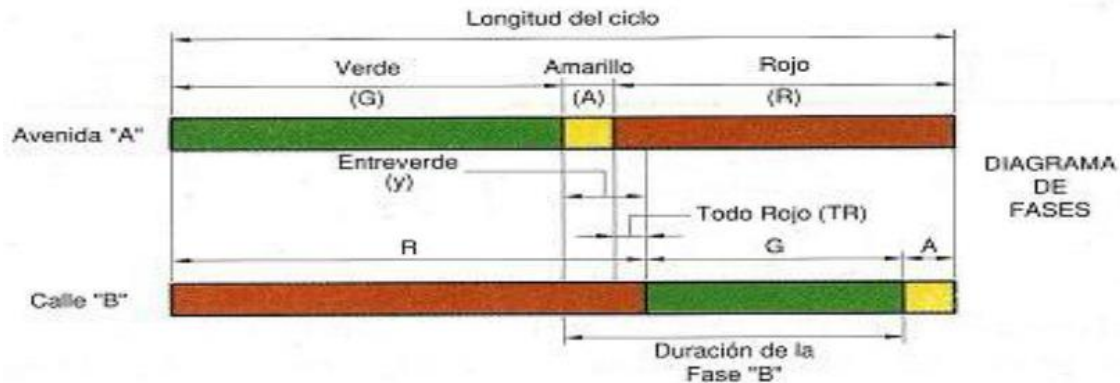
Ilustración 10. Diagrama de fases en la intersección



Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007).

Se observa de forma esquemática un diagrama de tiempos en dos fases, se presentan los parámetros de longitud de ciclo, intervalos y fases.

Ilustración 11. Diagramas de tiempos en dos fases



Fuente: (Cal. Rafael et al., 2007).

2.14 Sistemas y modos de transporte

2.14.1 Ubicación

Permite conocer el grado de disponibilidad del sistema vial, así como también la sencillez y acceso de rutas directas entre los puntos límites y la fácil recepción de tráfico diverso.

2.14.2 Movilidad

Se refiere a la cantidad de tráfico (capacidad) que el sistema puede manejar o desplazarlo y que tan rápido y eficazmente puede transmitirlo.

2.14.3 Eficiencia

La relación dada entre los valores absolutos del transporte y su utilidad final, con objeto de contribuir con la seguridad vial comodidad y confort a los usuarios (Cal. Rafael et al., 2007).

2.15 Simulación de Tráfico Vehicular

Los modelos de simulación de tráfico tratan de describir con gran nivel de detalle el comportamiento de los vehículos que circulan a través del viario, haciendo usos de softwares especializados para la representación georreferenciada del área de estudio.

2.15.1 Software AIMSUN

AIMSUN, un software de simulación de tráfico se distingue por su capacidad para simular una amplia variedad de elementos, desde carriles exclusivos para autobuses hasta áreas extensas como Manhattan. Utilizado por numerosas organizaciones gubernamentales, consultoras y universidades en todo el mundo, AIMSUN se destaca por su velocidad excepcional en las simulaciones y su capacidad para combinar la asignación de tráfico estática y dinámica con diferentes tipos de simulaciones, todo en una única aplicación de software.

Se compone de módulos separados para la asignación de tráfico y la carga de la red. Proporciona todas las herramientas necesarias para los profesionales del transporte en un entorno extensible. En AIMSUN, la integración implica la simulación microscópica, mesoscópica y macroscópica en un solo software, una representación única de la red, una base de datos unificada para objetos simulados y datos de soporte, y un archivo de modelo. Además, AIMSUN ofrece diversas opciones para incluir varios escenarios en la misma red, como demandas, planes de control, horarios de transporte público, acciones de gestión de tráfico y anulación de atributos de la red. En caso de modificaciones que no se pueden agregar al archivo de red existente, se utiliza el sistema de revisión.

Ilustración 12. Simulación realizada en el software AIMSUN



Fuente: Aimsun autoría propia

En el programa AIMSUN, se puede realizar diferentes tipos de análisis para estudiar el tráfico y la movilidad. Algunos de los tipos de análisis disponibles son:

Análisis Macroscópico: Se utiliza principalmente para realizar la proyección del flujo vehicular en áreas extensas y de esta manera considerar el tráfico como un flujo que va a circular de forma constante y realizando comportamientos uniformes.

Se aplican parámetros básicos como son:

- ❖ Velocidades
- ❖ Densidades
- ❖ Variantes de flujo para realizar la obtención de una visión general del flujo en un área de muestra.

Análisis Microscópico: Se examina el comportamiento vehicular individual en espacio y tiempo. Se tienen en cuenta factores como la interacción entre vehículos, lo que permite obtener una representación más realista del tráfico. Para realizar este análisis, se deben considerar variables como la velocidad, la topografía del lugar y los tipos de vehículos que entran y salen del área estudiada.

Análisis Mesoscópico: Realiza la combinación característica (macroscópico y microscópico). Se debe tener en cuenta el comportamiento del flujo vehicular como un flujo constante. Esto permite adquirir una visión intermedia entre el flujo vehicular total del tráfico, pero también el flujo individual del mismo.

El análisis del impacto por la modificación de la infraestructura abarca varios aspectos relacionados con la gestión del tráfico y la movilidad. Algunos de estos aspectos incluyen:

Optimización semafórica: Evalúa los cambios en los tiempos y secuencias de los semáforos para mejorar el flujo de tráfico y reducir la congestión en las intersecciones.

Gestión de tráfico urbano / interurbano: Realiza un análisis en el impacto de las modificaciones en la infraestructura en términos de fluidez del tráfico, tiempos de viaje y congestión tanto en áreas urbanas como interurbanas.

Prioridad al Transporte público: Evalúa los efectos de dar prioridad al transporte público en términos de tiempos de viaje, eficiencia operativa y satisfacción de los usuarios.

Evaluación de peajes: Analiza el impacto de la implementación de sistemas de peaje en el flujo de tráfico, la demanda de viajes y la recaudación de ingresos.

Planes de movilidad: Estima el impacto de los planes de movilidad en términos de cambios en los patrones de viaje, reducción de emisiones y promoción de modos de transporte sostenibles.

Evaluación de sistemas ITS: Se evalúa el impacto de la implementación de sistemas de transporte inteligente (ITS, por sus siglas en inglés) en la eficiencia del tráfico, la seguridad vial y la gestión del transporte.

Evaluación del comportamiento de vehículo: Estudia el comportamiento de los vehículos en relación con las modificaciones de la infraestructura, como cambios en la geometría de las vías, para identificar posibles mejoras en la seguridad y la eficiencia.

Seguridad: Realiza el impacto de las modificaciones en la infraestructura en términos de seguridad vial, identificando riesgos potenciales y proponiendo medidas de mitigación.

Movilidad peatonal: Analiza el impacto de las modificaciones de la infraestructura en la movilidad peatonal, como la construcción de aceras más anchas, pasos de peatones seguros y mejoras en la accesibilidad.

Estos análisis son fundamentales para comprender los efectos de las modificaciones de la infraestructura en la movilidad, la seguridad y la eficiencia del transporte, y para tomar decisiones informadas en la planificación y gestión del tráfico.

Asignación de señales de tránsito: Es muy importante observar y analizar en campo el tipo de señal de tránsito y su función correspondiente para asignarlas correctamente en el programa AIMSUN y garantizar un correcto nivel de servicio en el modelado del tráfico. Algunos ejemplos de señales de tránsito comunes y sus funciones son:

- **Señales de alto:** Estas señales indican a los conductores que deben detenerse por completo en la intersección antes de continuar su trayecto. Ayudan a regular el flujo de tráfico y evitar conflictos en la circulación.

- **Señales de ceda el paso:** Estas señales indican a los conductores que deben ceder el paso a otros vehículos o peatones antes de ingresar a una intersección o vía de tráfico. Ayudan a regular la prioridad de circulación y prevenir colisiones.
- **Señales de sentido único:** Estas señales indican que la vía está diseñada para ser transitada en un solo sentido. Ayudan a organizar y dirigir el flujo de tráfico en una dirección específica.
- **Señales de velocidad máxima:** Estas señales establecen el límite de velocidad permitido en una determinada vía o sección de esta. Ayudan a garantizar un nivel de seguridad adecuado y controlar la velocidad de los vehículos.
- **Señales de prohibido estacionar:** Estas señales prohíben el estacionamiento de vehículos en determinadas áreas o tramos de la vía. Ayudan a mantener la fluidez del tráfico y garantizar el acceso a espacios de estacionamiento designados.

Plan maestro Semafórico: Los grupos semafóricos son una forma eficaz de controlar y distribuir el tráfico hacia los distintos destinos en una intersección. Esto permite establecer ciclos de semáforo adecuados que optimizan el flujo de vehículos y evitan conflictos innecesarios.

Algunos ejemplos de grupos semafóricos comunes son:

- **Grupo semafórico de movimiento recto:** Este grupo incluye los movimientos de vehículos que avanzan en línea recta en una intersección. Puede haber varios grupos semafóricos de movimiento recto para diferentes direcciones de avance.
- **Grupo semafórico de giro a la derecha:** Este grupo se enfoca en los movimientos de vehículos que giran a la derecha en una intersección.

- **Grupo semafórico de giro a la izquierda:** Este grupo se encarga de los movimientos de vehículos que giran a la izquierda en una intersección.
- **Grupo semafórico de peatones:** En algunos casos, se puede asignar un grupo semafórico específico para el cruce de peatones, asegurando su seguridad y permitiendo su paso de manera adecuada.

3 METODOLOGÍA

3.1 Fases de estudio

Este proyecto se desarrollará en tres etapas, las mismas que son: reconocimiento, procesamiento de datos, y la manifestación de resultados. Las acciones dentro de cada etapa se presentan de la siguiente manera:

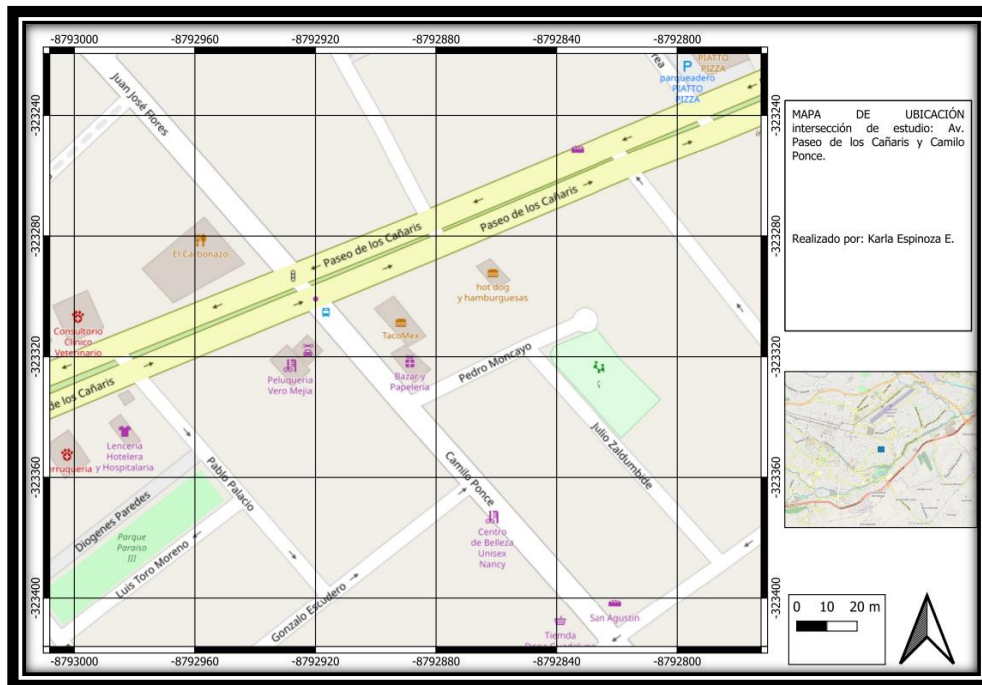
- Etapa 1 RECONOCIMIENTO
 - Reconocimiento del área de estudio
 - Revisión literaria
 - Ubicación de las estaciones de forma estratégica
- Etapa 2 PROCESAMIENTO DE DATOS
 - Realización de conteo de vehículos
 - Análisis de datos respecto al conteo vehicular
 - Definición de los parámetros a utilizarse en el cálculo de tráfico promedio anual
 - Proyección de tráfico

- Etapa 3 RESULTADOS

- Producción de alternativas para la solución del congestionamiento
- Modelado de tráfico futuro
- Elección de la mejor alternativa en base a los resultados del tránsito

3.2 UBICACIÓN

Ilustración 13. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Software Arc GIS

3.3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En concordancia con la ubicación geográfica presentada de la intersección, se encontraron varios puntos de encuentro los mismos que afectan al volumen vehicular, como son Centro de salud Materno infantil, clínica La Paz, Mercado 12 de abril entre otras las zonas comerciales y locales de comida rápida.

3.4 CONTEO VEHICULAR

Se realizó un conteo vehicular de 24 horas durante 7 días de la semana, debido a que es un enfoque robusto para obtener datos precisos y reducir el margen de error en los cálculos de los diferentes factores en el diseño del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual). Este enfoque permitió capturar la variabilidad y los patrones de tráfico a lo largo de una semana completa, lo que ayudó a obtener resultados más confiables y representativos.

Al realizar el conteo vehicular durante 7 días, se consideraron diferentes condiciones de tráfico que pueden variar según el día de la semana, el horario y otros factores. Esto ayudó a obtener una imagen más completa del flujo vehicular en la intersección y garantizó que los cálculos del TPDA sean más precisos y representativos de la demanda real de tráfico.

Al obtener los diferentes giros y el número total de vehículos en los 7 días que se realizó el conteo, se puede tener una comprensión más completa de los patrones de movimiento de los vehículos en la intersección. Estos datos nos permitieron calcular el Tráfico Promedio Diario Anual y utilizarlos como base para el diseño y la planificación de la infraestructura vial.

Es importante destacar que el conteo vehicular se realice de acuerdo con los estándares y las mejores prácticas establecidas en la ingeniería de tráfico. Esto implica considerar la ubicación

adecuada de los puntos de conteo, el período de tiempo apropiado y el uso de técnicas y equipos adecuados para garantizar la precisión de los datos recopilados.

Al utilizar un enfoque riguroso en la recopilación de datos y considerar diferentes factores en los cálculos del TPDA, se está respaldando las decisiones y diseños con información precisa y confiable. Esto es esencial para garantizar que la infraestructura vial se adapte adecuadamente a la demanda de tráfico y contribuya a una movilidad segura y eficiente en la zona de estudio.

En la tabla 1, se muestra el resumen del conteo de tráfico vehicular en la intersección de la Av. Paseo de los Cañaris y la calle Camilo Ponce. Este conteo fue realizado a través de la instalación de una cámara de infrarrojo, que grabó las 24 horas durante 7 días, donde finalmente se realizó un análisis de la hora con más tráfico vehicular.

Tabla 1. Conteo vehicular de los 7 días de la semana

	No. día	Hora Pico	Mayor volumen de flujo	Cantidad de vehículos
jueves, 1 de diciembre de 2022	Día 1	07H00 08H00	2.469	26.351
viernes, 2 de diciembre de 2022	Día 2	12H00 13H00	2.951	31.963
sábado, 3 de diciembre de 2022	Día 3	08H30 09H30	2.368	25.090
domingo, 4 de diciembre de 2022	Día 4	11H30 12H30	1.505	17.621
lunes, 5 de diciembre de 2022	Día 5	07H15 08H15	2.502	29.821
martes, 6 de diciembre de 2022	Día 6	17H45 18H45	2.332	28.992
miércoles, 7 de diciembre de 2022	Día 7	11H15 12H15	2.418	27.169

Fuente: autoría propia

Como se observa en la Tabla 1, el análisis del flujo de tráfico en la intersección reveló que el viernes presenta la mayor demanda de tráfico en comparación con los demás días de la semana, obteniendo un volumen de flujo de 2 951 con una cantidad de vehículos de 31 963. Durante ese día en particular, se observa un incremento significativo en el volumen de vehículos que transitan por la intersección, generando mayores niveles de congestión y tiempos de espera.

Los datos recopilados y el análisis de los patrones de tráfico han demostrado de manera consistente que los viernes son los días en los que se registra una mayor afluencia de vehículos en la intersección. Este fenómeno se produce debido a que el área de estudio presenta zonas comerciales como restaurantes, bares, tiendas de ropa, lo que ocasiona una mayor concentración vehicular.

Es importante destacar que este hallazgo tiene implicaciones significativas en términos de gestión del tráfico y planificación de medidas para mejorar la eficiencia en la intersección. Al reconocer la mayor demanda de tráfico los viernes, se pueden implementar estrategias específicas que aborden este pico de demanda y minimicen los impactos negativos asociados, como la congestión y los tiempos de espera prolongados.

Resumen de Giros

A continuación, se presenta el resumen los giros realizados en la intersección, las estaciones correspondientes, el número de vehículos que transitan por la zona de estudio y el valor porcentual de cada giro con relación al total de giros:

Tabla 2. Resumen de giros y número de vehículos

RESUMEN DE GIROS (Vehículos 00H00 - 23H59)					
INTERSECCION: Av. Paseo de los Cañaris y Av Camilo Ponce				INTERSECCION: I1	
viernes, 2 de diciembre de 2022					
Origen-Destino	S1	S2	S3	S4	Total
E1	0	10.330	3.935	1.120	15.385
E2	8.085	0	494	1.099	9.678
E3	510	883	0	2.550	3.943
E4	481	1.263	1.213	0	2.957
	9.076	12.476	5.642	4.769	31.963

Fuente: autoría propia.

Tabla 3. Resumen de giros y valor porcentual de vehículos

RESUMEN DE GIROS (Vehículos 00H00 - 23H59)					
INTERSECCION: Av. Paseo de los Cañaris y Av Camilo Ponce					INTERSECCION: I1
viernes, 2 de diciembre de 2022					
Origen-Destino	S1	S2	S3	S4	Total
E1	0,00%	67,14%	25,58%	7,28%	100,00%
E2	83,54%	0,00%	5,10%	11,36%	100,00%
E3	12,93%	22,39%	0,00%	64,67%	100,00%
E4	16,27%	42,71%	41,02%	0,00%	100,00%

Fuente: autoría propia.

En la tabla 2 y 3, se puede observar los diferentes giros realizados en la intersección, junto con las estaciones que se asocian a cada uno de ellos, demostrando que en la estación 2 de acuerdo con el valor porcentual del giro, se tiene un 83,54 % que representa un mayor flujo vehicular.

El propósito de esta tabla es proporcionar una visión general de la distribución y frecuencia de los giros en la intersección, así como resaltar la importancia relativa de cada tipo de giro en el flujo de tráfico. Estos datos son de suma importancia para comprender los patrones de tráfico en la intersección, identificar áreas de mayor demanda y planificar estrategias de gestión del tráfico específicas para abordar los giros más frecuentes.

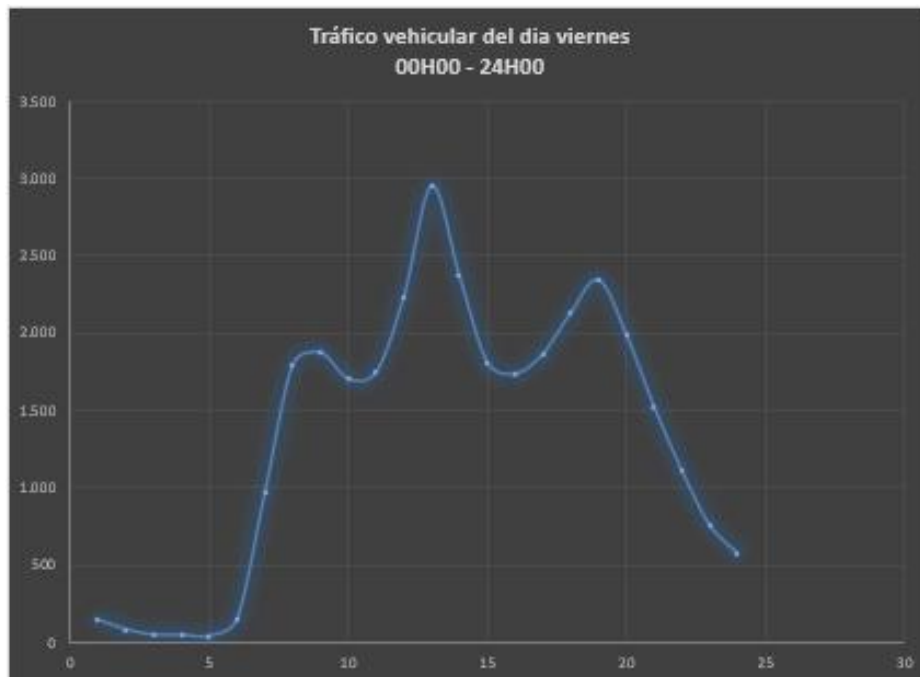
Gráfica del tráfico vehicular

Se realizó una gráfica representando los valores del flujo vehicular correspondientes al día de mayor tráfico registrado en la intersección. Esta gráfica proporciona una visualización clara y concisa de la variación del flujo de vehículos a lo largo del día, lo cual es crucial para comprender y analizar los patrones de tráfico en ese día en particular.

En la gráfica, se representan en el eje horizontal las diferentes horas del día, mientras que en el eje vertical se muestra el flujo vehicular en términos de número de vehículos por hora. Cada punto o

barra en la gráfica representa el valor del flujo vehicular en una hora específica, permitiendo identificar los momentos de mayor y menor flujo de tráfico a lo largo del día.

Ilustración 14. Grafica de tráfico vehicular



Fuente: autoría propia

En la ilustración 7, se observa el menor flujo de tráfico a las 03H00 al ser el momento de menor congestión vehicular y el mayor flujo a las 12H00 identificando el pico tráfico más alto del día.

Resumen de tráfico observado en la intersección

En el estudio de la intersección, se recopilaron datos específicos sobre la presencia de diferentes tipos de vehículos en la intersección en el día completo como en la hora pico, incluyendo vehículos livianos, buses y vehículos pesados. Estos datos son fundamentales para comprender la

composición del tráfico en la intersección y analizar su impacto en la fluidez y eficiencia del tráfico.

En las tablas 4 y 5, se indica el tipo de vehículo (livianos, buses y pesados), la estación específica en la intersección donde se observaron estos vehículos y la cantidad registrada para cada tipo. Estos datos permiten tener una visión clara de la presencia y distribución de los diferentes tipos de vehículos en la intersección.

Tabla 4. Resumen de tráfico en la intersección en la hora pico.

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	722	494	379	153	1.748
B	6	1	6	9	22
2E	15	4	2	2	23
3E	0	0	1	0	1
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	743	499	388	164	1.794

Fuente: autoría propia

En la tabla 4, se cuantifico la cantidad de vehiculos de acuerdo con sus ejes en la hora pico, siendo el total 1 794 vehiculos que pasaron por la intersección.

Tabla 5. Resumen de tráfico en la intersección durante el día

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	15.012	9.473	3.776	2.799	31.060
B	32	10	108	139	289
2E	325	191	54	19	589
3E	16	4	5	0	25
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	15.385	9.678	3.943	2.957	31.963

Fuente: autoría propia

En la tabla 5, se representa la cantidad de vehículos que pasan por la estación durante las 24 horas, teniendo un total de 31 963 vehículos que nos ayudará a determinar la afluencia vehicular en cada estación.

El análisis de estos brindó información acerca del impacto de los diferentes tipos de vehículos en el flujo de tráfico y los tiempos de espera en la intersección, donde la presencia de un alto número de vehículos pesados puede generar mayores tiempos de espera y congestión.

Corrección por factor del TPDA

La corrección por factor del TPDA se refiere al ajuste que se realiza en los datos de tráfico observados en la intersección, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). Este factor de corrección es utilizado para proyectar y extrapolar los datos de tráfico observados en un período de tiempo limitado a un período de un año completo.

El TPDA proporciona una estimación del tráfico promedio diario a lo largo de un año, teniendo en cuenta las variaciones estacionales, los días laborables y no laborables, y otros factores que pueden influir en los flujos de tráfico a lo largo del año. Al aplicar el factor de corrección del TPDA a los datos de tráfico observados en la intersección, se obtiene una estimación más precisa de la demanda de tráfico a lo largo de un año completo que se va a mostrar a continuación:

Tabla 6. Corrección de factor TPDA en la hora pico

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	728	498	382	154	1.762
B	6	1	6	9	22
2E	15	4	2	2	23
3E	0	0	1	0	1
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	749	503	391	165	1.809

Fuente: autoría propia

Tabla 7. Corrección de factor TPDA en el día completo.

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	15.134	9.550	3.807	2.822	31.312
B	32	10	109	140	291
2E	328	193	54	19	594
3E	16	4	5	0	25
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	15.510	9.757	3.975	2.981	32.223

Fuente: autoría propia

La corrección por factor del TPDA en las tablas 6 y 7, se realizó multiplicando los datos de tráfico observados por un factor específico que refleja la relación entre el período de tiempo observado y un año completo, donde se obtuvo un valor de 1 809 en la hora pico y 32 223 en las 24 horas.

Consumo de combustibles provincia del Azuay 2022

El consumo de combustibles en la provincia del Azuay en 2022 es un indicador importante para comprender la demanda y el uso de combustibles en la región. Este dato proporciona información sobre la cantidad de combustible utilizado por los diferentes sectores, como el transporte, la industria y el sector doméstico, y es relevante para evaluar el impacto ambiental, la economía y las políticas energéticas en la provincia.

El consumo de combustibles se puede medir en términos de volumen, como litros de gasolina o diésel, o en términos de valor monetario. Estos datos son recopilados por entidades gubernamentales o empresas especializadas en la recolección de información energética y pueden estar disponibles en informes o estadísticas públicas.

El consumo de combustibles en la provincia del Azuay en 2022 puede influir en varios aspectos, como la calidad del aire, el costo de los combustibles, la eficiencia del transporte y la planificación energética. También puede servir como base para la implementación de políticas públicas relacionadas con la promoción de vehículos más eficientes, el uso de energías renovables y la reducción de emisiones contaminantes.

Es importante tener en cuenta que el consumo de combustibles puede variar según diversos factores, como el crecimiento económico, los cambios en la estructura demográfica, las políticas energéticas y las condiciones climáticas. Por lo tanto, es recomendable analizar los datos específicos de consumo de combustibles en la provincia del Azuay en 2022 y considerar otros factores relevantes para una evaluación completa de la situación energética en la región, a continuación, se presenta dichos valores:

Tabla 8. Consumo de combustible Azuay 2022

MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR
Enero	5,041,034	426,907	3,821,603	9,289,543	1.059592
Febrero	4,880,836	433,298	3,541,383	8,855,516	1.111524
Marzo	5,355,979	453,869	3,841,103	9,650,951	1.019912
Abril	5,032,952	413,959	3,736,007	9,182,917	1.071895
Mayo	5,078,272	399,376	4,163,812	9,641,460	1.020916
Junio	5,196,709	387,913	4,223,877	9,808,499	1.003530
Julio	5,547,513	419,991	4,503,173	10,470,677	0.940066
Agosto	5,452,805	428,022	4,448,420	10,329,247	0.952937
Septiembre	5,349,559	389,638	4,417,146	10,156,342	0.969160
Octubre	5,258,978	392,703	4,126,129	9,777,810	1.006680
Noviembre	5,417,543	396,626	4,330,418	10,144,587	0.970283
Diciembre	5,907,968	444,561	4,457,393	10,809,921	0.910564
	63,520,145	4,986,862	49,610,461	118,117,467	

COSTO PROMEDIO MENSUAL 9,843,122

Fuente: autoría propia.

En la tabla 8, el consumo de combustible más elevado durante el 2022 fue en el mes de Diciembre, debido a factores demográficos como festividades por navidad y fin de año.

Factores del tráfico

Mediante el uso de estas herramientas se analizó y se comprendió los patrones de flujo en diferentes periodos de tiempo, determinando los picos de mayor afluencia de vehículos.

Al aplicar el factor TPDA, se obtiene una proyección más precisa de la demanda de tráfico en un año completo, en la tabla 9, se representan los factores vehiculares en la intersección de estudio de los 7 días contados:

Tabla 9. Factores vehiculares en la intersección

	No. día	HP	conteo		Fh	F d	Fs	Fm	FTPDA
			Mayor volumen de flujo	Número de vehículos					
jueves, 1 de diciembre de 2022	Día 1	07H15 08H15	2.469	26.351	1,00000	1,0000000	1,1071429	0,9105638	1,1717000
viernes, 2 de diciembre de 2022	Día 2	07H00 08H00	2.951	31.963	1,00000	1,0000000	1,1071429	0,9105638	1,2228254
sábado, 3 de diciembre de 2022	Día 3	09H45 10H45	2.368	25.090	1,00000	1,0000000	1,1071429	0,9105638	1,3289000
domingo, 4 de diciembre de 2022	Día 4	11H15 12H15	1.505	17.621	1,00000	1,0000000	1,1071429	0,9105638	2,0622000
lunes, 5 de diciembre de 2022	Día 5	17H15 18H15	2.502	29.821	1,00000	1,0000000	1,1071429	0,9105638	1,1382000
martes, 6 de diciembre de 2022	Día 6	12H45 13H45	2.332	28.992	1,00000	1,0000000	1,1071429	0,9105638	1,1832000
miércoles, 7 de diciembre de 2022	Día 7	07H00 08H00	2.418	27.169	1,00000	1,0000000	1,1071429	0,9105638	1,1621000

Fuente: autoría propia

El uso de estos factores permite ajustar y proyectar los volúmenes de tráfico en diferentes períodos de tiempo, lo que ayuda a comprender los patrones de tráfico, identificar los momentos de mayor demanda y evaluar la capacidad y eficiencia de las vías y las intersecciones.

La siguiente tabla muestra un resumen de los factores vehiculares aplicados durante la hora pico en la intersección estudiada.

Tabla 10. Resumen de factores vehiculares

INTERSECCION: Av. Paseo de los Cañaris y Av Camilo Ponce			Volumen	Q15	VHD	FMV
Día 1	jueves, 1 de diciembre de 2022	07H00 08H00	2.273	621	2484	0,915
Día 2	viernes, 2 de diciembre de 2022	12H00 13H00	2.951	774	3096	0,953
Día 3	sábado, 3 de diciembre de 2022	08H30 09H30	2.368	673	2692	0,880
Día 4	domingo, 4 de diciembre de 2022	11H30 12H30	1.505	447	1788	0,842
Día 5	lunes, 5 de diciembre de 2022	17H15 18H15	2.683	689	2756	0,934
Día 6	martes, 6 de diciembre de 2022	17H45 18H45	2.332	632	2528	0,923
Día 7	miércoles, 7 de diciembre de 2022	11H15 12H15	2.418	679	2716	0,890

Fuente: autoría propia

Tasa de crecimiento vehicular

Las tasas de crecimiento vehicular es un factor importante por considerar en las estimaciones y proyecciones del tráfico. Se utilizan para analizar y predecir el aumento de la motorización en una determinada área o región. Una de las ecuaciones comúnmente utilizadas para estimar la tasa de motorización en función de la población es la siguiente:

$$T_m = (\text{Vehículos} * 1000) / \text{Población}$$

Donde:

T_m : Tasa de motorización para un año específico k , medida en vehículos por cada 1000 habitantes.

T_s : Tasa de Saturación (vehículos/1000 habitantes)

E : Base del logaritmo natural

A : Constantes a determinar

T : Tiempo

Para realizar proyecciones y estimaciones de crecimiento vehicular, se deben determinar las constantes (A y E) y analizar los datos históricos de vehículos y población en el área de estudio. Esto permite calcular la tasa de motorización y compararla con la tasa de saturación para evaluar la capacidad de la infraestructura vial y planificar mejoras en el sistema de transporte, de esta forma se presenta la tasa de crecimiento:

Tabla 11. Tasa de crecimiento vehicular 2022-2023

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR				
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TIEMPO
2022-2023	3,22%	2,13%	2,13%	1

Fuente: autoría propia

En la tabla 11, se obtuvo las tasas de crecimiento de vehículos livianos, buses y camiones, de acuerdo con los valores históricos obtenidos de la proyección de tráfico de vehículos relacionado con el crecimiento poblacional por año.

Tabla 12. Tasas de crecimiento vehicular proyectada

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR				
	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	TIEMPO
2023-2028	1,81%	0,93%	0,93%	5
2028-2033	1,60%	0,98%	0,98%	5
2033-2038	1,83%	1,40%	1,40%	5
2038-2043	1,87%	1,58%	1,58%	5
2043-2048	1,79%	1,59%	1,59%	5
2048-2053	1,80%	1,67%	1,67%	5

Fuente: autoría propia

Es importante tener en cuenta que las tasas de crecimiento vehicular son estimaciones basadas con los datos disponibles, y pueden variar en función de diferentes factores y escenarios.

Tráfico proyectado en la intersección evaluada de 00H00 a 24H00

Para proyectar el tráfico en la intersección evaluada a lo largo del día, teniendo en cuenta una proyección de 20 años, es necesario considerar los diferentes tipos de vehículos.

El tráfico proyectado en la intersección evaluada de 00:00 a 24:00 horas es una estimación del volumen de tráfico que se espera a lo largo del día en la intersección. Esta proyección considera diferentes factores, como el crecimiento demográfico, las tendencias de movilidad y otros factores relevantes que pueden influir en la demanda de tráfico en la zona.

La proyección del tráfico en un período de 24 horas nos proporciona una visión general del flujo vehicular a lo largo del día. Permite identificar los momentos de mayor congestión y los períodos de menor demanda de tráfico. A continuación, la tabla de los vehículos en los diferentes años:

Tabla 13. Tráfico proyectado de 00H00 a 24H00

ESTACION	VEHICULOS	TPDA 2023	TPDA 2028	TPDA 2033	TPDA 2038	TPDA 2043	TPDA 2048	TPDA 2053
E1	L	15.134	16.553	17.921	19.622	21.529	23.527	25.710
	B	32	34	35	38	41	45	48
	E2	328	343	360	386	418	452	489
	E3	16	17	18	19	21	22	24
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	15.510	16.947	18.334	20.065	22.009	24.046	26.271
E2	L	9.550	10.445	11.309	12.382	13.586	14.906	16.356
	B	10	11	11	12	13	14	15
	E2	193	202	212	227	246	266	287
	E3	4	4	4	5	5	6	6
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	9.757	10.662	11.536	12.626	13.849	15.191	16.664
E3	L	3.807	4.164	4.508	4.936	5.415	5.942	6.519
	B	109	114	120	128	139	150	162
	E2	54	57	60	64	69	75	81
	E3	5	5	6	6	6	7	8
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	3.975	4.340	4.693	5.134	5.630	6.174	6.771
E4	L	2.822	3.086	3.341	3.659	4.014	4.404	4.833
	B	140	147	154	165	179	193	209
	E2	19	20	21	23	24	26	29
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	2.981	3.253	3.517	3.846	4.217	4.624	5.070
TOTAL	L	31.312	34.248	37.078	40.598	44.545	48.780	53.418
	B	291	305	320	344	372	402	435
	E2	594	622	653	700	757	819	886
	E3	25	26	28	30	32	35	38
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	32.223	35.201	38.079	41.671	45.706	50.035	54.776

Fuente: autoría propia

En la tabla 13, se presenta la proyección del tráfico. Se desglosa la proyección en tres categorías de vehículos: livianos, buses y pesados. Los valores en cada celda de la tabla representan la estimación del número de vehículos de cada tipo que se espera que pasen por la intersección durante la proyección.

Tráfico proyectado en hora pico de 7H00 a 8H00

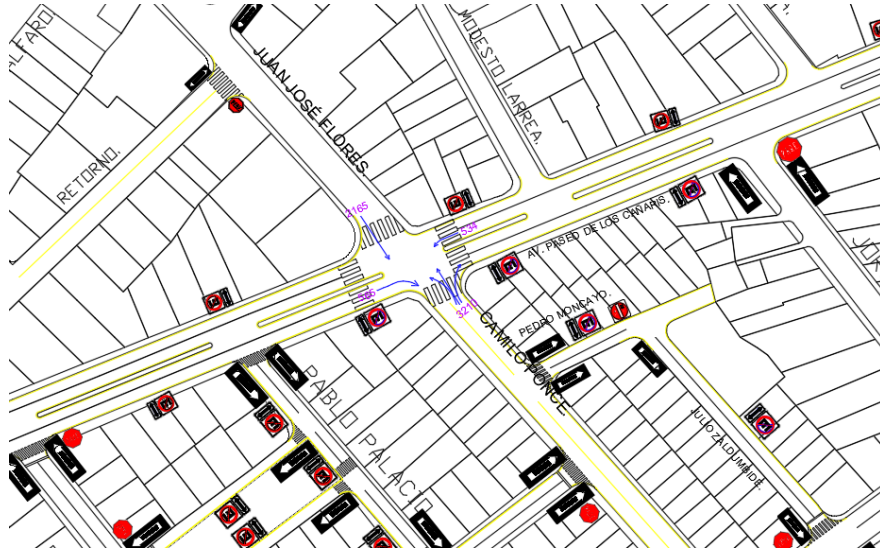
El tráfico proyectado en la hora pico de 7:00 a 8:00 a.m. es una estimación del volumen de tráfico que se espera en la intersección durante ese período específico. Durante la hora pico matutina, generalmente se registra un mayor flujo de vehículos debido al desplazamiento de las personas hacia el trabajo, la escuela u otras actividades.

3.5 SIMULACIÓN (AIMSUN)

3.5.1 Levantamiento de información

Se realizó el levantamiento topográfico en la zona de estudio para obtener las condiciones geométricas de la intersección, así como los dimensionamientos de los carriles, parterre y demás datos requeridos para ingresar al programa.

Ilustración 15. Intersección por diseñar.

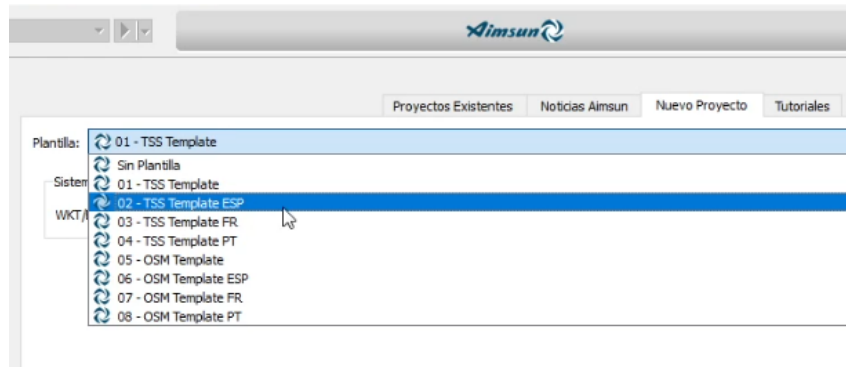


Fuente: autoría propia

3.5.2 Información general

Se seleccionó la plantilla 02-TSS Template ESP en AIMSUN y se configuró el sistema de información geográfica en UTM, ya que de esta manera se garantiza que las coordenadas y la ubicación geográfica en el modelo correspondan al sistema de referencia utilizado en Ecuador. Esto permite una representación precisa y coherente de los datos geográficos y una alineación correcta con otras capas geoespaciales utilizadas en el estudio. Dado que estamos iniciando el proyecto desde una perspectiva micro, es decir, centrándonos en el comportamiento vehicular individual, para esto es necesario desactivar las opciones de "meso" (mesoscópico) y "estático". Estas opciones corresponden a análisis y simulaciones a nivel de flujo constante o macroscópico, y no serán necesarias para nuestro enfoque.

Ilustración 16. Selección de plantilla



Fuente: autoría propia.

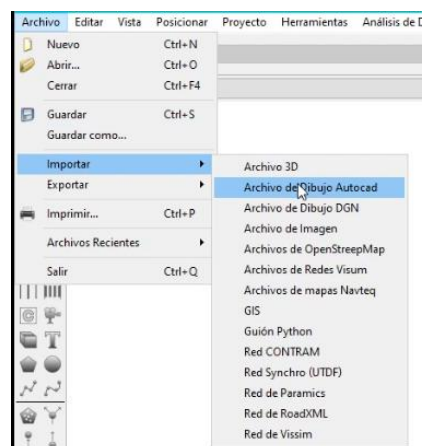
3.5.3 Importación de datos

Una vez ingresado al ambiente de la herramienta AIMSUN, se procederá a importar un archivo de dibujo en formato AutoCAD o GIS. Para realizar, se deben seguir siguientes pasos:

En la barra de menú, seleccionamos la opción "Archivo".

En el menú desplegable de "Archivo", elegimos la opción "Importar archivo de dibujo AutoCAD o GIS".

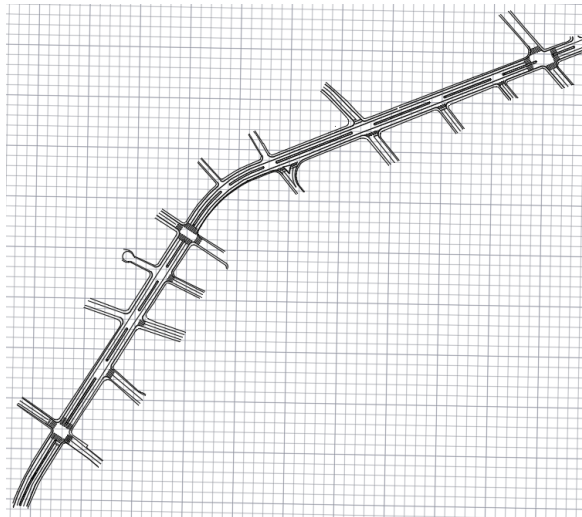
Ilustración 17. importación de las condiciones geométricas de la intersección



Fuente: autoría propia

Se abre una ventana de explorador de archivos que permitirá buscar y seleccionar el archivo que se desea importar. Una vez encontrado el archivo deseado, seleccionar para comenzar el proceso de importación y de esta manera establecer la base de diseño y planificación del proyecto de simulación de tráfico. Al contar con las características fundamentales de las intersecciones, se van a realizar modelos más realistas y precisos que reflejen las condiciones del corredor de estudio.

Ilustración 18. Intersección en la Av. Paseo de los Cañaris



Fuente: autoría propia.

Al colocar las carreteras con sus dimensionamientos y características en el programa, se creará un modelo más realista y preciso que reflejará las condiciones físicas del área de estudio. Esto ayudará a obtener resultados más precisos al simular el flujo de tráfico y evaluar el desempeño de la infraestructura vial.

3.5.4 Condiciones generales

- a) **Carriles:** Mediante el levantamiento topográfico se logró obtener información precisa sobre el corredor de la Avenida Paseo de los Cañaris.

Basado en la información proporcionada, se puede deducir lo siguiente:

- La avenida tiene dos carriles tanto en la dirección de ida como en la de vuelta. Esto es importante para definir la capacidad de la vía en el modelo de simulación.
- Los anchos de los carriles varían a lo largo del corredor. Estos anchos son cruciales para determinar la capacidad de los carriles y el espacio disponible para el flujo de tráfico en el modelo.
- Esta información es relevante para representar adecuadamente la configuración física de la avenida en el modelo de simulación.

Ilustración 19. Condiciones geométricas de la intersección



Fuente: autoría propia

En el programa AIMSUN, se asignaron los atributos correspondientes a la Avenida Paseo de los Cañaris, considerando las características que una avenida debe tener. Estos atributos son importantes para la simulación del tráfico y el análisis de su desempeño. Según la información proporcionada, se asignaron los siguientes atributos:

- b) Velocidad máxima:** Se establece una velocidad máxima de 40 kilómetros por hora para la Avenida Paseo de los Cañaris. Este límite de velocidad influye en el comportamiento de los vehículos en el modelo de simulación y permitirá evaluar la velocidad promedio de desplazamiento en la vía.

En el contexto del plan de movilidad de la ciudad de Cuenca, se establecen velocidades máximas específicas para circular dentro de las intersecciones. Siguiendo estas directrices, has asignado las características correspondientes a la intersección de la Avenida Paseo de los Cañaris en el programa AIMSUN.

Ilustración 20. Jerarquía vial en la Ciudad de Cuenca

SIMBOLOGIA	
Unidades Funcionales	
JERARQUÍA VIAL	Velocidad máxima km/h
Vías Colectoras	40 km/h
Vías Locales	30 km/h
Vías de Retorno	20 km/h
Preferencia no motorizada	10 km/h

Fuente: PMEP de cuenca, 2015 – 2025.

c) **Capacidad máxima:** Se asigna una capacidad máxima de 1600 PCUs/h (unidades de capacidad de pasajeros por hora) a la Avenida Paseo de los Cañaris. Esta capacidad representa el flujo máximo de vehículos que la vía puede soportar en una hora. Al asignar esta capacidad, se podrá evaluar el nivel de congestión y la eficiencia del flujo de tráfico en la vía.

Con estos atributos asignados en AIMSUN, se podrá simular el comportamiento del tráfico en la Avenida Paseo de los Cañaris, teniendo en cuenta la velocidad máxima permitida y la capacidad máxima de la vía. Esto permitirá evaluar el desempeño del tráfico, identificar posibles congestiones y analizar la capacidad de la vía para satisfacer la demanda de tráfico en diferentes escenarios.

Ilustración 21. Características generales del corredor

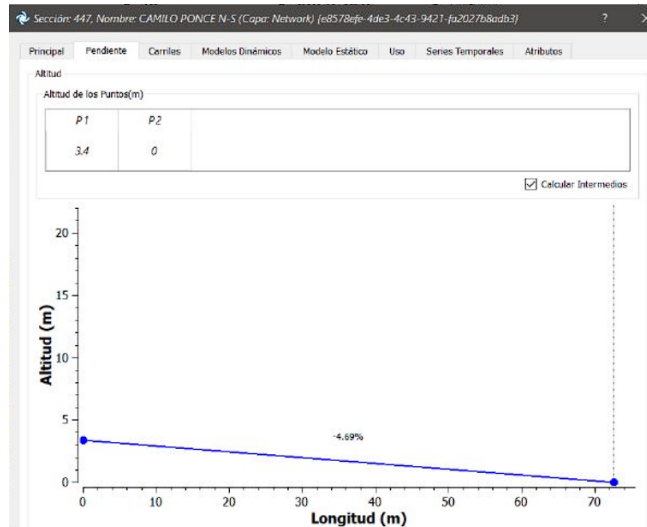


Fuente: autoría propia

En la Avenida Camilo Ponce, se determinó una pendiente del 4,69%, por lo que permite simular las características físicas de la vía de manera más precisa, lo que a su vez puede influir en la velocidad de los vehículos y el flujo de tráfico.

En cuanto a la Avenida Paseo de los Cañaris, se ha identificado una pendiente mínima de 1.00%. Esta pendiente mínima tiene un impacto menor en la velocidad de los vehículos y el flujo de tráfico.

Ilustración 22. Pendiente de la Av. Camilo Ponce



Fuente: autoría propia

d) Asignación de giros

En base al estudio en campo se determina los giros que se asume en cada estación de la intersección. Estos giros son elementos clave para modelar con precisión el tráfico en el programa AIMSUN. Basado en la información proporcionada, los 12 giros se componen de la siguiente manera:

- **Estación #1 Av. Paseo de los cañaris (O-E)**

Giro a la izquierda (O-S) a Av. Camilo Ponce

Recto (O-E) en dirección Av. Paseo de los Cañaris

Giro a la derecha (O-S) a Av. Juan José Flores

- **Estación #2 Av. Paseo de los Cañaris (E-O)**

Giro a la izquierda (E-S) a Av. Juan José Flores

Recto (E-O) en dirección Av. Paseo de los Cañaris

Giro a la derecha (E-N) a Av. Camilo Ponce

- **Estación #3 Av. Juan José Flores (S-N)**

Giro a la izquierda (S-E) a Av. Paseo de los cañaris

Recto (O-E) en dirección Av. Camilo Ponce

Giro a la derecha (O-S) a Av. Paseo de los Cañaris

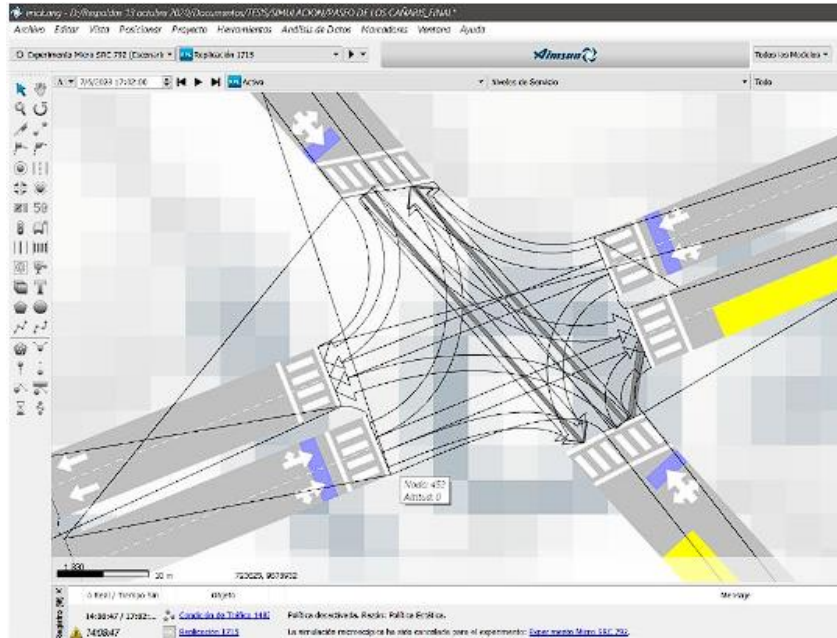
- **Estación #4 Av. Camilo Ponce (N-S)**

Giro a la izquierda (N-E) a Av. Paseo de los Cañaris

Recto (N-S) en dirección Av. Juan José Flores

Giro a la derecha (N-O) a Av. Paseo de los Cañaris

Ilustración 23. Asignación de giros en la intersección

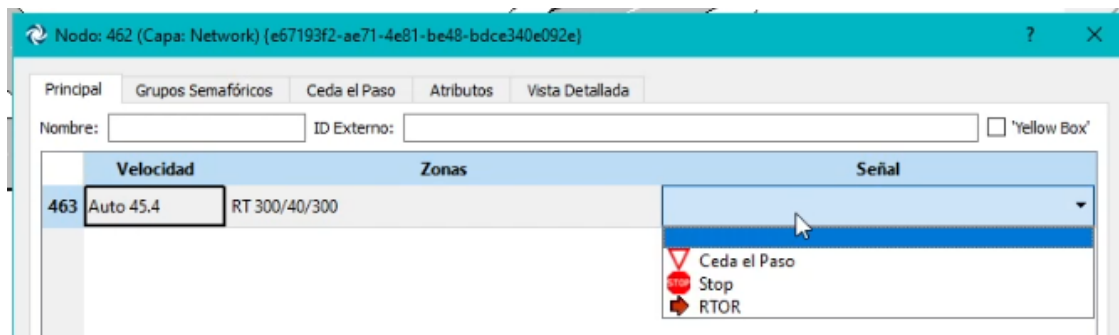


Fuente: autoría propia

e) Asignación de señales de tránsito

Al observar en campo el tipo de señal y comprender su función, se puede asignar de manera correcta en AIMSUN y simular su impacto en el flujo de tráfico y la regulación del tránsito.

Ilustración 24. Señales de tránsito en la intersección

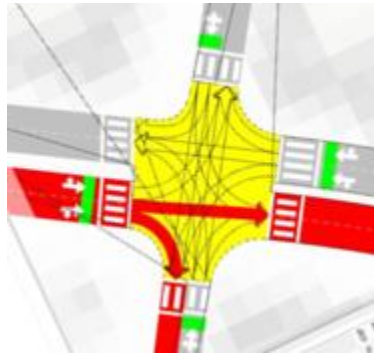


Fuente: autoría propia

f) Plan maestro Semafórico

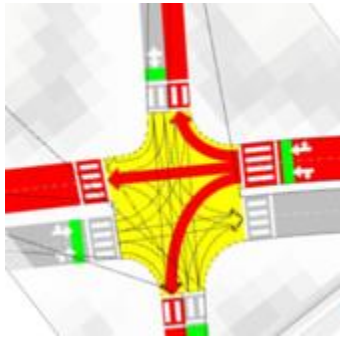
Al asignar los grupos semafóricos en AIMSUN, se podrá simular y analizar el funcionamiento del control de tráfico en cada intersección. Esto permite evaluar la eficiencia del flujo vehicular, los tiempos de espera y los conflictos en el cruce de vehículos, optimizando así la distribución y organización del tráfico en función de los distintos destinos.

Ilustración 25. Grupos semafóricos en la estación 1.



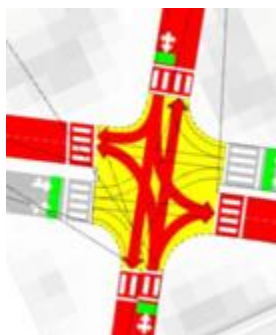
Fuente: AIMSUN- autoría propia

Ilustración 26. Grupos semafóricos en la estación 2.



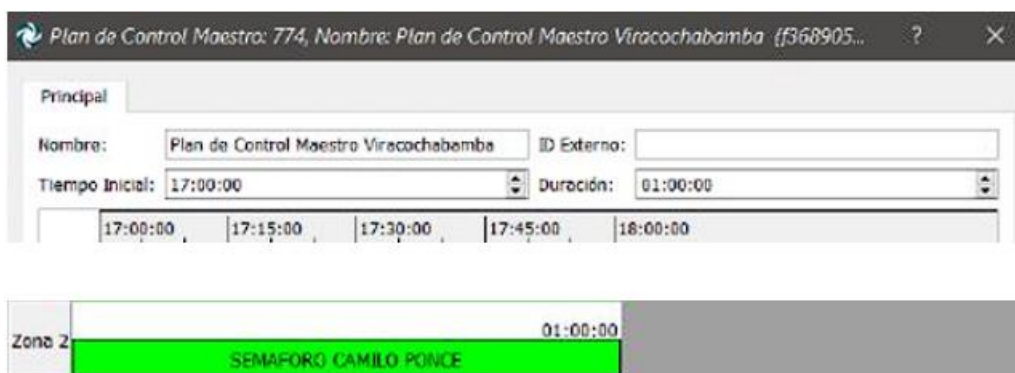
Fuente: AIMSUN- autoría propia

Ilustración 27. Grupos semafóricos de las estaciones 3 y 4.



Fuente: AIMSUN- autoría propia

Ilustración 28. Plan maestro semafórico



Fuente: AIMSUN- autoría propia

De acuerdo a los datos proporcionados por la EMOV EP, se logró asignar los tiempos de semáforo adecuados en AIMSUN para reflejar la realidad y el funcionamiento actual de la gestión del tráfico en las intersecciones. Esto permite realizar simulaciones más realistas y obtener resultados más precisos al evaluar el desempeño del sistema vial en diferentes escenarios.

Ilustración 29. Datos de ciclos semafóricos

PLAN	S1		
	F1	F2	
A	34	26	60
B	30	20	50
C	32	24	56
D	0	0	0

Fuente: Dirección de movilidad GAD Municipal Cuenca

Ilustración 30. Programa de planes horarios

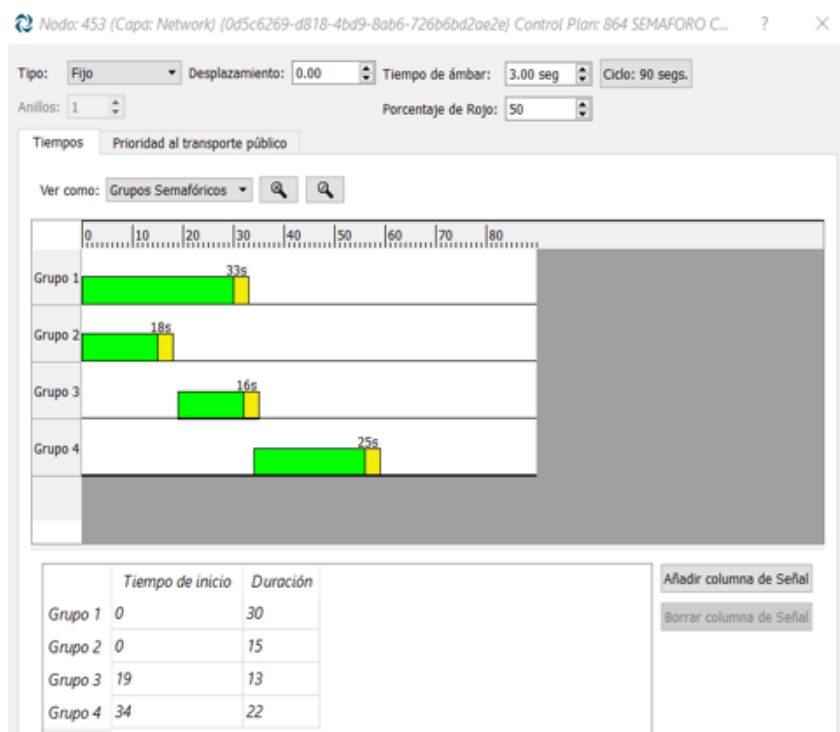
PLANES HORARIOS						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
00:00:00 B	00:00:00 B	00:00:00 B	00:00:00 B	00:00:00 B	00:00:00 B	00:00:00 B
5:00:00 A	5:00:00 A	5:00:00 A	5:00:00 A	5:00:00 A	5:00:00 B	5:00:00 B
21:00:00 B	21:00:00 B	21:00:00 B	21:00:00 B	21:00:00 B		

Fuente: Dirección de movilidad GAD Municipal Cuenca

En la intersección estudiada se han identificado un total de 5 semáforos que se encargan de distribuir el tráfico hacia las distintas intersecciones del sector. Estos semáforos desempeñan un papel crucial en la regulación y control del flujo vehicular en la zona.

Al modelar y simular estos 5 semáforos en AIMSUN, se podrá analizar su funcionamiento y su impacto en el flujo vehicular. Así se logrará evaluar los tiempos de verde y rojo asignados a cada semáforo, la sincronización de los ciclos de los semáforos y los tiempos de espera de los vehículos en las distintas intersecciones.

Ilustración 31. Ciclos semafóricos en la intersección



Fuente: autoría propia

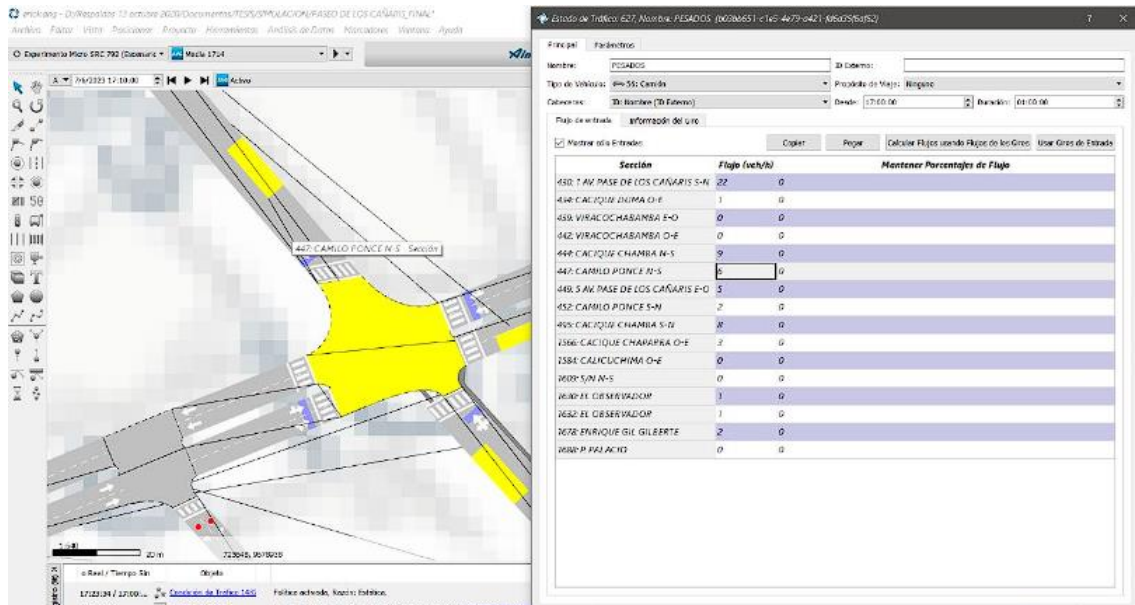
3.5.5 Importación de datos del flujo vehicular

Se realizó un conteo vehicular durante los 7 días de la semana para obtener el día con mayor flujo vehicular y determinar la hora pico. El resultado de la cuantificación de datos arrojó que el día viernes tiene el mayor flujo vehicular de la semana y sobre todo la hora pico de 17H00 a 18H00, por lo que se tiene una referencia clara de los momentos de mayor tráfico y congestión en la intersección. Esto permitirá ajustar y evaluar la programación de los semáforos para manejar eficientemente el flujo vehicular durante esa hora.

Adicionalmente, al crear secciones separadas para vehículos livianos y vehículos pesados, por lo que se puede considerar las necesidades y el comportamiento de ambos tipos de vehículos en el modelo de simulación. Esto es importante debido a que los vehículos pesados pueden tener características y demandas diferentes en comparación con los vehículos livianos, y su inclusión en el modelo proporcionará un análisis más preciso.

Vehículos pesados: Es importante conocer los porcentajes de vehículos pesados en la intersección. Estos porcentajes indicaron la proporción de vehículos pesados con respecto al total de vehículos en la intersección. Con esta información, se simuló de manera más precisa los patrones de tráfico y se evaluó el impacto de los vehículos pesados en la congestión, los tiempos de espera y el nivel de servicio general de la intersección.

Ilustración 32. Vehículos pesados en el corredor de la Av. Paseo de los Cañaris

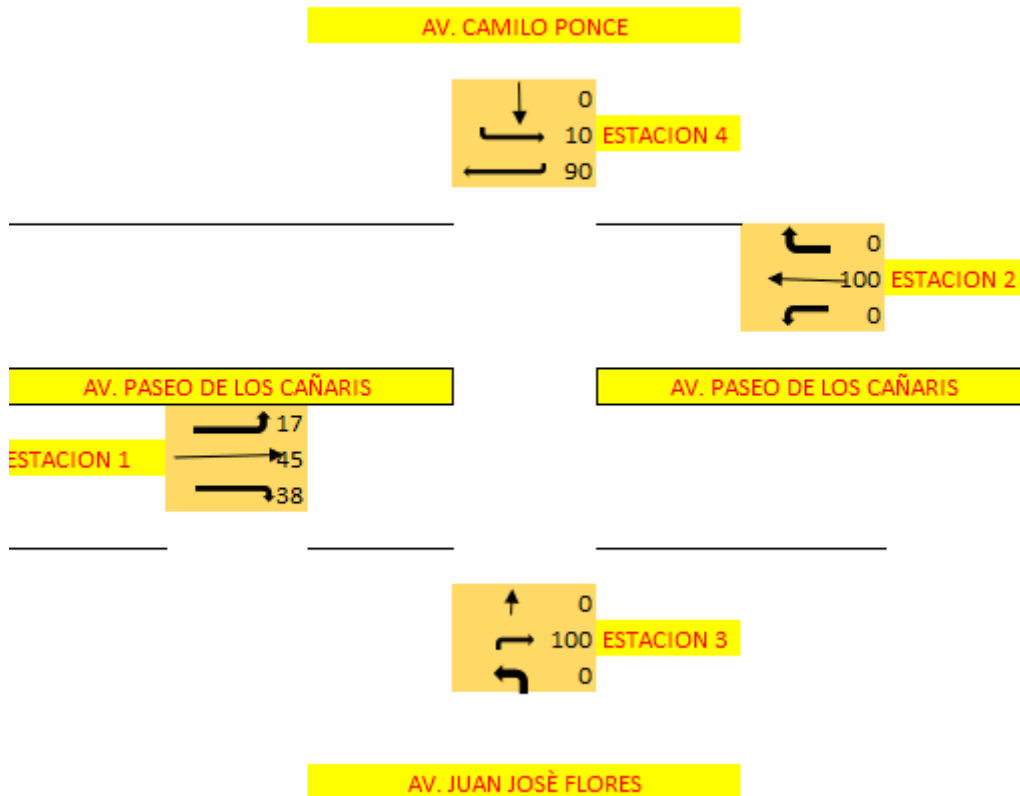


Fuente: AIMSUN - autoría propia

Independientemente del método utilizado, es importante recopilar datos representativos y suficientes para calcular los porcentajes de giros de manera precisa. Estos porcentajes fueron utilizados en el modelado de la simulación en AIMSUN para reflejar los patrones de tráfico y permitir una evaluación más realista del comportamiento del flujo vehicular en las intersecciones.

Ilustración 33. Porcentaje de vehículos pesados en la intersección

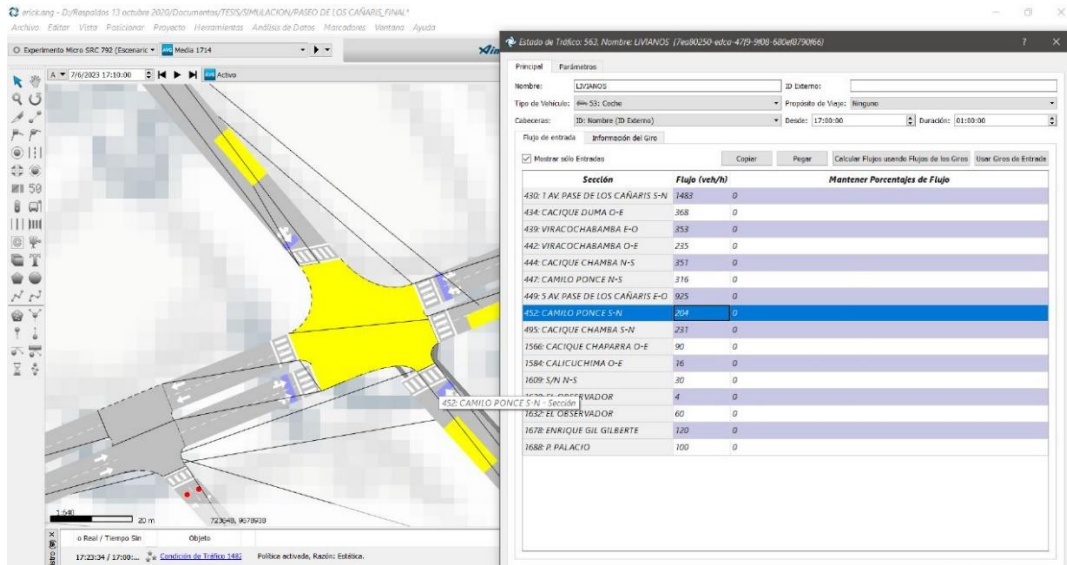
% DE PESADOS EN LA INTERSECCION



Fuente: autoría propia

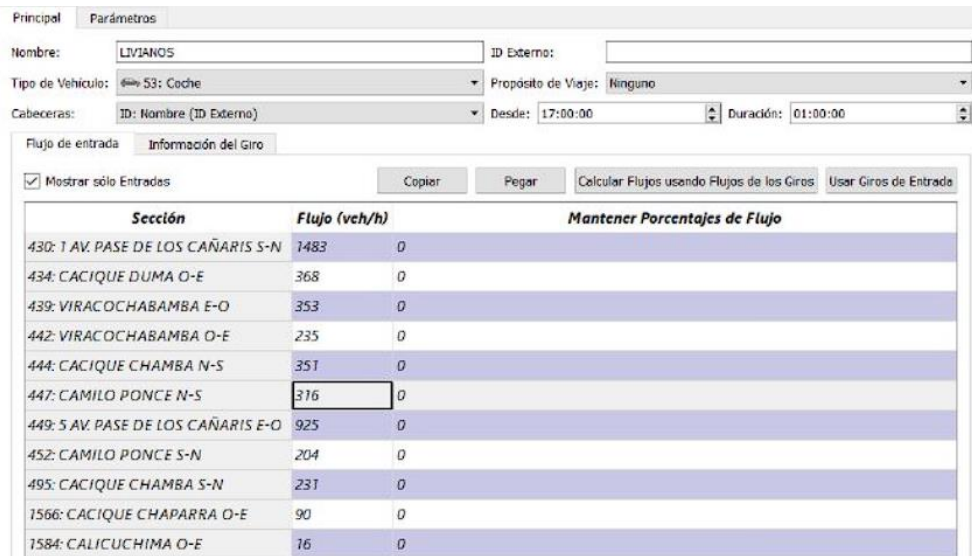
Vehículos livianos: Los vehículos livianos generalmente tienen características y comportamientos de conducción diferentes a los vehículos pesados. Tienen una aceleración más rápida, una menor distancia de frenado y pueden maniobrar con mayor facilidad en comparación con los vehículos pesados. Por lo tanto, conocer el porcentaje de vehículos livianos en la intersección es esencial para evaluar adecuadamente la capacidad de la intersección y el nivel de servicio general.

Ilustración 34. Vehículos livianos en la intersección



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Ilustración 35. Vehículos livianos en la Av. Camilo Ponce

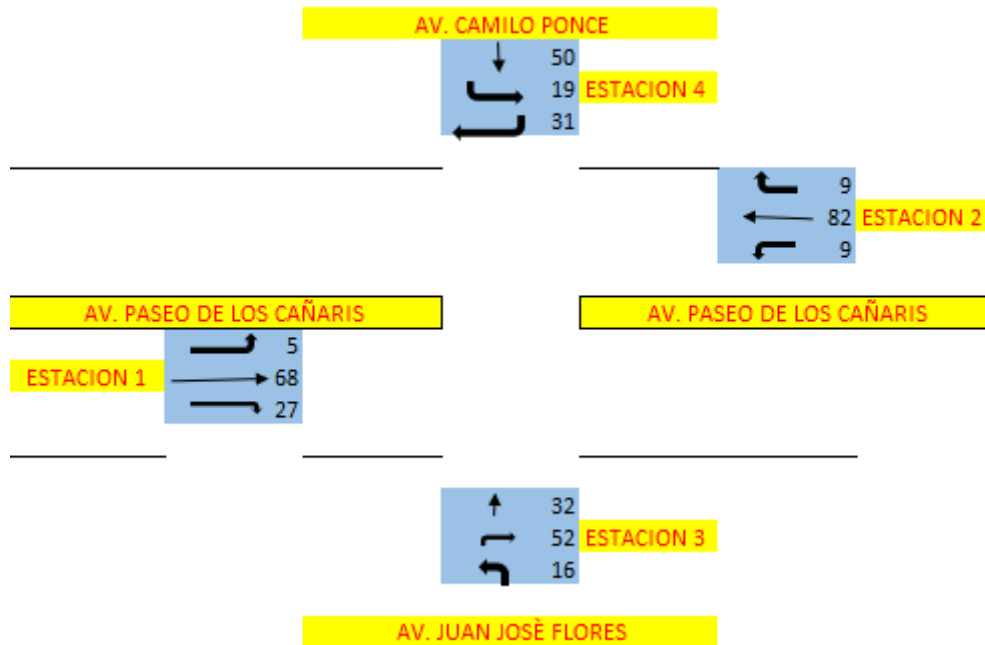


Fuente: AIMSUN - autoría propia

Al obtener los porcentajes de vehículos livianos, se podrá tener una representación más precisa de la composición del tráfico en la intersección. Esto permitirá una simulación más realista de los patrones de flujo y la interacción entre vehículos livianos y pesados.

Ilustración 36. Porcentaje de vehículos livianos en la intersección.

% DE VEHICULOS LIVIANOS EN LA INTERSECCION



Fuente: autoría propia

Al ingresar los porcentajes de vehículos livianos en la simulación en AIMSUN, se analizó de manera más precisa los tiempos de espera, las velocidades promedio y las condiciones de congestión en la intersección. Esto facilitó la identificación de posibles problemas de tráfico y ayudó en la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y la seguridad del flujo vehicular.

3.5.6 Plan de transporte público

Es importante considerar el plan de transporte público al modelar la intersección, entre la Avenida Camilo Ponce, Avenida Juan José Flores y la Avenida Paseo de los Cañaris. Las líneas de buses que transitan por esta intersección son un componente fundamental del flujo de tráfico y deben ser adecuadamente representadas en el modelo de simulación.

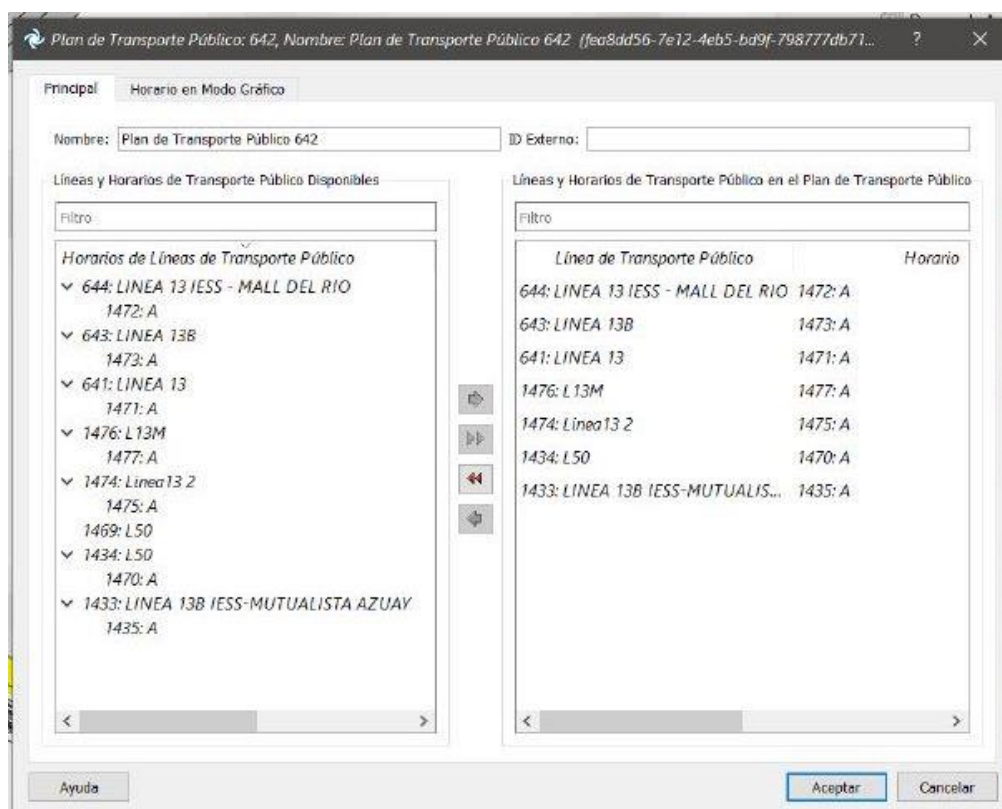
A continuación, se mencionan algunas de las líneas de buses que pasan por la intersección:

- **Línea 1:** Esta línea de bus conecta diferentes zonas residenciales y comerciales en la ciudad, brindando servicios de transporte a un gran número de pasajeros.
- **Línea 2:** Esta línea de bus tiene un recorrido específico que puede incluir áreas industriales, instituciones educativas o centros de salud, ofreciendo una opción de transporte público a los usuarios de esas zonas.
- **Línea 3:** Esta línea de bus puede tener un enfoque más turístico, conectando lugares de interés y atracciones turísticas importantes en la ciudad.

Luego de analizar las posibles rutas de las líneas de buses que circula por la intersección, nombraremos cada una de las mismas que se verificó mediante el estudio del tráfico:

- LINEA 13 IEES-MALL DEL RIO
- LINEA 13B
- LINEA 13
- LINEA 13M
- LINEA 13-2
- LINEA 50
- LINEA 13B IEES-MUTUALISTA AZUAY

Ilustración 37. Líneas de buses que circulan por la intersección



Fuente: autoría propia

De la misma forma también se obtuvo datos generales en campo de cada una de las paradas de transporte público para calcular los tiempos de cola que se generan debido a las operaciones de carga y descarga de pasajeros. Estos datos son fundamentales para evaluar la eficiencia y el nivel de servicio del transporte público en la zona.

El hecho de que cada línea de transporte público pase de forma periódica cada 15 minutos indica una frecuencia constante de servicio. Al tener esta información, es posible calcular los tiempos de espera promedio en las paradas y evaluar la congestión potencial en la intersección.

Al utilizar una desviación estándar de 5.0 (obtenido por la información brindada de la Municipalidad de Cuenca) y una media de 15 minutos, se está teniendo en cuenta la variabilidad

en los tiempos de llegada de los buses. Esto refleja que los buses pueden llegar con cierta variación con respecto a la frecuencia programada.

Ilustración 38. Datos generales de las líneas de buses.

Horario: A [Nuevo] [Borrar] [Duplicar]

Tiempo Inicial	Duración	Tiempos de Salida
00:00	01:00:00	Intervalo (Puntual)

[Nuevo] [Borrar]

Mostrar la Información de Peatones

Parada	Media (s)	Desviación	Desplazamiento (s)
1786: El Comercio - Parada...	15,0	5,0	0,0
1818: El Espectador - Parada...	15,0	5,0	0,0
1817: La Paz - Parada de Tra...	15,0	5,0	0,0

Mostrar Desplazamientos No Aplicar Desplazamientos (Valores Informativos) [Fijar tiempos para todas las paradas...]

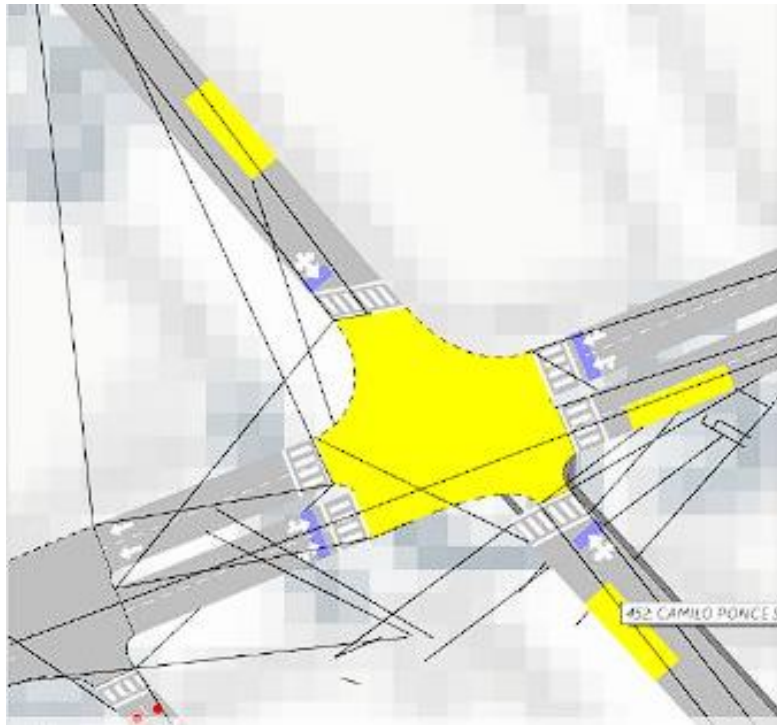
[Ayuda] [Aceptar] [Cancelar]

Fuente: autoría propia

También es importante tener en cuenta la ubicación específica de las paradas de buses, ya que esto influirá en el flujo de tráfico y en la planificación del transporte público en la zona.

Según el levantamiento de información realizado en la intersección, se identificaron tres paradas de buses ubicadas en la Avenida Paseo de los Cañaris, Avenida Camilo Ponce y la Avenida Juan José Flores. Estas ubicaciones son fundamentales para determinar la distribución del flujo de pasajeros y los movimientos de carga y descarga de los buses en la intersección.

Ilustración 39. Parada de los buses en la intersección



Fuente: AIMSUN - autoría propia

3.5.7 Niveles de servicio

Cada nivel de servicio de la escala tendrá sus propios criterios y umbrales de rendimiento establecidos. Estos criterios pueden incluir la velocidad promedio, el tiempo de espera, la capacidad utilizada y otros indicadores relevantes para evaluar la calidad del flujo vehicular.

Ilustración 40. Niveles de servicio ingresados en el AIMSUN



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Utilizando esta escala de colores, donde el nivel A (verde claro) es el óptimo y el nivel F (marrón) es el más bajo, se conseguirá identificar fácilmente el rendimiento del tráfico en la sección y tomar decisiones informadas para mejorar el nivel de servicio en áreas problemáticas.

Al asignar manualmente los niveles de servicio en la sección, vamos a poder clasificar el rendimiento del tráfico de acuerdo con los estándares establecidos en la normativa regional. Esto nos ayudará a identificar áreas que requieren mejoras y a tomar medidas para optimizar la operación y la planificación del tráfico en la zona.

Una vez colocado los datos, los niveles de servicio, y aspectos fundamentales que requiere el programa para entregar en la actualidad de cómo se encuentra la intersección que problema está generando y como poder solucionarlo a largo plazo, antes que sus niveles de servicio lleguen a colapsar.

3.5.8 Calibración del modelo de micro simulación

Al utilizar un escenario dinámico de tipo estocástico con 5 replicaciones, se está considerando la variabilidad y la incertidumbre inherentes al tráfico real. Esto permitirá obtener una visión más completa de los posibles resultados y evaluar la confiabilidad de las conclusiones obtenidas.

De igual forma la calibración del modelo utilizando la media aritmética es una forma común de ajustar los resultados de las simulaciones para que se ajusten a los datos observados en el terreno. Esto implica comparar los resultados simulados con los datos reales recopilados, y realizar ajustes en los parámetros del modelo para reducir las discrepancias y lograr una mejor correspondencia entre la simulación y la realidad.

También se realizó la colocación de detectores dentro del programa, ya que es una estrategia importante para monitorear y evaluar el flujo vehicular en tiempo real. Estos detectores nos van a permitir obtener información sobre el tráfico faltante o el tráfico que excede las capacidades de la intersección. Esto es valioso para identificar posibles congestiones, optimizar los tiempos de los semáforos y tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia del tráfico en la zona.

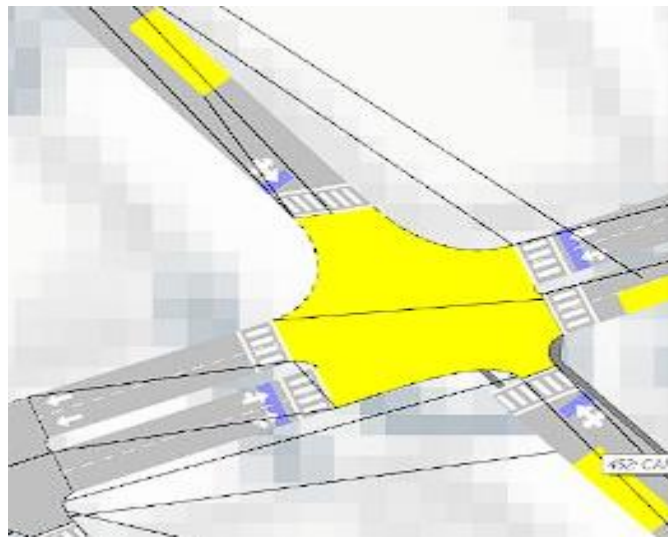
Ilustración 41. Ubicación de los detectores



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Se asignaron un total de 4 detectores, en la intersección de la Avenida Paseo de los Cañaris (2 detectores), en la Avenida Camilo Ponce (1 detector) y en la Avenida Juan José Flores (1 detector), así se conseguirá obtener datos precisos y relevantes sobre el comportamiento del tráfico en ese punto específico. Estos datos nos ayudarán a evaluar el rendimiento de la intersección, identificar áreas de mejora y ajustar los parámetros del modelo en la calibración.

Ilustración 42. Detectores en la intersección



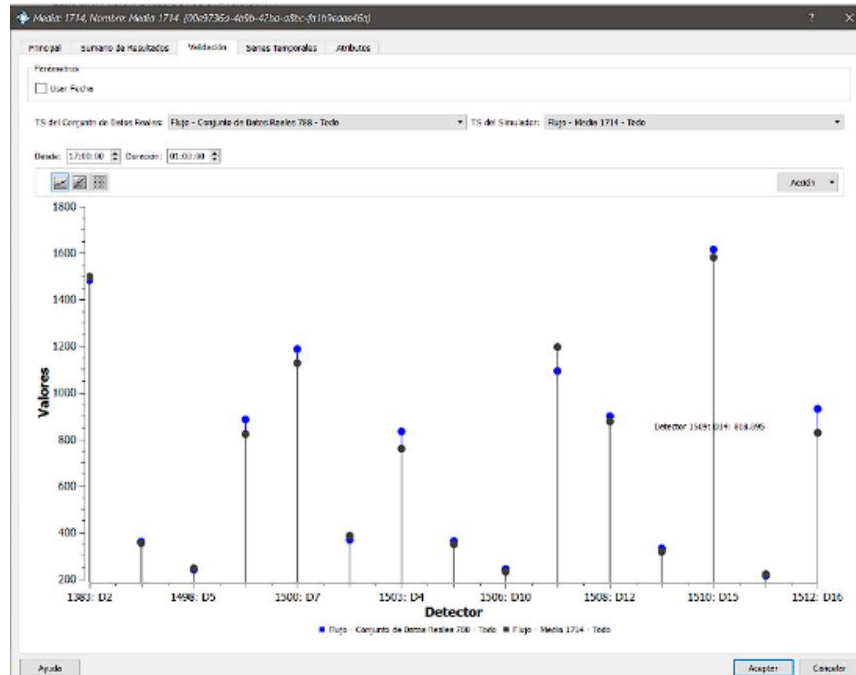
Fuente: AIMSUN - autoría propia

3.5.9 Calibración Gráfica

La calibración gráfica es un proceso en el que se comparan los datos reales con los datos simulados para evaluar la precisión y la confiabilidad del modelo de simulación. Este análisis visual es útil para identificar posibles discrepancias y ajustar los parámetros del modelo para que se ajusten mejor a la realidad observada.

Para ello, se representa a continuación gráficamente los datos reales y los datos simulados en un mismo gráfico.

Ilustración 43. Valores reales vs valores simulados



Fuente: AIMSUN - autoría propia

La calibración gráfica va a permitir evaluar la precisión del modelo y aumentar la confiabilidad de los resultados obtenidos, brindando una herramienta valiosa para la toma de decisiones informadas en la gestión del tráfico y la planificación del transporte.

En caso de no concordar los datos y la calibración gráfica al ser un proceso iterativo, va a requerir varios ajustes y pruebas para lograr una concordancia satisfactoria entre los datos reales y los datos simulados.

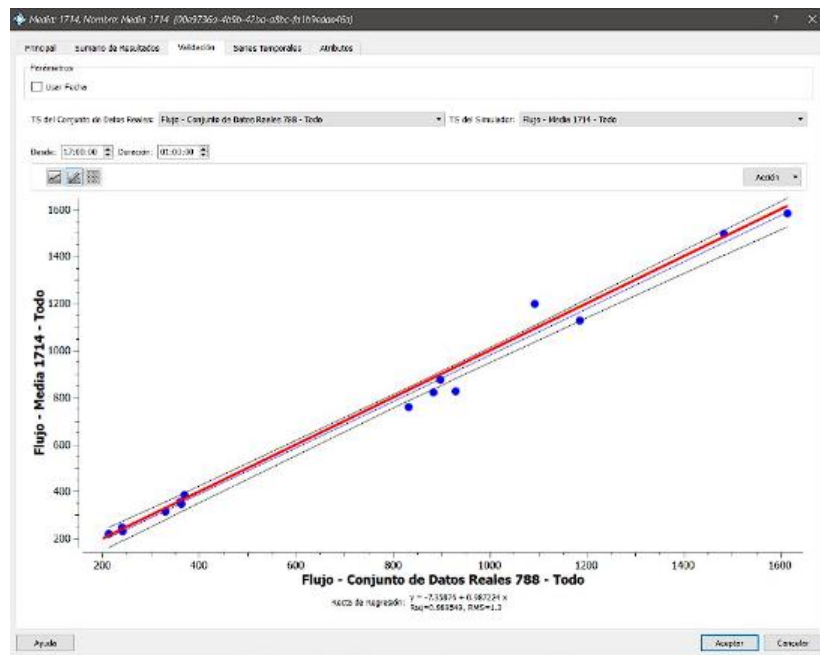
3.5.10 Regresión Lineal

La regresión lineal es una técnica estadística que se utiliza para analizar la relación entre dos variables y determinar la línea de mejor ajuste entre ellas. En el contexto de la calibración de datos

reales contra datos simulados, la regresión lineal ayuda a evaluar la precisión del modelo y determinar el nivel de ajuste entre ambas fuentes de datos.

Al realizar una regresión lineal entre los datos reales y los datos simulados, obtendrás un coeficiente de ajuste conocido como el coeficiente de determinación. Este coeficiente varía entre 0 y 1, y representa la proporción de la varianza en los datos simulados que puede ser explicada por los datos reales. A continuación, la gráfica de la regresión lineal.

Ilustración 44. Gráfica de la regresión lineal del modelo



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Un coeficiente de ajuste cercano a 1 indica una fuerte relación lineal entre los datos reales y los datos simulados, lo que implica un buen ajuste del modelo a la realidad observada. Como se observa en la ilustración 38, el modelo arrojó un coeficiente de ajuste de 0,98, por lo que la simulación es correcta.

Si el modelo no cumple con los valores indicados, es importante revisar y ajustar los parámetros del modelo para lograr un mejor equilibrio entre los datos simulados y los datos reales. Se puede

considerar realizar cambios en la demanda de tráfico, los tiempos de semáforo u otros factores que influyan en la simulación.

3.5.11 Estadísticas del modelo

El GEH es una medida estadística que se utiliza para comparar la similitud entre los valores observados y los valores predichos en un modelo. Es una forma de evaluar la precisión y la calidad de la simulación en relación con los datos reales.

Al calcular el GEH entre los datos reales y los datos simulados, se consigue obtener tanto la diferencia relativa como la diferencia absoluta entre ellos. Estas medidas nos permiten analizar las desviaciones existentes en el modelo y determinar si se requiere algún reajuste.

Para el modelo que se está realizando el GEH debe ser menor al 5%. Esto implica que la diferencia entre los datos simulados y los datos reales no debe exceder el 5% para considerar el modelo como aceptable y confiable.

Si el GEH supera el umbral del 5%, indica que existe una discrepancia significativa entre los valores simulados y los valores reales. A continuación, se muestra los resultados estadísticos de la simulación.

Ilustración 45. Valores del GEH

Objeto	Flujo - Conjunto de Datos Reales 788 - Todo	Flujo - Media 1714 - Todo	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa (%)	GEH
1512: D 16	930	826	-104	-11.1828	3.50983
1511: D 13	213	219.6	6.6	3.09859	0.448762
1510: D 15	1615	1584	-31	-1.9195	0.775121
1509: D 14	330	315.6	-14.4	-4.36364	0.801486

Fuente: AIMSUN - autoría propia

Como se observa en la ilustración 40, los valores de GEH están por debajo del umbral del 5%, por lo que se va a tener una mayor confianza en la precisión y confiabilidad del modelo de simulación,

lo que permite tomar decisiones más informadas en la gestión del tráfico y la planificación del transporte.

Ilustración 46. Estadística GEH

Objeto	Flujo - Conjunto de Datos Reales 788 - Todo	Flujo - Media 1714 - Todo	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa (%)	GEH
1512: D 16	930	826	-104	-11.1828	3.50983
1511: D 13	213	219.6	6.6	3.09859	0.448762
1510: D 15	1615	1584	-31	-1.9195	0.775121
1509: D 14	330	315.6	-14.4	-4.36364	0.801486
1508: D 12	898	871.4	-26.6	-2.96214	0.894301
1507: D 11	1092	1200.4	108.4	9.92674	3.20184
1506: D 10	242	229.6	-12.4	-5.12397	0.807513
1505: D 9	363	349	-14	-3.85675	0.741999
1503: D 4	832	761.4	-70.6	-8.48558	2.50125
1501: D 1	369	385.2	16.2	4.39024	0.834232
1500: D 7	1186	1129.4	-56.6	-4.77234	1.66348
1499: D 8	884	821.4	-62.6	-7.08145	2.14376
1498: D 5	241	246	5	2.07469	0.320421
1497: D 6	360	354.2	-5.8	-1.61111	0.306926
1383: D 2	1483	1497.6	14.6	0.984491	0.378195

Fuente: AIMSUN - autoría propia

3.5.12 Niveles de servicio obtenidos en la intersección

Los niveles de servicio en una intersección se utilizan para evaluar la capacidad de la infraestructura vial y el grado de congestión experimentado por los conductores.

Una vez ingresado todos los valores que requiere el programa, este fue el resultado de la simulación en cuanto a los niveles de servicio.

Ilustración 47. Niveles de servicios de la intersección en 2023



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Es importante destacar que, aunque la mayoría de los niveles de servicio en la intersección se encuentran en un nivel óptimo, el hecho de que la Avenida Paseo de los Cañaris en el sentido Este-Oeste, tenga un nivel de servicio F indica un problema significativo de congestión vehicular en ese tramo específico de la intersección.

Un nivel de servicio F implica que la capacidad de la vía está siendo superada por la demanda de tráfico, lo que resulta en tiempos de espera prolongados, colas extensas y una disminución significativa en la velocidad promedio de los vehículos.

Ante esta situación, es crucial tomar medidas para abordar el congestionamiento y mejorar el nivel de servicio en la Avenida Paseo de los Cañaris.

3.5.13 Intersección proyectada a 2043 (20 años)

Se realizó una proyección de 20 años, desde el 2023 hasta el 2043, es una estrategia útil para anticipar la demanda futura de tráfico y planificar las soluciones necesarias para abordarla de

manera efectiva. Multiplicar los factores de crecimiento de vehículos por los del año 2023 es un enfoque común para estimar la demanda de tráfico en el futuro.

Al proyectar la demanda de tráfico a lo largo de los años, es importante considerar factores como el crecimiento demográfico, el desarrollo económico, los cambios en los patrones de viaje y las políticas de transporte. Estos factores pueden influir en la demanda de tráfico y afectar la capacidad de la infraestructura vial existente.

Al obtener una estimación de la demanda de tráfico futura, se podrá identificar las áreas que requerirán mejoras en la infraestructura vial, la gestión del tráfico y el transporte público. Esto nos va a permitir anticipar las necesidades futuras y desarrollar estrategias para mejorar la movilidad y la calidad del transporte en la zona estudiada.

Es importante tener en cuenta que las proyecciones de tráfico están sujetas a incertidumbre y pueden estar influenciadas por diversos factores externos. Por lo tanto, es recomendable realizar evaluaciones periódicas y ajustar las proyecciones a medida que se disponga de nuevos datos y cambios en el entorno.

Al realizar la proyección de 20 años y anticipar la demanda de tráfico, vamos a tomar decisiones informadas en la planificación del transporte y la gestión del tráfico, y garantizar que la infraestructura vial y las políticas de transporte sean adecuadas para satisfacer las necesidades futuras de movilidad de la zona estudiada.

A continuación, se muestra la intersección proyectada a 20 años.

Ilustración 48. Proyección a 20 años de la intersección



Fuente: AIMSUN - autoría propia

La proyección de la intersección en 20 años muestra un cambio negativo en los niveles de servicio de la vía, donde el más afectado fue el nivel de servicio F (Av Paseo de los cañaris). Este nivel de servicio sugiere una degradación significativa en la movilidad vehicular y una posible congestión en la intersección.

3.5.14 Tiempos de demora del tráfico (en cola)

Los tiempos en cola de las demoras del tráfico vehicular son un aspecto importante a considerar al analizar la congestión y la eficiencia del flujo vehicular en las avenidas objeto de estudio para darle una solución adecuada. Estos tiempos en cola representan el tiempo que los vehículos deben esperar en una fila o cola antes de poder avanzar.

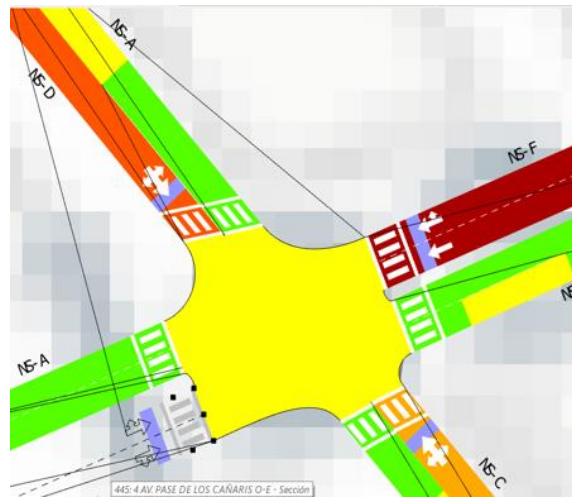
Tiempo de espera: Se debe de analizar el tiempo que los vehículos pasan esperando en la cola antes de poder avanzar. Se compara estos tiempos de espera con los niveles de servicio y evaluar si están dentro de los límites aceptables.

Con base en esta información, se podrán desarrollar propuestas y soluciones específicas para reducir los tiempos en cola y mejorar la eficiencia del flujo vehicular en las avenidas. Estas soluciones pueden incluir ajustes en la sincronización de los semáforos, mejoras en la infraestructura vial, promoción del transporte público y estrategias de gestión del tráfico

A continuación, se mostrarán los tiempos en cola de todas las avenidas de la intersección:

- **Estación 1 Av. Paseo de los Cañaris (carril de ingreso)**

Ilustración 49. Paseo de los Cañaris (Carril de ingreso)



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Ilustración 50. Tiempos de espera en cola

Sección: 445, Nombre: 4 AV. PASE DE LOS CAÑARIS O-E (Capa: Network) (0d1dd763-6533-4bc6-8f18-3a08fba8b983)	
Variables	
Tiempo de Demora - Media 1704 - Todo (sec)	
17:10:00	28.35 (1.68)
17:20:00	27.84 (0.84)
17:30:00	28.56 (1.30)
17:40:00	28.91 (2.23)
17:50:00	27.22 (0.53)
18:00:00	26.69 (1.44)
Agregado	27.93
Media	27.93

Fuente: AIMSUN - autoría propia

- Estación 4 Av. Camilo Ponce (carril de ingreso)

Ilustración 55. Av. Camilo Ponce (carril de ingreso)



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Ilustración 56. Tiempos de demora en cola

Sección: 447, Nombre: CAMILO PONCE N-S (Capa: Network) (e8578efe-4de3-4c43-9421-fa2027b8adb3)

Principal | Pendiente | Carriles | Modelos Dinámicos | Modelo Estático | Uso | Series Temporales | Atributos

Variables [Iconos] [Botones de Control] [Acción]

Tiempo de Demora - Media 1704 - Todo (sec)	
17:10:00	36.50 (5.65)
17:20:00	38.31 (6.42)
17:30:00	33.26 (4.31)
17:40:00	32.72 (3.25)
17:50:00	35.03 (5.75)
18:00:00	33.37 (3.03)
Agregado	34.78
Media	34.87

Fuente: AIMSUN - autoría propia

En la ilustración 51, se evidencia el tiempo de demora de los vehículos, donde se calcula el tiempo de demora del semáforo mas el tiempo de movilidad del carro luego del cambio de ciclo semaforico, siendo a las 17:20 el tiempo más extenso de demora durante la hora pico.

3.5.15 Alternativas de solución

Ante esta situación de congestión vehicular en la zona de estudio, es necesario tomar medidas efectivas para abordar los problemas de movilidad y mejorar los niveles de servicio en la intersección. Algunas propuestas que podrían considerarse incluyen:

Ampliación de la capacidad vial: Evaluar la posibilidad de ampliar la capacidad vial en la intersección mediante la adición de carriles, la reconfiguración de la geometría vial o la construcción de pasos a desnivel. Estas mejoras pueden ayudar a acomodar el crecimiento del tráfico y mejorar la fluidez en la intersección.

Optimización de los tiempos de semáforo: Revisar y ajustar los tiempos de los semáforos en la intersección para mejorar el flujo de tráfico y reducir los tiempos de espera. El uso de tecnologías de control de tráfico inteligente puede ser beneficioso para optimizar los tiempos de semáforo en tiempo real en función de la demanda del tráfico.

Mejoras en la infraestructura para el transporte público: Considerar la implementación de carriles exclusivos para el transporte público, la mejora de las paradas de autobús y la priorización del transporte público en la intersección. Estas medidas pueden ayudar a fomentar el uso del transporte público y reducir la dependencia del vehículo privado.

Gestión de la demanda de tráfico: Explorar estrategias para gestionar la demanda de tráfico, como promover opciones de transporte alternativas, implementar políticas de estacionamiento reguladas, fomentar el transporte compartido o implementar programas de teletrabajo. Estas

medidas pueden contribuir a reducir la cantidad de vehículos en la intersección y aliviar la congestión.

Planificación del desarrollo urbano: Considerar el desarrollo urbano de manera integral, teniendo en cuenta el impacto en la movilidad y el transporte. Diseñar una red vial eficiente y sostenible, promover la mezcla de usos y fomentar la conectividad multimodal pueden contribuir a mejorar la movilidad en la intersección.

Es fundamental llevar a cabo estudios más detallados y un análisis exhaustivo para determinar las soluciones más adecuadas para abordar los problemas de movilidad en la intersección proyectada en 20 años.

3.5.16 Solución

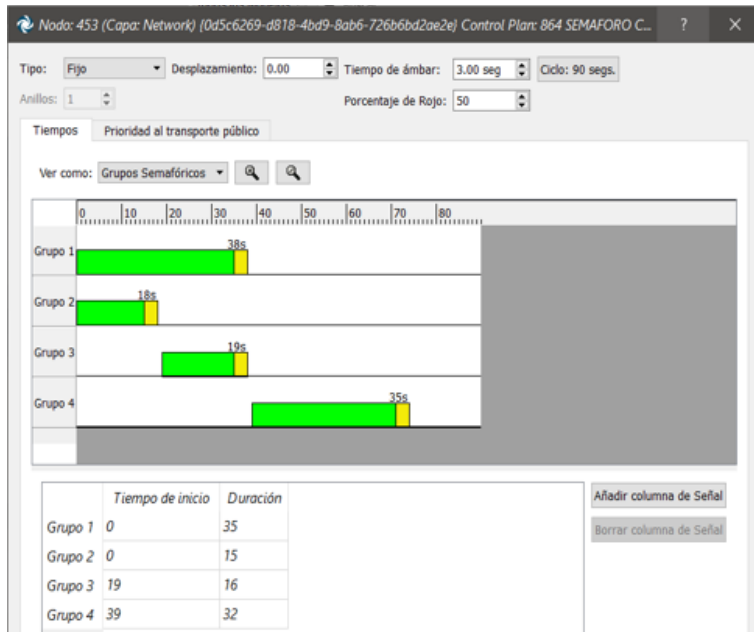
Se realizó un análisis detallado y una evaluación de factibilidad para seleccionar las soluciones en el congestionamiento vehicular de la intersección, por lo que nos encontramos en una posición sólida para elegir las soluciones y de esta manera pueda fluir mejor el tráfico por las avenidas de estudio.

Se efectuaron dos soluciones para el congestionamiento en la intersección, los cuales son la sincronización de los tiempos semafóricos y la eliminación de un giro a la izquierda que va desde la Av. Paseo de los Cañaris hacia la Av. Juan José Flores, estas medidas son efectivas para abordar el embotellamiento en la intersección, seguidamente se presenta las soluciones:

Sincronización de tiempos semafóricos: La sincronización de los tiempos de los semáforos en la intersección se determinó mediante el libro de “INGENIERIA DE TRANSITO DE CAL Y

MAYOR”, por lo que tenemos una guía sólida para el diseño y la operación de sistemas de control de tráfico. Al coordinar los semáforos se reducen los tiempos de espera y las detenciones innecesarias. Esto ayuda a minimizar la congestión y a mejorar la eficiencia del tráfico en la intersección.

Ilustración 57. Sincronización de los tiempos semafóricos

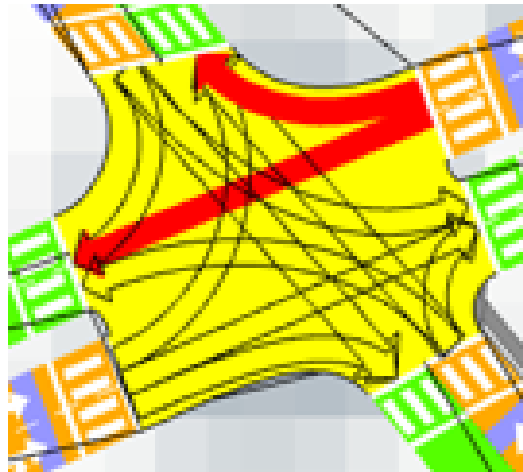


Fuente: AIMSUN - autoría propia

Eliminación de un giro a la izquierda: Se identificó que el giro a la izquierda específico es una fuente de congestión y problemas de flujo vehicular en la intersección, su eliminación resultó ser una solución efectiva.

Al eliminar el giro, implica restringir o prohibir ese giro en particular, redirigiendo a los conductores hacia rutas alternativas que eviten la maniobra conflictiva.

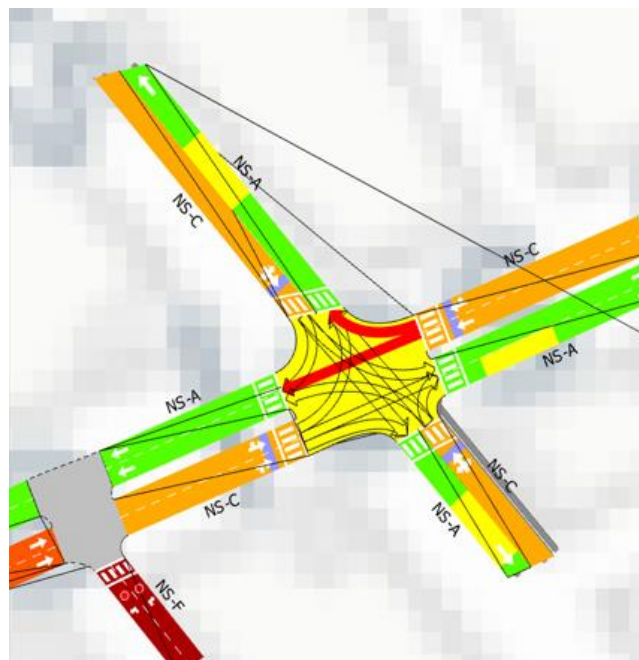
Ilustración 58. Eliminación del giro ala izquierda



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Se determinaron las dos soluciones propuestas conjuntamente y se las ingresó al programa, al simular nuevamente la intersección, se ha observado una mejora notable en el nivel de servicio de la intersección. Esto respalda y valida el análisis detallado y la evaluación de factibilidad que se ha realizado, a continuación, el resultado.

Ilustración 59. Solución al problema de congestión vehicular en la intersección

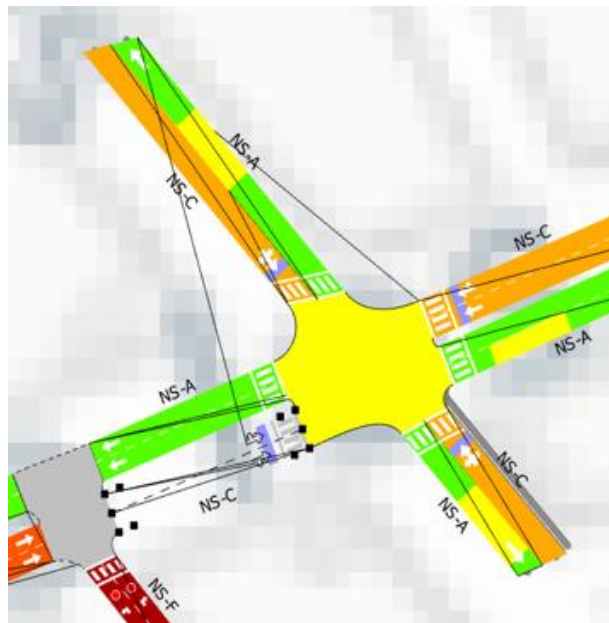


Fuente: AIMSUN - autoría propia

Reducción en tiempo de cola: La reducción de los tiempos en cola fue un objetivo clave para mejorar la eficiencia y la calidad de la movilidad en la intersección, ya que, al reducir los tiempos de espera de los vehículos, se logra un flujo más fluido y continuo, lo que a su vez contribuye a una mayor capacidad de la intersección y una disminución de la congestión, se presenta los tiempos en cola de la intersección:

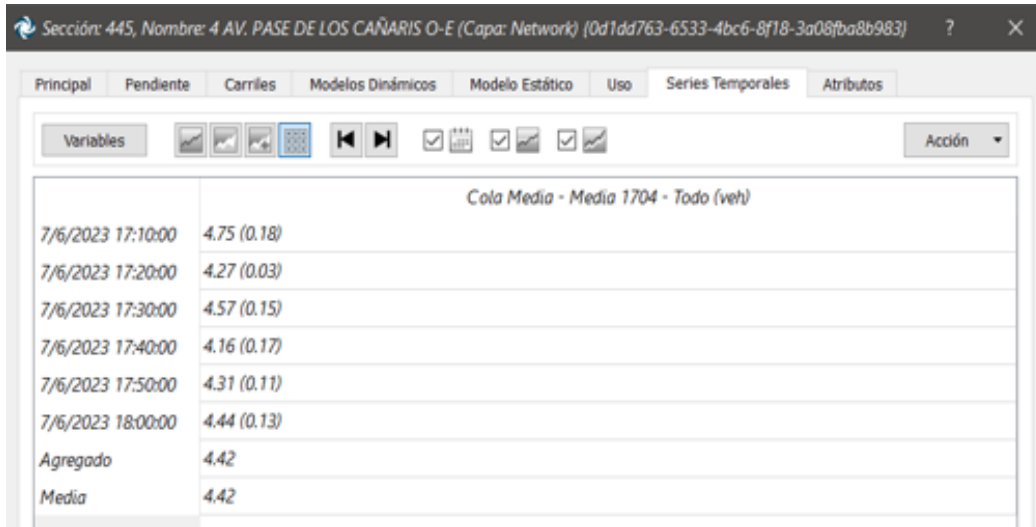
- **Estación 1 Av. Paseo de los Cañaris (carril de ingreso)**

Ilustración 60. Av. Paseo de los Cañaris



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Ilustración 61. Tiempos de espera en cola con solución



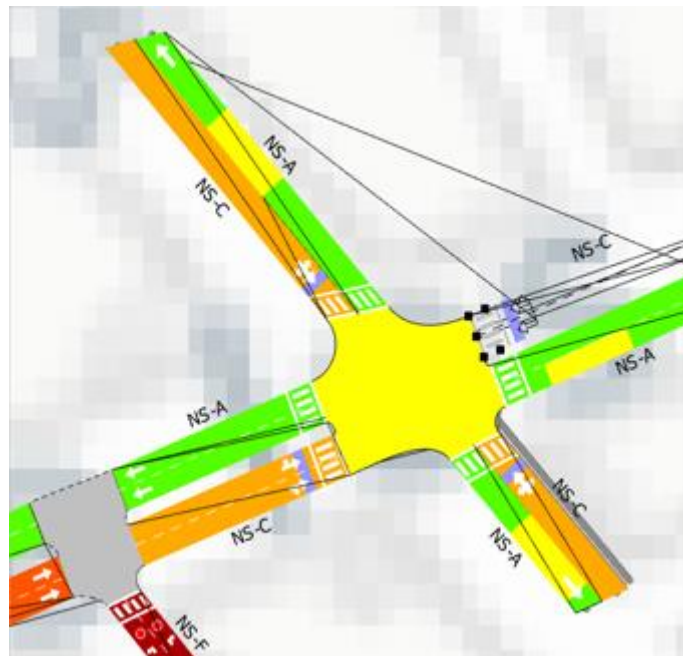
The screenshot shows a software window titled 'Sección: 445, Nombre: 4 AV. PASE DE LOS CAÑARIS O-E (Capa: Network) [0d1dd763-6533-4bc6-8f18-3a08fba8b983]'. The interface includes several tabs: 'Principal', 'Pendiente', 'Carriles', 'Modelos Dinámicos', 'Modelo Estático', 'Uso', 'Series Temporales', and 'Atributos'. Below the tabs is a 'Variables' section with various icons and an 'Acción' dropdown menu. The main content area displays a table with the following data:

Cola Media - Media 1704 - Todo (veh)	
7/6/2023 17:10:00	4.75 (0.18)
7/6/2023 17:20:00	4.27 (0.03)
7/6/2023 17:30:00	4.57 (0.15)
7/6/2023 17:40:00	4.16 (0.17)
7/6/2023 17:50:00	4.31 (0.11)
7/6/2023 18:00:00	4.44 (0.13)
Agregado	4.42
Media	4.42

Fuente: AIMSUN - autoría propia

- **Estación 2 Av. Paseo de los Cañaris (carril de ingreso)**

Ilustración 62. Av. Paseo de los Cañaris



Fuente: AIMSUN - autoría propia

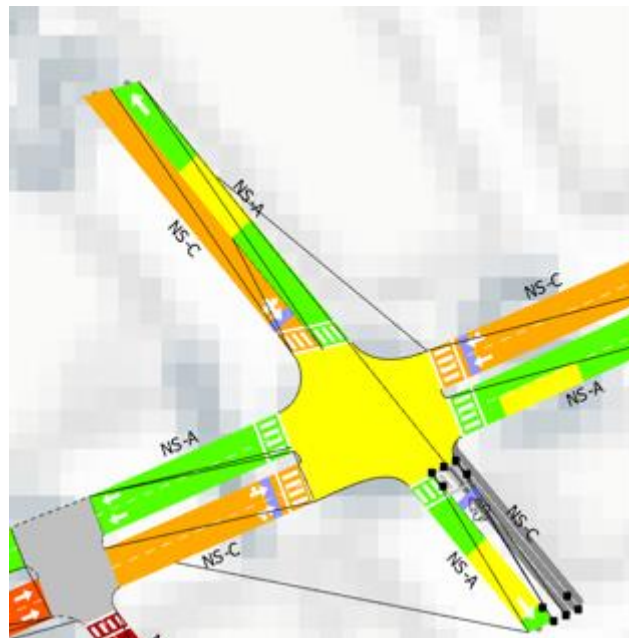
Ilustración 63. Tiempos de espera en cola con solución

Cola Media - Media 1704 - Todo (veh)	
7/6/2023 17:10:00	1.37 (0.15)
7/6/2023 17:20:00	1.38 (0.22)
7/6/2023 17:30:00	1.34 (0.21)
7/6/2023 17:40:00	1.32 (0.26)
7/6/2023 17:50:00	1.36 (0.23)
7/6/2023 18:00:00	1.23 (0.20)
Agregado	1.33
Media	1.33

Fuente: AIMSUN - autoría propia

- **Estación 3 Av. Juan José Flores (carril de ingreso)**

Ilustración 64. Av. Juan José Flores



Fuente: AIMSUN - autoría propia

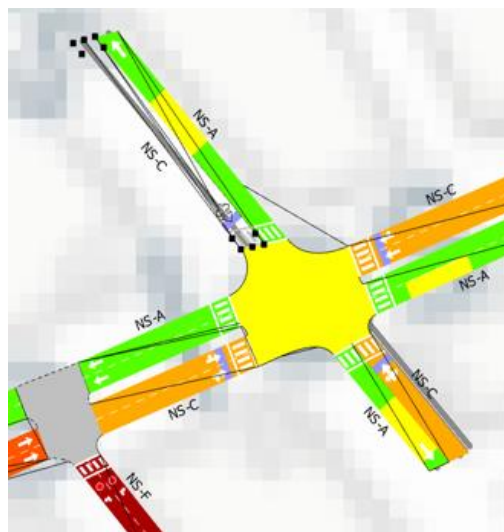
Ilustración 65. Tiempos de espera en cola con solución

Cola Media - Media 1704 - Todo (veh)	
7/6/2023 17:10:00	1.21 (0.37)
7/6/2023 17:20:00	1.32 (0.31)
7/6/2023 17:30:00	1.33 (0.36)
7/6/2023 17:40:00	1.45 (0.21)
7/6/2023 17:50:00	1.09 (0.23)
7/6/2023 18:00:00	1.15 (0.14)
Agregado	1.26
Media	1.26

Fuente: AIMSUN - autoría propia

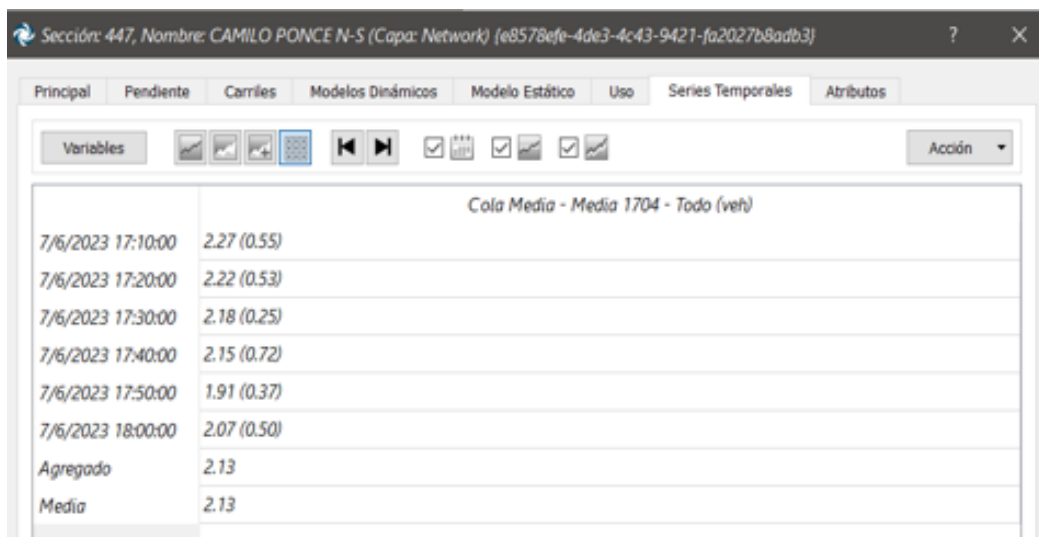
- Estación 4 Av. Camilo Ponce (carril de ingreso)

Ilustración 66. Camilo Ponce



Fuente: AIMSUN - autoría propia

Ilustración 67. Tiempos de espera en cola con solución



Cola Media - Media 1704 - Todo (veh)	
7/6/2023 17:10:00	2.27 (0.55)
7/6/2023 17:20:00	2.22 (0.53)
7/6/2023 17:30:00	2.18 (0.25)
7/6/2023 17:40:00	2.15 (0.72)
7/6/2023 17:50:00	1.91 (0.37)
7/6/2023 18:00:00	2.07 (0.50)
Agregado	2.13
Media	2.13

Fuente: autoría propia

La disminución del congestionamiento en la zona de estudio es un logro significativo y refuerza la efectividad de las soluciones implementadas. Al mejorar la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de espera, se beneficia a los conductores, los usuarios del transporte público y la comunidad en general al proporcionar una experiencia de desplazamiento más eficiente y reducir los impactos negativos asociados con la congestión, como la contaminación y el estrés.

4 Presupuesto

En base a la propuesta planteada de mejoramiento en la calidad de nivel de servicio de la intersección Av. Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce, se presenta el siguiente presupuesto general el mismo que sirve para la ejecución de la solución el cual está compuesto por 4 rubros de señalética vertical y horizontal.

Tabla 14. Presupuesto

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1	550322	Señalización - Letrero tipo 2	u	1,00	120,58	120,58
2	551A8L	Suministro e Instalacion de Semaforo Vehicular incluye poste de 3mts	u	1,00	835,06	835,06
3	500001	Cambio de la tarjeta para un cilo semaforico	u	1,00	547,06	547,06
4	551731	Marcas de pintura (pintura termoplástica, pasos cebra)	m2	52,00	16,37	851,24
SUBTOTAL						2.353,94
IVA					12 %	282,47
TOTAL						2.636,41

Son: Dos mil seiscientos treinta y seis con 41/100 dólares.

5 Conclusiones

Los resultados obtenidos revelaron que el congestionamiento vehicular en la Avenida Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce se debe principalmente a la falta de sincronización de los ciclos semafóricos en los distintos cruces de estas vías. Esta falta de coordinación genera tiempos de espera prolongados en los semáforos, lo que a su vez origina un flujo de tránsito lento e ineficiente. Además, se identificó que los niveles de tráfico en determinados horarios, como las horas pico de la mañana y la tarde, contribuyen significativamente al congestionamiento. En base a estos hallazgos, se propuso como solución óptima la implementación de la sincronización de ciclos semafóricos en la Avenida Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce. Esta medida permitió mejorar el flujo de tránsito, reducir los tiempos de espera en los semáforos y optimizar la circulación de vehículos en la zona. La sincronización de los semáforos asegurara una mayor eficiencia en la movilidad vehicular, ya que se crea una corriente continua de vehículos que fluyen de manera fluida y constante a lo largo de ambas avenidas. Sin embargo, cabe destacar que la implementación de la sincronización de ciclos semafóricos requiere de un plan adecuado y de una cuidadosa

consideración de las características y demandas del tráfico local. Es necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo de los volúmenes vehiculares en diferentes horarios, así como de los patrones de tránsito y las necesidades de los usuarios de la vía. Además, es esencial realizar una coordinación efectiva con las autoridades de tránsito y transporte, así como con los actores involucrados en la planificación y gestión de las vías públicas. En conclusión, la sincronización de ciclos semafóricos se presenta como la opción más viable y efectiva para solucionar el congestionamiento vehicular y los tiempos de espera en la Avenida Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce. No obstante, su implementación requiere de un enfoque integral y de una cuidadosa planificación que considere las particularidades del tráfico local, adicionalmente se muestra dentro de la solución una restricción de giro que va de ingreso desde la Av. Paseo de los Cañaris de Oeste a Este, hacia calle Camilo Ponce, esto dado a que la cantidad de vehículos que realizan este giro es menor al 3% de la cantidad total de usuarios de la vía. De esta manera, se podrá lograr una notable mejora en el flujo de tránsito, reducir los tiempos de espera y optimizar la circulación de vehículos en esta importante zona urbana.

6 Recomendaciones

- Tras realizar una minuciosa y exhaustiva evaluación de la intersección situada en la confluencia de la Avenida Paseo de los Cañaris y Camilo Ponce, se han obtenido resultados y alternativas de vital importancia que deben ser tomadas en serio y meticulosamente consideradas por la entidad competente encargada de su administración y gestión. Es imperante destacar que el presupuesto referencial del correspondiente estudio no alcanza a abarcar en su totalidad las necesidades de la población, en términos de comodidad y seguridad al transitar o utilizar los pasos peatonales existentes en este cruce vial crucial.

En virtud de lo expuesto, es indispensable y prioritario que se empleen y se pongan en práctica las conclusiones y opciones presentadas a fin de asegurar la comodidad, la seguridad y el bienestar de quienes deben transitar por esta intersección. La implementación de estas medidas adecuadas constituye un aspecto primordial para mejorar la calidad de vida de la población y contribuir al flujo vehicular ordenado y fluido en la mencionada zona. Es necesario que la entidad competente interiorice la importancia de invertir recursos adicionales en esta área clave, teniendo siempre presente el bienestar de la comunidad y la necesidad de garantizar una adecuada movilidad y acceso para todos los peatones que utilizan esta intersección a diario.

- Es fundamental llevar a cabo un seguimiento integral de la solución planteada con el objetivo de evaluar de manera global los rendimientos obtenidos. Para ello, es necesario realizar un análisis detallado de los resultados, teniendo en cuenta aspectos como la reducción de accidentes y la mejora de la seguridad en la intersección. Para garantizar la efectividad de esta solución, es imprescindible implementar una señalización sumamente visible, que permita a los conductores, peatones y demás usuarios de la vía advertir de manera clara y precisa las normas y condiciones de circulación en el área. Esta señalización debe ser diseñada cuidadosamente, teniendo en cuenta aspectos como el tamaño, la ubicación estratégica y la claridad de los mensajes transmitidos. Además, es necesario que la dirección de movilidad de Gad Municipal de Cuenca realice un mantenimiento periódico para asegurarse de que la señalización se mantenga en óptimas condiciones y que su visibilidad no se vea comprometida por factores externos como la acumulación de suciedad o el desgaste, así como también estar pendientes al flujo vehicular para dar

cambios preventivos en cuento a los tiempos de ciclos semafóricos, ya que mediante estos tiempos mejoramos el flujo vehicular en el que opera la interseccion. De esta manera, se busca crear un entorno de circulación seguro y confiable para todos los usuarios de la intersección. Al contar con una solución integral que contempla tanto el monitoreo de rendimientos como una señalización efectiva, se espera alcanzar una reducción significativa de los accidentes en esta zona y, en consecuencia, elevar la confianza y la satisfacción de los usuarios.

7 Referencias bibliográficas

Bañon B. Luis. (2000). *Manual de Carreteras*.

Cal. Rafael, Reyes S. Mayor, & Cárdenas G. James. (2007). *INGENIERIA DE TRANSITO fundamentos y aplicaciones* (Nociones de Ingeniería de Tránsito). @1994 Ediciones Alfaomega, S.A Y C.V.

Cortínez, V. H., & Domínguez, P. N. (2013). Un modelo de difusión anisótropa para el estudio del tráfico urbano. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 29(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2011.10.005>

Gumashta, R., & Bijlwan, A. (2020). Public Health Threat Assessment of Vehicular Load Index-Induced Urban Air Pollution Indices Near Traffic Intersections In Central India. *CUREUS*, 12(10). <https://doi.org/10.7759/cureus.11142>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2003). *REGLAMENTO TÉCNICO DE SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 1. DESCRIPCIÓN Y USO DE DISPOSITIVOS ELEMENTALES DE CONTROL DE TRÁNSITO*. pdf.

Junevicius, R., & Bogdevicius, M. (2007). Determination of traffic flow parameters in different traffic flow interaction cases. *TRANSPORT*, 22(3), 236-239.

<https://doi.org/10.3846/16484142.2007.9638131>

Li, J., Luo, G., Cheng, N., Yuan, Q., Wu, Z., Gao, S., & Liu, Z. (2019). An End-to-End Load Balancer Based on Deep Learning for Vehicular Network Traffic Control. *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, 6(1), 953-966.

<https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2866435>

LOTAIP. (2017). *La ley Orgánica de Sistema Nacional de Infraestructura Vial de Transporte Terrestre*.

Luis Fernando, P.-M., César Augusto, H.-S., & Danilo Alfonso, L.-S. (2013). Sistema de comunicación TCP/IP para el control de una intersección de tráfico vehicular**Citación estilo Chicago Pedraza-Martínez, Luis Fernando, César Augusto Hernández-Suárez, Danilo Alfonso López-Sarmiento. Sistema de comunicación TCP/IP para el control de una intersección de tráfico vehicular. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XIV, 04 (2013): 583–594.Citación estilo ISO 690 Pedraza-Martínez L.F., Hernández-Suárez C.A., López-Sarmiento D.A. Sistema de comunicación TCP/IP para el control de una intersección de tráfico vehicular. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XIV (número 4), octubre-diciembre 2013: 583–594. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(4), 583-594. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72268-6](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72268-6)

Macea-Mercado, L. F., Morales, L., & Márquez-Díaz, L. G. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 17(2), 223-236. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.06.007>

- Majstorovic, A., Tisljaric, L., Ivanjko, E., & Caric, T. (2023). Urban Traffic Signal Control under Mixed Traffic Flows: Literature Review. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 13(7).
<https://doi.org/10.3390/app13074484>
- Mannering L. Fred & Scott S. Washburn. (2020). *Principles of highway engineering and traffic analysis* (7th ed.). Wiley.
- Roger P. Roes, Elena S. Prassas, & William R. McShane. (2022). *Traffic Engineering*. Pearson.
- Romanowska, A., & Jamroz, K. (2021). Comparison of Traffic Flow Models with Real Traffic Data Based on a Quantitative Assessment. *APPLIED SCIENCES-BASEL*, 11(21).
<https://doi.org/10.3390/app11219914>
- Xu, Y., Zhang, D., & Chowdhury, A. (2018). Urban road traffic flow control under incidental congestion as a function of accident duration. *OPEN PHYSICS*, 16(1), 1085-1093.
<https://doi.org/10.1515/phys-2018-0129>

8 Anexos

PERIODO HORAS	PERIODO 15 MIN	HACIA LA IZQUIERDA.. MOY. 9								
		LIVIANOS		BUSES	CAMIONES			Motor	Bicic	Peotano
					2 Ejes	3 Ejes	TRAILER			
00H00-01H00	0-15	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	15-30	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	30-45	2	0	1	0	0	0	1	0	0
	45-60	2	0	0	0	0	0	0	0	0
01H00-02H00	0-15	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	15-30	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	30-45	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	45-60	2	0	0	0	0	0	0	0	0
02H00-03H00	0-15	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	15-30	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	30-45	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	45-60	1	0	0	0	0	0	0	0	0
03H00-04H00	0-15	2	0	0	0	0	0	2	0	0
	15-30	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	30-45	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	45-60	1	0	0	0	0	0	1	0	0
04H00-05H00	0-15	4	0	0	0	0	0	1	0	0
	15-30	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	30-45	2	0	0	0	0	0	0	0	1
	45-60	3	0	0	0	0	0	0	0	1
05H00-06H00	0-15	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	15-30	7	0	0	0	0	0	0	0	0
	30-45	11	0	0	0	0	0	0	0	0
	45-60	15	0	2	0	0	0	0	0	2
06H00-07H00	0-15	17	0	0	0	0	0	1	1	0
	15-30	29	0	0	0	0	0	0	0	3
	30-45	34	0	1	0	0	0	2	0	1
	45-60	22	1	0	0	0	0	2	0	1
07H00-08H00	0-15	35	0	0	0	0	0	1	1	0
	15-30	42	0	0	0	0	0	2	0	0
	30-45	46	0	2	0	0	0	4	0	0
	45-60	28	0	1	0	0	0	7	0	0
08H00-09H00	0-15	45	0	2	0	0	0	2	0	0
	15-30	52	0	2	0	0	0	4	0	0
	30-45	36	0	1	0	0	0	1	0	0
	45-60	38	1	2	0	0	0	2	0	0
09H00-10H00	0-15	28	0	1	0	0	0	5	0	0
	15-30	39	0	0	0	0	0	6	0	0
	30-45	46	0	2	0	0	0	8	0	0

Tabla 15. Cuento de tráfico vehicular, estacion1, giro ala izquierda

Fuente: autoría propia

DE FRENTE...MOV. 1								
OTROS	BUSES	CAMIONES			Motor	Bicic	Postena	
12	16	11	8	13	2	4	5	
1	4	4	6	3	4	7	2	
1	1	3	1	5	2	7	9	
17	41	83	108	116	131	123	123	
137	153	148	131	129	132	121		
0	0	1	0	0	0	3	1	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	4	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	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	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	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0
17	2	0	0	0	1	1	0	0
41	1	0	0	0	4	1	1	0
83	1	2	0	0	7	1	2	0
108	0	0	0	0	26	1	1	0
116	1	0	0	0	29	2	1	0
131	2	1	0	0	11	1	4	0
123	2	1	0	0	25	0	0	0
123	0	1	0	0	9	1	2	0
137	1	1	1	0	26	1	0	0
153	0	2	0	0	21	2	0	0
148	0	0	1	0	32	2	0	0
131	1	4	0	0	16	0	0	0
129	0	7	0	0	21	0	0	0
132	0	1	0	0	27	0	0	0
121	1	2	0	0	30	0	0	0

Tabla 16. Cuento de tráfico vehicular estación 1, giro recto

Fuente: autoría propia

HACIA LA DERECHA...MOV. 5							
LIVIANOS	BUSES	CAMIONES			Motor	Bicir	Peatona
		2 Ejes	3 Ejes	TRAILER			
5	0	1	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	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	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	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	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	2	0	0
16	1	0	0	0	2	0	0
16	0	2	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	1	0	1
18	0	2	0	0	1	1	0
23	1	2	0	0	1	1	1
15	0	5	0	0	1	0	0
18	0	2	0	0	1	0	0
14	0	1	0	0	2	0	2
9	0	4	0	0	1	0	0
22	0	2	1	0	0	2	0
16	0	1	0	0	0	0	0
5	0	1	1	0	0	2	1
11	0	2	0	0	2	2	0

Tabla 17. Cuento de tráfico vehicular, estacion1, giro ala derecha

Fuente: autoría propia

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS, MOTOS y BICIS)

Interseccion: Av. Paseo de los Cañaris y Av Camilo Por ESTACION E1 - I 1 INICIO 00H00
 FECHA: viernes, 2 de diciembre de 2022 FIN 24H00

Periodo de hora	LIVIANOS					BUSES	CAMIONES			Motos	Bicis	Peatonos	Total
							2 EJES	3 EJES	TRAILER				
00H00-01H00	71					0	3	0	0	9	1	0	84
01H00-02H00	35					0	0	0	0	6	0	0	41
02H00-03H00	28					0	0	0	0	3	0	0	31
03H00-04H00	23					0	0	0	0	3	0	0	26
04H00-05H00	18					0	1	0	0	2	0	2	21
05H00-06H00	65					3	3	0	0	0	0	2	71
06H00-07H00	397					6	6	0	0	49	5	9	463
07H00-08H00	722					6	15	0	0	92	7	9	842
08H00-09H00	801					3	23	3	0	108	7	3	945
09H00-10H00	719					1	24	1	0	121	5	1	871
10H00-11H00	829					3	27	2	0	134	3	5	998
11H00-12H00	987					0	26	2	0	174	2	7	1191
12H00-13H00	1518					1	37	3	0	252	2	8	1813
13H00-14H00	1215					3	24	2	0	187	3	4	1434
14H00-15H00	879					1	23	0	0	124	3	2	1030
15H00-16H00	852					1	20	0	0	88	4	1	965
16H00-17H00	885					1	19	1	0	89	1	1	996
17H00-18H00	1098					1	21	0	0	112	3	6	1235
18H00-19H00	1098					1	30	0	0	147	3	3	1279
19H00-20H00	957					1	11	1	0	105	2	3	1077
20H00-21H00	754					0	4	1	0	121	1	0	881
21H00-22H00	487					0	2	0	0	92	2	0	583
22H00-23H00	301					0	4	0	0	58	2	0	365
23H00-24H00	273					0	2	0	0	34	0	0	309
TOTAL	15.012					32	325	16	0	2.110	56	66	17.551
%	85,53%					0,18%	1,85%	0,09%	0,00%	12,02%	0,32%		100,00%

Tabla 19. Resumen conteo de tráfico intersección.

Fuente: autoría propia

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS)

Interseccion: Av. Paseo de los Cañaris y Av Camilo Por ESTACIO E1 - I 1

INICIO

00H00

FECHA: viernes, 2 de diciembre de 2022

FIN

24H00








Periodo de hora	LIVIANOS					BUSES	CAMIONES			Motos	Bicis	Peatones	Total
							2 EJES	3 EJES	TRAILER				
													
00H00-01H00	71	0	3	0	0	9	1	0	0	74			
01H00-02H00	35	0	0	0	0	6	0	0	0	35			
02H00-03H00	28	0	0	0	0	3	0	0	0	28			
03H00-04H00	23	0	0	0	0	3	0	0	0	23			
04H00-05H00	18	0	1	0	0	2	0	0	2	19			
05H00-06H00	65	3	3	0	0	0	0	0	2	71			
06H00-07H00	397	6	6	0	0	49	5	9	9	409			
07H00-08H00	722	6	15	0	0	92	7	9	9	743			
08H00-09H00	801	3	23	3	0	108	7	3	3	830			
09H00-10H00	719	1	24	1	0	121	5	1	1	745			
10H00-11H00	829	3	27	2	0	134	3	5	5	861			
11H00-12H00	987	0	26	2	0	174	2	7	7	1.015			
12H00-13H00	1.518	1	37	3	0	252	2	8	8	1.559			
13H00-14H00	1.215	3	24	2	0	187	3	4	4	1.244			
14H00-15H00	879	1	23	0	0	124	3	2	2	903			
15H00-16H00	852	1	20	0	0	88	4	1	1	873			
16H00-17H00	885	1	19	1	0	89	1	1	1	906			
17H00-18H00	1.098	1	21	0	0	112	3	6	6	1.120			
18H00-19H00	1.098	1	30	0	0	147	3	3	3	1.129			
19H00-20H00	957	1	11	1	0	105	2	3	3	970			
20H00-21H00	754	0	4	1	0	121	1	0	0	759			
21H00-22H00	487	0	2	0	0	92	2	0	0	489			
22H00-23H00	301	0	4	0	0	58	2	0	0	305			
23H00-24H00	273	0	2	0	0	34	0	0	0	275			
TOTAL	15.012	32	325	16	0	2.110	56	66	66	15.385			
%	85,53%	0,21%	2,11%	0,10%	0,00%					100,00%			

Tabla 20. Resumen conteo de tráfico intersección vehículos

Fuente: autoría propia

ESTACION 1			
 VEHICULOS QUE INGRESAN A LA INTERSECCION		 VEHICULOS QUE SALEN DE LA INTERSECCION	
21	74	8	22
23	68	5	16
16	51	6	12
14	40	3	6
15	35	2	3
6	25	1	1
5	27	0	2
9	28	0	7
5	28	0	10
8	28	2	12
6	27	5	11
9	29	3	7
5	23	2	7
7	25	1	5
8	21	1	5
3	18	3	4
7	19	0	3
3	21	1	7
5	27	0	10
4	42	2	15
9	71	4	21
9	101	4	31
20	175	5	56
33	293	8	97
39	409	14	149
83	544	29	219
138	657	46	267
149	719	60	302

174	743	✓	84	340
196	776	✓	77	340
200	804	✓	81	327
173	803	✓	98	298
207	830	✓	84	271
224	805	✓	64	247
199	760	✓	52	251
200	746	✓	71	266
182	745	✓	60	255
179	770	✓	68	244
185	789	✓	67	229
199	835	✓	60	225
207	861	✓	49	227
198	883	✓	53	254
231	958	✓	63	281
225	969	✓	62	304
229	1015	✓	76	337
273	1128	✓	80	355
242	1303	✓	86	362
271	1451	✓	95	384
342	1559	✓	94	387
448	1567	✓	87	388
390	1433	✓	108	374
379	1345	✓	98	325
350	1244	✓	95	303
314	1155	✓	73	253
302	1072	✓	59	242
278	965	✓	76	248
261	903	✓	45	228
231	855	✓	62	236
195	850	✓	65	226
216	876	✓	56	225



213	873	53	232
226	873	52	241
221	883	64	259
213	893	63	279
213	906	62	289
236	927	70	289
231	975	84	289
226	1058	73	284
234	1120	62	291
284	1212	70	300
314	1230	79	306
288	1178	80	303
326	1129	71	294
302	1035	76	273
262	965	76	238
239	975	71	214
232	970	50	201
232	917	41	188
272	897	52	177
234	832	58	159
179	759	37	145
212	735	30	151
207	648	34	151
161	553	44	146
155	489	43	138
125	420	30	127
112	371	29	113
97	325	36	104
86	305	32	89
76	281	16	79
66	256	20	76
77	255	21	74

62	275	22	65
51	213	13	43
65	162	18	30
97	97	12	12
15.385		4.307	

Motos 2.110 383

Tabla 21. Resumen flujo vehicular estación 1.

Fuente: autoría propia

ESTACION 2			
 VEHICULOS QUE INGRESAN A LA INTERSECCION		 VEHICULOS QUE SALEN DE LA INTERSECCION	
12	44	9	20
9	40	4	14
13	40	3	11
10	40	4	12
8	33	3	10
9	26	1	9
13	17	4	10
3	5	2	7
1	6	2	8
0	11	2	6
1	13	1	4
4	13	3	4
6	16	0	1
2	13	0	2
1	15	1	2
7	19	0	2
3	17	1	2
4	25	0	4
5	25	1	7
5	39	0	8
11	51	3	16
4	62	3	23
19	132	2	39
17	207	8	72
22	297	10	135
74	381	19	198
94	431	35	227
107	469	71	247

106	499	73	243
124	530	48	234
132	567	55	220
137	587	67	210
137	573	64	220
161	560	34	211
152	547	45	206
123	516	77	197
124	547	55	171
148	549	29	173
121	513	36	201
154	507	51	219
126	494	57	204
112	517	57	183
115	603	54	163
141	678	36	157
149	763	36	161
198	837	37	180
190	850	48	201
226	881	40	210
223	882	55	234
211	856	58	231
221	836	57	232
227	766	64	210
197	670	52	195
191	610	59	179
151	570	35	157
131	559	49	164
137	579	36	164
151	496	37	168
140	488	42	179
151	483	49	182

54	482	40	189
143	588	48	197
135	559	45	200
150	570	56	199
160	535	48	194
114	483	51	195
146	500	44	185
115	509	51	197
108	519	49	209
131	564	41	227
155	620	56	263
125	639	63	258
153	684	67	242
187	691	77	238
174	675	51	222
170	618	47	222
160	572	63	242
171	535	61	245
117	488	51	211
124	484	67	195
123	489	66	155
124	472	27	104
113	450	35	105
129	443	27	93
106	420	15	86
102	399	28	92
106	372	23	75
106	341	20	63
85	302	21	59
75	265	11	58
75	248	11	54
67	233	16	52



48	204	20	56
58	156	7	36
60	98	9	29
38	38	20	20
9.678		3.216	

1.063

252

Tabla 22. Resumen flujo vehicular estación 2.

Fuente: autoría propia



ESTACION 3			
 VEHICULOS QUE INGRESAN A LA INTERSECCION		 VEHICULOS QUE SALEN DE LA INTERSECCION	
6	15	14	53
4	13	18	54
3	11	12	38
2	8	9	30
4	6	15	26
2	3	2	13
0	2	4	15
0	4	5	16
1	5	2	19
1	6	4	24
2	6	5	25
1	6	8	28
2	6	7	22
1	4	5	18
2	3	8	15
1	1	2	12
0	2	3	11
0	6	2	14
0	10	5	16
2	11	1	22
4	16	6	32
4	26	4	47
1	48	11	92
7	94	11	178
14	172	21	296
26	254	49	413
47	319	97	515
85	352	129	561

96	388	✓	138	565
91	376	✓	151	589
80	341	✓	143	617
121	323	✓	133	651
84	268	✓	162	679
56	227	✓	179	679
62	225	✓	177	664
66	219	✓	161	629
43	205	✓	162	635
54	206	✓	164	644
56	205	✓	142	625
52	200	✓	167	676
44	188	✓	171	698
53	198	✓	145	724
51	209	✓	193	801
40	231	✓	189	808
54	275	✓	197	845
64	305	✓	222	910
73	312	✓	200	994
84	334	✓	226	1065
84	316	✓	262	1093
71	303	✓	306	1081
95	286	✓	271	1018
66	238	✓	254	961
71	249	✓	250	898
54	221	✓	243	823
47	210	✓	214	736
77	226	✓	191	668
43	197	✓	175	633
43	198	✓	156	634
63	211	✓	146	636
48	208	✓	156	660

44	230	176	666
56	242	158	634
60	253	170	634
70	259	162	625
56	247	144	634
67	248	158	656
66	236	161	705
58	233	171	783
57	241	166	839
55	253	207	922
63	279	239	946
66	288	227	910
69	268	249	846
81	242	231	780
72	211	203	714
46	187	163	723
43	215	183	750
50	226	165	723
48	211	212	734
74	193	190	695
54	159	156	649
35	142	176	650
30	139	173	593
40	142	144	528
37	137	157	473
32	129	119	397
33	121	108	355
35	101	89	322
29	84	81	302
24	75	77	279
13	57	75	245
18	61	69	228
20	54	58	246
6	34	43	188
17	28	58	145
11	11	87	87
3.943		11.910	
	215		1.908

Tabla 23. Resumen flujo vehicular estación 3.

Fuente: autoría propia

ESTACION 4			
 VEHICULOS QUE INGRESAN A LA INTERSECCION		 VEHICULOS QUE SALEN DE LA INTERSECCION	
3	11	11	49
4	10	13	47
4	7	15	48
0	7	10	47
2	7	9	42
1	5	14	36
4	6	14	25
0	6	5	13
0	8	3	10
2	8	3	11
4	6	2	12
2	3	2	12
0	1	4	16
0	1	4	18
1	2	2	19
0	2	6	22
0	2	6	24
1	3	5	30
1	7	5	36
0	8	8	55
1	13	12	82
5	21	11	109
2	32	24	200
5	53	35	300
9	91	39	389
16	136	102	485
23	144	124	542
43	171	124	601

54	164	✓	135	646
24	165	✓	159	684
50	182	✓	183	730
36	172	✓	169	726
55	202	✓	173	703
41	208	✓	205	663
40	214	✓	179	625
66	218	✓	146	607
61	204	✓	133	640
47	196	✓	167	660
44	192	✓	161	644
52	205	✓	179	627
53	203	✓	153	617
43	203	✓	151	640
57	203	✓	144	728
50	195	✓	169	804
53	183	✓	176	893
43	178	✓	239	1003
49	179	✓	220	1087
38	170	✓	258	1177
48	194	✓	286	1237
44	205	✓	323	1231
40	222	✓	310	1153
62	224	✓	318	1077
59	202	✓	280	969
61	176	✓	245	907
42	144	✓	234	861
40	141	✓	210	811
33	130	✓	218	784
29	128	✓	199	639
39	132	✓	184	640
29	140	✓	183	640

31	150	73	648
33	151	200	782
47	160	184	762
39	165	191	784
32	176	207	747
42	199	180	717
52	212	206	744
50	228	154	764
55	251	177	792
55	260	207	840
68	280	226	894
73	267	182	901
64	263	225	962
75	274	261	951
55	245	233	922
69	244	243	865
75	230	214	794
46	206	232	728
54	181	176	655
55	152	172	612
51	112	148	570
21	75	159	519
25	70	133	458
15	56	130	427
14	59	97	408
16	66	98	398
11	61	102	382
18	68	111	346
21	62	87	303
11	53	82	258
18	51	66	237
12	39	68	234
12	39	42	205
9	27	61	163
6	18	63	102
12	12	39	39
2.957		12.530	

342

1.187

Tabla 24. Resumen flujo vehicular estación 4.

Fuente: autoría propia

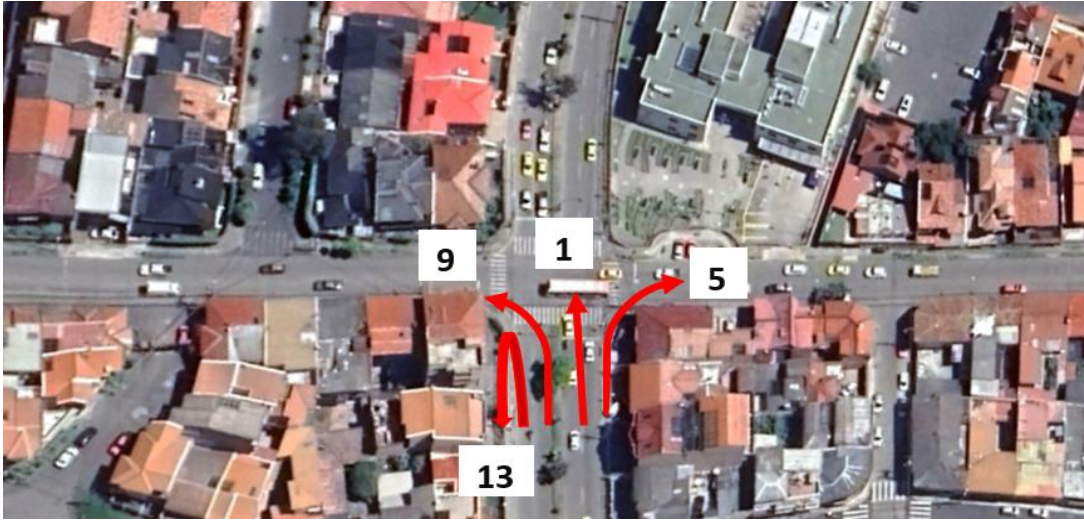


Ilustración 68. Giros vista planta de la estación 1

Fuente: autoría propia

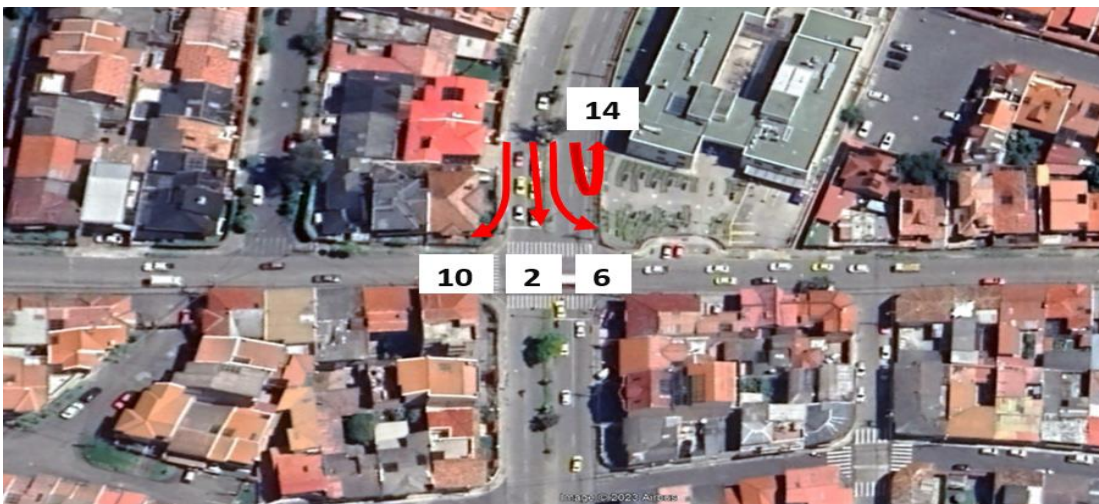


Ilustración 69. Giros vista planta de la estación 2

Fuente: autoría propia



Ilustración 70. Giros vista planta de la estación 3

Fuente: autoría propia



Ilustración 71. Giros vista planta de la estación 4

Fuente: autoría propia



Ilustración 72. Visualización del conteo mediante dron.

Fuente: autoría propia



Ilustración 73. Visualización del conteo mediante dron.

Fuente: autoría propia



Ilustración 74. Plano vista planta señalización y giros.

Fuente: autoría propia



Ilustración 75. Plano trazado calzada, vereda, bordillo y medidas.

Fuente: autoría propia



Ilustración 76. Ubicación de la interseccion de estudio

Fuente: autoría propia

FATOR DE AJUSTE POR VEHIVULO PESADO

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + P_C (E_C - 1) + P_B (E_B - 1) + P_R (E_R - 1)}$$

Donde:

- f_{vp} = factor de ajuste por efecto de vehículos pesados
- P_C = porcentaje de camiones
- P_B = porcentaje de autobuses
- P_R = porcentaje de vehículos recreativos
- E_C = automóviles equivalentes a un camión
- E_B = automóviles equivalentes a un autobús
- E_R = automóviles equivalentes a un vehículo recreativo

	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES	
	2882	50	19	
	97,66	1,69	0,64	100

DATOS INICIALES		b) AUTOMOVILES DIRECTOS EQUIVALENTES POR HORA	
Pc=	0,64 %	$E_C = 1.5$	
Pb=	1,69 %	$E_B = 1.5$	
Pr=	0 %	$E_{VI} = 1.6$	
Ec=	1,5	$E_{VD} = 1.4$	
Es=	1,5		
Er=	0		
FHMD=	0,95	Bajo volumen de peatones 0,80-0,95	
fvp=	0,99		

Ilustración 77. Factor de ajuste por vehículo pesado.

Fuente: autoría propia

MOVIMIENTO DIRECTO								
VHMDd=	985			12H00-13H00	0-15	223	1	1
FHMD=	0,95				15-30	273	0	7
fvp=	0,99				30-45	241	0	6
					45-60	235	0	2
Movimiento directo:				TOTAL		985		
$q_D = \frac{VHMD_D \left(\frac{1}{f_{VP}} \right)}{FHMD}$								
qD=	1049		ADE/h					
VUELTA IZQUIERDA								
VHMDd=	489			12H00-13H00	0-15	94	0	6
FHMD=	0,95	Bajo volumen de peatones			15-30	136	0	2
fvp=	0,99				30-45	121	0	3
Ev1=	1,6				45-60	116	0	4
					TOTAL	489		
Vuelta a la izquierda:								
$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right) (E_{VI})}{FHMD}$								
qvi=	833		ADE/h					
VUELTA DERECHA								
				12H00-13H00	0-15	15	0	1
VHMDd=	92				15-30	25	0	3
FHMD=	0,95	Bajo volumen de peatones			30-45	18	0	1
fvp=	0,99				45-60	21	0	1
Ed1=	1,4				TOTAL	92		

Ilustración 78. Cálculo de movimientos en la estación 1

Fuente: autoría propia

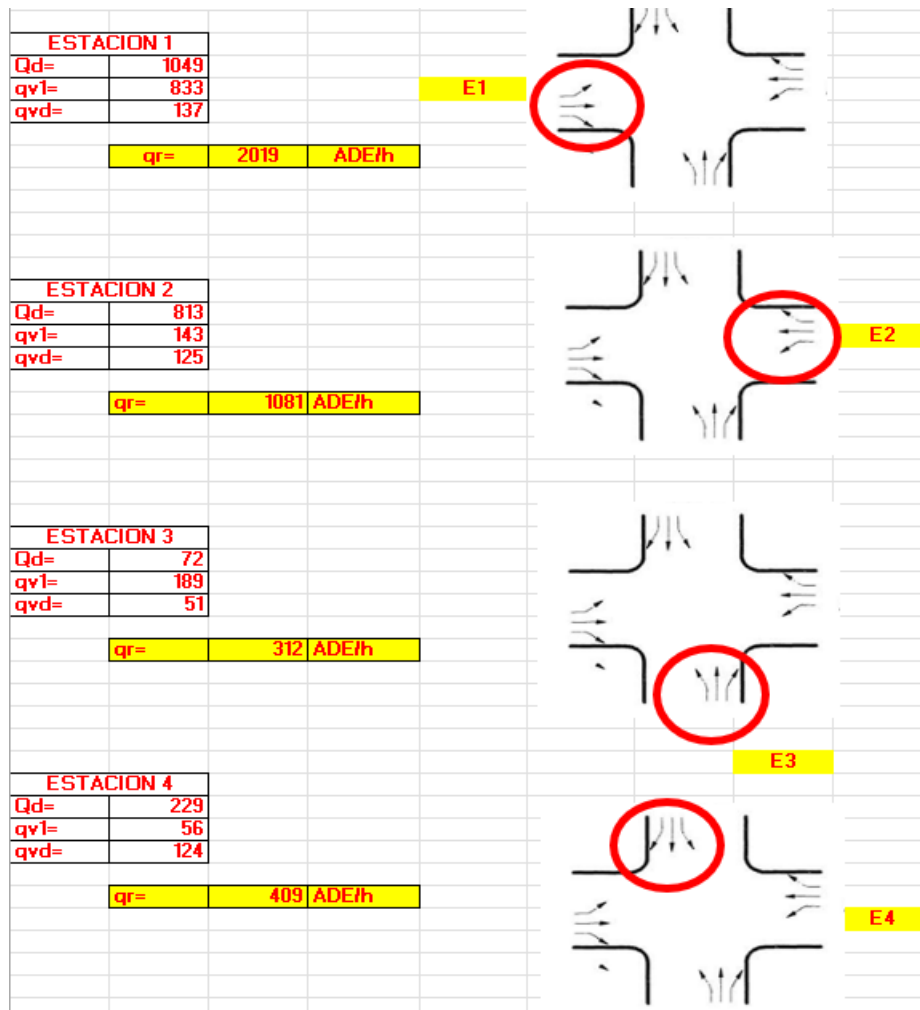


Ilustración 79. flujo total equivalente de acceso en cada estación

Fuente: autoría propia