

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

Soluciones viales en sectores congestionados de Guayaquil

AUTORES:

Campoverde Yerovi, Carlos Andrés

Moggia Loor, Fernando Ignacio

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

TUTOR:

Von Buchwald De Janon, Federico, Ph.D.

Guayaquil, Ecuador

8 de septiembre del 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Moggia Loor, Fernando Ignacio y Campoverde Yerovi, Carlos Andrés**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR
f. 

Von Buchwald De Janon, Federico Ph.D.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. 

Alcívar Bastidas, Stefany Ph.D.

Guayaquil, a los 8 días del mes de septiembre del año 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Moggia Loor, Fernando Ignacio y Campoverde Yerovi, Carlos
Andrés**

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Soluciones viales en sectores congestionados de Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 8 del mes de septiembre del año 2025

LOS AUTORES

f. Fernando Moggia
Moggia Loor, Fernando Ignacio

f. Carlos Campoverde Yerovi
Campoverde Yerovi, Carlos Andrés



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

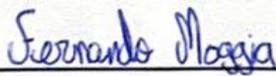
AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Moggia Loor, Fernando Ignacio y Campoverde Yerovi, Carlos Andrés**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Soluciones viales en sectores congestionados de Guayaquil**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 8 días del mes de septiembre del año 2025

AUTORES:

f. 
Moggia Loor, Fernando Ignacio

f. 
Campoverde Yerovi, Carlos Andrés

Reporte compilatio



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TRABAJO DE TITULACION 2025 - CARLOS CAMPOVERDE Y FERNANDO MOGGIA FINAL 3



Nombre del documento: TRABAJO DE TITULACION 2025 - CARLOS CAMPOVERDE Y FERNANDO MOGGIA FINAL 3.pdf
ID del documento: 7cdc5c4c412fe5b44a745706e9e69a44881f97b
Tamaño del documento original: 18,08 MB

Depositante: Clara Catalina Glas Cevallos
Fecha de depósito: 2/9/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 2/9/2025

Número de palabras: 14.619
Número de caracteres: 105.130

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	localhost Aplicación del software de planeación de transporte "VISUM" en la tro... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/17463/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-416.pdf.txt 14 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (323 palabras)
2	localhost Evaluación de los niveles de material particulado en el aire de la ciuda... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/3317/7675/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-199.pdf.txt 10 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (302 palabras)
3	repositorio.ucsg.edu.ec Distrito Metropolitano de Guayaquil. http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4929/3/T-UCSG-PRE-JUR-DER-10.pdf 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (278 palabras)
4	repositorio.ucsg.edu.ec Evaluación de alternativas para mejorar el desempeño ... http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/17466/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-419.pdf 2 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (196 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	localhost Determinación de plomo y cadmio en el hollín impregnado en aceras ... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/redug/39721/3/TESES SATIAN 2019.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
2	Documento de otro usuario #e68c3d Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
3	localhost Efecto socio-económico del sistema BRT (Bus De Tránsito Rápido) en ... http://localhost:8080/xmlui/bitstream/redug/9607/3/TESES METROVIA.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec Diseño e implementación de una guía metodológica d... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4671	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
5	dspace.uca.edu.ec Análisis hidrológico-hidráulico para los puentes en zon... http://dspace.uca.edu.ec/handle/123456789/21650	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	TRABAJO DE TITULACION 2025 - CARLOS CAMPOVERDE Y FERNANDO ... #6d8ca0 Viene de de mi biblioteca	86%		Palabras idénticas: 86% (13.028 palabras)
2	TRABAJO DE TITULACION 2025 - CARLOS CAMPOVERDE Y FERNANDO M... #f00cc0 Viene de de mi biblioteca	77%		Palabras idénticas: 77% (11.263 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.guayaquil.gob.ec>
- <https://expedientes.ec>
- <https://www.inrix.com>

TUTOR

Von Buchwald De Janon, Federico Ph.D.

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer profundamente a nuestro tutor el ingeniero Federico Von Buchwald por toda su ayuda dentro del proceso, por su dedicación durante el desarrollo de la presente investigación y por forjar en nosotros una base sólida que nos ayudará en nuestro crecimiento profesional y personal.

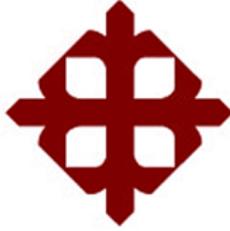
A nuestras familias, por su apoyo incondicional y motivación en cada etapa de nuestra formación profesional y por ser nuestro soporte e inspiración constante para alcanzar esta meta.

A la facultad de ingeniería, por brindarnos las herramientas necesarias a lo largo de la carrera que fueron esenciales para el desarrollo de este trabajo académico.

A dios, por darnos la sabiduría para culminar esta etapa tan importante en nuestra vida profesional.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo primeramente a Dios por iluminar nuestro camino en cada decisión tomada durante este trabajo. A nuestras familias quienes con su amor nos enseñaron el valor de la perseverancia y la disciplina, gracias por ser nuestra mayor inspiración y por apoyarnos incondicionalmente en nuestro camino de formación académica y profesional. A nuestros amigos, sobre todo nuestro grupo HOSTIAS, por todo su cariño y compañía a lo largo de la carrera y durante el proceso de esta investigación.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

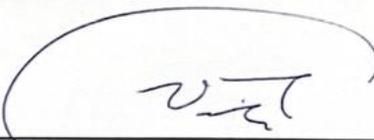
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

ALCÍVAR BASTIDAS, STEFANY Ph.D.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

VARELA TERREROS, NANCY Ph.D.
COORDINADOR DEL ÁREA

f. 

VILA ROMANI, ROLANDO Ph.D.
OPONENTE

ÍNDICE

RESUMEN.....	XVI
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES.....	5
MARCO TEÓRICO.....	8
1.1 Introducción del Marco Teórico.....	8
1.2 Conceptos Clave.....	8
1.2.1 Congestión Vehicular.....	8
1.2.2 Movilidad Urbana	8
1.2.3 Planificación Vial.....	9
1.2.4 Infraestructura Vial	9
1.2.5 Transporte Público	9
1.2.6 Retornos y Accesos Viales.....	9
1.2.7 Hora Pico.....	10
1.2.8 Movilidad Sostenible	10
1.2.9 Semaforización Inteligente.....	10
1.2.10 Diseño Vial Urbano.....	10
1.2.11 Capacidad Vial (Highway Capacity)	11
1.2.12 Tiempos de Demora	11
1.2.13 Intersección	11
1.2.14 Movilidad	11
1.2.15 Retornos en Avenidas	12

1.2.16	Retornos en Autopistas	12
1.2.17	Retornos no son solución sin radio de giro y carriles adecuados.....	12
1.2.18	Soluciones paso a desnivel en situaciones conflictivas.....	12
1.2.19	Glorietas (Rotondas)	12
1.2.20	Soluciones viales a nivel (Limitaciones y condiciones)	13
1.2.21	¿Cuándo se justifica una solución a desnivel?	13
1.2.22	Radios de giro para velocidades de intercambiadores	13
DESARROLLO		14
1.3	Capítulo 1. Paradero Las Monjas. Sentido N - S	14
1.3.1	Problemática.....	14
1.3.2	Antecedentes	16
1.3.3	Metodología	24
1.3.4	Propuesta de solución.....	25
1.3.5	Justificación.....	27
1.4	Capítulo 2. Paradero Bellavista. Sentido S - N	29
1.4.1	Problemática.....	29
1.4.2	Antecedentes	30
1.4.3	Metodología	34
1.4.4	Propuesta de solución.....	36
1.4.5	Justificación.....	41
1.5	Capítulo 3. Av. del Bombero desde intercambiadores vía Perimetral hasta bifurcación Av. del Bombero – Av. Rodríguez Bonilla. Sentido O – E.....	45

1.5.1	Problemática.....	45
1.5.2	Antecedentes	46
1.5.3	Metodología	50
1.5.4	Propuesta de solución.....	52
1.5.5	Justificación.....	55
1.6	Capítulo 4. Vía a la Costa. Sentido E – O.....	57
1.6.1	Problemática.....	57
1.6.2	Antecedentes	58
1.6.3	Metotodología	67
1.6.4	Propuesta de solución.....	68
1.6.5	Justificación.....	73
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES.....	81
	REFERENCIAS	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. IMAGEN SATELITAL TRAMO UTILIZADO. OBTENIDO POR: GOOGLE EARTH PRO.	14
ILUSTRACIÓN 2. IMAGEN A NIVEL DEL DE CALLE DEL TRAMO UTILIZADO. ELABORACIÓN PROPIA	15
ILUSTRACIÓN 3. CONTEOS VEHICULARES. ELABORACIÓN PROPIA.....	16
ILUSTRACIÓN 4. REFERENCIAS PARA CONTEOS. ELABORACIÓN PROPIA	17
ILUSTRACIÓN 5. REFERENCIAS PARA CONTEOS. ELABORACIÓN PROPIA	17
ILUSTRACIÓN 6. RESUMEN CONTEOS PARA ANÁLISIS. ELABORACIÓN PROPIA	18
ILUSTRACIÓN 7. CÁLCULO DE LONGITUD DE COLA. ELABORACIÓN PROPIA.....	19
ILUSTRACIÓN 8. CÁLCULO DE CAPACIDAD SEGÚN HCM. ELABORACIÓN PROPIA.....	20
ILUSTRACIÓN 9. CÁLCULO DE CAPACIDAD SEGÚN HCM. ELABORACIÓN PROPIA.....	21
ILUSTRACIÓN 10. CÁLCULO DE CAPACIDAD SEGÚN HCM. ELABORACIÓN PROPIA.....	22
ILUSTRACIÓN 11. CÁLCULO DE CAPACIDAD SEGÚN HCM. ELABORACIÓN PROPIA.....	23
ILUSTRACIÓN 12. CAPÍTULO 16. HCM UTILIZADA PARA CÁLCULOS VARIOS. ELABORACIÓN PROPIA	25
ILUSTRACIÓN 13. DESPLAZAMIENTO DE SEMÁFORO. CIVIL 3D. ELABORACIÓN PROPIA	27
ILUSTRACIÓN 14. RESULTADOS VISSIM. ELABORACIÓN PROPIA	28
ILUSTRACIÓN 15. IMAGEN SATELITAL TRAMO UTILIZADO. OBTENIDA POR: GOOGLE EARTH PRO. ELABORACIÓN PROPIA	29
ILUSTRACIÓN 16. CONTEOS DE TRÁFICOS. ELABORACIÓN PROPIA	31
ILUSTRACIÓN 17. RESUMEN DE CONTEOS. ELABORACIÓN PROPIA.....	32
ILUSTRACIÓN 18. IMAGEN SATELITAL TRAMO UTILIZADO. OBTENIDO POR: GOOGLE EARTH PRO.	32
ILUSTRACIÓN 19. IMAGEN DE REFERENCIA. ELABORACIÓN PROPIA	33
ILUSTRACIÓN 20. CÁLCULO DE CAPACIDAD SEGÚN HCM. ELABORACIÓN PROPIA.....	34
ILUSTRACIÓN 21. CAPÍTULO 16. HCM UTILIZADA PARA CÁLCULOS VARIOS. ELABORACIÓN PROPIA	36
ILUSTRACIÓN 22. DIBUJO REDUCCIÓN DE CARRILES. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA.....	39
ILUSTRACIÓN 23. TRAMO COMPLETO DE CRUCE DE METROVÍA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	39

ILUSTRACIÓN 24. INICIO CRUCE PROPUESTO DE METROVÍA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	40
ILUSTRACIÓN 25. CRUCE ENTRE LAS PILAS DEL PUENTE. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	40
ILUSTRACIÓN 26. ANCHO DE VÍA Y VEREDA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	41
ILUSTRACIÓN 27. RESULTADO VISSIM. ELABORACIÓN PROPIA	43
ILUSTRACIÓN 28. IMAGEN A NIVEL DE CALLE DE TRAMO UTILIZADO. ELABORACIÓN PROPIA	45
ILUSTRACIÓN 29. IMAGEN SATELITAL TRAMO UTILIZADO. OBTENIDO POR: GOOGLE EARTH PRO.....	46
ILUSTRACIÓN 30. CONTEOS VEHICULARES PARTE 1. ELABORACIÓN PROPIA	47
ILUSTRACIÓN 31. CONTEOS VEHICULARES PARTE 2. ELABORACIÓN PROPIA	48
ILUSTRACIÓN 32. RESUMEN CONTEOS PARA ANÁLISIS. ELABORACIÓN PROPIA	48
ILUSTRACIÓN 33. REFERENCIAS PARA CONTEOS. ELABORACIÓN PROPIA	49
ILUSTRACIÓN 34. REFERENCIAS PARA CONTEOS. ELABORACIÓN PROPIA	49
ILUSTRACIÓN 35. CÁLCULO DE CAPACIDAD SEGÚN HCM. ELABORACIÓN PROPIA.....	50
ILUSTRACIÓN 36. CAPÍTULO 14. HCM UTILIZADA PARA CÁLCULOS VARIOS. ELABORACIÓN PROPIA	52
ILUSTRACIÓN 37. VISTA EN PLANTA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	54
ILUSTRACIÓN 38. ABCISA 0+000 HASTA 0+150. SOLUCIÓN PROPUESTA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	54
ILUSTRACIÓN 39. ABCISA 0+150 HASTA 0+300. SOLUCIÓN PROPUESTA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	54
ILUSTRACIÓN 40. ABCISA 0+300 HASTA 0+450. SOLUCIÓN PROPUESTA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	55
ILUSTRACIÓN 41. ABCISA 0+450 HASTA 0+580. SOLUCIÓN PROPUESTA. CIVIL3D. ELABORACIÓN PROPIA	55
ILUSTRACIÓN 42. RESULTADOS VISSIM. ELABORACIÓN PROPIA	56
ILUSTRACIÓN 43. IMAGEN SATELITAL. OBTENIDA POR: GOOGLE EARTH PRO.....	57
ILUSTRACIÓN 44. IMAGEN A NIVEL DE CALLE DEL TRAMO UTILIZADO. ELABORACIÓN PROPIA	58

ILUSTRACIÓN 45. IMAGEN DE REFERENCIA. SENTIDO E - O. OBTENIDO POR: GOOGLE EARTH PRO.	59
ILUSTRACIÓN 46. IMAGEN DE REFERENCIA. SENTIDO E – O. OBTENIDO POR: GOOGLE EARTH PRO.	60
ILUSTRACIÓN 47. RESUMEN CONTEOS PARA ANÁLISIS. ELABORACIÓN PROPIA	60
ILUSTRACIÓN 48. CONTEOS VEHICULARES. ELABORACIÓN PROPIA.....	61
ILUSTRACIÓN 49. CONTEOS VEHICULARES. HORARIO VESPERTINO. ELABORACIÓN PROPIA	62
ILUSTRACIÓN 50. RESUMEN CONTEOS PARA ANÁLISIS. HORARIO MATUTINO. ELABORACIÓN PROPIA	62
ILUSTRACIÓN 51. RESUMEN CONTEOS PARA ANÁLISIS. HORARIO MATUTINO. ELABORACIÓN PROPIA	63
ILUSTRACIÓN 52. IMAGEN DE REFERENCIA PARA CONTEOS. SENTIDO O – E. OBTENIDO POR: GOOGLE EARTH PRO.....	63
ILUSTRACIÓN 53. CONTEOS VEHICULARES. HORARIO VESPERTINO. SENTIDO O – E. ELABORACIÓN PROPIA	64
ILUSTRACIÓN 54. IMAGEN DE REFERENCIA PARA CONTEOS. SENTIDO O – E. OBTENIDO POR: GOOGLE EARTH PRO.....	64
ILUSTRACIÓN 55. CONTEOS VEHICULARES. HORARIO MATUTINO. SENTIDO O – E. ELABORACIÓN PROPIA	65
ILUSTRACIÓN 56. RESUMEN DE CONTEOS. HORARIO VESPERTINO. SENTIDO O – E. ELABORACIÓN PROPIA	65
ILUSTRACIÓN 57. CÁLCULO DE CAPACIDAD SEGÚN HCM. ELABORACIÓN PROPIA.....	66
ILUSTRACIÓN 58. CAPÍTULO 14. HCM UTILIZADA PARA CÁLCULOS VARIOS. ELABORACIÓN PROPIA	68
ILUSTRACIÓN 59. VISTA EN PLANTA DE SOLUCIÓN PROPUESTA. CARRIL DE ESTACIONAMIENTO EXCLUSIVO TP. ELABORACIÓN PROPIA	69
ILUSTRACIÓN 60. VISTA EN PLANTA DE SOLUCIÓN VIAL PROPUESTA. PUENTE ELEVADO PARA RETORNO. ELABORACIÓN PROPIA	71
ILUSTRACIÓN 61. ABCISA 0+000 HASTA 0+100. ELABORACIÓN PROPIA	71
ILUSTRACIÓN 62. ABCISA 0+100 HASTA 0+200. ELABORACIÓN PROPIA	71

ILUSTRACIÓN 63. ABCISA 0+200 HASTA 0+250. ELABORACIÓN PROPIA	72
ILUSTRACIÓN 64. ABCISA 0+250 HASTA 0+300. ELABORACIÓN PROPIA	72
ILUSTRACIÓN 65. ABCISA 0+300 HASTA 0+404. ELABORACIÓN PROPIA	73
ILUSTRACIÓN 67 . RESULTADOS VISSIM VLC. ELABORACIÓN PROPIA.....	75
ILUSTRACIÓN 68. TOPOGRAFÍA VÍA A LA COSTA. SISTEMA RTK. ELABORACIÓN PROPIA.	76
ILUSTRACIÓN 69. VISSIM PROPUESTA 4. ELABORACIÓN PROPIA.....	76
ILUSTRACIÓN 70. VISSIM PROPUESTA 3. ELABORACIÓN PROPIA.....	77
ILUSTRACIÓN 71. VISSIM PROPUESTA 2. ELABORACIÓN PROPIA.....	77
ILUSTRACIÓN 72. VISSIM PROPUESTA 1. ELABORACIÓN PROPIA.....	78

RESUMEN

En las ciudades en crecimiento, el tráfico vehicular genera pérdidas significativas de tiempo, sociales y económicas, por lo cual se necesitan soluciones viales para que se optimice la movilidad urbana. En la presente investigación se realizó el estudio de 4 puntos en específico para plantear mejoras, que fueron verificadas en el software de simulación vehicular VISSIM, licencia la cual fue facilitada por la empresa CONSULAUDI CIA LTDA. La primera alternativa consistió en el desplazamiento de un semáforo y su correspondiente paso peatonal, a partir de la verificación de longitudes de cola. La segunda incluyó el rediseño del cruce del sistema Metrovía bajo las pilas de un puente y la reducción progresiva de carriles, lo que permitió eliminar un semáforo existente. La tercera propuso mantener cuatro carriles en la vía a la costa sentido hacia la ciudad hasta la bifurcación con la Av. del bombero y la Av. Rodríguez Bonín. Finalmente, la cuarta alternativa, de la vía a la costa, planteó la creación de un carril de estacionamiento, donde el transporte público pueda hacer detenciones para recoger o dejar pasajeros sin obstruir uno de los 3 carriles principales y un nuevo retorno en U con carriles de aceleración y desaceleración. En los resultados se puede evidenciar que las soluciones planteadas son viables y contribuirán para la mejor eficiencia de las vías analizadas, reduciendo tiempos de demora y la congestión.

Palabras Claves: tráfico, transporte público, conteos vehiculares, análisis de capacidad, diseño vial, movilidad urbana

ABSTRACT

In growing cities, vehicular traffic causes significant losses in terms of time, social interaction, and economic activity, which is why road solutions are needed to optimize urban mobility. In this research, four specific points were studied to propose improvements, which were verified using VISSIM vehicle simulation software, licensed by CONSULAUDI CIA LTDA. The first alternative consisted of moving a traffic light and its corresponding pedestrian crossing, based on the verification of queue lengths. The second included the redesign of the Metrovía system crossing under the bridge piers and the progressive reduction of lanes, which made it possible to eliminate an existing traffic light. The third proposed maintaining four lanes on the road to the coast in the direction of the city until the fork with Av. del Bombero and Av. Rodríguez Bonín. Finally, the fourth alternative, for the coastal road, proposed the creation of a parking lane where public transport could stop to pick up or drop off passengers without obstructing one of the three main lanes, and a new U-turn with acceleration and deceleration lanes. The results show that the proposed solutions are viable and will contribute to improving the efficiency of the roads analyzed, reducing delays and congestion.

Keywords: traffic, public transport, vehicle counting, capacity analysis, road design, urban movility

INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana es un problema extremadamente difícil en las grandes ciudades en crecimiento con alta densidad de población y un número creciente de vehículos en las carreteras.

Dado que el volumen de tráfico vehicular en las últimas décadas ha crecido constantemente en Guayaquil, se ha ejercido presión sobre la infraestructura vial en condiciones mínimas, observándose altos niveles de congestión en áreas clave durante los períodos de máxima demanda. El problema es ciertamente uno que afecta a muchos ciudadanos en términos de su calidad de vida, lo que en última instancia también afecta la eficiencia de los servicios de transporte público y tiene un impacto perjudicial significativo en la productividad de las ciudades, ya que el tiempo de desplazamiento genera costos económicos y un importante estrés social.

"Soluciones Viales para Áreas Congestionadas de la Ciudad de Guayaquil" es el nombre de este trabajo de grado, desarrollado en el campo de la Ingeniería Civil con el objetivo de realizar un análisis técnico de puntos estratégicos de congestión vehicular en la ciudad de Guayaquil, como la Vía a la Costa y el tramo de la Avenida Carlos Julio Arosemena, en los lugares donde se encuentran las paradas de Las Monjas y Bellavista, respectivamente. La selección de estas rutas se basa en el hecho de que los accidentes de tráfico son muy frecuentes y están estratégicamente ubicados en el sistema de movilidad del sector noroeste de la ciudad. La investigación está dirigida a evaluar el estado existente de la infraestructura, examinar el comportamiento del tráfico en las horas pico y sugerir soluciones viales implementables que atiendan las condiciones pico de cada ubicación, estas soluciones se la presentarán en los diferentes capítulos que tendrá el presente trabajo donde la solución de los 3 primeros capítulos se realizan al mismo nivel de la avenida y la solución restante, de la vía a la costa será una solución a desnivel, lo cual será presentado a detalle en los capítulos siguientes.

Los estudios realizados en los puntos observados permitieron la caracterización de las franjas horarias más relevantes que corresponden a la hora de llegada de trabajadores y estudiantes (de 06:30 h a 09:30 h en la mañana, y de 16:30 h a 19:30 h en la tarde), dependiendo de la dirección de circulación del tráfico. Los datos se recopilaban in situ durante junio, julio y agosto de 2025, en mediciones en tiempo real, observación directa,

levantamiento topográfico e información de planes urbanos. Estas técnicas permitieron una perspectiva técnica precisa y actualizada sobre el patrón de tráfico en las áreas analizadas.

El problema principal que motiva este estudio es una congestión excesiva del tráfico en la ciudad durante las horas pico que causa largos períodos de espera, baja eficiencia del tráfico público, alta contaminación del medio ambiente y principalmente un pernicioso costo econométrico debido al tiempo perdido de muchos miles de ciudadanos diariamente. En lugares como Guayaquil, la economía y la vida social giran en torno al hecho de la puntualidad y que el transporte eficiente es imprescindible. Por lo tanto, una investigación y sugerencia de soluciones viales eficientes para las áreas más afectadas es relevante tanto a nivel técnico como de programación.

El objetivo general de este trabajo es sugerir infraestructuras viales factibles para los sectores mencionados anteriormente de acuerdo con el diagnóstico detallado de las infraestructuras viales actuales y los hábitos de movimiento. Las soluciones estarán acompañadas de principios de movilidad urbana geométrica y sostenible y criterios técnicos consistentes con las características del área a intervenir. Esto pretende mejorar la eficiencia del flujo de tráfico, disminuir la congestión del tráfico y promover la planificación del espacio vial urbano de una manera más razonable.

Estos son:

1. La realización de un diagnóstico técnico de la red vial existente en los sectores seleccionados, analizando su capacidad para soportar el volumen de tráfico y las condiciones de tráfico, su punto crítico y tipo de congestión.
2. La identificación de las principales causas de congestión, observando el diseño de la carretera, el crecimiento del parque vehicular, el sistema y la organización del espacio público.
3. El desarrollo de medidas concretas, incluyendo opciones para el diseño geométrico, la reorganización del transporte público y una demostración de la mejora a través de cálculos que reflejen la economía de tiempo y la eficiencia operativa.

El enfoque utilizado es cuantitativo y técnico, consistiendo en recopilar datos de tráfico reales mediante conteos vehiculares, análisis de diseño geométrico de carreteras,

levantamientos topográficos y en consulta de documentos técnicos orientados a la planificación urbana. Las medidas recomendadas se dibujaron en planos preparados mediante el software AutoCAD y CIVIL3D, proporcionando al menos un resultado gráfico de los cambios propuestos y estimando el efecto de los cambios en la rotación de vehículos.

Cabe mencionar que este estudio no solo intenta resolver un problema específico de congestión, sino también ser un modelo analítico para otros estudios urbanos en otros sectores de Guayaquil en el futuro. La utilización de herramientas técnicas y la naturaleza pragmática de las soluciones propuestas pueden servir como guía para los tomadores de decisiones de los municipios locales, urbanistas y profesionales. Fomentar modos de movilidad más sostenibles es también una de las áreas de enfoque, reconociendo que la respuesta a la congestión no es solo construir más infraestructura, sino hacer el mejor uso y aumentar la eficiencia de los sistemas de transporte existentes.

El presente documento hace un aporte valioso para entender la movilidad urbana en Guayaquil desde el punto de la ingeniería civil, teniendo en cuenta los crecimientos poblacionales. La iniciativa nace de una necesidad concreta: mejorar la calidad de vida de miles de usuarios del sistema vial urbano; invertido en soluciones prácticas y sostenibles que puedan personalizarse a la realidad local del territorio. La ciudad necesita urgentemente una intervención que se centre en una movilidad segura, eficiente y equitativa, y espero que a través de un análisis sólido y una propuesta bien fundamentada podamos trabajar juntos hacia ese fin.

ANTECEDENTES

El crecimiento del patio automotor en las principales ciudades a lo largo de Latinoamérica es de los principales desafíos para la movilidad urbana, y la ciudad de Guayaquil no es una excepción. Guayaquil, al ser la ciudad más poblada del país ha tenido un gran crecimiento automotor lo que ha generado una saturación a el sistema vial existente. Vías estratégicas como la Vía a la Costa y la Av Carlos Julio Arosemena presentan niveles críticos de tráfico, sobre todo en las horas pico, lo que afecta la eficiencia del transporte público y la calidad de vida de los conductores. (ATM, 2024).

En estudios anteriores realizados por la Agencia de Tránsito y Movilidad (ATM) de Guayaquil, se ha identificado que los mayores niveles de congestión se presentan durante los horarios laborales y escolares: entre las 06:30 y las 09:00 en la mañana y entre las 16:30 y las 19:30 en la tarde. En estas horas se da un gran desplazamiento de vehículos particulares, buses de transporte urbano, incluido los alimentadores de la Metrovía, lo cual genera congestionamiento sobre todo en las intersecciones y estaciones de sistema BRT (ATM, 2023).

El Observatorio de Movilidad de Guayaquil, implementado por la ATM en 2023, ha sido una herramienta clave para el análisis de información actualizada sobre el comportamiento vehicular, el cual también estudia la siniestralidad y los tiempos de recorrido en las vías estudiadas. El observatorio, que cuenta con Bloomberg Philanthropies y Vital Strategies que son organismos internacionales, han generado indicadores para entender la tendencia creciente de las congestiones (ATM, 2024).

En la avenida Carlos Julio Arosemena, por ejemplo, se ha identificado que uno de los principales problemas es la interferencia entre el tránsito general y la circulación de la Metrovía. El diseño vial y la ubicación del semáforo en la avenida CJA a la altura del paradero Bellavista genera cuellos de botella, y más que nada retrasa el transporte público que debe de atravesar la incorporación de 2 carriles para entrar a su carril exclusivo (Cano, 2025). Lo que perjudica directamente a el sistema vial existente y crea un malestar en los usuarios.

De forma paralela, en la Vía a la Costa, el sector del Retorno 1 presenta un patrón recurrente de congestión vehicular. Esto se debe, en gran medida, al ingreso y salida de vehículos desde el retorno hacia los carriles principales sin una infraestructura adecuada

de incorporación, lo que interrumpe el flujo constante y reduce la capacidad operativa de la vía. De la misma manera, al haber un paradero de buses que no se encuentra ubicado en un lugar correcto genera detenciones innecesarias lo que afecta la fluidez en el tráfico y crea riesgos en la estructura vial existente (Naranjo Ramos, 2017).

Bajo un enfoque técnico se ha demostrado que soluciones puntuales, como soluciones a desnivel o eliminación de semáforos puede mejorar significativamente los niveles de servicio LOS y la capacidad actual de la vía (AASHTO , 2018). En el caso de Guayaquil, la ATM ha implementado en años anteriores intervenciones similares en sectores como la Av. de las Américas, donde la construcción de distribuidores de tráfico y mejoras semafóricas lograron reducir el tiempo promedio de traslado en hasta 15 % (Inrix, 2018).

Las medidas presentadas no han sido eficientes para que el parque automotor de la ciudad no tenga el crecimiento actual. Según datos recopilados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), los vehículos registrados en Guayaquil ya han superado los 700,000. Esto plantea demandas constantes sobre la infraestructura vial que aún no se ha beneficiado de las mejoras o expansiones prometidas desde hace mucho tiempo en muchas áreas. Este estado de cosas subraya la necesidad urgente de estudios técnicos más específicos, dirigidos a encontrar soluciones adaptadas a cada localidad con un enfoque sostenible.

En otras ciudades latinoamericanas como Medellín y Bogotá en Colombia, o Curitiba en Brasil, se ha demostrado que la adecuada orquestación de rutas de autobuses, la ubicación de paraderos de autobuses y la construcción de carriles de autobús bien diseñados tienen efectos tangibles en la reducción de la congestión del tráfico mientras mejoran la movilidad total. Hasta que se tengan en cuenta las características urbanas, económicas y sociales propias de la ciudad, tales ejemplos modelo probablemente no serán directamente útiles para Guayaquil.

En el ámbito académico, se ha investigado la movilidad urbana sostenible. El transporte público se ha tomado como columna vertebral estructural para ese esfuerzo. Siguiendo su argumento de 2017, Marín Santamaría sostiene, entre otros puntos, que los sistemas BRT (Metrovía, por ejemplo) dependen de tener una infraestructura bien organizada. Al mismo tiempo, las operaciones de Metrovía no deben causar fricción con los flujos normales de tráfico.

La superposición de rutas, las invasiones de carril y los problemas en la sincronización semafórica son aspectos que deben corregirse mediante intervenciones técnicas y normativas específicas.

En este sentido, la presente investigación se enmarca como una respuesta directa a esta problemática, aportando una propuesta técnica de soluciones viales para los sectores más críticos del oeste de Guayaquil. Se busca no solo aliviar el tráfico vehicular, sino también mejorar la operatividad del transporte público y promover un modelo de movilidad urbana más ordenado, eficiente y sostenible.

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción del Marco Teórico

El crecimiento del parque automotor de la ciudad de Guayaquil ha generado que la infraestructura vial actual esté colapsada, especialmente sus vías principales, como la Vía a la Costa y la Av Carlos Julio Arosemena, en las que el tráfico durante sus horas pico crea desafíos para la planificación vial y para los usuarios que la utilizan diariamente. Esto se da debido a que en estas zonas se concentran residencias, planteles educativos y comerciales lo que concentran un gran número de personas. En el marco teórico adjunto se tiene como objetivo fundamentar los conceptos para el análisis a la problemática planteada, y a partir de los conceptos claves desarrollar propuestas viales viables que mejoren la fluidez del tránsito vehicular y la conectividad de sectores estratégicos de la ciudad, como los escogidos.

1.2 Conceptos Clave

1.2.1 Congestión Vehicular

El concepto de la congestión vehicular se basa en la saturación de un flujo de vehículos que circulan dentro de una vía, es decir cuando dicha vía sobrepasa su capacidad operativa y trabaja con demoras debido a lo mencionado. Litman menciona que la congestión, además de afectar la eficiencia del transporte, afecta la calidad de vida urbana (Litman, 2021). En sectores como Vía a la Costa y Carlos Julio Arosemena, el crecimiento urbano ha agravado la congestión durante las horas pico.

1.2.2 Movilidad Urbana

Una forma de observar la condición de la movilidad urbana es a través de los movimientos diarios de una persona dentro de una ciudad, considerando también varios modos de transporte como caminar o el transporte a pie, autobús, etc. El transporte urbano óptimo, como lo mencionan Ortúzar y Willumsen (Ortúzar y Willumsen, 2014), tiene como sus principales características: la eficiencia y su seguridad, lo cual debe de tener congruencia con el medio ambiente. Los desequilibrios entre la oferta y la demanda de transporte afectan la accesibilidad y los aspectos y el flujo del tráfico. Las carreteras

congestionadas, en particular, pueden transportar un soplo de aire fresco más que todos los otros métodos de transporte combinados.

1.2.3 Planificación Vial

La planificación vial se basa en los diseños estratégicos de las vías de transporte para crear vías que no generen tráfico conociendo el volumen de vehículos existentes, y conectando las mayores redes posibles. Como menciona Rodríguez, al incluir diseños geométrico y estudios de demanda, se tiene una mejor planificación general (Rodríguez, 2017). En la ciudad de Guayaquil se denota una falta de planificación vial debido a que en sectores como en la vía a la costa, donde se ha generado un gran crecimiento urbano, no se ha ajustado la infraestructura vial debido a dicha planificación vial.

1.2.4 Infraestructura Vial

La infraestructura vial abarca los elementos físicos como calzadas, puentes, intersecciones y señalización que permiten el desplazamiento urbano. Como menciona Gonzalez la infraestructura vial debe de ser segura, funcional y con la opción de adaptarse a crecimientos poblacionales (González, 2018). En Guayaquil, muchos tramos no cumplen estos criterios, lo que incrementa la congestión y los accidentes en sectores de alto flujo vehicular.

1.2.5 Transporte Público

Transporte público incluye toda la red de vehículos que movilicen una cantidad mayor a un vehículo particular, comparando que un bus del transporte público transporta el equivalente a aproximadamente 60 carros en un espacio de solamente 2, en la ciudad de Guayaquil no se tiene un transporte público óptimo en ciertos sectores como la vía a la costa donde no se tiene cobertura y se denota el uso del vehículo particular. Teniendo en cuenta lo que dice la CEPAL. La eficiencia del transporte público depende de la frecuencia, cobertura y la accesibilidad (CEPAL, 2020).

1.2.6 Retornos y Accesos Viales

Las instalaciones de retorno y acceso ofrecen oportunidades para cambios de dirección, incluidas conexiones entre las carreteras principales y las calles laterales que las rodean.

En este sentido, su diseño tiene un impacto directo en el flujo de tráfico. Vásquez menciona que los retornos mal ubicados o no estudiados de manera exhaustiva crean congestión (Vásquez, 2022). En una de las vías escogidas, vía a la costa, se presentan retornos que al ser desorganizados generan atascos.

1.2.7 Hora Pico

Hora pico se basa en el momento específico que las vías trabajan a capacidad, coinciden con los ingresos escolares y laborables. Litman menciona que las horas pico representan un reto para la gestión urbana (Litman, 2021). En Guayaquil, las horas pico son drásticamente entre las 6:30 a.m. y las 8:30 a.m. y de 4:00 p.m. a 7:30 p.m., lo que crea una alta densidad de vehículos en carreteras como Carlos Julio Arosemena.

1.2.8 Movilidad Sostenible

Cuando se trata de movilidad sostenible, el método de transporte público reducirá la contaminación ambiental y también aumentará la calidad de vida de las personas. Por supuesto, también podría servir como una "iniciativa igualadora". ONU-Habitat plantea que el uso racional del espacio vial y la promoción del transporte público son esenciales para lograr ciudades más sostenibles (ONU-Habitat, 2019). En la ciudad de Guayaquil se necesita adoptar dicha visión para descongestionar las principales vías.

1.2.9 Semaforización Inteligente

La semaforización inteligente se basa en regular el tránsito gracias a sensores y un sistema que ajusten los tiempos de los 3 tipos de luces a la demanda presente en cada intersección, en Guayaquil su implementación es parcial pero altamente recomendable. De acuerdo con Gómez y Martínez, este tipo de sistemas puede reducir en un 20% los tiempos de espera en intersecciones críticas (Gómez, 2020).

1.2.10 Diseño Vial Urbano

Gehl destaca que el buen diseño debe priorizar al peatón ante el vehículo y permitir desplazamientos seguros y fluidos (Gehl, 2011). Se refiere a la forma en la que, las calles, avenidas e intersecciones se estructuran, donde se consideran aspectos técnicos y de

seguridad más que nada. En las vías estudiadas se plantea el rediseño debido al crecimiento urbano.

1.2.11 Capacidad Vial (Highway Capacity)

La capacidad vial es el volumen máximo de vehículos que pueden llegar a circular por un determinado periodo de tiempo. Este es un concepto que permite conocer el rendimiento de una vía en específico o del sistema vial completo, para tener una mejor planificación de los crecimientos conforme con la estructura vial (Órtuzar & Willumsen, 2011).

1.2.12 Tiempos de Demora

Un tiempo de demora es el tiempo adicional que un vehículo se demora para completar su recorrido, el cual es afectado por congestión, semáforos o cualquier interrupción, hay que recordar que los altos tiempos de demora crean una mayor contaminación ambiental debido al mayor uso del vehículo. Este indicador refleja el nivel de servicio vial y la eficiencia de una intersección o corredor (Highway Capacity Manual, 2010).

1.2.13 Intersección

La intersección es un punto donde convergen 2 o más vías, lo que en su mayoría de casos crea congestión. Su diseño influye directamente en el tránsito general y la seguridad vial, donde las intersecciones que no son realizadas bajo estudios previos crean congestión y accidentes. Existen intersecciones a nivel y a desnivel, y su correcta planificación depende del volumen de tráfico y tipo de usuarios (Órtuzar & Willumsen, 2011).

1.2.14 Movilidad

La movilidad se basa en la facilidad que las personas tienen para trasladarse dentro de su entorno urbano, una buena movilidad mejora la calidad de vida de los ocupantes de las vías. Implica accesibilidad, tiempo de desplazamiento, seguridad y eficiencia en el uso de infraestructura (Rodríguez & Mojica, 2019).

1.2.15 Retornos en Avenidas

Los giros en U pueden realizarse en carreteras urbanas sin intersecciones controladas por semáforos. El hecho de que estén ubicados adecuadamente evita que interfieran con el flujo principal. La demanda de vehículos debe ser una preocupación, así como el espacio (Secretaría de Movilidad, Manual de gestión de infraestructura vial urbana, 2020). Y un giro en U mal diseñado puede significar un retraso, o incluso un accidente.

1.2.16 Retornos en Autopistas

En autopistas, los retornos deben diseñarse considerando la alta velocidad de operación. Generalmente se implementan mediante rampas o distribuidores para evitar interrupciones en el flujo continuo (INECO, 2012). También deben contar con señalización adecuada y distancias de frenado apropiadas para garantizar la seguridad vial, generalmente tienen volúmenes de vehículos muy bajos.

1.2.17 Retornos no son solución sin radio de giro y carriles adecuados

Los retornos estrechos o aquellos con solo un carril estrangulan el proceso. Para operar, necesitan los radios de giro apropiados según la velocidad operativa, y el número óptimo de carriles para poder absorber la demanda de vehículos (MTOPE ECUADOR, 2018). La negligencia de estos factores resulta en operaciones inseguras e ineficientes.

1.2.18 Soluciones paso a desnivel en situaciones conflictivas

Los pasos a desnivel permiten separar flujos de tráfico, eliminando conflictos en intersecciones de alto volumen. Son una solución eficaz cuando el nivel de servicio es bajo o hay alta siniestralidad (Órtuzar & Willumsen, 2011).

1.2.19 Glorietas (Rotondas)

Las glorietas son intersecciones circulares donde los vehículos que ya están en circulación tienen prioridad, donde se recuerda que no son recomendables para las zonas de alto volumen de tráfico. Mejoran la seguridad vial, reducen el número de conflictos y son efectivas en vías de mediano volumen (Manual de Diseño Geométrico, 2016).

1.2.20 Soluciones viales a nivel (Limitaciones y condiciones)

Las soluciones viales a nivel, los cuales incluyen semáforos y señalización horizontal, son efectivas hasta cierto punto teniendo en cuenta que son menos costosas, pero su efectividad depende de la cantidad de vehículos que transitan por dicha vía (Secretaría de Movilidad, 2020). Presentan limitaciones en cuanto a capacidad y seguridad cuando el flujo supera cierto umbral.

1.2.21 ¿Cuándo se justifica una solución a desnivel?

Una alternativa alta está respaldada por altas tasas de congestión y accidentes, o por un pronóstico de aumento de demanda elevado (INECO, 2012), sí, en corredores altos donde es necesario mantener un tráfico continuo sin paradas.

1.2.22 Radios de giro para velocidades de intercambiadores

Los radios de giro I/R deben diseñarse para la velocidad de diseño, para seguridad y comodidad. Cuanto mayor sea la velocidad, mayor debe ser el radio para prevenir movimientos inseguros (Highway Capacity Manual, 2010). Es una consideración importante en el diseño de rampas de carreteras y retornos.

DESARROLLO

1.3 Capítulo 1. Paradero Las Monjas. Sentido N - S

1.3.1 Problemática

Esto nos invita a mirar específicamente el tramo de la Avenida Carlos Julio Arosemena Tola, a la altura del paradero de la Metrovía, principal sistema de transporte público masivo en la ciudad de Guayaquil, en el sentido norte-sur.

En este caso, hay un semáforo peatonal que permite a las personas cruzar desde ambos lados de la calle hacia esa parada donde convergen todo tipo de autobuses con destinos a diferentes partes de la ciudad.

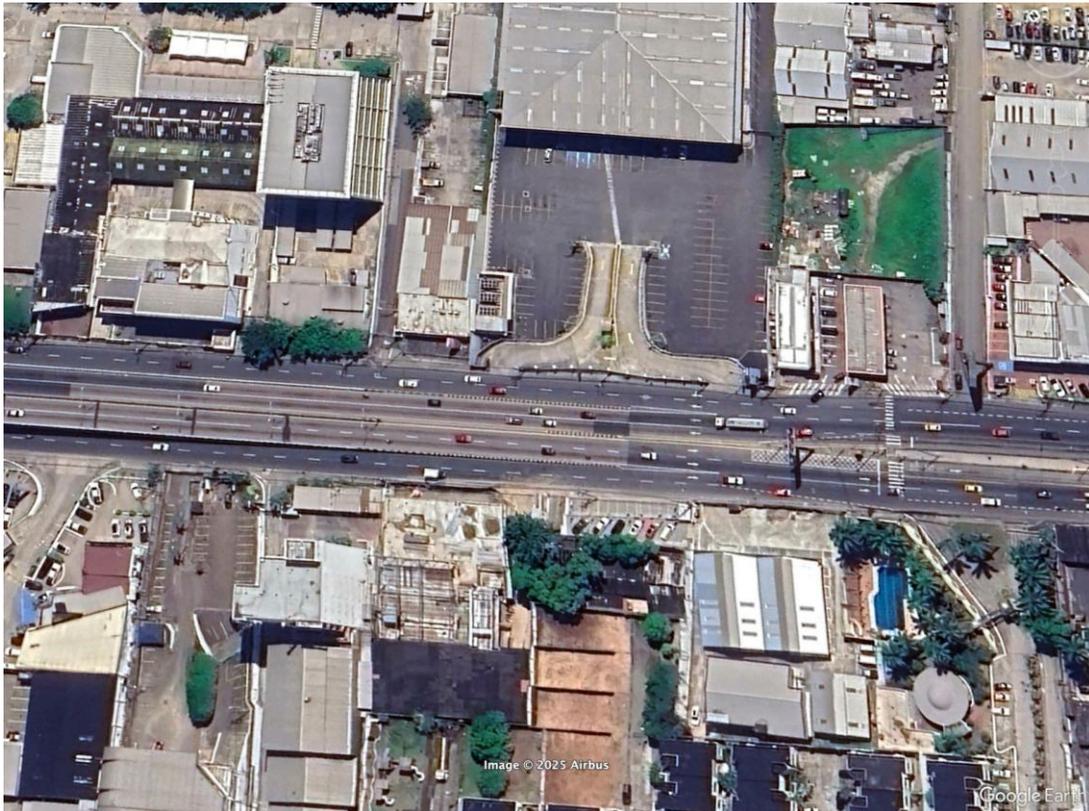


Ilustración 1. Imagen satelital tramo utilizado. Obtenido por: Google Earth Pro.

Este es un problema por resolver. Como cualquier ciudad superpoblada con un conteo de habitantes que aumenta rápidamente, debería tener un transporte masivo que funcione

sin problemas. Cuando no lo tiene, las personas usan sus propios vehículos, y esto lleva a más congestión urbana.

En el caso específico del semáforo para peatones, lo que realmente ocurre es que los vehículos se detienen, rompiendo el flujo de vehículos y atascando la línea de autobuses alimentadores de la Metrovía.



Ilustración 2. Imagen a nivel del de calle del tramo utilizado. Elaboración propia

En resumen, en este tramo se tiene que la longitud de cola que se forma debido al tiempo en rojo del semáforo crea conflicto en el carril exclusivo de la Metrovía llegando a no respetarse la exclusividad del carril y retrasando el transporte público.

1.3.2 Antecedentes

Como introducción y paralelo al estudio, se realizaron mediciones de tráfico en la intersección controlada por semáforos en la Avenida Carlos Julio Arosemena Tola para determinar el volumen máximo horario que cruza este lugar. Para ello, se llevaron a cabo 3 conteos manuales de tráfico por la mañana de 06:30 a 09:30, de acuerdo con las normas ecuatorianas, que sugieren realizar al menos 3 mediciones para obtener un promedio representativo del tráfico, con el fin de determinar la hora pico.

CONTEO VEHICULAR 2 DE JUNIO DEL 2025 6:30 - 9:30								
HORARIO	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	METROVÍA	INVASORES CARRIL METROVÍA	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
6:30 - 6:40	121	42	145	43	5	33	288	102
6:40 - 6:50	152	32	182	37	5	21	350	80
6:50 - 7	167	37	200	42	6	7	377	83
7 - 7:10	242	50	290	55	7	12	545	111
7:10 - 7:20	261	42	313	41	6	8	584	87
7:20 - 7:30	233	58	279	63	6	19	528	131
7:30 - 7:40	238	52	285	59	5	23	540	123
7:40 - 7:50	255	63	306	51	6	26	580	127
7:50 - 8	261	57	313	48	6	31	596	121
8 - 8:10	263	48	315	46	5	25	596	107
8:10 - 8:20	244	52	292	41	6	18	551	102
8:20 - 8:30	221	37	265	52	7	32	509	105
8:30 - 8:40	241	40	289	51	5	27	549	105
8:40 - 8:50	249	42	298	47	5	21	563	100
8:50 - 9	251	49	301	41	5	19	567	100
9 - 9:10	223	31	267	43	7	9	502	79
9:10 - 9:20	211	37	253	37	7	9	476	79
9:20 - 9:30	198	29	237	30	6	13	448	66
							9143	1802

CONTEO VEHICULAR 3 DE JUNIO DEL 2025 6:30 - 9:30								
HORARIO	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	METROVÍA	INVASORES CARRIL METROVÍA	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
6:30 - 6:40	108	38	130	41	4	40	262	99
6:40 - 6:50	136	29	163	32	5	13	311	68
6:50 - 7	150	32	180	39	4	5	337	74
7 - 7:10	217	46	261	52	8	8	490	102
7:10 - 7:20	234	31	281	32	5	15	528	71
7:20 - 7:30	209	60	251	56	6	19	476	126
7:30 - 7:40	214	44	256	62	6	35	494	124
7:40 - 7:50	229	52	275	58	5	28	523	124
7:50 - 8	234	49	281	51	6	30	536	115
8 - 8:10	236	39	283	47	6	32	541	102
8:10 - 8:20	219	47	262	55	5	27	500	116
8:20 - 8:30	198	38	238	41	6	42	463	100
8:30 - 8:40	216	33	260	40	6	39	502	93
8:40 - 8:50	224	41	268	48	5	5	500	92
8:50 - 9	225	46	270	52	7	12	508	104
9 - 9:10	200	23	240	30	6	7	450	57
9:10 - 9:20	189	32	227	42	5	6	424	77
9:20 - 9:30	178	27	213	23	5	11	402	56
							8242	1695

CONTEO VEHICULAR 9 DE JUNIO DEL 2025 6:30 - 9:30								
HORARIO	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	METROVÍA	INVASORES CARRIL METROVÍA	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
6:30 - 6:40	102	32	126	39	4	29	247	86
6:40 - 6:50	129	31	158	36	4	17	300	76
6:50 - 7	142	39	174	40	5	6	324	82
7 - 7:10	206	38	253	48	7	2	467	87
7:10 - 7:20	222	35	272	36	5	21	510	82
7:20 - 7:30	198	58	243	51	6	22	458	120
7:30 - 7:40	203	41	248	59	6	37	476	119
7:40 - 7:50	217	48	266	52	6	31	505	116
7:50 - 8	222	43	272	49	6	37	519	111
8 - 8:10	224	47	274	48	5	21	514	106
8:10 - 8:20	208	53	254	55	6	26	481	121
8:20 - 8:30	188	45	230	46	5	28	437	105
8:30 - 8:40	205	37	252	38	5	35	480	93
8:40 - 8:50	212	39	259	49	6	9	482	93
8:50 - 9	213	41	261	53	7	11	487	100
9 - 9:10	190	25	232	29	6	7	432	58
9:10 - 9:20	179	31	220	41	6	7	409	76
9:20 - 9:30	169	26	206	24	5	12	386	56
							7908	1681

Ilustración 3. Conteos vehiculares. Elaboración propia

Los hallazgos mostraron que el volumen en horas pico alcanza su punto más alto entre las 7:30 y las 8:30 a.m. Este es el mismo momento en que las personas comienzan a dirigirse a la escuela o al trabajo, lo cual ha sido preparado en respuesta al comportamiento de movilidad de los ciudadanos a nivel de toda la ciudad.

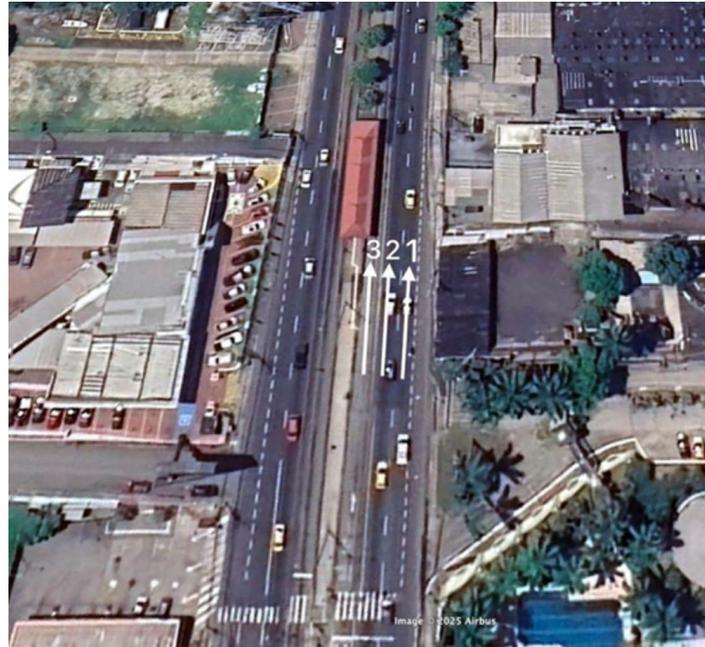


Ilustración 4. Referencias para conteos. Elaboración propia

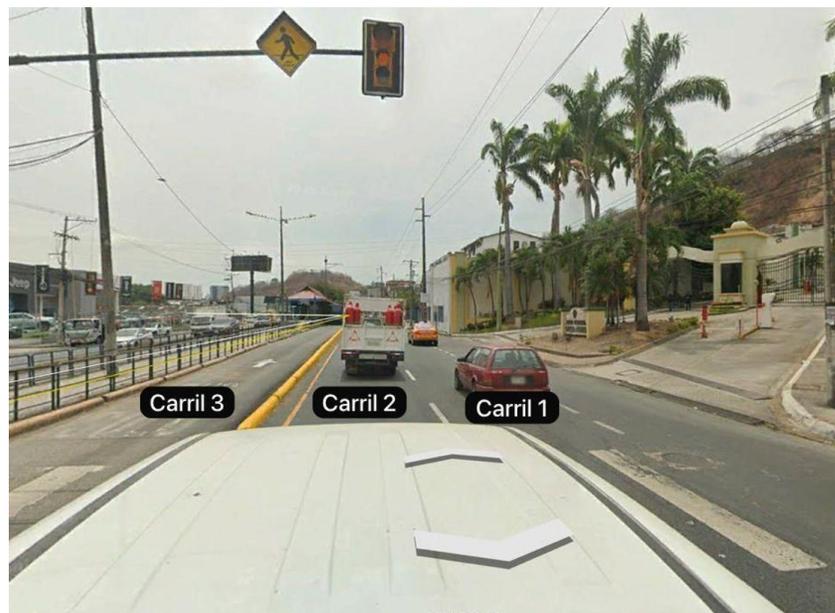


Ilustración 5. Referencias para conteos. Elaboración propia

En cuanto a la longitud de cola generada durante la fase roja del semáforo, se aplicaron dos métodos de evaluación:

1.3.2.1 Observación directa in situ:

Durante los conteos de tráfico, se realizó una supervisión visual de la cola vehicular. En el horario pico identificado, se determinó que la máxima longitud de cola alcanzó los 11 vehículos, formándose justo antes del cambio de fase del semáforo.

1.3.2.2 Aplicación del Highway Capacity Manual (HCM):

Se utilizó el Capítulo 16 del HCM, correspondiente al análisis de intersecciones semaforizadas, dado que la intersección evaluada cumple con las condiciones descritas en dicho capítulo. Con base en los parámetros establecidos en el manual y aplicando los cálculos correspondientes, se estimó una longitud de cola de 18 vehículos. Estos resultados se presentan en la ilustración adjunta.



PROMEDIO 3 CONTEOS	CARRIL 1		CARRIL 2		CARRIL 3		TOTALES		TOTALES HORARIOS			
HORARIO	LIVIANOS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	LIVIANOS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	LIVIANOS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS	PESADOS	CARROS	MOTOS
6:30 - 6:40	110	37	134	41	4	17	27	261	87			
6:40 - 6:50	139	31	168	35	5	8	9	315	70			
6:50 - 7	153	36	185	40	5	2	3	340	77			
7 - 7:10	222	45	268	52	7	4	3	494	98			
7:10 - 7:20	239	36	289	36	5	8	7	536	76			
7:20 - 7:30	213	59	258	57	6	9	10	480	120	59	2425	528
7:30 - 7:40	218	46	263	60	6	15	16	496	113	48	2660	555
7:40 - 7:50	234	54	282	54	6	14	14	530	115	53	2875	600
7:50 - 8	239	50	289	49	6	17	15	545	108	65	3080	630
8 - 8:10	241	45	291	47	5	13	12	545	98	74	3131	630
8:10 - 8:20	224	51	269	50	6	12	11	505	107	78	3101	661
8:20 - 8:30	202	40	244	46	6	17	16	464	95	84	3084	636
8:30 - 8:40	221	37	267	43	5	15	16	503	87	84	3091	610
8:40 - 8:50	228	41	275	48	5	7	5	510	92	75	3071	587
8:50 - 9	230	45	277	49	6	5	7	512	97	67	3038	576
9 - 9:10	204	26	246	34	6	5	3	456	63	58	2949	541
9:10 - 9:20	193	33	233	40	6	3	3	429	75	50	2874	508
9:20 - 9:30	182	27	219	26	5	4	6	404	55	40	2814	469
								8323	1633			

Ilustración 6. Resumen conteos para análisis. Elaboración propia

LONGITUD DE COLA

$$X^2 \cdot \left(\frac{s \cdot (C - g)}{3600} \right)$$

X = Grado de saturación

s: flujo de saturación ajustado (veh/h)

C: ciclo del semáforo (s)

g: tiempo verde efectivo (s)

$$= (0.98)^2 \cdot \left(\frac{3,230 \cdot 20}{3600} \right)$$

Longitud de cola = 17,2 vehículos.

Ilustración 7. Cálculo de longitud de cola. Elaboración propia

EXHIBIT 16-20. INPUT WORKSHEET

INPUT WORKSHEET												
General Information						Site Information						
Analyst		Fernando Noggia & Carlos Lampoverde				Intersection		Av. Carlos Julio Arosemena				
Agency or Company						Area Type		<input type="checkbox"/> CBD		<input checked="" type="checkbox"/> Other		
Date Performed		05/08/2025				Jurisdiction						
Analysis Time Period		06:30 - 09:30				Analysis Year		2025				
Intersection Geometry												
								<ul style="list-style-type: none"> = Pedestrian Button = Lane Width = Through = Right = Left = Through + Right = Left + Through = Left + Right = Left + Through + Right 				
Volume and Timing Input												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹	LT	TH	RT ¹
Volume, V (veh/h)	122	1638	1358									
% heavy vehicles, % HV	5	5	5									
Peak-hour factor, PHF	0.92											
Pretimed (P) or actuated (A)	P											
Start-up lost time, l ₁ (s)												
Extension of effective green time, e (s)												
Arrival type, AT	3											
Approach pedestrian volume, ² v _{ped} (p/h)	100											
Approach bicycle volume, ² v _{bic} (bicycles/h)	0											
Parking (Y or N)	0											
Parking maneuvers, N _m (maneuvers/h)	0											
Bus stopping, N _B (buses/h)	0											
Min. timing for pedestrians, ³ G _p (s)	10											
Signal Phasing Plan												
D I A G R A M	Ø1 	Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	Ø6	Ø7	Ø8				
Timing	G = 100 Y = 3	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =	G = Y =				
Protected turns			Permitted turns Pedestrian			Cycle length, C = 120 s						
Notes												
<ol style="list-style-type: none"> 1. RT volumes, as shown, exclude RTOR. 2. Approach pedestrian and bicycle volumes are those that conflict with right turns from the subject approach. 3. Refer to Equation 16-2. 												

Ilustración 8. Cálculo de capacidad según HCM. Elaboración propia

EXHIBIT 16-21. VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET

VOLUME ADJUSTMENT AND SATURATION FLOW RATE WORKSHEET												
General Information												
Project Description _____												
Volume Adjustment												
	EB			WB			NB			SB		
	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT	LT	TH	RT
Volume, V (veh/h)	122	1638	1358									
Peak-hour factor, PHF		0.92										
Adjusted flow rate, $v_p = V/PHF$ (veh/h)	133	1781	1477									
Lane group	↑	↑	↑									
Adjusted flow rate in lane group, v (veh/h)	133	1781	1477									
Proportion ¹ of LT or RT (P_{LT} or P_{RT})		-			-			-			-	
Saturation Flow Rate (see Exhibit 16-7 to determine adjustment factors)												
Base saturation flow, s_0 (pc/h/ln)		1900	1900									
Number of lanes, N		1	1									
Lane width adjustment factor, f_w		0.933	0.933									
Heavy-vehicle adjustment factor, f_{HV}		0.952	0.952									
Grade adjustment factor, f_g		1.00	1.00									
Parking adjustment factor, f_p		1.00	1.00									
Bus blockage adjustment factor, f_{bb}		1.00	1.00									
Area type adjustment factor, f_a		0.900	0.900									
Lane utilization adjustment factor, f_{LU}		1.00	1.00									
Left-turn adjustment factor, f_{LT}		1.00	1.00									
Right-turn adjustment factor, f_{RT}		1.00	1.00									
Left-turn ped/bike adjustment factor, f_{Lpb}		1.00	1.00									
Right-turn ped/bike adjustment factor, f_{Rpb}		1.00	1.00									
Adjusted saturation flow, s (veh/h) $s = s_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_a f_{LU} f_{LT} f_{RT} f_{Lpb} f_{Rpb}$		1519	1519									
Notes												
1. $P_{LT} = 1.000$ for exclusive left-turn lanes, and $P_{RT} = 1.000$ for exclusive right-turn lanes. Otherwise, they are equal to the proportions of turning volumes in the lane group.												

Ilustración 9. Cálculo de capacidad según HCM. Elaboración propia

EXHIBIT 16-22. CAPACITY AND LOS WORKSHEET

CAPACITY AND LOS WORKSHEET											
General information											
Project Description <u>Fernando Mossia & Carlos Campoverde</u>											
Capacity Analysis											
Phase number	1	1	1								
Phase type											
Lane group	↑	↑	↑								
Adjusted flow rate, v (veh/h)	133	1381	1477								
Saturation flow rate, s (veh/h)		1519	1519								
Lost time, t _L (s), t _L = I ₁ + Y - e	4	4	4								
Effective green time, g (s), g = G + Y - t _L	99	99	99								
Green ratio, g/C	0.825	0.825	0.825								
Lane group capacity, ¹ c = s(g/C), (veh/h)		1254	1254								
v/c ratio, X		1.40	1.20								
Flow ratio, v/s		1.10	0.98								
Critical lane group/phase (v)		✓									
Sum of flow ratios for critical lane groups, Y _c Y _c = ∑ (critical lane groups, v/s)				2.08							
Total lost time per cycle, L (s)				6							
Critical flow rate to capacity ratio, X _c X _c = (Y _c)(C)/(C - L)				2.19							
Lane Group Capacity, Control Delay, and LOS Determination											
		EB		WB		NB		SB			
Lane group	↑	↑	↑								
Adjusted flow rate, ² v (veh/h)	133	1381	1477								
Lane group capacity, ² c (veh/h)		1254	1254								
v/c ratio, ² X = v/c		1.40	1.20								
Total green ratio, ² g/C	0.825	0.825	0.825								
Uniform delay, d ₁ = $\frac{0.50 C [1 - (g/C)^2]}{1 - [\min(1, X)g/C]}$ (s/veh)	10.50	10.50	10.50								
Incremental delay calibration, ³ k	0.50	0.50	0.50								
Incremental delay, ⁴ d ₂ d ₂ = $900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kX}{cT}}]$ (s/veh)	124.80	124.80	67.50								
Initial queue delay, d ₃ (s/veh) (Appendix F)	0	0	0								
Uniform delay, d ₁ (s/veh) (Appendix F)	0	0	0								
Progression adjustment factor, PF	1	1	1								
Delay, d = d ₁ (PF) + d ₂ + d ₃ (s/veh)	135.30	135.30	78.00								
LOS by lane group (Exhibit 16-2)	F	F	E								
Delay by approach, d _A = $\frac{\sum(d)(v)}{\sum v}$ (s/veh)				116.20							
LOS by approach (Exhibit 16-2)				F							
Approach flow rate, v _A (veh/h)				3168							
Intersection delay, d _I = $\frac{\sum(d_A)(v_A)}{\sum v_A}$ (s/veh)				94.40						Intersection LOS (Exhibit 16-2)	F
Notes											
1. For permitted left turns, the minimum capacity is (1 + P _L)(3600/C).											
2. Primary and secondary phase parameters are summed to obtain lane group parameters.											
3. For pretimed or nonactuated signals, k = 0.5. Otherwise, refer to Exhibit 16-13.											
4. T = analysis duration (h); typically T = 0.25, which is for the analysis duration of 15 min. I = upstream filtering metering adjustment factor; I = 1 for isolated intersections.											

Ilustración 10. Cálculo de capacidad según HCM. Elaboración propia

EXHIBIT 16-23. SUPPLEMENTAL UNIFORM DELAY WORKSHEET FOR LEFT TURNS FROM EXCLUSIVE LANES WITH PROTECTED AND PERMITTED PHASES

SUPPLEMENTAL UNIFORM DELAY WORKSHEET FOR LEFT TURNS FROM EXCLUSIVE LANES WITH PROTECTED AND PERMITTED PHASES					
General Information					
Project Description _____					
v/c Ratio Computation					
	EB	WB	NB	SB	
Cycle length, C (s)		120			
Protected phase eff. green interval, g (s)	99				
Oposing queue effective green interval, g _q (s)	1				
Unopposed green interval, g _u (s)	2				
Red time, r (s)	17				
$r = C - g - g_q - g_u$					
Arrival rate, q _a (veh/s)	0.49				
$q_a = \frac{v}{3600 \cdot \max[X, 1.0]}$					
Protected phase departure rate, s _p (veh/s)	0.42				
$s_p = \frac{s}{3600}$					
Permitted phase departure rate, s _s (veh/s)	0.63				
$s_s = \frac{s(g_q + g_u)}{(g_u \cdot 3600)}$					
If leading left (protected + permitted) v/c ratio, X _{perm} = $\frac{q_a(g_q + g_u)}{s_s g_u}$	0				
If lagging left (permitted + protected) v/c ratio, X _{perm} = $\frac{q_a(r + g_q + g_u)}{s_s g_u}$					
If leading left (protected + permitted) v/c ratio, X _{prot} = $\frac{q_a(r + g)}{s_p g}$	0				
If lagging left (permitted + protected) v/c ratio, X _{prot} is N/A					
Uniform Queue Size and Delay Computations					
Queue at beginning of green arrow, Q _a	0				
Queue at beginning of unsaturated green, Q _u	0				
Residual queue, Q _r	0				
Uniform delay, d ₁	0				
Uniform Queue Size and Delay Equations					
	Case	Q _a	Q _u	Q _r	d ₁
If X _{perm} ≤ 1.0 & X _{prot} ≤ 1.0	1	q _a r	q _a g _q	0	[0.50/(q _a C)][rQ _a + Q _a ² /(s _p - q _a) + g _q Q _u + Q _u ² /(s _s - q _a)]
If X _{perm} ≤ 1.0 & X _{prot} > 1.0	2	q _a r	Q _r + q _a g _q	Q _a - g(s _p - q _a)	[0.50/(q _a C)][rQ _a + g(Q _a + Q _r) + g _q (Q _r + Q _u) + Q _u ² /(s _s - q _a)]
If X _{perm} > 1.0 & X _{prot} ≤ 1.0	3	Q _r + q _a r	q _a g _q	Q _u - g _u (s _s - q _a)	[0.50/(q _a C)][g _u Q _u + g _u (Q _u + Q _r) + r(Q _r + Q _a) + Q _a ² /(s _p - q _a)]
If X _{perm} ≤ 1.0 (lagging lefts)	4	0	q _a (r + g _q)	0	[0.50/(q _a C)][(r + g _q)Q _u + Q _u ² /(s _s - q _a)]
If X _{perm} > 1.0 (lagging lefts)	5	Q _u - g _u (s _s - q _a)	q _a (r + g _q)	0	[0.50/(q _a C)][(r + g _q)Q _u + g _u (Q _u + Q _a) + Q _a ² /(s _p - q _a)]

Ilustración 11. Cálculo de capacidad según HCM. Elaboración propia

Luego de los conteos de realizar los conteos de tráfico respectivos, los cuales según la norma ecuatoriana son 3 para trabajar con un promedio, los datos son que la hora de máximo volumen de tráfico es de 7:30 – 8:30 am, con un total de 3804 vehículos distribuidos entre livianos, pesados y motocicletas; se trabajó con anchos de carril de 3,6 metros y el ancho de carril de la Metrovía de 5 metros. El ciclo del semáforo con el que se trabajó es de 100 segundos en verde, 3 en amarillo y 17 en rojo. Luego de los análisis se obtuvo un nivel de servicio F (LOS) lo que denota congestión en la zona.

1.3.3 Metodología

El método tradicional de conteo manual para el conteo de tráfico vehicular significaba que el estudio del flujo de tráfico en las intersecciones se organizaba todos los días. Registrar vehículos que van hacia el este o el oeste cada 15 minutos.

Durante esta parte del estudio, los vehículos se dividieron en tres tipos: vehículos livianos o automóviles de pasajeros, motocicletas y vehículos pesados. Se registraron por separado según el carril en el que viajaban.

Tradujimos el resultado en imágenes gráficas, dos tipos de las cuales se pueden ver arriba. A partir de estos datos, calculamos que el volumen de flujo por hora por carril es una métrica de salida importante después de todo. Por lo tanto, el número total de coches en esta intersección puede ser un punto de datos crítico para determinar cuándo son las horas pico y los períodos de menor tráfico, y sería mejor llegar para evitar la congestión.

La investigación sobre capacidad se llevó a cabo de acuerdo con el Capítulo 16 del Manual de Capacidad de Carreteras, un documento dirigido específicamente a estudios de intersecciones con semáforos. Para lograr esto, los usuarios tuvieron que ingresar información como anchos de carril y características específicas de la carretera (por carril); el volumen máximo por hora en cada dirección, que es ajustable; cuántos segundos tarda en operar una fase de una señal, es decir, el tiempo de ciclo junto con las porciones efectivas de luz verde para todas las fases en cualquier tipo de día utilizando esa señal en particular.

Se aplicó el método HCM para calcular la capacidad teórica de la carretera basada en este conjunto de información. En otras palabras, qué volumen puede soportar mientras mantiene un cierto nivel de servicio. Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre

el volumen vehicular observado y la capacidad estimada de cada carril, lo que permitió determinar el grado de saturación y la eficiencia de la operación en la intersección evaluada.

CHAPTER 16

SIGNALIZED INTERSECTIONS

CONTENTS

I. INTRODUCTION	16-1
Scope of the Methodology	16-1
Limitations to the Methodology	16-1
II. METHODOLOGY	16-1
LOS	16-2
Input Parameters	16-3
Geometric Conditions	16-3
Traffic Conditions	16-3
Signalization Conditions	16-5
Lane Grouping	16-6
Determining Flow Rate	16-7
Alternative Study Approaches	16-7
Adjustment for Right Turn on Red	16-9
Determining Saturation Flow Rate	16-9
Base Saturation Flow Rate	16-10
Adjustment for Lane Width	16-10
Adjustment for Heavy Vehicles and Grade	16-10
Adjustment for Parking	16-10
Adjustment for Bus Blockage	16-10
Adjustment for Area Type	16-12
Adjustment for Lane Utilization	16-12
Adjustment for Right Turns	16-12
Adjustment for Left Turns	16-13
Adjustment for Pedestrians and Bicyclists	16-13
Determining Capacity and v/c Ratio	16-13
Capacity	16-13
v/c Ratio	16-14
Critical Lane Groups	16-14
Determining Delay	16-19
Progression Adjustment Factor	16-19
Uniform Delay	16-20
Incremental Delay	16-21
Incremental Delay Calibration Factor	16-21
Upstream Filtering or Metering Adjustment Factor	16-22
Initial Queue Delay	16-22
Aggregated Delay Estimates	16-22
Special Procedure for Uniform Delay with Protected-Plus-Permitted Left-Turn Operation from Exclusive Lanes	16-23
Determining Level of Service	16-23
Determining Back of Queue	16-24
Sensitivity of Results to Input Variables	16-24
III. APPLICATIONS	16-26
Computational Steps	16-27
Input Parameters	16-27
Volume Adjustment and Saturation Flow Rate	16-30
Capacity Analysis	16-30
Delay and Level of Service	16-33

Ilustración 12. Capítulo 16. HCM utilizada para cálculos varios. Elaboración propia

1.3.4 Propuesta de solución

La propuesta de solución se realiza principalmente reubicando el semáforo peatonal con la longitud de la cola, valor crítico obtenido de las fórmulas de análisis de capacidad por Highway Capacity Manual (HCM). La longitud máxima estimada de la cola fue de 18 vehículos según este análisis, como se indica en los datos adjuntos.

El siguiente grado de tarea es expresar esta longitud en unidades métricas, ya que se tomó la longitud promedio de los vehículos que normalmente pasan por esta intersección, siendo los vehículos ligeros los más comúnmente muestreados.

La longitud promedio local es de 5.05 metros, lo cual es un valor realista ya que en este tramo, tanto los vehículos ligeros (motocicletas) como los vehículos semipesados, como plataformas o camiones pequeños, transitan por el mismo.

En consecuencia, la longitud total de cola es de:

$$18 \text{ vehículos} \times 5,05 \text{ m/vehículo} = 91 \text{ metros}$$

Para abordar este cuello de botella, se recomienda que el semáforo se mueva 91 metros al sur para que la fila pueda establecerse antes de que entre en el carril exclusivo.

No obstante, considerando la situación actual de la estación previa de la parada de autobús, y en interés de una mejor operación, se sugiere un desplazamiento de 101 m. Este tramo adicional proporcionará suficiente espacio para atender la nueva parada mientras se evitan grandes obras civiles, ya que se ajusta entre las obras existentes.

Adicionalmente, se propone mantener el ciclo actual del semáforo, el cual consta de 100 segundos en verde, 3 segundos en amarillo y 17 segundos en rojo, completando un ciclo total de 120 segundos. El tiempo de rojo disponible es suficiente para garantizar el cruce peatonal, considerando la velocidad promedio de caminata (aproximadamente 1,2 m/s) y la longitud del tramo peatonal a cruzar.



Ilustración 13. Desplazamiento de semáforo. Civil 3D. Elaboración propia

1.3.5 Justificación

La justificación de la solución vial propuesta se sustenta en dos aspectos fundamentales: el análisis de capacidad vial conforme al Highway Capacity Manual (HCM) y los resultados de simulación obtenidos mediante el software VISSIM.

1.3.5.1 Análisis de capacidad según el HCM

Luego del análisis de capacidad siguiendo los lineamientos del capítulo 16 del highway capacity manual, se determinó que la longitud de cola era de 18 vehículos, lo cual en metros era de 91, lo cual se calculó con los tipos de vehículos que transitan por la zona.

La propuesta se basa en desplazar el semáforo 101 metros hacia el sur, debido a que los 91 metros serían hasta el centro del paradero actual y la idea no es hacer obras civiles innecesarias, donde actualmente se encuentra el final del paradero LAS MONJAS, para que se permita crear la cola de vehículos sin estorbar el carril exclusivo de la metrovía, lo que genera que el transporte público tenga un flujo continuo y mejore los tiempos de recorrido, lo que lo haga más eficiente que es lo que se busca en la ciudad para descongestionarla.

1.3.5.2 Simulación con software VISSIM

Como contraparte de la justificación, utilizamos el software VISSIM, que fue utilizado por cortesía de la empresa CONSULAUDI CIA LTDA, quien nos proporcionó las licencias del mencionado programa, con el único objetivo de simular el comportamiento del tráfico en la intersección, con y sin reubicar el semáforo. En la simulación se ingresaron los datos recolectados en campo, tales como:

- Volumen máximo de vehículos por hora, clasificado por carril y tipo de vehículo
- Dimensiones de los carriles
- Configuración del ciclo semafórico (tiempos de verde, amarillo y rojo)

Los resultados obtenidos muestran una mejora significativa en el nivel de servicio del carril exclusivo de la Metrovía, pasando de un nivel de servicio F (fallido) en la condición actual, a un nivel de servicio A (óptimo) en el escenario propuesto, como se muestra en la figura adjunta.

RESULTADOS DE NODOS															
SEMAFORO DE LAS MONJAS															
600-3600	1: semaforo -:	3,870,403		98,558,213	783	783 LOS_A	1	8,334,661	8,334,661	1,000,274	0,199234	612,473,970	119,165,179	141,946,757	8,762,145
600-3600	1: semaforo -:	4,458,788		147,928,516	822	822 LOS_A	1	8,304,445	8,304,445	1,065,629	0,149635	608,657,752	118,422,681	141,062,312	8,707,550
600-3600	1: semaforo -:	0,000000	0,000000		0	0 LOS_A									
600-3600	1: semaforo -:	0,000000	0,000000		0	0 LOS_A									
600-3600	1: semaforo	2,082,298		147,928,516	1605	1605 LOS_A	1	8,319,186	8,319,186	1,033,746	0,173832	1,220,931,741	237,548,951	282,962,721	17,466,835

Ilustración 14. Resultados VISSIM. Elaboración propia

1.4 Capítulo 2. Paradero Bellavista. Sentido S - N

1.4.1 Problemática

Dentro de la segunda propuesta, nos ubicamos en la Av Carlos Julio Arosemena, específicamente en el paradero Bellavista, sentido de la avenida sur – norte, se presenta una problemática para el transporte público que transita por ese paradero

A lo largo de toda esta sección de la avenida se mantienen tres carriles de circulación. El carril izquierdo (de acuerdo con el sentido de circulación) corresponde exclusivamente a la Metrovía, siendo un carril exclusivo y no compartido.

Este problema se origina en la salida de la parada Bellavista, justo después de la cual hay un cruce interno dentro de la avenida, un puente que se incorpora a la misma avenida de 2 carriles. Es esta intersección, la que hace que los autos que vienen de Bellavista se deslicen hacia la vía principal.

Esto se hace con un cruce de izquierda a derecha, este movimiento de cruce viola directamente el carril de la Metrovía para el tránsito de autobuses.

Causa bloqueos temporales y que los autobuses pasen a una velocidad más lenta, además de crear situaciones de riesgo. Como un sistema vial bajo alta demanda de transporte público, esta situación pondría en peligro tanto la eficiencia como la seguridad.



Ilustración 15. Imagen satelital tramo utilizado. Obtenida por: Google Earth Pro.

Elaboración propia

1.4.2 Antecedentes

El estudio para el segundo punto de conflicto de tráfico en la Avenida Carlos Julio Arosemena Tola, en la parada Bellavista, se basa en tres aspectos básicos: el estudio de volúmenes de tráfico, el análisis de la capacidad vial y la determinación de las condiciones geométricas del tramo. A continuación, se detallan cada una de ellas:

1.4.2.1 Conteo vehicular in situ

Para estimar la hora pico operativa en este tramo, se realizaron tres conteos manuales de vehículos con el método tradicional (intervalos de cruce de 15 minutos por carril). Las mediciones se realizaron en diferentes días laborales reales, para lograr un valor medio representativo, según lo prescrito por la legislación vigente. (ATM)

Como resultado de este análisis, se determinó que el mayor flujo vehicular se observó de 16:30 a aproximadamente 17:30, coincidiendo con el final de la jornada laboral en la ciudad de Guayaquil. Este es un horario popular, especialmente por la noche, para que un gran número de vehículos ligeros crucen o prueben el cruce, lo que resulta en una congestión severa en este tramo de la carretera.

1.4.2.2 Análisis de capacidad vial (HCM – Capítulo 14)

El análisis de capacidad en este tramo se realizó con el Capítulo 14 del HCM, que trata sobre el análisis de carriles múltiples. Esta categorización se justifica ya que in situ, la señalización del uso del semáforo en el cruce a menudo no está operativa y los autos livianos circulan en el carril exclusivo de Metrovía, generando una operación compartida que hace que no sea eficiente el transporte público operativo.

La evaluación de capacidad permitió establecer que el flujo mixto de vehículos en esta zona excede los parámetros recomendados para una vía con carril exclusivo, contribuyendo al deterioro del nivel de servicio del sistema Metrovía, así como al aumento de tiempos de viaje y riesgo de conflictos viales.

CONTEO VEHICULAR 11 DE JUNIO DEL 2025 16:30 -19:30													
HORARIO	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 5	MOTOS CARRIL 5	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
16:30 -16:40	132	5	198	3	3	1	1	52	2	79	1	462	12
16:40 -16:50	130	8	195	6	2	4	3	52	3	78	2	459	22
16:50 -17	154	11	231	9	3	6	4	61	4	92	3	544	31
17 -17:10	124	17	186	8	1	2	1	49	6	74	3	435	35
17:10 -17:20	159	12	234	11	2	1	2	63	4	93	4	550	33
17:20 -17:30	160	22	240	16	2	3	0	64	8	96	6	563	52
17:30 -17:40	168	24	252	13	2	2	1	67	9	100	5	589	52
17:40 -17:50	152	31	228	21	3	3	2	60	12	91	8	534	74
17:50 -18	103	28	158	19	1	4	3	41	11	63	7	369	68
18 -18:10	80	33	123	27	2	4	5	32	13	49	10	288	88
18:10 -18:20	74	31	114	20	2	1	2	29	12	45	8	263	73
18:20 -18:30	56	25	84	17	3	5	3	22	10	33	6	200	61
18:30 -18:40	68	20	102	12	4	3	1	27	8	40	4	240	45
18:40 -18:50	54	21	96	18	2	6	3	21	8	38	7	215	57
18:50 -19	59	17	91	9	1	6	1	23	6	36	3	215	36
19 -19:10	83	13	121	8	1	2	3	33	5	48	3	287	32
19:10 -19:20	78	9	108	7	2	6	2	31	3	43	2	266	23
19:20 -19:30	71	12	101	11	2	2	0	28	4	40	4	242	31
												6721	825

CONTEO VEHICULAR 12 DE JUNIO DEL 2025 16:30 -19:30													
HORARIO	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 5	MOTOS CARRIL 5	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
16:30 -16:40	130	4	187	2	2	2	1	58	1	84	0	461	8
16:40 -16:50	129	9	192	7	3	6	3	58	4	86	3	471	26
16:50 -17	161	12	245	9	2	9	5	72	5	110	4	597	35
17 -17:10	132	18	188	15	2	3	2	59	8	84	6	466	49
17:10 -17:20	151	11	231	8	2	2	1	67	4	103	3	554	27
17:20 -17:30	163	21	249	17	3	1	0	73	9	112	7	598	54
17:30 -17:40	159	25	262	21	3	5	2	71	11	117	9	614	68
17:40 -17:50	139	28	231	23	2	6	5	62	12	103	10	541	78
17:50 -18	112	35	150	27	2	1	0	50	15	67	12	380	89
18 -18:10	91	32	132	28	4	1	0	40	14	59	12	323	86
18:10 -18:20	68	29	119	21	3	2	1	30	13	53	9	272	73
18:20 -18:30	59	21	98	15	2	2	1	26	9	44	6	229	52
18:30 -18:40	71	23	106	12	1	4	2	31	10	47	5	259	52
18:40 -18:50	66	18	91	11	1	5	4	29	8	40	4	231	45
18:50 -19	60	16	97	9	2	6	4	27	7	43	4	233	40
19 -19:10	78	12	117	7	2	3	5	35	5	52	3	285	32
19:10 -19:20	82	8	102	4	2	4	2	36	3	45	1	269	18
19:20 -19:30	72	11	93	8	3	2	1	32	4	41	3	240	27
												7023	859

CONTEO VEHICULAR 18 DE JUNIO DEL 2025 16:30 -19:30													
HORARIO	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 5	MOTOS CARRIL 5	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
16:30 -16:40	132	5	193	3	2	3	1	63	2	93	1	484	12
16:40 -16:50	127	11	197	8	2	5	4	61	5	95	4	485	32
16:50 -17	148	16	253	14	2	5	6	71	8	121	7	598	51
17 -17:10	151	11	189	9	3	2	0	72	5	91	4	505	29
17:10 -17:20	148	22	242	19	1	3	1	71	11	116	9	580	62
17:20 -17:30	159	26	252	23	3	2	1	76	12	121	11	610	73
17:30 -17:40	160	28	273	25	2	5	3	76	13	131	12	645	81
17:40 -17:50	143	32	243	31	2	8	4	68	15	117	15	579	97
17:50 -18	119	30	173	28	4	4	3	57	14	83	13	436	88
18 -18:10	96	24	142	21	3	2	3	46	12	68	10	354	70
18:10 -18:20	73	19	137	17	2	4	2	35	9	66	8	315	55
18:20 -18:30	61	15	125	12	2	3	2	29	7	60	6	278	43
18:30 -18:40	72	19	123	18	3	6	4	34	9	59	9	294	59
18:40 -18:50	69	17	110	15	2	5	3	33	8	53	7	270	50
18:50 -19	63	14	102	12	3	7	2	30	7	49	6	251	41
19 -19:10	81	12	125	9	2	7	0	38	6	60	4	311	31
19:10 -19:20	82	8	108	7	2	3	4	39	4	52	3	284	26
19:20 -19:30	35	11	99	10	2	1	1	16	5	47	5	198	32
												7477	933

Ilustración 16. Conteos de tráfico. Elaboración propia

1.4.2.3 Estudio de la geometría existente

Se realizó un levantamiento geométrico en la sección bajo el puente, desde donde los vehículos descienden del sector Bellavista hacia la Avenida Carlos Julio Arosemena. Se obtuvieron los resultados:

- Longitud entre pilas: 22.6 m
- Altura de las pilas que van descendiendo: 4.40 metros - 3.28 metros
- Distancia desde que sale de paradero hasta primera pila: 41,20 metros
- Espacio entre el puente y la acera actual: este espacio inferior, utilizable en caso de que sean necesarias intervenciones menores, puede aumentarse

aproximadamente 20 cm a cada lado con la eliminación del borde actual de la acera, donde se ganarían estos 20 cm de altura a la pila si se trabaja con la cota de la avenida actual.

Estos números son necesarios para medir la geometría que se tiene y verificar si es viable debido a que el bus alimentador de la Metrovía tiene 3 metros de alto y se estudia el radio de giro que se utiliza.



PROMEDIO 3 CONTEOS	CARRIL 1		CARRIL 2		CARRIL 3		CARRIL 4		CARRIL 5		TOTALES					
HORARIO	LIVANOS CARRIL 1	FOTOS CARRIL 1	LIVANOS CARRIL 2	FOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	LIVANOS CARRIL 3	FOTOS CARRIL 3	LIVANOS CARRIL 4	FOTOS CARRIL 4	LIVANOS CARRIL 5	FOTOS CARRIL 5	TOTAL CARRIOS	TOTAL MOTOS	PESADOS	CARRIOS	MOTOS
1630 - 1640	151	5	193	3	2	2	1	58	2	85	1	469	11			
1640 - 1650	129	9	195	7	2	5	3	57	4	86	3	472	27			
1650 - 17	154	13	243	11	2	7	5	68	6	108	5	580	39			
17 - 17:10	126	15	188	11	2	2	1	60	6	83	4	469	38			
17:10 - 17:20	153	15	236	13	2	2	1	67	6	104	5	561	41			
17:20 - 17:30	161	23	247	19	3	2	0	71	10	110	8	590	60	13	3141	214
17:30 - 17:40	163	26	262	20	2	4	3	71	11	116	9	616	67	13	3288	271
17:40 - 17:50	145	30	234	25	2	6	4	63	13	104	11	551	83	13	3367	327
17:50 - 18	111	31	160	25	2	3	2	49	13	71	11	395	82	13	3183	370
18 - 18:10	89	30	132	25	3	2	3	39	13	39	11	322	81	14	3036	414
18:10 - 18:20	72	26	123	19	2	2	2	31	11	39	8	283	67	13	2781	440
18:20 - 18:30	59	20	102	15	2	3	2	26	9	46	6	236	52	15	2403	432
18:30 - 18:40	70	21	110	14	3	4	2	31	9	49	6	264	52	15	2051	417
18:40 - 18:50	63	19	99	15	2	5	3	28	8	44	6	239	51	14	1730	383
18:50 - 19	61	16	97	10	2	6	2	27	7	43	4	203	39	14	1577	342
19 - 19:10	81	12	121	8	2	4	3	35	5	53	3	294	32	13	1549	292
19:10 - 19:20	81	8	106	6	2	4	3	35	3	47	2	273	22	12	1539	248
19:20 - 19:30	59	11	96	10	2	2	1	25	4	43	4	227	30	12	1630	226
												7074	672			

Ilustración 17. Resumen de conteos. Elaboración propia



Ilustración 18. Imagen satelital tramo utilizado. Obtenido por: Google Earth Pro.



Ilustración 19. Imagen de referencia. Elaboración propia

Capítulo 14

Bellavista

Sentido Sur – Norte

Cálculo de velocidad de flujo libre

$$FFS = BFFS - F_{LW} - F_{LC} - F_M - F_A$$

$$BFFS = 70 + 11 = 81 \text{ km/h}$$

$$F_{LW} = \text{Ancho de carril} = 3,5\text{m}$$

$$\rightarrow 3,1 \text{ km/h}$$

$$F_{LC} \rightarrow \text{Claro derecho} = 0,29\text{m}$$

$$\text{Claro izquierdo} = \frac{1\text{m}}{1,29\text{m}}$$

$$\rightarrow 2,9 \text{ km/h}$$

$$F_M \rightarrow \text{Vía dividida}$$

$$\rightarrow 0 \text{ km/h}$$

$$F_A = 0,25 \times 2 = 0,50 \text{ km/h}$$

$$FFS = 81 - 3,1 - 2,9 - 0,5 - 0$$

$$\rightarrow 74,5 \cong 70 \text{ km/h (múltiplo de 10)}$$

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$P_T = 0,13$$

$$E_T = 1,5 \text{ (2\% pesados)}$$

$$P_R = 0,02$$

$$E_R = 1,2 \text{ (2\% RVs)}$$

$$F_{HV} = 0,989$$

$$VP = \frac{V}{P_{FH} \times N \times F_{HV} \times F_p} = 2076$$

$$P_{FH} = 0,9$$

$$N = 2$$

$$F_{HV} = 0,989$$

$$F_p = 1$$

$$V = 3694$$

$$D = \frac{2076}{70} = 29,65$$

LOS \rightarrow E

Ilustración 20. Cálculo de capacidad según HCM. Elaboración propia

Los conteos de este tramo de tres días muestran que en la ciudad de Guayaquil se tiene la mayoría de las entradas de trabajo a la misma hora, lo que genera que esta sea la hora pico.

1.4.3 Metodología

Este método se aplicó al conteo de tráfico en esta sección particular de la Avenida Carlos Julio Arosemena Tola, que se trató de la misma manera que antes para el conteo manual a intervalos de cuarto de hora, clasificado por carril y tipo de vehículo (ligero, motocicletas o pesado). Esta información ayudó a determinar qué volúmenes son críticos en cada una de las horas necesarias para el análisis de capacidad.

Una característica destacada de esta sección es la complejidad geométrica relacionada con el lugar donde la estructura del puente bajo la cual se realiza la maniobra de cruce entra con un carril exclusivo de Metrovía. Por lo tanto, el análisis se complementó con un levantamiento topográfico detallado hecho posible mediante el uso de un vehículo aéreo no tripulado (dron). Esta tecnología permitió tomar registros altamente precisos de las alturas de los pilotes del puente y obtener todas las dimensiones y condiciones físicas del espacio disponible para evaluar si se puede crear alguna solución vial en esta área.

Estos datos topográficos se utilizan para verificar si es geoméricamente posible mantener el cruce actual de Metrovía y para el diseño de cualquier solución que se pueda proponer, ya que ofrecen una representación relativamente precisa de la realidad con niveles encontrados en mapas y simulaciones.

Para el análisis de capacidad según el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), también se hizo referencia a los parámetros relacionados en el Capítulo 14 (Carreteras Multicarril), incluyendo volúmenes de vehículos, ancho de carril, características de flujo mixto y condiciones geométricas de esta sección. Gracias a la topografía obtenida mediante dron se tiene una mayor precisión en las medidas geométricas para las propuestas y las interpretaciones necesarias.

Las dimensiones específicas y los resultados del análisis geométrico y de capacidad se presentarán en secciones posteriores, formando parte del trasfondo técnico para la solución vial propuesta.

CHAPTER 14 MULTILANE HIGHWAYS

CONTENTS

1. INTRODUCTION.....	14-1
Types of Multilane Highways	14-1
Base Conditions	14-1
Flow Characteristics Under Base Conditions	14-2
Capacity of Multilane Highway Segments	14-4
LOS for Multilane Highway Segments.....	14-4
Required Input Data.....	14-6
2. METHODOLOGY	14-8
Limitations of Methodology	14-8
Automobile Mode.....	14-9
Bicycle Mode	14-19
3. APPLICATIONS	14-20
Default Values.....	14-20
Establishing Analysis Boundaries.....	14-21
Types of Analysis	14-21
Generalized Daily Service Volumes.....	14-23
Use of Alternative Tools	14-26
4. EXAMPLE PROBLEMS.....	14-27
Example Problem 1: LOS on Undivided Four-Lane Highway.....	14-27
Example Problem 2: LOS on Five-Lane Highway with TWLTL.....	14-29
Example Problem 3: Design Cross Section Required to Provide Target LOS	14-32
Example Problem 4: Multilane Highway Modernization.....	14-34
Example Problem 5: Future Cross Section Required to Provide Target LOS	14-35
5. REFERENCES	14-38

Ilustración 21. Capítulo 16. HCM utilizada para cálculos varios. Elaboración propia

1.4.4 Propuesta de solución

La solución vial propuesta para mitigar el conflicto vial en el tramo comprendido entre el paradero Bellavista y el paradero Las Monjas, en sentido sur–norte de la avenida Carlos Julio Arosemena Tola, consta de dos acciones principales:

1.4.4.1 Cruce en contraflujo del sistema Metrovía

La primera acción consiste en permitir que la unidad de la Metrovía circule momentáneamente en contravía dentro de su carril exclusivo, en el tramo donde actualmente se genera el conflicto con el tránsito proveniente del sector Bellavista. De esta forma, el bus de la Metrovía evitaría la zona de incorporación de vehículos particulares, migrando temporalmente al carril del sentido contrario, sin abandonar su carril segregado.

Posteriormente, una vez superado el tramo conflictivo, la Metrovía se reincorpora a su sentido original de circulación para continuar hacia su siguiente parada: el paradero Las Monjas.

Para comprobar la viabilidad geométrica de este desvío temporal, se realizó un levantamiento in situ, incluyendo mediciones de:

- Altura de las pilas del puente
- Distancia entre pilas
- Anchos de carriles y veredas

Los resultados demostraron que el trazado propuesto permite un giro y recorrido seguro para los buses articulados, sin comprometer la operatividad del resto de los carriles ni el espacio destinado a los peatones. Las dimensiones disponibles superan los mínimos establecidos en normativa, tal como se evidencia en los planos e imágenes adjuntas. En conjunto se plantea la colocación de un semáforo que sea solo para el carril exclusivo de la Metrovía, para evitar que ambos quieran utilizar el mismo tramo en un mismo tiempo, lo cual no sería mayor problema ya que como sabemos y se demostró pasan aproximadamente 15 autobuses por hora lo que no congestionaría el tramo señalado.

1.4.4.2 Doble reducción de carriles y reorganización del flujo vehicular

La segunda parte de la solución consiste en implementar una doble reducción de carriles, de dos a uno, en ambos flujos vehiculares que convergen en la intersección:

- Desde el puente de Bellavista: los dos carriles que descienden se reducirán a uno, que se incorporará al carril izquierdo (sentido sur-norte) de la avenida Carlos Julio Arosemena.

- Desde la misma avenida: los dos carriles actuales se reducirán igualmente a uno, que continuará por el carril derecho, en el mismo sentido.

Estas reducciones permiten organizar el ingreso de vehículos de forma canalizada, evitando cruces conflictivos con la Metrovía. El diseño fue desarrollado en cumplimiento con la normativa ecuatoriana vigente, la cual establece que para una reducción efectiva de carril se requiere una distancia de transición de 70 metros en autopistas, medida que fue aplicada en ambos casos, como se muestra en los esquemas correspondientes.

1.4.4.3 Eliminación del semáforo existente

Como parte final de la intervención, se propone la eliminación del semáforo actualmente instalado en la intersección. Este dispositivo era necesario para permitir el cruce alternado entre flujos vehiculares opuestos, deteniendo uno de los sentidos de circulación.

No obstante, al realizar la reducción de carriles controlada y el desplazamiento del tramo de la Metrovía, el conflicto desaparece y por lo tanto el semáforo deja de ser necesario, además la reorganización del tráfico se hará de forma controlada y a bajas velocidades.

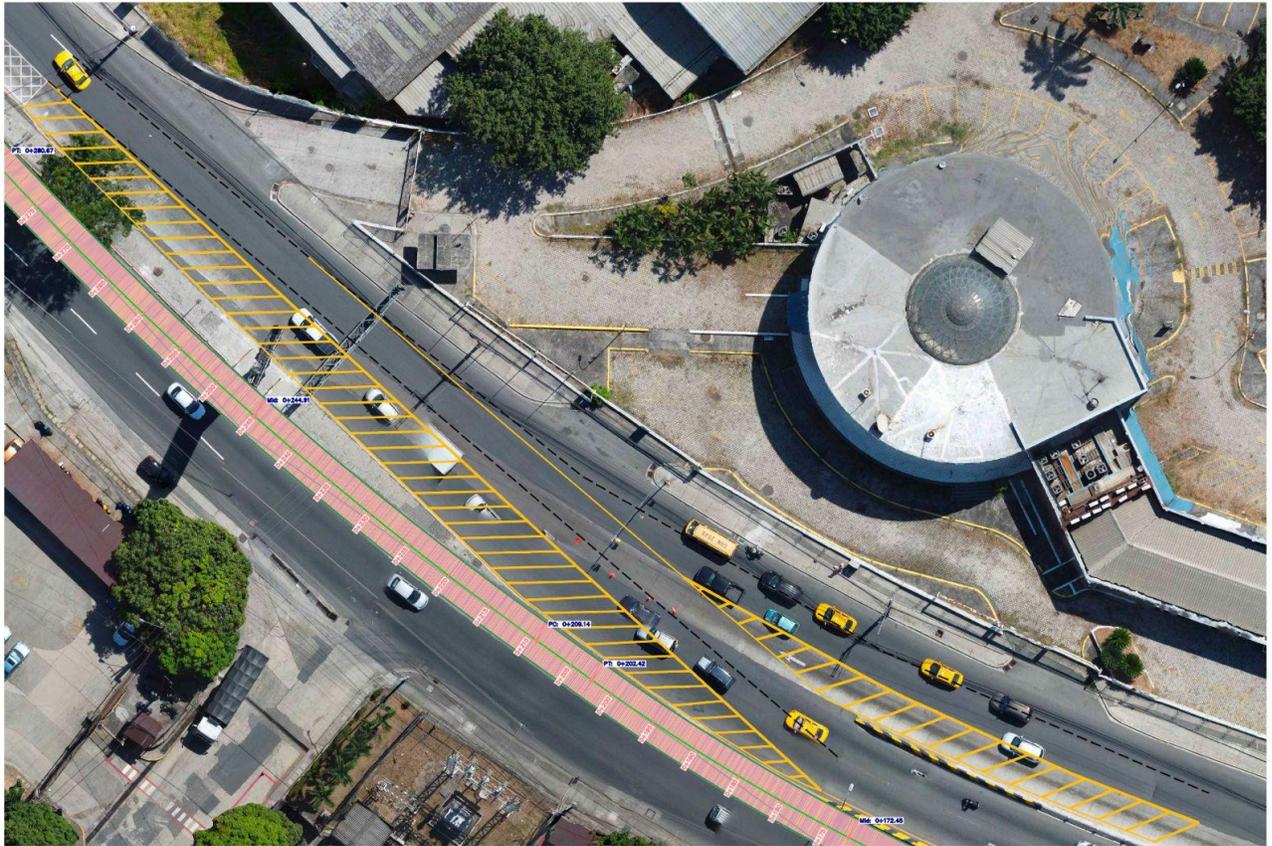


Ilustración 22. Dibujo reducción de carriles. Civil3D. Elaboración propia

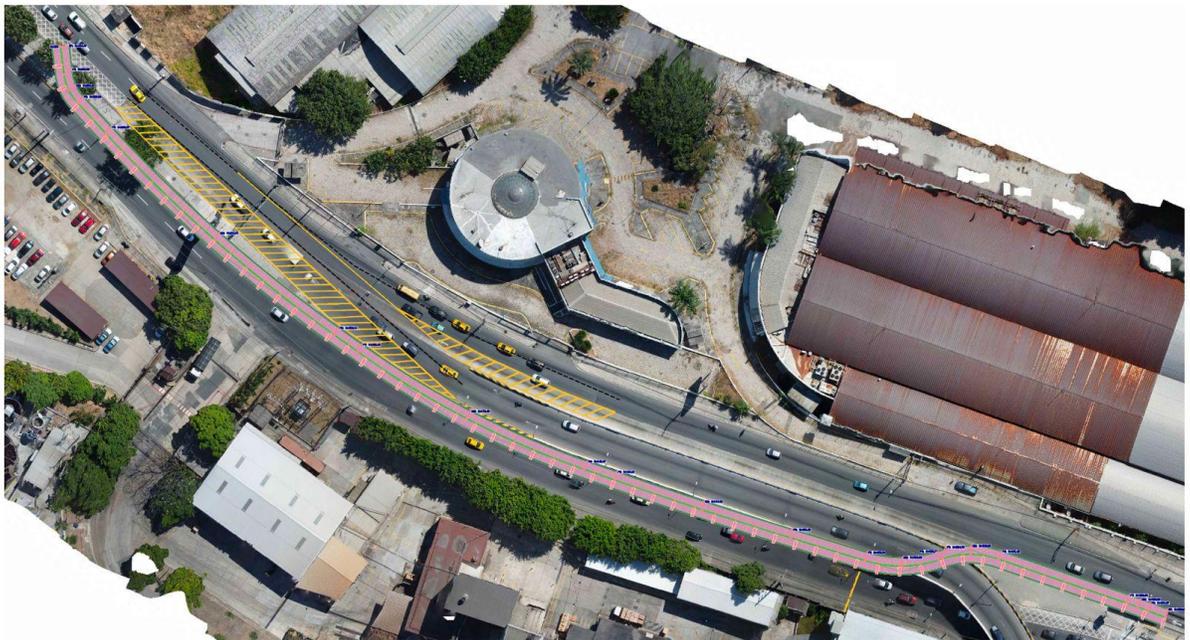


Ilustración 23. Tramo completo de cruce de Metrovía. Civil3D. Elaboración propia



Ilustración 24. Inicio cruce propuesto de Metrovía. Civil3D. Elaboración propia

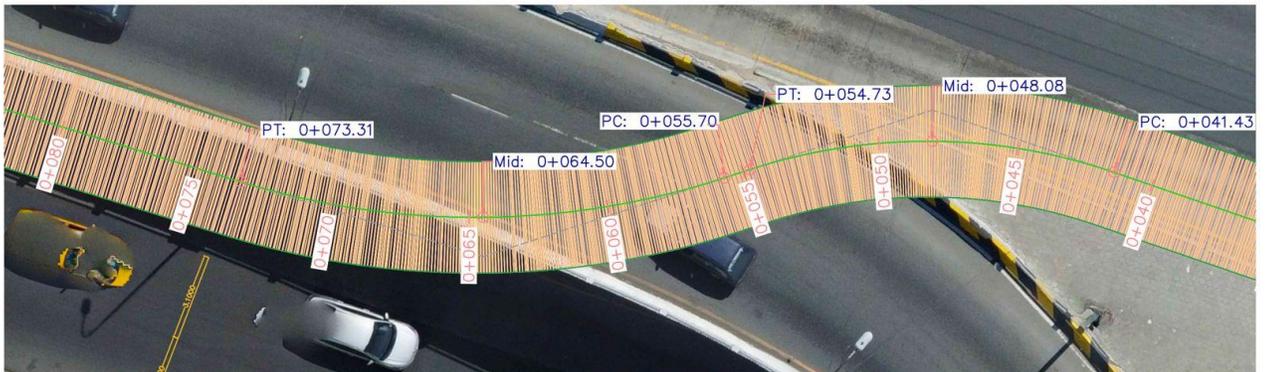


Ilustración 25. Cruce entre las pilas del puente. Civil3D. Elaboración propia

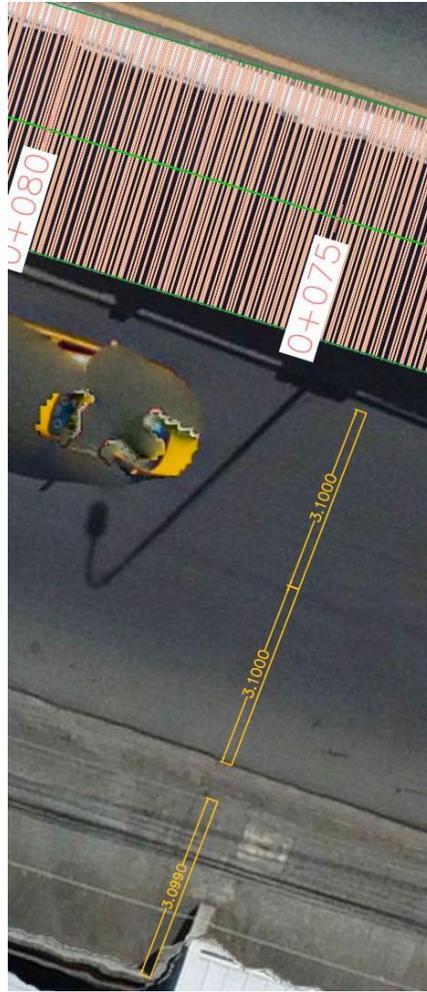


Ilustración 26. Ancho de vía y vereda. Civil3D. Elaboración propia

1.4.5 Justificación

La propuesta de permitir un cruce temporal en contraflujo de la Metrovía se justifica principalmente por la necesidad de eliminar el estrangulamiento vial que actualmente se produce en el tramo comprendido entre el paradero Bellavista y el paradero Las Monjas, en la avenida Carlos Julio Arosemena Tola.

Actualmente, en esta zona se genera un conflicto de flujos debido a la confluencia de vehículos provenientes del sector Bellavista y los que ya circulan por la avenida, lo que provoca una reducción efectiva de cuatro carriles operativos a dos, con la Metrovía invadiendo dos de ellos durante el cruce. Esta situación genera obstrucción, congestión y pérdida de eficiencia del sistema de transporte público.

Con la solución propuesta, este conflicto se elimina, ya que:

- El tránsito general se reorganiza mediante una reducción canalizada y controlada de carriles, en cumplimiento con la normativa técnica nacional.
- La Metrovía circula de manera independiente del tráfico mixto durante todo el tramo crítico, al desplazarse momentáneamente en contraflujo dentro de su carril exclusivo, con semáforo actuado que optimiza el flujo vehicular.
- Se garantiza la continuidad operativa del transporte público entre dos estaciones clave, sin interferencias ni interrupciones.

En términos generales, esta solución es coherente con los principios del desarrollo sostenible. El transporte público eficiente sirve para acortar el tiempo de viaje "muerto" mientras que al mismo tiempo:

- Alivia la congestión persuadiendo a las personas a usar el transporte colectivo y no los automóviles privados.
- Elimina la contaminación: cuando los vehículos están estacionarios o en tráfico lento, emiten menos contaminantes.
- Mejora la calidad de vida urbana: al facilitar el acceso a servicios y ahorrar dinero que se lo mide por el tiempo de cada persona.
- Reduce los costos de transporte tanto para el público como para los ciudadanos privados.

Lo que hace esta intervención no solo es resolver un problema particular de circulación, sino que también sirve para reforzar el sistema de movilidad urbana de Guayaquil. Esto a su vez conduce a ventajas tangibles y potenciales, directas e indirectas, para la población, tales como (en términos de eficiencia, sostenibilidad y accesibilidad o igualdad de trato en el transporte).

Además, se verifica que al realizar los trazados mencionados no se estrangule las vías anexas ni la vereda, lo que está representado en los dibujos previamente presentados, y luego de analizarlo con el programa VISSIM se tiene una mejoría notable en los niveles de servicio el cual antes era D, y con la solución propuesta se tienen tramos de nivel de servicio A, para el cruce de la Metrovía.

PERIMETRAL PORTETE CEIBOS														
600-3600	2: perimetral - 0,000000	0,000000		1095	1095 LOS_D	4	31,811,384	31,811,384	0,015085	0,011872	1,786,201,777	347,529,960	413,969,511	25,553,673
600-3600	2: perimetral - 0,000000	0,000000		300	300 LOS_C	3	19,907,062	19,907,062	0,257272	0,230000	353,865,404	68,849,349	82,011,724	5,062,452
600-3600	2: perimetral - 0,000000	0,000000		371	371 LOS_A	1	0,014108	0,014108	0,000000	0,000000	260,463,781	50,676,787	60,364,997	3,726,234
600-3600	2: perimetral - 7,378,908		84,604,366	1362	1362 LOS_D	4	25,220,673	25,220,673	2,875,703	0,382526	1,783,158,957	346,937,937	413,264,308	25,510,142
600-3600	2: perimetral - 7,378,908		84,604,366	0	0 LOS_A									

Ilustración 27. Resultado VISSIM. Elaboración propia

Hay que recordar que la Metrovía es la mejor solución para descongestionar las vías en cualquier ciudad en el mundo, como comparación la capacidad de un articulado de la Metrovía tiene 150 personas de capacidad, donde en su hora pico trabajan sobre la capacidad, es decir que según lo estudiado que pasan aproximadamente 15 buses articulados quiere decir que transportan por hora 2250 pasajeros, comparándolo con los vehículos particulares que pasan por la misma zona serían de 2400 vehículos por 1,5 factor de vehículos que tienen más pasajeros dentro, dan 3600 pasajeros movilizadas, lo cual podemos concluir que el transporte público, que debería de tener más impulso, llegando a pasar por cada alimentador o por lo menos por los principales cada minuto, es mucho más eficaz para el traslado de pasajeros, 60 buses por 150 pasajeros = 9000 pasajeros hora, y es la solución a la congestión en todo lugar.

Para concluir con la justificación de esta doble solución vial se puede demostrar que una reducción de 2 carriles a 1 es una restricción menor a la que se tiene actualmente que es de 4 carriles a 2, añadiéndole un cruce de derecha a izquierda al bus articulado de la Metrovía, un lugar donde van a existir bajas velocidades debido a la alta densidad de vehículos que se circulan por ese sector, pero se notará la mejoría con un flujo continuo con velocidades mayores a las actuales, y sobre todo en el transporte público.

Además, para continuar con la justificación, realizamos un análisis comparativo de las distancias de reducción de carriles, datos recopilados desde la norma NEVI 12 tomo 5, donde se menciona que el escenario actual es la reducción de 5 carriles a 2 con la velocidad teórica de la vía de 70 km/h se necesitan 470 metros y actualmente ese tramo solo cuenta con 105 metros, esto justifica que actualmente haya un semáforo operativo, dentro de nuestra propuesta además que aliviarnos el número de carriles, sacando al carril de la Metrovía lo que optimiza el transporte público de la zona ya que no tendrá detenciones ni reducciones de velocidad, quedarían 4 carriles donde nuestra propuesta se basa en hacer

la reducción progresiva y controlada de 2 a 1 en ambas avenidas para que al momento de la convergencia lleguen solo 2 carriles, así mismo se lo verificó con la norma mencionada donde obtuvimos que reduciendo la velocidad de 70 km/h a 50 km/h y reduciendo de 2 carriles a 1 se necesitan solo los 70 metros mencionados, lo que finaliza la justificación de nuestra propuesta.

1.5 Capítulo 3. Av. del Bombero desde intercambiadores vía Perimetral hasta bifurcación Av. del Bombero – Av. Rodríguez Bonilla. Sentido O – E

1.5.1 Problemática

La tercera solución vial se concentra en la Vía a la Costa, específicamente en el tramo que va de oeste a este entre el intercambiador de la Vía Perimetral.

Esta área ha experimentado un rápido crecimiento en la población en los últimos años, y ese crecimiento ha llevado a un gran aumento en la demanda de vehículos motorizados.

Esta parte de la ruta se ha convertido en un punto clave de congestión, especialmente en las horas pico. Es una de las pocas alternativas para entrar a Guayaquil sin usar la Vía Perimetral, ya que muchos conductores evitan esta última debido a los frecuentes incidentes de seguridad que ocurren a lo largo de esta vía.



Ilustración 28. Imagen a nivel de calle de tramo utilizado. Elaboración propia



Ilustración 29. Imagen satelital tramo utilizado. Obtenido por: Google Earth Pro.

Al entrar en la zona del intercambiador, se tienen hasta cuatro carriles se disponen en paralelo desde este lado hacia el centro de la ciudad. Sin embargo:

- De izquierda a derecha, el cuarto carril conduce a la Carretera Perimetral (hacia el norte) desaparece, reduciendo así los carriles disponibles para el tráfico.
- El tercer carril también tiene severas fallas que están por debajo de los estándares aceptables de calidad. Por un lado, guardavías, nada que detenga a un vehículo de derrapar fuera de control.

Por último, los terceros y cuartos carriles se anulan por completo. Solo quedan dos carriles habilitados hasta la bifurcación mencionada que tiene 2 carriles en cada una de las opciones de giro. Esto no solo causa un atasco de tráfico, sino que también conduce a accidentes. Introduce molestias en la carretera e interfiere en toda la circunferencia de un cierto círculo de tráfico común el movimiento de la tasa de mayor efecto y significancia.

1.5.2 Antecedentes

Como parte del estudio en este sector, se realizaron cinco conteos vehiculares para determinar con precisión el comportamiento del flujo de tránsito. Esto se debió a que la hora pico en este tramo no coincidía con las horas pico matutinas

convencionales observadas en otras zonas de la ciudad. Tras los registros y el análisis correspondiente, se identificó que la hora pico específica del sector ocurre entre las 08:30 y las 09:30 horas.

CONTEO VEHICULAR 13 DE JUNIO DEL 2025 6:30 - 9:30														
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
6:30 - 6:40	17	203	16	18	271	21	14	163	14	13	100	13	637	51
6:40 - 6:50	20	211	15	14	261	23	17	178	9	13	104	9	650	47
6:50 - 7	18	231	16	15	284	21	16	181	11	14	111	10	696	48
7-7:10	17	216	18	19	281	27	14	188	14	16	110	11	685	59
7:10 - 7:20	18	263	19	18	272	20	17	201	17	17	123	15	736	56
7:20 - 7:30	20	265	24	19	305	19	18	304	18	13	178	20	874	61
7:30 - 7:40	19	315	17	10	358	25	19	322	28	14	190	23	995	70
7:40 - 7:50	9	328	29	11	381	31	22	369	31	16	223	20	1078	91
7:50 - 8	7	314	31	12	403	17	4	302	21	13	188	16	1019	69
8-8:10	8	347	21	11	382	26	2	377	29	3	226	24	1106	76
8:10 - 8:20	5	308	18	8	371	41	4	371	31	3	219	24	1051	90
8:20 - 8:30	8	318	21	9	305	19	2	354	28	3	208	22	977	68
8:30 - 8:40	8	331	29	10	328	21	4	331	22	3	198	19	990	72
8:40 - 8:50	5	339	32	7	337	38	4	372	27	3	219	20	1048	97
8:50 - 9	9	361	25	9	293	21	2	382	39	3	235	27	1036	85
9-9:10	9	383	37	11	388	27	2	390	38	3	230	27	1161	102
9:10 - 9:20	9	371	32	12	384	19	4	388	31	3	230	26	1143	82
9:20 - 9:30	6	372	33	14	379	21	5	372	34	3	226	28	1123	88
													17005	1312

CONTEO VEHICULAR 16 DE JUNIO DEL 2025 6:30 - 9:30														
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
6:30 - 6:40	17	162	16	22	190	19	14	165	18	13	100	13	517	53
6:40 - 6:50	20	169	19	17	183	21	17	168	13	13	104	9	520	53
6:50 - 7	18	185	19	18	199	19	16	192	14	14	111	10	576	52
7-7:10	17	173	20	23	197	27	14	181	16	16	110	11	551	63
7:10 - 7:20	18	210	24	22	190	29	17	205	22	17	123	15	605	75
7:20 - 7:30	20	212	27	23	214	24	18	291	30	13	178	20	717	81
7:30 - 7:40	19	252	19	12	251	29	19	315	32	14	190	23	818	80
7:40 - 7:50	9	262	33	14	267	34	22	378	21	16	223	20	907	88
7:50 - 8	7	251	29	14	282	29	4	322	18	13	188	16	855	76
8-8:10	8	278	21	14	267	37	2	381	28	3	226	24	926	86
8:10 - 8:20	5	247	19	10	260	18	4	361	28	3	219	24	868	65
8:20 - 8:30	8	254	21	11	214	25	2	336	26	3	208	22	807	72
8:30 - 8:40	8	265	24	12	230	35	4	332	27	2	198	19	827	86
8:40 - 8:50	5	271	26	8	236	19	4	361	19	3	219	20	868	64
8:50 - 9	9	289	21	10	205	28	2	399	29	3	235	27	893	78
9-9:10	9	306	37	14	272	31	2	379	28	3	230	27	957	96
9:10 - 9:20	9	297	33	14	269	24	4	384	34	3	230	26	950	91
9:20 - 9:30	6	298	29	17	265	28	5	378	39	3	226	26	941	96
													14103	1355

CONTEO VEHICULAR 20 DE JUNIO DEL 2025 6:30 - 9:30														
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
6:30 - 6:40	20	130	15	26	133	20	17	170	15	11	100	13	433	50
6:40 - 6:50	24	135	18	20	128	20	20	175	11	14	104	9	438	49
6:50 - 7	22	148	17	22	139	25	19	184	12	12	111	10	471	54
7-7:10	20	138	19	27	138	24	17	183	13	13	110	11	459	56
7:10 - 7:20	22	168	22	26	133	28	20	208	19	11	123	15	509	69
7:20 - 7:30	24	170	28	27	149	22	22	294	27	12	178	20	613	77
7:30 - 7:40	23	202	14	15	175	27	23	311	28	17	190	23	688	69
7:40 - 7:50	10	210	32	16	187	34	26	368	24	2	223	20	765	90
7:50 - 8	9	201	27	17	197	19	5	314	21	2	188	16	712	67
8-8:10	10	222	19	16	187	27	3	370	32	2	226	24	779	78
8:10 - 8:20	6	198	18	12	182	37	5	365	30	2	219	24	745	85
8:20 - 8:30	9	204	24	13	149	18	3	349	27	2	208	22	702	69
8:30 - 8:40	10	212	26	15	161	24	5	327	21	2	198	19	700	71
8:40 - 8:50	6	217	28	10	165	33	5	364	29	2	219	20	746	90
8:50 - 9	11	231	22	12	144	21	3	392	33	2	235	27	767	76
9-9:10	11	245	34	16	190	26	3	381	36	2	230	27	816	96
9:10 - 9:20	11	237	31	17	188	21	4	378	33	2	230	26	803	85
9:20 - 9:30	7	238	28	20	186	23	5	382	32	2	226	28	806	83
													11952	1314

Ilustración 30. Conteos vehiculares parte 1. Elaboración propia

Adicionalmente, se efectuó un análisis de capacidad conforme a lo establecido en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), Capítulo 14, correspondiente al estudio de vías de varios carriles. El objetivo fue determinar el nivel de servicio (LOS) de este tramo vial y confirmar si efectivamente existía un problema operativo.

CONTEO VEHICULAR 17 DE JULIO DEL 2025 7:30 - 10:30														
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
7:30-7:40	2	248	18	4	165	18	16	138	15	54	90	36	641	87
7:40-7:50	9	261	18	9	174	18	35	145	15	66	110	44	690	95
7:50-8	14	279	21	14	186	21	66	155	18	75	125	50	745	110
8-8:10	11	203	7	11	135	7	43	113	7	84	140	56	591	76
8:10-8:20	17	293	25	17	195	25	51	163	21	63	105	42	756	113
8:20-8:30	17	293	25	17	195	25	52	163	21	66	110	44	761	115
8:30-8:40	13	275	11	13	183	11	46	153	9	57	95	38	706	69
8:40-8:50	13	275	11	13	183	11	43	153	9	57	95	38	706	69
8:50-9	8	338	14	8	225	14	27	188	12	90	150	60	901	100
9-9:10	18	329	21	18	219	21	48	183	18	78	130	52	861	112
9:10-9:20	16	279	18	16	186	28	51	155	15	87	145	58	765	119
9:20-9:30	11	369	7	11	246	7	43	205	6	66	110	44	930	64
9:30-9:40	13	347	11	13	231	11	46	193	9	78	140	56	911	87
9:40-9:50	8	279	14	8	186	14	31	155	12	78	130	52	750	92
9:50-10:00	5	261	14	5	174	14	20	145	12	75	125	50	705	90
10:00-10:10	4	261	11	4	174	11	16	145	9	72	120	48	700	79
10:10-10:20	4	252	11	4	168	11	16	140	9	72	120	48	680	79
10:20-10:30	3	248	11	3	165	11	12	138	9	75	125	50	676	81
													13475	1637

CONTEO VEHICULAR 18 DE JULIO DEL 2025 7:30 - 10:30														
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 4	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
7:30-7:40	3	272	19	3	182	19	17	151	17	55	99	40	704	95
7:40-7:50	7	287	19	7	191	19	39	160	17	55	121	48	759	103
7:50-8	11	307	23	11	205	23	60	171	20	40	138	55	821	121
8-8:10	9	223	8	9	149	8	47	124	7	63	154	62	650	85
8:10-8:20	14	322	27	14	215	27	56	179	23	58	116	46	832	123
8:20-8:30	14	322	27	14	215	27	57	179	23	43	121	48	837	125
8:30-8:40	10	302	12	10	201	12	51	168	10	42	105	42	776	76
8:40-8:50	10	302	12	10	201	12	47	168	10	42	105	42	776	76
8:50-9	6	371	15	6	248	15	30	206	13	51	165	66	990	109
9-9:10	14	361	23	14	241	23	53	201	20	55	143	57	946	123
9:10-9:20	13	307	19	13	205	19	56	171	17	60	160	64	843	119
9:20-9:30	9	406	8	9	271	8	47	226	7	52	121	48	1024	71
9:30-9:40	10	381	12	10	254	12	51	212	10	55	145	62	992	96
9:40-9:50	6	307	15	6	205	15	34	171	13	57	145	62	826	100
9:50-10:00	4	287	15	4	191	15	21	160	13	49	138	55	776	98
10:00-10:10	3	287	12	3	191	12	17	160	10	46	132	53	770	87
10:10-10:20	3	277	12	3	185	12	17	154	10	43	132	53	748	87
10:20-10:30	2	272	12	2	182	12	13	151	10	41	131	52	736	86
													14806	1780

Ilustración 31. Conteos vehiculares parte 2. Elaboración propia

Tomando en cuenta variables como la geometría del sector, la velocidad operativa del tramo y el volumen horario máximo, se concluyó que el segmento analizado presenta un Nivel de Servicio D. Cabe destacar que, según el HCM, el nivel A representa condiciones de circulación óptimas o de “vía libre”, mientras que el nivel F indica un estado de congestión extrema. Por lo tanto, un nivel D evidencia condiciones de operación inestables, caracterizadas por demoras significativas y reducida libertad de maniobra, confirmando así la existencia de una problemática vial en esta zona.



PROMEDIOS CONTEOS	CARRIL 1		CARRIL 2		CARRIL 3		CARRIL 4		TOTALES		TOTALES HORARIOS				
	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 4	MOTOS CARRIL 4	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS	PESADOS	CARROS	MOTOS	
6:30-6:40	165	16	18	198	20	22	166	16	15	100	13	13	68	629	64
6:40-6:50	172	17	21	191	21	17	174	11	17	181	9	13	69	640	59
6:50-7	188	17	19	207	22	18	186	12	17	111	10	14	69	692	61
7-7:10	176	19	18	205	26	23	184	14	15	110	11	16	72	675	70
7:10-7:20	214	22	19	198	26	22	205	19	18	123	15	17	76	740	82
7:20-7:30	216	26	21	223	22	23	296	25	19	178	20	13	77	913	93
7:30-7:40	280	19	4	174	19	4	145	16	17	95	38	53	76	673	91
7:40-7:50	274	19	8	183	19	8	153	16	37	116	46	61	114	725	99
7:50-8	293	22	13	196	22	13	163	19	58	132	53	58	140	783	118
8-8:10	213	8	10	142	8	10	119	7	45	147	59	74	139	621	61
8:10-8:20	308	26	16	205	26	16	171	22	64	111	44	60	144	794	118
8:20-8:30	308	26	16	205	26	16	171	22	65	116	46	55	140	799	120
8:30-8:40	289	12	12	192	12	12	161	10	49	100	40	50	121	741	73
8:40-8:50	289	12	12	192	12	12	161	10	45	100	40	50	118	741	73
8:50-9	355	15	7	237	15	7	197	13	29	158	63	71	113	946	105
9-9:10	345	22	16	230	22	16	192	19	51	137	55	67	149	904	118
9:10-9:20	293	19	15	196	24	15	163	16	54	153	61	74	156	804	119
9:20-9:30	388	8	10	259	7	10	216	7	45	116	46	59	124	977	68
9:30-9:40	364	12	12	243	12	12	203	10	49	143	59	70	141	952	92
9:40-9:50	293	15	7	196	15	7	163	13	33	137	55	66	114	788	96
9:50-10:00	274	15	5	183	15	5	153	13	21	152	53	62	92	741	94
10:00-10:10	274	12	4	183	12	4	153	13	17	126	51	59	83	735	83
10:10-10:20	265	12	4	177	12	4	147	10	17	126	51	58	81	714	83
10:20-10:30	260	12	3	174	12	3	145	10	13	128	51	56	76	706	84

Ilustración 32. Resumen conteos para análisis. Elaboración propia



Ilustración 33. Referencias para conteos. Elaboración propia



Ilustración 34. Referencias para conteos. Elaboración propia

Capítulo 14

Lazo Perimetral

Sentido Oeste - Este

Cálculo de velocidad de flujo libre

$$FFS = BFFS - F_{LW} - F_{LC} - F_M - F_A$$

$$BFFS = 80 + 8 = 88 \text{ km/h}$$

$$F_{LW} = \text{Ancho de carril} = 3,5\text{m}$$

$$\rightarrow 3,1 \text{ km/h}$$

$$F_{LC} \rightarrow \text{Claro derecho} = 1,5\text{m}$$

$$\text{Claro izquierdo} = \frac{3,6\text{m}}{5,1\text{m}}$$

$$\rightarrow 5,1 \geq 3,6 \rightarrow F_{LC} = 0 \text{ km/h}$$

$$F_M \rightarrow \text{Vía dividida}$$

$$\rightarrow 0 \text{ km/h}$$

$$F_A = 0,25 \times 2 = 0,50 \text{ km/h}$$

$$FFS = 88 - 3,1 - 0 - 0 - 0,5$$

$$\rightarrow 84,4 \cong 80 \text{ km/h}$$

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$P_T = 0,13$$

$$E_T = 1,5$$

$$P_R = 0,02$$

$$E_R = 1,2$$

$$F_{HV} = 0,989$$

$$VP = \frac{V}{P_{FH} \times N \times F_{HV} \times F_p}$$

$$P_{FH} = 0,9$$

$$N = 4$$

$$F_p = 1$$

$$V = 5966$$

$$VP = \frac{5966}{0,9 \times 4 \times 0,989 \times 1} = 1676$$

$$D = \frac{VP}{S} = \frac{1654}{80} = 20,95 \frac{\text{ven}}{\text{carril/h}}$$

$$D = 20,6 = LOS = D$$

Ilustración 35. Cálculo de capacidad según HCM. Elaboración propia

Luego de los conteos de realizar los conteos de tráfico respectivos, los cuales según la norma ecuatoriana son 3 para trabajar con un promedio, los datos son que la hora de máximo volumen de tráfico es de 8:30 – 9:30 am, con un total de 6446 vehículos distribuidos entre livianos, pesados y motocicletas; se trabajó con anchos de carril de 3,5 metros. Luego de los análisis se obtuvo un nivel de servicio D (LOS) lo que denota un volumen alto en la zona.

1.5.3 Metodología

Como parte del estudio en este tramo, se realizaron conteos de tráfico vehicular, tal como se explicó previamente, con el fin de obtener datos representativos del flujo en la zona. Estos datos fueron fundamentales para el desarrollo del análisis de capacidad vial.

Adicionalmente, se llevaron a cabo mediciones in situ con el objetivo de verificar la factibilidad física de implementar cuatro carriles en el tramo ubicado bajo el puente de la Vía Perimetral. Gracias a los estudios realizados se confirmó, gracias a la geometría, que hay espacio suficiente para mantener los 4 carriles que vienen desde la vía principal que son eliminados sin justificación necesaria. Los datos geométricos y la capacidad física de la vía se obtuvieron bajo el estudio según HCM, donde se insertan datos reales como la geometría y los datos de los volúmenes para obtener resultados reales y entender la situación de cada una de las vías.

CHAPTER 14 MULTILANE HIGHWAYS

CONTENTS

1. INTRODUCTION.....	14-1
Types of Multilane Highways	14-1
Base Conditions	14-1
Flow Characteristics Under Base Conditions	14-2
Capacity of Multilane Highway Segments	14-4
LOS for Multilane Highway Segments.....	14-4
Required Input Data.....	14-6
2. METHODOLOGY	14-8
Limitations of Methodology	14-8
Automobile Mode.....	14-9
Bicycle Mode	14-19
3. APPLICATIONS	14-20
Default Values.....	14-20
Establishing Analysis Boundaries.....	14-21
Types of Analysis	14-21
Generalized Daily Service Volumes.....	14-23
Use of Alternative Tools	14-26
4. EXAMPLE PROBLEMS.....	14-27
Example Problem 1: LOS on Undivided Four-Lane Highway.....	14-27
Example Problem 2: LOS on Five-Lane Highway with TWLTL.....	14-29
Example Problem 3: Design Cross Section Required to Provide Target LOS.....	14-32
Example Problem 4: Multilane Highway Modernization.....	14-34
Example Problem 5: Future Cross Section Required to Provide Target LOS.....	14-35
5. REFERENCES	14-38

Ilustración 36. Capítulo 14. HCM utilizada para cálculos varios. Elaboración propia

1.5.4 Propuesta de solución

Sobre esta base, la solución sugerida es que los cuatro carriles existentes que se extienden desde la salida de la Carretera Perimetral hasta la Carretera Costera en dirección

al centro de la ciudad deben continuar y bifurcarse en la unión tipo "Y". El caso para esta propuesta es el siguiente:

- **Mediante el conteo de vehículos:** El volumen total de flujo que sale hacia el norte de la Carretera Perimetral no es tan alto, y al mismo tiempo esto también significa que no es lo suficientemente grande como para ser una razón para eliminar un carril aquí. Por lo tanto, es sin sentido eliminar carriles debido a esta desviación tanto de manera ineficaz como indeseable.
- **Condiciones de seguridad del tercer carril:** El tercer carril actual carece de algunas infraestructuras de seguridad vial: no hay guardavías ni barreras en absoluto. Esta sensación de inseguridad en medio de la carretera desalienta a muchos automóviles de usar ese carril, con los errores resultantes en el flujo de tráfico.
- **Mejor distribución del tráfico:** Si se pueden mantener los cuatro carriles a lo largo de la sección, los conductores podrán dividirse mejor entre las salidas. Ya sea esta distribución del espacio vial o no, cuando tal vez una rama esté obstruida y atascada, restaura el servicio necesario o la perspectiva de que en otras cláusulas el tráfico fluya desde la principal.
- **Aumento de la maniobrabilidad:** La continuidad de los cuatro carriles permite cambiar de carril temprano, permitiendo a los conductores tanto más previsión como seguridad al cambiar de trayectoria. Mejora la maniobrabilidad y reduce los posibles conflictos vehiculares.

En resumen, esta propuesta tiene como objetivo mejorar la capacidad operativa de la sección, aliviar los problemas de congestión del tráfico y elevar el nivel de seguridad vial.



Ilustración 37. Vista en planta. Civil3D. Elaboración propia



Ilustración 38. Abscisa 0+000 hasta 0+150. Solución propuesta. Civil3D. Elaboración propia



Ilustración 39. Abscisa 0+150 hasta 0+300. Solución propuesta. Civil3D. Elaboración propia



Ilustración 40. Abscisa 0+300 hasta 0+450. Solución propuesta. Civil3D. Elaboración propia



Ilustración 41. Abscisa 0+450 hasta 0+580. Solución propuesta. Civil3D. Elaboración propia

1.5.5 Justificación

La solución vial propuesta se basa principalmente en el número de los vehículos que transitan por la sección considerada, que está por encima de la capacidad operativa recomendada de la sección vial correspondiente a dos carriles. Esta transición repentina de cuatro carriles a dos conduce a un cuello de botella, disminuye el flujo de tráfico y lleva a condiciones de operación inestables.

Dado que mantenemos cuatro carriles hasta la bifurcación en Y del intercambio, efectivamente duplicamos la capacidad y mejoramos el nivel de servicio (LOS). Esto resulta en reducir los tiempos de parada, y mejora la seguridad vial del conductor en este corredor.

Para verificar esta sugerencia, se modeló una comparación entre las dos situaciones problemáticas mediante la aplicación del software de simulación de tráfico VISSIM:

- Lo que se observa: Cuatro carriles se reducen a dos antes de la intersección.

- Se ha sugerido: "Mantengamos los cuatro carriles hasta la bifurcación tipo 'Y'.

La simulación arrojó niveles de servicio bajos en algunos carriles, lo que implica que prevalece una condición de flujo óptima (velocidad permisible y retención). Por el contrario, las circunstancias actuales demuestran un bajo grado de servicio, validando la menor eficiencia operativa del diseño convencional.

En resumen, los argumentos técnicos y los resultados de la simulación indican que la propuesta de mantener los cuatro carriles de la carretera es física y geoméricamente viable y proporciona una ganancia significativa en el nivel de servicio y seguridad en la sección.

RESULTADOS DE NODOS

PERIMETRAL PORTETE CEIBOS														
600-3600	2: perimetral - 0,000000	0,000000		1095	1095 LOS_D	4	31,811,384	31,811,384	0,015085	0,011872	1,786,201,777	347,529,960	413,969,511	25,553,673
600-3600	2: perimetral - 0,000000	0,000000		300	300 LOS_C	3	19,907,062	19,907,062	0,257272	0,230000	353,865,404	68,849,349	82,011,724	5,062,452
600-3600	2: perimetral - 0,000000	0,000000		371	371 LOS_A	1	0,014108	0,014108	0,000000	0,000000	260,463,781	50,676,787	60,364,997	3,726,234
600-3600	2: perimetral - 7,378,908		84,604,366	1362	1362 LOS_D	4	25,220,673	25,220,673	2,875,703	0,382526	1,783,158,957	346,937,937	413,264,308	25,510,142
600-3600	2: perimetral - 7,378,908		84,604,366	0	0 LOS_A									

Ilustración 42. Resultados VISSIM. Elaboración propia

1.6 Capítulo 4. Vía a la Costa. Sentido E – O

1.6.1 Problemática

Para describir la problemática correspondiente a la cuarta solución vial planteada, es necesario referirse a la vía a la costa, en sentido este–oeste, específicamente desde el primer paradero de buses ubicado a la altura del centro comercial Supermercados El Portal, hasta el primer retorno en U existente en la misma vía.



Ilustración 43. Imagen satelital. Obtenida por: Google Earth Pro.

Esta problemática se compone de dos puntos críticos:

1.6.1.1 Primer punto crítico

Está situado justo en un paradero de autobús y es también el primer cruce peatonal de la vía. Este paradero está en el tercer carril contando de izquierda a derecha.

Los autobuses a menudo se detienen aquí para recoger y dejar pasajeros, lo que detiene uno de los tres carriles disponibles y, por lo tanto, obstruye seriamente el tráfico en esta importante vía, siendo el volumen de vehículos en esta parte excepcionalmente alto.

1.6.1.2 Segundo punto crítico

Toma forma en el primer retorno de la vía a la costa, el cual actualmente se encuentra en un carril izquierdo de la vía, el que mundialmente ha sido reconocido como un carril

de aceleración o para rebasar, donde actualmente se tiene una cola de vehículos que obstruye uno de los 3 carriles de una vía principal, estos ambos puntos críticos causan la obstrucción casi total de 2 de los 3 carriles que se tiene lo que incrementa la congestión del sector y eleva los siniestros.



Ilustración 44. Imagen a nivel de calle del tramo utilizado. Elaboración propia

1.6.2 Antecedentes

Los antecedentes de esta problemática se fundamentan en la realización de estudios de tráfico, los cuales se llevaron a cabo mediante conteos vehiculares efectuados durante las horas pico, con el objetivo de identificar el horario con mayor volumen vehicular en el tramo analizado.



Ilustración 45. Imagen de referencia. Sentido E - O. Obtenido por: Google Earth Pro.

El resultado de los análisis mostró que la hora pico ocurre entre las 16:30 – 17:30 donde se registró un flujo total de 4966 vehículos incluyendo vehículos livianos, pesados y motocicletas, además, se realizaron mediciones en la hora pico matutinas y vespertinas de ambos lados de la vía, para poder realizar el análisis según HCM, para obtener los niveles de servicio y la capacidad de la vía mencionada, donde además gracias a la topografía obtenida se tenía la geometría de la vía en sí.



Ilustración 46. Imagen de referencia. Sentido E – O. Obtenido por: Google Earth Pro.

Asimismo, fue necesario contar con datos reales de tráfico en ambos sentidos de circulación, para garantizar un análisis integral y preciso del funcionamiento de la vía. Por esta razón, se efectuaron conteos vehiculares en dirección contraria (oeste–este), completando así el estudio de tráfico con información empírica confiable.



PROMEDIO 3 CONTEOS	CARRIL 1			CARRIL 2			CARRIL 3			TOTALES			TOTALES HORARIOS		
	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 3	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS	TOTAL PESADOS	CARROS	MOTOS	PESADOS
16:30 - 16:40	213	30	4	337	43	7	182	30	4	732	103	15			
16:40 - 16:50	209	20	3	316	29	9	181	16	5	706	86	17			
16:50 - 17	217	28	4	310	35	9	171	20	4	697	83	17			
17 - 17:10	275	24	5	387	33	11	201	21	3	864	77	20			
17:10 - 17:20	241	18	4	330	33	9	190	16	5	762	67	18			
17:20 - 17:30	186	30	3	277	44	8	144	29	1	607	104	12	4368	499	99
17:30 - 17:40	210	25	3	307	37	7	168	26	1	685	88	11	4320	485	96
17:40 - 17:50	201	18	3	288	26	7	160	20	3	648	65	13	4263	484	92
17:50 - 18	224	26	5	326	38	5	179	16	1	738	91	11	4304	482	86
18 - 18:10	211	18	7	315	24	7	180	15	1	706	57	15	4146	462	82
18:10 - 18:20	205	14	2	302	26	9	188	9	3	694	49	14	4079	445	77
18:20 - 18:30	216	20	3	315	31	9	182	23	4	713	74	16	4185	415	81
18:30 - 18:40	235	20	4	349	26	10	201	17	4	784	64	18	4285	390	88
18:40 - 18:50	228	17	4	318	22	9	187	12	5	733	50	18	4369	376	93
18:50 - 19	217	13	3	319	18	11	185	11	3	721	42	17	4352	337	99
19 - 19:10	215	9	4	326	15	7	177	8	1	717	33	12	4363	312	95
19:10 - 19:20	207	9	2	294	10	5	175	10	2	676	28	9	4345	291	90
19:20 - 19:30	195	9	1	287	11	4	151	8	2	633	27	7	4265	244	81
										12817	1158	261			

Ilustración 47. Resumen conteos para análisis. Elaboración propia

CONTEO VEHICULAR 3 DE JULIO DEL 2025 7:00 - 9:00												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
7 - 7:10	8	196	31	3	255	47	6	221	10	17	672	88
7:10 - 7:20	10	200	24	4	244	32	2	234	31	16	678	87
7:20 - 7:30	10	212	32	5	226	35	2	265	21	17	703	88
7:30 - 7:40	13	207	23	3	199	33	3	222	18	19	628	74
7:40 - 7:50	10	230	21	4	190	42	2	237	10	16	657	73
7:50 - 8	9	212	35	2	182	45	2	223	35	13	617	115
8 - 8:10	8	222	31	1	222	41	3	219	28	12	663	100
8:10 - 8:20	8	229	24	8	375	34	4	177	26	20	781	84
8:20 - 8:30	6	234	26	6	354	30	4	196	14	16	784	70
8:30 - 8:40	8	242	32	8	338	43	2	200	20	18	780	95
8:40 - 8:50	10	305	17	10	417	34	3	212	8	23	934	59
8:50 - 9	10	276	19	10	366	28	4	207	24	24	849	71
										211	8746	1004

CONTEO VEHICULAR 4 DE JULIO DEL 2025 7:00 - 9:00												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
7 - 7:10	7	178	28	3	232	43	5	201	9	15	611	80
7:10 - 7:20	9	182	22	4	222	29	1	213	28	14	617	79
7:20 - 7:30	9	193	29	5	205	32	2	241	19	16	639	80
7:30 - 7:40	12	188	21	3	181	30	3	202	16	18	571	67
7:40 - 7:50	9	209	19	4	173	38	2	215	9	15	597	66
7:50 - 8	8	193	32	2	165	41	2	203	32	12	561	105
8 - 8:10	7	202	28	1	202	37	3	199	25	11	603	90
8:10 - 8:20	7	208	22	7	341	31	4	161	24	18	710	77
8:20 - 8:30	5	213	24	5	322	27	4	178	13	14	713	64
8:30 - 8:40	7	220	29	7	307	39	2	182	18	16	709	86
8:40 - 8:50	9	277	15	9	379	31	3	193	7	21	849	53
8:50 - 9	9	251	17	9	333	25	4	188	22	22	772	64
										192	7952	911

Ilustración 48. Conteos vehiculares. Elaboración propia

CONTEO VEHICULAR 2 DE JUNIO DEL 2025 16:30 - 19:30												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
16:30 - 16:40	4	212	27	7	338	41	4	182	31	15	732	99
16:40 - 16:50	3	209	21	9	317	32	5	187	16	17	713	69
16:50 - 17	4	218	32	9	304	35	4	171	18	17	693	85
17 - 17:10	5	282	24	11	382	29	3	193	21	20	857	74
17:10 - 17:20	4	247	18	9	331	32	5	191	17	18	769	67
17:20 - 17:30	3	193	29	8	289	47	1	144	32	13	626	108
17:30 - 17:40	3	214	26	7	308	39	1	188	25	11	690	90
17:40 - 17:50	3	203	21	7	293	28	3	161	24	13	657	73
17:50 - 18	5	221	30	5	337	46	1	173	13	11	731	89
18 - 18:10	7	211	17	7	320	21	1	187	18	15	718	56
18:10 - 18:20	2	208	13	9	303	27	3	194	7	14	705	47
18:20 - 18:30	3	219	20	9	315	30	4	188	22	16	722	72
18:30 - 18:40	4	255	22	10	341	21	4	201	17	18	797	60
18:40 - 18:50	4	217	14	9	329	23	5	192	10	18	738	47
18:50 - 19	3	224	11	11	305	12	3	176	14	17	705	37
19 - 19:10	4	210	7	7	387	16	1	181	6	12	778	29
19:10 - 19:20	2	201	9	5	296	11	1	172	9	8	669	29
19:20 - 19:30	1	193	12	4	288	9	1	139	6	6	620	27
											12920	1158

CONTEO VEHICULAR 4 DE JUNIO DEL 2025 16:30 - 19:30												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
16:30 - 16:40	4	220	35	7	332	45	4	185	31	15	737	111
16:40 - 16:50	3	204	18	9	309	27	5	173	15	17	686	60
16:50 - 17	4	213	24	9	318	38	4	176	20	17	707	82
17 - 17:10	5	267	27	11	400	39	3	222	22	19	889	88
17:10 - 17:20	4	226	17	9	327	28	5	185	15	18	738	60
17:20 - 17:30	3	163	30	8	246	45	1	137	27	12	546	102
17:30 - 17:40	3	207	22	7	311	36	1	172	18	11	690	76
17:40 - 17:50	3	189	12	7	283	20	3	157	10	13	629	42
17:50 - 18	5	219	25	5	329	42	1	185	22	11	733	89
18 - 18:10	7	206	9	7	310	12	1	171	8	15	687	29
18:10 - 18:20	2	201	14	9	307	21	3	176	11	14	684	46
18:20 - 18:30	3	213	24	9	320	37	4	169	19	16	702	80
18:30 - 18:40	4	241	17	10	354	26	4	192	16	18	787	59
18:40 - 18:50	4	202	12	9	298	21	5	175	9	18	675	42
18:50 - 19	3	215	14	11	321	17	3	177	10	17	713	41
19 - 19:10	4	203	9	7	290	15	1	168	6	12	661	30
19:10 - 19:20	2	199	10	5	303	8	2	181	11	9	683	29
19:20 - 19:30	1	187	7	4	281	11	2	150	9	7	618	27
											12565	1093

CONTEO VEHICULAR 9 DE JUNIO DEL 2025 16:30 - 19:30												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
16:30 - 16:40	4	208	28	7	341	43	4	179	27	15	728	98
16:40 - 16:50	3	213	22	9	322	29	5	183	17	17	718	68
16:50 - 17	4	220	29	9	307	32	4	165	21	17	692	82
17 - 17:10	6	277	21	12	379	30	3	189	19	21	845	70
17:10 - 17:20	5	251	19	9	333	38	5	194	16	19	778	73
17:20 - 17:30	4	201	32	8	297	41	1	151	29	13	649	102
17:30 - 17:40	3	208	28	7	303	37	2	163	33	12	674	98
17:40 - 17:50	3	211	22	7	287	31	3	161	27	13	659	80
17:50 - 18	5	232	24	5	341	27	2	178	14	12	751	65
18 - 18:10	7	217	29	7	315	39	2	182	19	16	714	87
18:10 - 18:20	2	205	15	9	295	31	3	193	9	14	693	55
18:20 - 18:30	3	217	17	9	311	25	4	188	28	16	716	70
18:30 - 18:40	4	208	22	10	352	31	4	209	19	18	769	72
18:40 - 18:50	5	265	25	9	327	21	5	193	16	19	785	62
18:50 - 19	3	211	13	11	332	26	3	202	9	17	745	48
19 - 19:10	4	232	12	7	300	15	1	181	13	12	713	40
19:10 - 19:20	2	222	7	5	282	11	2	173	9	9	677	27
19:20 - 19:30	1	205	7	4	291	12	2	165	8	7	661	27
											12967	1224

Ilustración 49. Conteos vehiculares. Horario vespertino. Elaboración propia



PROMEDIO 2 CONTEOS	CARRIL 1			CARRIL 2			CARRIL 3			TOTALES		TOTALES HORARIOS			
	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS	TOTAL PESADOS	CARROS	MOTOS	PESADOS
7 - 7:10	8	187	30	3	244	45	6	211	10	642	84	16			
7:10 - 7:20	10	191	23	4	233	31	2	224	30	648	83	15			
7:20 - 7:30	10	203	31	5	216	34	2	253	20	671	84	17			
7:30 - 7:40	13	198	22	3	190	32	3	212	17	600	71	19			
7:40 - 7:50	10	220	20	4	182	40	2	226	10	627	70	16			
7:50 - 8	9	203	34	2	174	43	2	213	34	589	110	13	3776	501	94
8 - 8:10	8	212	30	1	212	39	3	209	27	633	95	12	3767	512	90
8:10 - 8:20	8	219	23	8	358	33	4	189	25	746	81	19	3865	510	94
8:20 - 8:30	6	224	25	6	338	29	4	187	14	749	67	15	3943	493	92
8:30 - 8:40	8	231	31	8	323	41	2	191	19	745	91	17	4088	513	91
8:40 - 8:50	10	291	16	10	398	33	3	203	8	892	56	22	4352	499	97
8:50 - 9	10	264	18	10	350	27	4	198	23	811	68	23	4574	457	108
										8349	958	202			

Ilustración 50. Resumen conteos para análisis. Horario matutino. Elaboración propia



PROMEDIO 2 CONTEOS	CARRIL 1			CARRIL 2			CARRIL 3			TOTALES			TOTALES HORARIOS		
HORARIO	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS	CARROS	MOTOS	PESADOS
7 - 7:10	5	238	23	12	186	35	3	139	18	20	562	76			
7:10 - 7:20	7	279	25	10	218	26	3	163	22	20	659	73			
7:20 - 7:30	9	294	31	12	229	25	5	172	23	26	695	79			
7:30 - 7:40	8	331	22	13	259	33	5	194	36	26	784	91			
7:40 - 7:50	9	343	38	14	268	40	4	201	40	27	812	118			
7:50 - 8	8	346	40	16	271	22	4	203	27	26	820	89	4331	526	147
8 - 8:10	9	371	27	14	290	34	3	218	38	26	879	99	4647	549	153
8:10 - 8:20	5	331	23	10	259	53	5	194	40	20	784	116	4772	592	153
8:20 - 8:30	8	343	27	12	268	25	3	201	36	23	812	88	4889	601	150
8:30 - 8:40	9	358	38	13	280	27	4	210	29	26	848	94	4953	604	150
8:40 - 8:50	5	367	42	9	287	49	5	215	35	19	868	126	5009	612	142
8:50 - 9	9	383	33	12	299	27	3	225	51	24	906	111	5096	634	138
										285	9426	1160			

Ilustración 51. Resumen conteos para análisis. Horario matutino. Elaboración propia



Ilustración 52. Imagen de referencia para conteos. Sentido O – E. Obtenido por: Google Earth Pro.

CONTEO VEHICULAR 3 DE JULIO DEL 2025 17:00 - 19:00												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
17 - 17:10	6	241	16	16	242	32	18	207	32	40	690	80
17:10 - 17:20	15	252	36	38	252	72	45	216	72	98	720	180
17:20 - 17:30	4	273	28	8	273	56	9	234	56	21	780	140
17:30 - 17:40	11	291	34	28	291	68	32	249	68	71	831	170
17:40 - 17:50	17	270	24	44	270	48	50	231	48	111	771	120
17:50 - 18	23	283	29	57	284	60	68	243	60	148	810	149
18 - 18:10	18	276	26	48	277	52	54	237	52	120	790	130
18:10 - 18:20	15	273	24	39	273	48	45	234	48	99	780	120
18:20 - 18:30	7	182	25	12	182	48	14	156	48	33	520	121
18:30 - 18:40	11	214	21	28	214	40	32	183	40	71	611	101
18:40 - 18:50	9	212	20	24	210	40	27	180	40	60	602	100
18:50 - 19	8	207	18	21	207	36	23	177	36	52	591	90
										924	8496	1501

CONTEO VEHICULAR 7 DE JUNIO DEL 2025 17:00 - 19:00												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
17 - 17:10	5	266	17	15	239	29	21	186	38	41	681	84
17:10 - 17:20	13	277	38	38	239	65	49	194	86	100	710	189
17:20 - 17:30	6	300	29	8	259	48	12	211	67	26	770	144
17:30 - 17:40	8	320	36	27	276	61	35	224	82	70	820	179
17:40 - 17:50	17	296	25	42	256	43	54	208	58	113	760	126
17:50 - 18	22	312	32	57	269	54	74	219	72	153	800	158
18 - 18:10	17	304	27	46	263	47	59	213	62	122	780	136
18:10 - 18:20	15	298	25	38	259	43	50	211	58	103	768	126
18:20 - 18:30	5	223	25	11	173	43	15	140	58	31	536	126
18:30 - 18:40	10	235	21	27	203	36	35	165	48	72	603	105
18:40 - 18:50	8	231	21	23	200	36	30	162	48	61	593	105
18:50 - 19	7	227	19	19	196	32	25	159	43	51	582	94
										943	8403	1572

Ilustración 53. Conteos vehiculares. Horario vespertino. Sentido O – E. Elaboración propia



Ilustración 54. Imagen de referencia para conteos. Sentido O – E. Obtenido por: Google Earth Pro.

CONTEO VEHICULAR 13 DE JUNIO DEL 2025 7:00 - 9:00												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
7 - 7:10	5	221	23	12	177	35	3	132	18	20	530	76
7:10 - 7:20	7	259	25	10	207	26	3	155	22	20	621	73
7:20 - 7:30	9	273	31	12	218	25	5	164	23	26	655	79
7:30 - 7:40	8	308	22	13	246	33	5	185	36	26	739	91
7:40 - 7:50	9	319	38	14	255	40	4	191	40	27	765	118
7:50 - 8	8	322	40	16	258	22	4	193	27	28	773	89
8 - 8:10	9	345	27	14	276	34	3	207	38	26	828	99
8:10 - 8:20	5	308	23	10	246	53	5	185	40	20	739	116
8:20 - 8:30	8	319	27	12	255	25	3	191	36	23	765	88
8:30 - 8:40	9	333	38	13	266	27	4	200	29	26	799	94
8:40 - 8:50	5	341	42	9	273	49	5	205	35	19	819	126
8:50 - 9	9	356	33	12	285	27	3	214	51	24	855	111
									285		8888	1160

CONTEO VEHICULAR 16 DE JUNIO DEL 2025 7:00 - 9:00												
HORARIO	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL PESADOS	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS
7 - 7:10	5	254	23	12	194	35	3	146	18	20	594	76
7:10 - 7:20	7	298	25	10	228	26	3	171	22	20	697	73
7:20 - 7:30	9	314	31	12	240	25	5	180	23	26	734	79
7:30 - 7:40	8	354	22	13	271	33	5	203	36	26	828	91
7:40 - 7:50	9	367	38	14	281	40	4	211	40	27	859	118
7:50 - 8	8	370	40	16	283	22	4	213	27	28	866	89
8 - 8:10	9	397	27	14	304	34	3	228	38	26	929	99
8:10 - 8:20	5	354	23	10	271	53	5	203	40	20	828	116
8:20 - 8:30	8	367	27	12	281	25	3	211	36	23	859	88
8:30 - 8:40	9	383	38	13	293	27	4	220	29	26	896	94
8:40 - 8:50	5	392	42	9	300	49	5	225	35	19	917	126
8:50 - 9	9	409	33	12	313	27	3	235	51	24	957	111
									285		9964	1160

Ilustración 55. Conteos vehiculares. Horario matutino. Sentido O – E. Elaboración

propia



PROMEDIO 2 CONTEOS	CARRIL 1			CARRIL 2			CARRIL 3			TOTALES			TOTALES HORARIOS		
	CARROS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 1	CARROS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 2	CARROS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	PESADOS CARRIL 3	TOTAL CARROS	TOTAL MOTOS	TOTAL PESADOS	CARROS	MOTOS	PESADOS
17 - 17:10	254	17	6	236	31	16	197	35	20	686	82	41			
17:10 - 17:20	265	37	14	246	69	38	205	79	47	715	185	99			
17:20 - 17:30	287	29	5	266	52	8	223	62	11	775	142	24			
17:30 - 17:40	306	35	10	284	65	28	237	75	34	826	175	71			
17:40 - 17:50	283	25	17	263	46	43	220	53	52	766	123	112			
17:50 - 18	298	31	23	277	57	57	231	66	71	805	154	151	4572	860	496
18 - 18:10	290	27	18	270	50	47	225	57	57	785	133	121	4671	911	577
18:10 - 18:20	286	25	15	266	46	39	223	53	48	774	123	101	4730	849	579
18:20 - 18:30	203	25	6	178	46	12	148	53	15	528	124	32	4483	831	587
18:30 - 18:40	225	21	11	209	38	28	174	44	34	607	103	72	4265	759	588
18:40 - 18:50	222	21	9	205	38	24	171	44	29	588	103	61	4097	739	537
18:50 - 19	217	19	8	202	34	20	168	40	24	587	92	52	3878	677	438
										8450	1537	934			

Ilustración 56. Resumen de conteos. Horario vespertino. Sentido O – E. Elaboración

propia

Capítulo 14

Vía a la Costa

Sentido Este - Oeste

Cálculo de velocidad de flujo libre

$$FFS = BFFS - F_{LW} - F_{LC} - F_M - F_A$$

$$BFFS = 80 + 8 = 88 \text{ km/h}$$

$$F_{LW} = \text{Ancho de carril} = 3,5\text{m}$$

$$\rightarrow 3,1 \text{ km/h}$$

$$F_{LC} \rightarrow \text{Claro derecho} = 0,94\text{m}$$

$$\text{Claro izquierdo} = \frac{2,78\text{m}}{3,72\text{m}}$$

$$\rightarrow 3,72 \geq 3,6 \rightarrow F_{LC} = 0 \text{ km/h}$$

$$F_M \rightarrow \text{Vía dividida}$$

$$\rightarrow 0 \text{ km/h}$$

$$F_A = 0,25 \times 2 = 0,50 \text{ km/h}$$

$$FFS = 88 - 3,1 - 0 - 0 - 0,5$$

$$\rightarrow 84,4 \cong 80 \text{ km/h (se redondea a 10)}$$

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$P_T = 0,3$$

$$E_T = 1,5$$

$$P_R = 0,02$$

$$E_R = 1,2$$

$$F_{HV} = 0,989$$

$$VP = \frac{V}{P_{FH} \times N \times F_{HV} \times F_p}$$

$$P_{FH} = 0,9$$

$$N = 4$$

$$V = 4966$$

$$VP = \frac{4966}{0,9 \times 4 \times 0,989 \times 1} = 1394,8$$

$$D = \frac{VP}{S} = \frac{1395}{80} = 17,5 \frac{\text{ven}}{\text{carril/h}}$$

$$17,5 = LOS = C$$

Ilustración 57. Cálculo de capacidad según HCM. Elaboración propia

Luego de los conteos de realizar los conteos de tráfico respectivos, los cuales según la norma ecuatoriana son 3 para trabajar con un promedio, los datos son que la hora de máximo volumen de tráfico es de 16:30 – 17:30 pm, con un total de 4966 vehículos distribuidos entre livianos, pesados y motocicletas; se trabajó con anchos de carril de 3,5 metros. Luego de los análisis se obtuvo un nivel de servicio C (LOS) lo que denota congestión en la zona.

1.6.3 Metodología

La metodología utilizada para el análisis de este punto se basó en conteos vehiculares, los métodos tradicionales que debían realizarse. Cada conteo se llevó a cabo en intervalos de 15 minutos, lo cual fue más que adecuado. Para estos aspectos, se registró el número de vehículos que pasaban por la sección, clasificándolos según su tipo: vehículos ligeros, vehículos pesados, motocicletas. Esta información fue esencial para la aplicación de los métodos de análisis de capacidad vial encontrados en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM).

Además, fue necesario contar con datos topográficos precisos del área de estudio. Esto se realizó mediante levantamientos con dron. El mecanismo proporcionó un medio para capturar fotografías aéreas y así obtener imágenes precisas que pudieran ayudar en la elaboración de planos, así como en la coordinación de la planificación y diseño de carreteras correspondientes a cada una de las soluciones viales propuestas.

El cruce de información entre los conteos vehiculares y la topografía del sector permitió un análisis técnico integral destinado a identificar los puntos críticos de congestión, evaluar el nivel de servicio actual y diseñar alternativas de mejora basadas en datos reales.

**CHAPTER 14
MULTILANE HIGHWAYS**
CONTENTS

1. INTRODUCTION.....	14-1
Types of Multilane Highways	14-1
Base Conditions	14-1
Flow Characteristics Under Base Conditions	14-2
Capacity of Multilane Highway Segments	14-4
LOS for Multilane Highway Segments.....	14-4
Required Input Data.....	14-6
2. METHODOLOGY	14-8
Limitations of Methodology	14-8
Automobile Mode.....	14-9
Bicycle Mode.....	14-19
3. APPLICATIONS	14-20
Default Values.....	14-20
Establishing Analysis Boundaries.....	14-21
Types of Analysis	14-21
Generalized Daily Service Volumes.....	14-23
Use of Alternative Tools	14-26
4. EXAMPLE PROBLEMS.....	14-27
Example Problem 1: LOS on Undivided Four-Lane Highway.....	14-27
Example Problem 2: LOS on Five-Lane Highway with TWLTL.....	14-29
Example Problem 3: Design Cross Section Required to Provide Target LOS	14-32
Example Problem 4: Multilane Highway Modernization.....	14-34
Example Problem 5: Future Cross Section Required to Provide Target LOS	14-35
5. REFERENCES	14-38

Ilustración 58. Capítulo 14. HCM utilizada para cálculos varios. Elaboración propia

1.6.4 Propuesta de solución

La cuarta y última solución planteada aborda de forma específica las dos problemáticas identificadas en este capítulo. A continuación, se describen las intervenciones correspondientes a cada una de ellas:

1.6.4.1 Solución al problema del paradero de buses

La primera intervención se basa en construir un carril de estacionamiento para el transporte público, donde podrá detenerse por completo para recoger y dejar pasajeros de una forma más segura, en la parte trasera de la estación actual de autobuses.

- Primero, un carril de desaceleración de 60 metros de largo permite a los vehículos reducir la velocidad desde la velocidad base de la carretera (80 km/h).
- El carril de estacionamiento del transporte público tendrá un ancho de carril de 4 metros y radio de giro de 20 metros, lo que permite la entrada y salida sin restricciones para todas las formas de transporte público sin afectar el flujo de otros tráficos. (ver ilustración 59)

Después de que el autobús haya recogido o dejado pasajeros, volverá a salir a la carretera a través de un carril de aceleración de 60 metros de largo, el carril de desaceleración debe de ser algo similar. Esto permite que el vehículo alcance los 80 km/h, para que pueda integrarse de manera segura en el flujo principal.

Su intervención no carga las condiciones actuales, como la acera peatonal o una entrada privada que se encuentra en esa parte de la carretera costera. Es una intervención que optimiza la función sin tener que destruir o reestructurar en gran medida estos accesos actuales.



Ilustración 59. Vista en planta de solución propuesta. Carril de estacionamiento

exclusivo TP. Elaboración propia

1.6.4.2 Solución al problema del retorno en U

La segunda parte de la solución propuesta se basa eliminando el actual primer retorno existente que está ubicado en el carril izquierdo ya que genera conflictos en maniobras ya que el carril izquierdo que es universalmente un carril de aceleración se encuentra con una cola de carros debido a el retorno actual Por lo cual se propone la construcción de un retorno elevado que cumpla con las siguientes características:

- El retorno irá desde un cuarto carril en sentido E-O, hacia un cuarto carril en sentido O-E lo que permitirá que se realice el retorno sin interferir con los carriles centrales de la vía.
- El diseño consta de un carril de desaceleración de 70 metros, el cual es necesario para que los vehículos que vienen de 80 km/h reduzcan hasta 40 km/h que es la velocidad de diseño planteada para ejecutar el retorno, tiene una pendiente de 6% y un radio de giro de 30 metros, el necesario para confirmar la seguridad.
- El ancho que tendrá es de 6 metros, los cuales serán 5 para el carril en sí más 50 centímetros de cada lado los cuales servirán para la instalación de elementos de seguridad vial, como los barandales y guardavías.
- Luego de completar el giro se incorporará al cuarto carril mencionado donde tendrá un carril de aceleración para que se incorpore a la vía sin problema.

La propuesta adjunta busca resolver el problema de que la vía principal tenga sus carriles despejados, sobre todo los carriles de aceleración y para rebasar con seguridad.



Ilustración 60. Vista en planta de solución vial propuesta. Puente elevado para retorno.

Elaboración propia



Ilustración 61. Abscisa 0+000 hasta 0+100. Elaboración propia



Ilustración 62. Abscisa 0+100 hasta 0+200. Elaboración propia

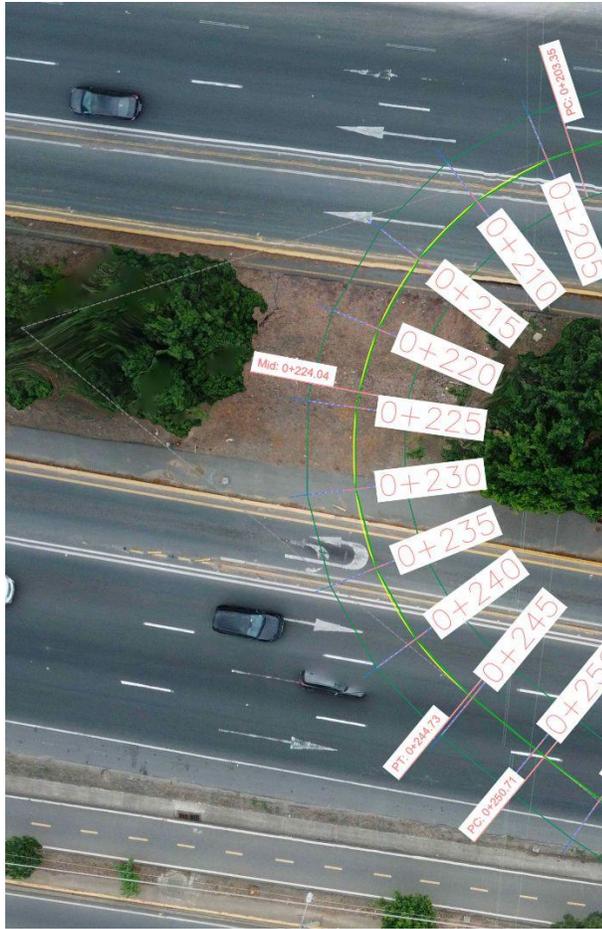


Ilustración 63. Abscisa 0+200 hasta 0+250. Elaboración propia



Ilustración 64. Abscisa 0+250 hasta 0+300. Elaboración propia



Ilustración 65. Abscisa 0+300 hasta 0+404. Elaboración propia

1.6.5 Justificación

La justificación de nuestra cuarta solución vial se justifica mediante los 2 tramos mencionados:

1. Justificación del tramo del paradero de buses

Se fundamenta debido a que al tener la necesidad de liberar los 3 carriles centrales de la vía, que es una vía rápida donde se puede ir hasta 80 km/h se libera completamente el carril derecho gracias al carril de estacionamiento propuesto donde además de liberar uno de los carriles de la vía crea seguridad para los pasajeros y para los conductores del transporte público que podrán además de ingresar al carril mencionado, podrá reingresar en la vía con una mayor velocidad gracias al carril de aceleración planteado.

2. Justificación del tramo del retorno en U

La justificación del retorno elevado se basa en, como se mencionó anteriormente, dejar los 3 carriles principales libres para el flujo a una mayor velocidad, ya que actualmente el retorno estando en uno de los carriles mencionados crea congestión.

Se traslada el retorno al cuarto carril mencionado y se eliminaría el acceso desde el primer carril lo que haría que se recupere la funcionalidad de los 3 carriles principales de la vía, para resumir:

- Un carril se libera al reubicar el paradero de buses fuera de la vía.

- Otro se libera al eliminar el retorno en U que actualmente genera filas y detenciones.
- Se optimiza el uso de los tres carriles originales, lo que mejora significativamente la fluidez del tráfico.

Para continuar con la justificación del paso elevado en U realizamos mediciones horarias del máximo volumen de vehículos que utilizan el giro mencionado, en el que tomamos como carril 1 solo a los vehículos que realizan el giro donde tuvimos que el máximo volumen que se presenta es de 1030 vehículos. Un número muy elevado considerando el congestionamiento que se genera en esta zona, una de las causas que se presentan es la baja velocidad debido al corto radio de giro donde actualmente se realizan giros con un rango de 10 – 20 km/h, haciendo la comparación con la propuesta de la solución del paso elevado para retorno donde se tiene una velocidad mayor de hasta 50 km/h. Así mismo comparando los tiempos, actualmente hicimos mediciones in situ desde un punto determinado debajo del primer paso peatonal de la VLC hasta ingresar a la calle interna en el sentido contrario, debido a que según los análisis realizados un gran porcentaje de vehículos realiza esta maniobra y es la principal causa del congestionamiento debido al cruce de carriles, se tiene un promedio de aproximadamente 10,5 minutos de tiempo neto para realizar el cruce mencionado, comparándolo con lo propuesto se tiene un tiempo de 2,1 minutos a una velocidad de 50 km/h en la vía principal y para hacer el giro de 30 – 40 km/h para ser realistas, lo que nos da una ganancia de los tiempos de demora de más de 8 minutos lo que justifica nuestra solución.



PROMEDIO 2 CONTEOS	CARRIL 1			CARRIL 2			CARRIL 3			TOTALES			TOTALES HORARIOS		
	PESADOS CARRIL 1	LIVIANOS CARRIL 1	MOTOS CARRIL 1	PESADOS CARRIL 2	LIVIANOS CARRIL 2	MOTOS CARRIL 2	PESADOS CARRIL 3	LIVIANOS CARRIL 3	MOTOS CARRIL 3	TOTAL LIVIANOS	TOTAL MOTOS	TOTAL PESADOS	CARROS	MOTOS	PESADOS
16:30 - 16:40	1	168	32	8	369	48	4	202	34	738	113	13			
16:40 - 16:50	2	160	19	10	345	33	6	198	18	702	69	18			
16:50 - 17	1	168	27	10	342	41	4	191	21	701	89	15			
17 - 17:10	2	213	26	12	430	38	3	228	24	871	87	17			
17:10 - 17:20	1	183	18	10	362	33	6	207	18	752	69	17			
17:20 - 17:30	0	138	30	9	295	51	1	155	33	587	113	10	4351	539	89
17:30 - 17:40	1	164	24	8	341	42	1	187	24	691	89	10	4304	515	85
17:40 - 17:50	1	152	16	8	317	27	3	175	19	644	61	12	4245	507	79
17:50 - 18	1	171	28	6	367	49	1	197	19	734	95	8	4279	513	72
18 - 18:10	0	162	13	8	347	18	1	197	15	705	45	9	4113	472	65
18:10 - 18:20	1	159	13	10	336	27	3	204	10	698	50	14	4058	453	61
18:20 - 18:30	1	168	22	10	350	37	4	197	23	714	82	15	4185	421	66
18:30 - 18:40	1	193	19	11	382	26	4	216	19	791	64	16	4284	396	73
18:40 - 18:50	1	163	13	10	345	24	6	202	11	710	47	17	4350	382	78
18:50 - 19	1	170	12	12	345	16	3	195	13	709	41	16	4325	328	86
19 - 19:10	1	160	8	8	373	18	1	192	7	725	33	10	4345	315	86
19:10 - 19:20	1	155	10	6	330	11	2	194	11	678	31	9	4325	297	81
19:20 - 19:30	1	147	10	4	313	11	2	158	9	619	29	6	4231	244	73
										12766	1204	227			

Ilustración 66. Conteo vehicular giro en U

Validación mediante simulación

Se ha validado mediante la simulación gracias al software de modelación vehicular VISSIM, donde se demostró que los resultados de la sección de la carretera estudiada mejora sobre todo en los niveles de servicio, lo que quiere decir que hace que los tiempos de viajes tengan demoras innecesarias y mejora la fluidez en este tramo.

Count	27	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	QLenMax	Veh(todos)	Pen(todos)	LOS(todos)	LOSVal(...)	VehDelay...	PenDelay...	StopDelay...	Paradict...	EmissionsCO	EmissionsNOx	EmissionsVOC	FuelC
11	600-3600	1: semaforo - 2: c/ oe@118.5 - 2: c/ oe@350.5	3.01	98.56	789	789	LOS,A	1	6.88	6.88	0.77	0.16	572.713	111.429	132.732			
211	600-3600	1: semaforo - 23: c/ oe@117.6 - 23: c/ oe@349.9	3.92	147.93	822	822	LOS,A	1	6.97	6.97	0.92	0.13	581.000	113.042	134.632			
311	600-3600	1: semaforo - 26: c/ oe@117.6 - 26: c/ oe@349.9	0.00	0.00	0	0	LOS,A											
411	600-3600	1: semaforo - 27: c/ oe@117.6 - 27: c/ oe@349.9	0.00	0.00	0	0	LOS,A											
511	600-3600	1: semaforo	1.73	147.93	1611	1611	LOS,A	1	6.93	6.93	0.85	0.14	1153.644	224.457	267.366			
611	600-3600	2: perimetral - 13: a cebos@79.7 - 13: a cebos@779.7	0.00	0.00	1093	1093	LOS,A	1	7.35	7.35	0.00	0.00	1398.839	272.163	324.194			
711	600-3600	2: perimetral - 16: perime @35.9 - 19: a PORTETE@780.3	0.00	0.00	339	339	LOS,A	1	4.50	4.50	0.13	0.11	313.436	60.983	72.642			
811	600-3600	2: perimetral - 16: perime @35.9 - 20: a PORTETE@779.6	0.00	0.00	331	331	LOS,A	1	0.05	0.05	0.00	0.00	267.692	52.083	62.040			
911	600-3600	2: perimetral - 18: a cebos@79.5 - 18: a cebos@779.2	3.07	81.28	1666	1666	LOS,C	3	20.13	20.13	0.85	0.20	2704.569	526.211	626.810			
1011	600-3600	2: perimetral - 19: a PORTETE@80.6 - 19: a PORTETE@780.3	5.37	90.80	1169	1169	LOS,E	5	37.80	37.80	3.72	0.90	2850.375	554.579	660.602			
1111	600-3600	2: perimetral - 20: a PORTETE@79.9 - 14: via costa perimetral...	0.00	0.00	1359	1359	LOS,A	1	7.57	7.57	0.00	0.00	1017.079	197.887	235.718			
1211	600-3600	2: perimetral - 20: a PORTETE@79.9 - 20: a PORTETE@779.6	0.00	0.00	0	0	LOS,A											
1311	600-3600	2: perimetral	1.69	90.80	5957	5957	LOS,C	3	16.38	16.38	0.98	0.24	8504.340	1654.637	1970.965			
1411	600-3600	3: si cafe - 1: c/ oe@122.5 - 11: c/ c/24.2	88.28	127.25	647	647	LOS,F	6	214.80	214.80	72.63	8.82	7282.505	1416.911	1687.791			
1511	600-3600	3: si cafe - 2: c/ oe@488.5 - 2: c/ c/926.1	0.00	0.00	795	795	LOS,C	3	19.57	19.57	0.00	0.00	861.192	167.557	199.590			
1611	600-3600	3: si cafe - 3: 17 a c/ @131.9 - 23: c/ oe@926.9	0.00	0.00	0	0	LOS,A											
1711	600-3600	3: si cafe - 5: puente@0.7 - 13: puente c/ @54.8	0.00	0.00	826	826	LOS,A	1	0.82	0.82	0.00	0.00	460.560	89.658	106.739			
1811	600-3600	3: si cafe - 8: metro c/ oe@103.3 - 8: metro c/ oe@540.4	0.00	0.00	17	17	LOS,A	1	0.00	0.00	0.00	0.00	13.599	2.646	3.152			
1911	600-3600	3: si cafe - 21: c/ oe@122.3 - 11: c/ c/24.2	103.55	127.03	516	516	LOS,F	6	314.32	314.32	60.75	30.06	15867.816	3087.300	3677.530			
2011	600-3600	3: si cafe - 23: c/ oe@488.7 - 9: c/ a 17@49.1	0.00	0.00	831	831	LOS,B	2	12.77	12.77	0.00	0.00	650.098	126.485	150.666			
2111	600-3600	3: si cafe - 23: c/ oe@488.7 - 23: c/ oe@926.9	0.00	0.00	0	0	LOS,A											
2211	600-3600	3: si cafe - 26: c/ oe@488.7 - 26: c/ oe@926.9	0.00	0.00	0	0	LOS,A											
2311	600-3600	3: si cafe - 27: c/ oe@488.7 - 27: c/ oe@926.9	0.00	0.00	0	0	LOS,A											
2411	600-3600	4: retorno - 28: VIA A COSTA 1 @19.8 - 28: VIA A COSTA 1 @2...	2.91	127.23	3932	3932	LOS,C	6	90.21	90.21	2.91	2.94	22974.979	4470.164	5324.939			
2511	600-3600	4: retorno - 29: VIA A QUAYAZULI @32.6 - 29: VIA A QUAYAZ...	4.86	42.77	3517	3517	LOS,C	3	19.59	19.59	1.73	0.54	4118.246	801.261	954.443			
2711	600-3600	4: retorno	2.43	42.77	5864	5864	LOS,B	2	12.92	12.92	1.04	0.33	5549.753	1079.780	1286.209			

Ilustración 66 . Resultados VISSIM VLC. Elaboración propia



Ilustración 67. Topografía Vía a la Costa. Sistema RTK. Elaboración propia

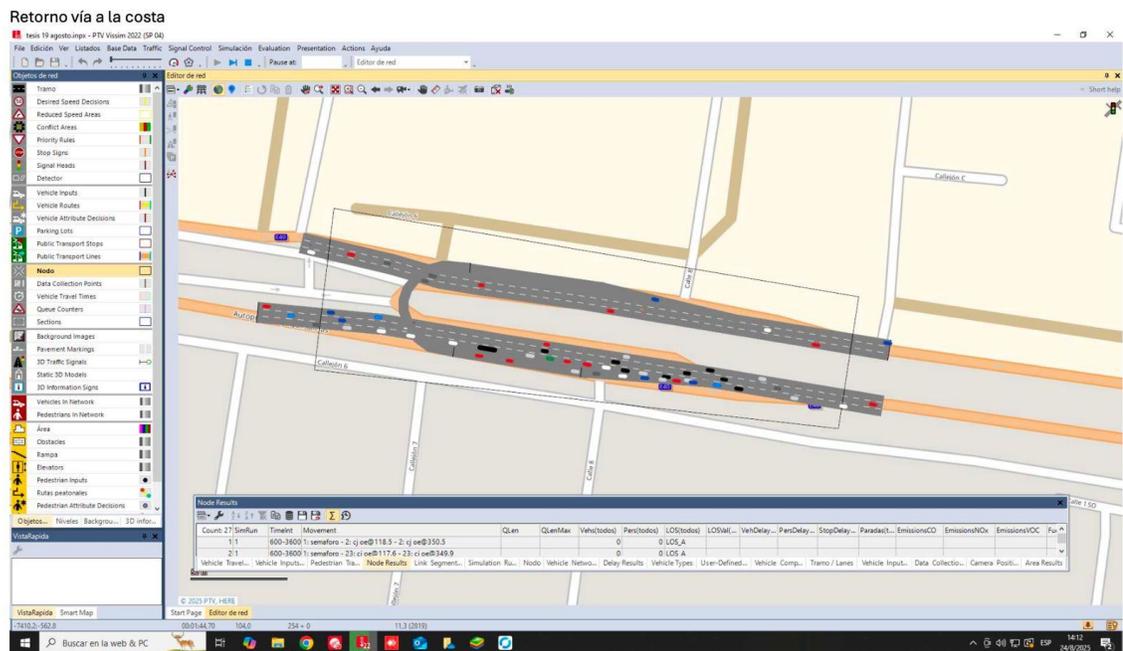


Ilustración 68. VISSIM PROPUESTA 4. Elaboración propia

Perimetral

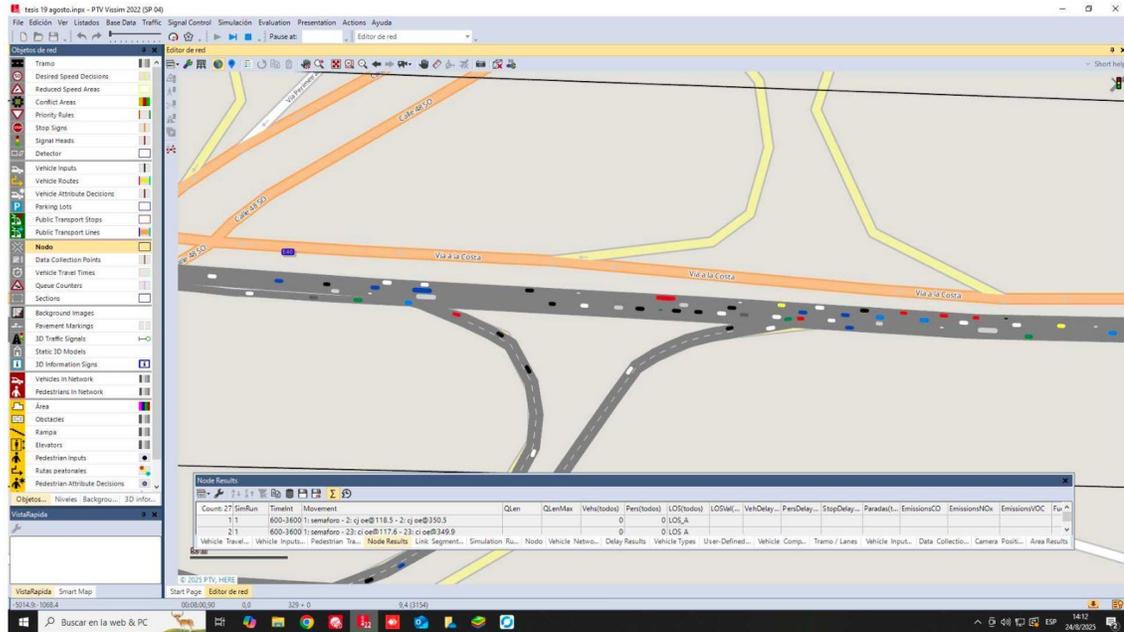


Ilustración 69. VISSIM PROPUESTA 3. Elaboración propia

Av. Carlos Julio (SI Café)

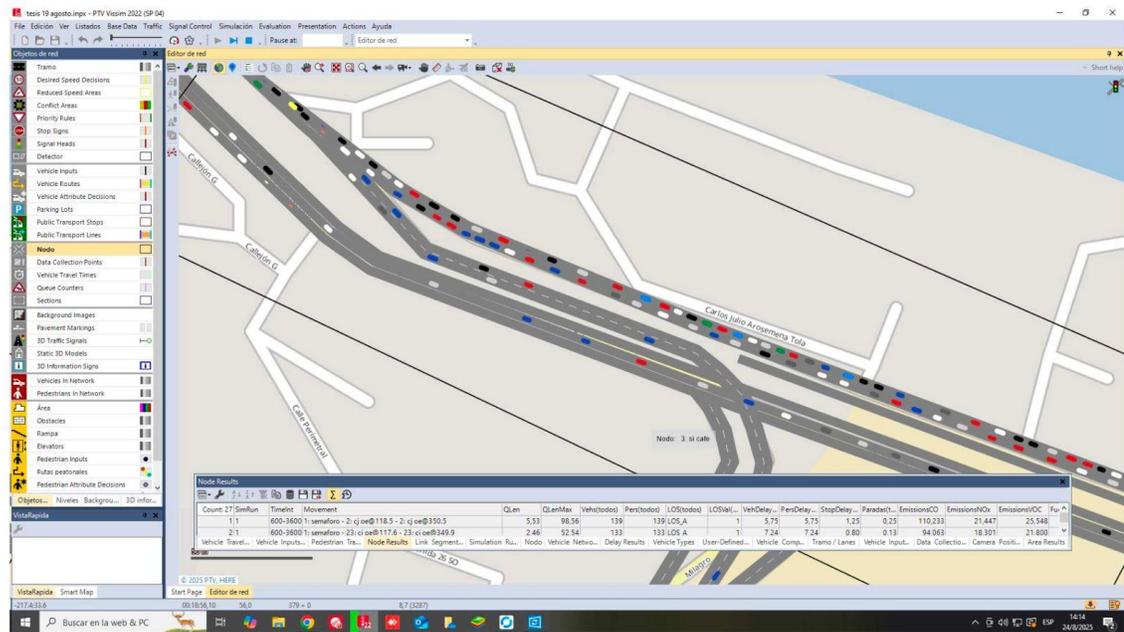


Ilustración 70. VISSIM PROPUESTA 2. Elaboración propia

Semáforo Av. Carlos Julio (Las Monjas)

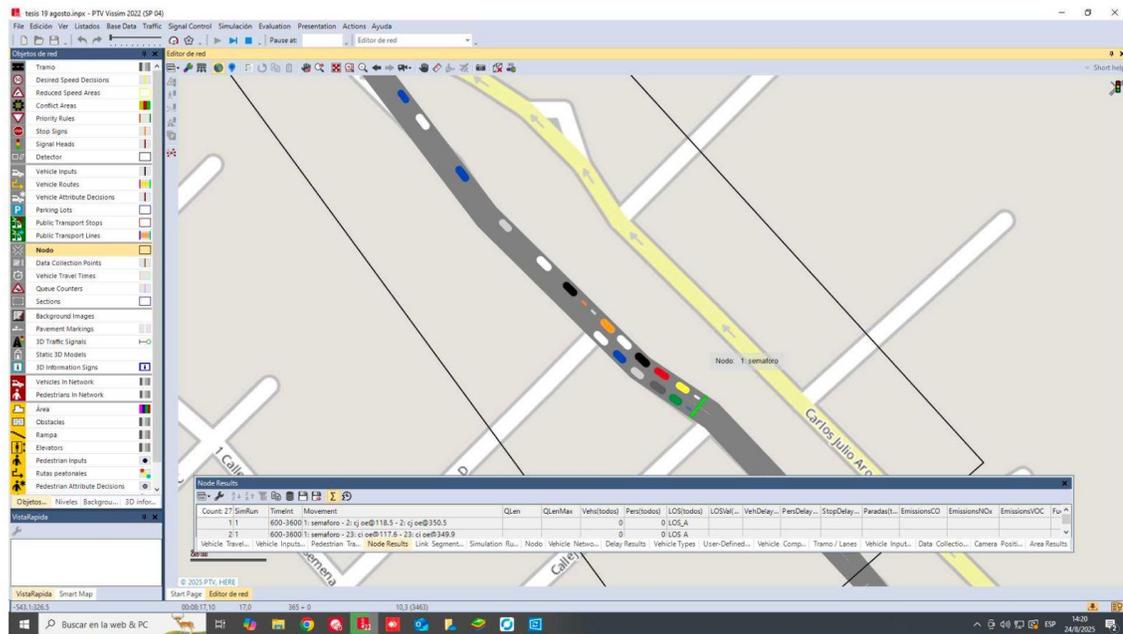


Ilustración 71. VISSIM PROPUESTA 1. Elaboración propia

CONCLUSIONES

El incremento del tráfico vehicular en ciudades de gran tamaño o en constante crecimiento genera pérdidas significativas de tiempo, económicas y sociales, por lo que resulta indispensable implementar medidas de mitigación que permitan contar con vías más eficientes y sostenibles para el desarrollo urbano.

Las soluciones propuestas en este estudio fueron fundamentadas técnica y geoméricamente, además de ser verificadas mediante el software de simulación vehicular VISSIM, herramienta utilizada gracias al apoyo de la empresa CONSULAUDI CÍA. LTDA.

1. Primera solución: Consistió en el desplazamiento del semáforo, previa verificación de la longitud de cola mediante dos metodologías planteadas. El ajuste incluyó también el corrimiento del paso peatonal, logrando mejorar la fluidez vehicular y la seguridad peatonal. Para justificar esta solución se compara los niveles de servicio actuales con los que saldrían luego de la aplicación de la solución, dato obtenido por el VISSIM, en este tramo se tenía un nivel de servicio F debido a la cola que se creaba y pasa a un LOS A, que es el más óptimo, esto se debe ya que el carril exclusivo de la Metrovía no se encuentra obstruido.
2. Segunda solución: Consta de dos tramos. El primero propone el cruce del sistema de transporte Metrovía por debajo de las pilas del puente proveniente del sector Bellavista, solución previamente analizada y comprobada geoméricamente. El segundo tramo plantea la reducción gradual de carriles, de manera que los flujos puedan converger a menor velocidad pero sin detenerse, eliminando la necesidad del semáforo existente. En la comparación de los LOS en este tramo tenemos que actualmente se tiene un nivel de servicio E, y luego de aplicar la solución gracias al software utilizado se tiene mejoría en los niveles de servicio, aunque 2 carriles suben a nivel de servicio D, se tienen otros 2 carriles que mejoran su nivel de servicio a un LOS C, lo cual justifica lo planteado donde se le da mayor importancia al transporte público ya que un autobús de la Metrovía moviliza a una mayor cantidad de gente en un menor espacio geométrico comparado con los vehículos particulares.

3. Tercera solución: Se basa en mantener los cuatro carriles del tramo analizado hasta la bifurcación hacia la Av. Rodríguez Bonín y la Av. del Bombero, considerando que el volumen de tráfico que utiliza las salidas actuales no justifica la eliminación de un carril. Para justificar la solución se compara los niveles de servicio actuales, que es D, con el que se obtiene modelando la solución, donde 2 carriles de los mencionados llegan a un nivel de servicio C, donde anteriormente se tenían todos D, lo que muestra la mejoría en el tramo estudiado, vale recordar que mejorar un nivel de servicio significa mayores velocidades y menores tiempos de espera en la congestión.
4. Cuarta solución: También dividida en dos tramos. El primero propone un carril de estacionamiento para que las unidades de transporte público realicen el ascenso y descenso de pasajeros sin obstruir el flujo principal. El segundo plantea la creación de un retorno en U, diseñado desde un cuarto carril en un sentido hacia un cuarto carril en el sentido contrario, lo que permitiría liberar el carril actualmente afectado por la cola del retorno existente. Ambas alternativas incluyen carriles de aceleración y desaceleración para garantizar una reincorporación segura y eficiente al flujo principal. Justificando esta solución se compara los niveles de servicio existentes, en este tramo se tenía un LOS C, donde luego de obtener los resultados de la modelación uno de los carriles llega a B, demostrando una mejoría considerable ya que se reducen los tiempos de demora y una mayor velocidad en el tramo señalado. Nuestro enfoque se basó en tener los 3 carriles de la vía libre lo cual se logró gracias a las 2 partes de la solución.

Nuestras propuestas, que han sido verificadas, demuestran que si son implementadas contribuirán a la mejor movilidad de vías principales de la ciudad de Guayaquil gracias a los análisis mencionados y a las justificaciones del caso, sobre todo teniendo en cuenta los crecimientos poblacionales y tenerlos en cuenta para la mejora continua de las vías.

1. Tener actualizados los estudios de tráfico y de niveles de servicio (LOS) de las principales avenidas de la ciudad de Guayaquil.
2. Que el uso de los resultados de la presente investigación sean considerados como una base dentro de la planificación para las futuras soluciones viales en los

RECOMENDACIONES

principales sectores de la ciudad de Guayaquil.

3. Realizar estudios similares en las principales vías de la ciudad de Guayaquil que están notablemente colapsadas lo que causa molestias al usuario.
4. Realizar el estudio del paradero del colegio 28 de mayo, debido a que sería el faltante de analizar dentro de la avenida Carlos Julio Arosemena.
5. Impulsar el transporte público ya es más eficaz debido a que transporta un mayor número de pasajeros en un menor espacio y tiempo, sin mencionar la mejoría que tendría el medio ambiente si se utilizaran menos vehículos en la ciudad, sobre todo los que solo tienen un pasajero.

REFERENCIAS

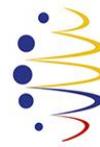
- AASHTO . (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (7th ed.)*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ATM. (2023). *Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil*. Retrieved from Boletín técnico de movilidad urbana de Guayaquil: <https://www.guayaquil.gob.ec>
- ATM. (2024). *Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil*. Retrieved from Observatorio de Movilidad de Guayaquil: <https://www.guayaquil.gob.ec>
- Cano, A. (2025, mayo 27). *Expedientes*. Retrieved from Guayaquil pierde hasta dos horas diarias en el tráfico. Expedientes: <https://expedientes.ec>
- CEPAL. (2020). La movilidad urbana sostenible en América Latina y el Caribe. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*.
- Gehl, J. (2011). *Cities for People*. Island Press.
- Gómez, L. &. (2020). Tecnologías para la gestión del tráfico urbano. *Revista de Ingeniería y Tránsito Urbano*, 18(2), 45-56.
- González, M. H. (2018). Infraestructura vial urbana y su impacto en la movilidad. *Revista de Urbanismo*, 29(3), 23-35.
- Highway Capacity Manual*. (2010). Transportation Research Board.
- INECO. (2012). *Diseño de intersecciones a desnivel*. Instituto de Estudios de Transporte.
- INEN. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL*.
- Inrix*. (2018). Retrieved from Traffic Scorecard Report: <https://www.inrix.com>
- LEXIS. (2012). *REFORMA REGLAMENTO A LA LEY DE CAMINOS DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, Acuerdo Ministerial 80, Registro Oficial 567, 19/08/1965*.

- LEXIS. (2018). *REGLAMENTO LEY SISTEMA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL TRANSPORTE TERRESTRE*.
- Litman, T. (2021). Congestion Costing Critique: Critical Evaluation of the "Urban Mobility Report". *Victoria Transport Policy Institute*.
- Manual de Diseño Geométrico. (2016). *Normas de diseño vial*. Instituto Nacional de Vías.
- Marín Santamaría, E. (2017). Transporte urbano sostenible: Retos y perspectivas para América Latina. *Revista de Transporte y Territorio*, 17(2), 23-36.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR. (2013). *NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP*.
- MTOP ECUADOR. (2018). *Normativa técnica para retornos y giros*.
- Naranjo Ramos, Y. G. (2017). Impacto del sistema Metrovía en el centro de Guayaquil. *Revista Espacios*, 38(57), 17-30.
- ONU-Habitat. (2019). *Guía de movilidad urbana sostenible para ciudades intermedias*.
- Ortúzar, J. d. (2014). *Modelling Transport* (4th ed.). Wiley.
- Órtuzar, J., & Willumsen, L. (2011). *Modelos de transporte: planificación, diseño y evaluación*. McGraw-Hill.
- Rodríguez, D. (2017). *Planificación de sistemas de transporte urbano*. Editorial Alfaomega.
- Rodríguez, D., & Mojica, C. (2019). *Movilidad urbana sostenible en América Latina*. BID.
- Secretaría de Movilidad. (2020). *Manual de gestión de infraestructura vial urbana*. Municipio de Guayaquil.
- Secretaría de Movilidad. (2020). *Manual de gestión de infraestructura vial urbana*. Municipio de Guayaquil.

Transporte., I. d. (2012). *Diseño de intersecciones a desnivel*. INECO.

Vásquez, P. &. (2022). Evaluación de retornos y su impacto en la congestión urbana.
Revista Ecuatoriana de Movilidad, 7(1), 12-20.

VIALCO. (n.d.). *Carriles de aceleración y desaceleración: claves para la seguridad vial*.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Moggia Loor, Fernando Ignacio** con C.C: # 0925299117 y **Campoverde Yerovi, Carlos Andrés** con C.C: # 0927194654 autor/a del trabajo de titulación: **Soluciones viales en sectores congestionados de Guayaquil**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 8 de septiembre de 2025

f. Fernando Moggia
Moggia Loor, Fernando Ignacio

f. Carlos Campoverde
Campoverde Yerovi, Carlos Andrés



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Soluciones viales en sectores congestionados de Guayaquil		
AUTORES	Fernando Ignacio Moggia Loor y Carlos Andrés Campoverde Yerovi		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Von Buchwald De Janon, Federico, Ph.D.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	8 de septiembre de 2025	No. DE PÁGINAS:	83
ÁREAS TEMÁTICAS:	Tráfico y transporte, sostenibilidad y optimización.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Tráfico, transporte público, conteos vehiculares, análisis de capacidad, diseño vial y movilidad urbana		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>En las ciudades en crecimiento, el tráfico vehicular genera pérdidas significativas de tiempo, sociales y económicas, por lo cual se necesitan soluciones viales para que se optimice la movilidad urbana. En la presente investigación se realizó el estudio de 4 puntos en específico para plantear mejoras, que fueron verificadas en el software de simulación vehicular VISSIM, licencia la cual fue facilitada por la empresa CONSULAUDI CIA LTDA. La primera alternativa consistió en el desplazamiento de un semáforo y su correspondiente paso peatonal, a partir de la verificación de longitudes de cola. La segunda incluyó el rediseño del cruce del sistema Metrovía bajo las pilas de un puente y la reducción progresiva de carriles, lo que permitió eliminar un semáforo existente. La tercera propuso mantener cuatro carriles en la vía a la costa sentido hacia la ciudad hasta la bifurcación con la Av del bombero y la Av Rodríguez Bonin. Finalmente, la cuarta alternativa, de la vía a la costa, planteó la creación de un carril de estacionamiento, donde el transporte público pueda hacer detenciones para recoger o dejar pasajeros sin obstruir uno de los 3 carriles principales y un nuevo retorno en U con carriles de aceleración y desaceleración. En los resultados se puede evidenciar que las soluciones planteadas son viables y contribuirán para la mejor eficiencia de las vías analizadas, reduciendo tiempos de demora y la congestión.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SÍ	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-81749420 +593-9-83347237	E-mail: carlos_andres_campoverde@hotmail.com fmoggia1@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			