



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i2.4322>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

*Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección  
semaforizada: caso de estudio avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi*

*Methodological proposal for analyzing the level of service at a signalized  
intersection: case study of Metropolitana Avenue and 10 de Agosto, Montecristi*

*Proposta metodológica para análise do nível de serviço em um cruzamento  
semáforo: estudo de caso Avenida Metropolitana e 10 de Agosto, Montecristi*

Mayra Alexandra Lucas Valencia <sup>I</sup>

[mlucas0000@utm.edu.ec](mailto:mlucas0000@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-1218-3003>

Daniel Delgado <sup>II</sup>

[daniel.delgado@utm.edu.ec](mailto:daniel.delgado@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-5251-8037>

**Correspondencia:** [mlucas0000@utm.edu.ec](mailto:mlucas0000@utm.edu.ec)

\***Recibido:** 14 de febrero de 2025 \***Aceptado:** 11 de marzo de 2025 \* **Publicado:** 04 de abril de 2025

- I. Estudiante de Maestría en Ingeniería Civil, Mención Vialidad, Facultad de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Docente Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Avenida José María Urbina, Portoviejo EC130105, Manabí, Ecuador.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

## Resumen

El crecimiento acelerado del parque automotor y la falta de planificación vial han generado problemas significativos de congestión en diversas ciudades, afectando la movilidad y aumentando los tiempos de desplazamiento. En Montecristi, Manabí, la intersección semaforizada entre la avenida Metropolitana y la avenida 10 de Agosto presenta un flujo vehicular elevado, especialmente en los puntos de aproximación (PA) 1 y 3, lo que reduce el nivel de servicio y genera demoras considerables. En este contexto, el objetivo de la investigación es desarrollar una propuesta metodológica para evaluar el nivel de servicio en esta intersección, utilizando el software VISSIM para analizar el comportamiento del tráfico y plantear estrategias de optimización. La metodología incluyó aforos vehiculares de 7:00 a 19:00 durante los días lunes, miércoles y viernes, asegurando que las mediciones no estuvieran influenciadas por eventos atípicos. Se analizaron los volúmenes de tránsito en cada PA, identificando que la mayor carga vehicular ocurre entre las 11:30 y las 12:30 en los PA 1 y PA 3. Además, el reparto modal mostró un predominio de vehículos livianos (56.55%), seguido por motocicletas (27.52%), con menor participación de transporte pesado (6.17%) y buses (6.56%), los cuales generan interrupciones significativas en la fluidez del tráfico. A partir del análisis, se propusieron estrategias para mejorar la movilidad, incluyendo la optimización de tiempos semafóricos con mayor prioridad a la vía principal, la redistribución del flujo vehicular enfocada en transporte pesado y buses, la restricción de estacionamientos en zonas críticas y la prohibición de giros a la izquierda. Estas medidas permitirán reducir los tiempos de espera y mejorar el nivel de servicio de la intersección. El estudio contribuye a la planificación urbana mediante un enfoque basado en simulación, proporcionando herramientas replicables en otros contextos urbanos.

**Palabras clave:** Nivel de servicio; simulación; VISSIM; flujo vehicular; tránsito.

## Abstract

The accelerated growth of the vehicle fleet and the lack of road planning have generated significant congestion problems in several cities, affecting mobility and increasing travel times. In Montecristi, Manabí, the signalized intersection between Metropolitana Avenue and 10 de Agosto Avenue experiences high traffic flow, especially at approach points (AP) 1 and 3, which reduces the level of service and generates considerable delays. In this context, the objective of this research is to develop a methodological proposal to evaluate the level of service at this intersection, using VISSIM software to analyze traffic behavior and propose optimization strategies. The methodology included vehicle

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

gauging from 7:00 a.m. to 7:00 p.m. on Mondays, Wednesdays, and Fridays, ensuring that the measurements were not influenced by atypical events. Traffic volumes were analyzed in each PA, identifying that the greatest vehicular load occurs between 11:30 and 12:30 in PA 1 and PA 3. In addition, the modal distribution showed a predominance of light vehicles (56.55%), followed by motorcycles (27.52%), with a lower participation of heavy transport (6.17%) and buses (6.56%), which generate significant interruptions in traffic flow. Based on the analysis, strategies were proposed to improve mobility, including optimizing traffic signal timing with greater priority for the main road, redistributing traffic flow focused on heavy goods vehicles and buses, restricting parking in critical areas, and prohibiting left turns. These measures will reduce wait times and improve the intersection's level of service. The study contributes to urban planning through a simulation-based approach, providing tools that can be replicated in other urban contexts.

**Keywords:** Level of service; simulation; VISSIM; traffic flow; traffic.

## Resumo

O crescimento acelerado da frota de veículos e a falta de planejamento rodoviário têm gerado problemas significativos de congestionamento em diversas cidades, afetando a mobilidade e aumentando os tempos de viagem. Em Montecristi, Manabí, o cruzamento semáforo entre a Avenida Metropolitana e a Avenida 10 de Agosto apresenta um elevado fluxo de tráfego, especialmente nos pontos de abordagem (PA) 1 e 3, o que reduz o nível de serviço e gera atrasos consideráveis. Neste contexto, o objetivo da pesquisa é desenvolver uma proposta metodológica para avaliar o nível de serviço neste cruzamento, utilizando o software VISSIM para analisar o comportamento do tráfego e propor estratégias de otimização. A metodologia incluiu capacidades de veículos das 7h00 às 19h00. às segundas, quartas e sextas-feiras, garantindo que as medições não fossem influenciadas por eventos atípicos. Foram analisados os volumes de tráfego em cada UC, identificando-se que a maior carga de veículos ocorre entre 11h30 e 12h30 na UC 1 e UC 3. Além disso, a distribuição modal apresentou predominância de veículos leves (56,55%), seguidos de motocicletas (27,52%), com menor participação de transporte pesado (6,17%) e ônibus (6,56%), que geram interrupções significativas no fluxo de tráfego. Com base na análise, foram propostas estratégias para melhorar a mobilidade, incluindo a otimização dos horários dos semáforos com maior prioridade à estrada principal, a redistribuição do fluxo de veículos centrado nos transportes pesados e autocarros, a restrição de estacionamento em zonas críticas e a proibição de conversões à esquerda. Estas medidas reduzirão os

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

tempos de espera e melhorarão o nível de serviço no cruzamento. O estudo contribui para o planejamento urbano através de uma abordagem baseada em simulação, fornecendo ferramentas replicáveis em outros contextos urbanos.

**Palavras-chave:** Nível de serviço; simulação; VISIM; fluxo veicular; trânsito.

## Introducción

El crecimiento acelerado del parque vehicular en los últimos años ha intensificado la congestión en múltiples ciudades del mundo, afectando significativamente la movilidad urbana (Delgado et al., 2021). En América del Sur, este problema se agrava debido a la expansión urbana no planificada, donde los criterios de sostenibilidad no se integran de manera efectiva en el desarrollo de las ciudades. La falta de planificación genera un uso intensivo del transporte privado, ya que las distancias funcionales y territoriales dificultan la movilidad peatonal y el acceso eficiente a los servicios públicos (Delgado et al., 2020).

En la provincia de Manabí, varios estudios han abordado el análisis del tránsito vehicular en distintas intersecciones y localidades (Casanova & Delgado, 2015; Gutiérrez et al., 2020; Loor et al., 2021; Abata et al., 2022; Gómez & Delgado, 2022; Nazareno et al., 2022; Solórzano et al., 2022; Zambrano et al., 2022; Barreto & Delgado, 2023; Chávez et al., 2023; Loor-Macías et al., 2025). Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones han sido limitadas en el uso de herramientas avanzadas para la gestión del tráfico, lo que ha restringido la capacidad de generar soluciones óptimas para mejorar la movilidad urbana (Villavicencio & Delgado, 2023).

Los vehículos motorizados no solo representan una de las principales causas de accidentes de tránsito a nivel mundial (Vera et al., 2022), sino que también son una fuente significativa de contaminación ambiental. Se estima que más del 75 % de las emisiones de monóxido de carbono (CO) y el 60 % de los óxidos de nitrógeno (NOx) provienen del transporte motorizado (Gately et al., 2017). Estas emisiones afectan directamente la salud de la población urbana, incrementando la prevalencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (OMS, 2018).

Las intersecciones viales desempeñan un papel clave en la regulación del flujo vehicular y son fundamentales para la eficiencia del tránsito en las ciudades. Estas infraestructuras permiten la circulación de diferentes medios de transporte mediante mecanismos de control, como semáforos y señalización vial (Villavicencio & Delgado, 2023). En áreas de alta congestión, las intersecciones

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

semaforizadas son esenciales para mitigar conflictos entre vehículos, ciclistas y peatones, reduciendo la probabilidad de accidentes y mejorando la fluidez del tráfico (Gómez & Delgado, 2022).

La evaluación del nivel de servicio en intersecciones semaforizadas puede abordarse desde distintos enfoques metodológicos. Tradicionalmente, se han utilizado observaciones manuales del flujo vehicular (Loor et al., 2021; Gómez & Delgado, 2022) y metodologías basadas en el Highway Capacity Manual (HCM, 2010), ampliamente reconocidas en estudios de tráfico. En los últimos años, los modelos de simulación digital han ganado protagonismo al permitir el análisis detallado del comportamiento vehicular en entornos urbanos. La microsimulación de tráfico, en particular, ha demostrado ser una herramienta eficaz para evaluar y diseñar estrategias de control del tránsito. Sin embargo, su aplicación requiere datos precisos que reflejen las complejidades del tráfico mixto, considerando variaciones en aceleración, velocidad y dimensiones de los vehículos. Gracias a los avances tecnológicos, estas simulaciones han mejorado significativamente, incorporando variables adicionales, como las características demográficas de los conductores (Loor et al., 2021).

Uno de los softwares más utilizados a nivel global para la microsimulación de tráfico es VISSIM, que ha demostrado ser una herramienta confiable en diversos estudios (Shaaban & Kim, 2015; Villavicencio & Delgado, 2023; Guillen & Delgado, 2024).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo principal desarrollar una propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada, tomando como caso de estudio la intersección de la avenida Metropolitana y 10 de Agosto en Montecristi, Manabí, Ecuador. Para ello, se empleará el software VISSIM con el fin de evaluar el flujo vehicular y proponer estrategias que optimicen la movilidad en la zona de estudio.

Este trabajo es de gran importancia tanto para la comunidad científica como para la planificación urbana y la toma de decisiones en materia de movilidad. En términos académicos, contribuye al desarrollo de metodologías más robustas para la evaluación del tránsito vehicular, incorporando herramientas avanzadas de simulación. A nivel práctico, los resultados permitirán a las autoridades locales y a los responsables de la gestión del tráfico implementar medidas que reduzcan la congestión, minimicen el impacto ambiental y mejoren la seguridad vial en Montecristi.

## Metodología

El estudio se enfocó en analizar la intersección entre la Avenida Metropolitana y la calle 10 de Agosto en Montecristi, caracterizada por un alto flujo vehicular. Para ello, se realizó una recopilación de

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

datos en campo mediante aforos vehiculares manuales en tres días seleccionados estratégicamente (lunes, miércoles y viernes), con el fin de evitar distorsiones en la información debido a eventos atípicos. Las mediciones abarcaron 12 horas continuas (07:00-19:00), segmentadas en intervalos de 15 minutos, lo que permitió obtener un panorama detallado sobre la composición del tráfico. Se contabilizaron distintos tipos de vehículos, tales como bicicletas, motocicletas, vehículos livianos, camiones y autobuses, siguiendo metodologías establecidas por estudios previos (Gómez & Delgado, 2022; Villavicencio & Delgado, 2023; Guillen & Delgado, 2024) y normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (2013).

Además de los registros vehiculares, se analizaron las características geométricas de la intersección, incluyendo dimensiones transversales y longitudinales verificadas mediante trabajo de campo y bases de datos satelitales como OpenStreetMap. Se documentaron aspectos clave, como el número de carriles, pendientes, tipos de zonas aledañas, ubicación de estacionamientos, paradas de buses, pasos peatonales y tiempos de ciclos semaforicos. Se determinó que la Avenida Metropolitana cuenta con dos calzadas de doble sentido y una pendiente del 1%, mientras que la calle 10 de Agosto tiene una calzada bidireccional con una pendiente del 6%. Se observó un estado regular del pavimento, con deficiencias en la señalización horizontal y ausencia de señalización vertical en varios puntos.

Para evaluar el comportamiento del tráfico, los datos recopilados se utilizaron en simulaciones mediante el software PTV VISSIM, el cual aplica la metodología del Highway Capacity Manual (HCM) de 2000 y 2010. Se establecieron los niveles de servicio de acuerdo con los estándares de este manual (ver Tabla 1). En la simulación, se representó con precisión la configuración vial, incluyendo carriles disponibles, sentidos de circulación, giros permitidos y zonas de conflicto. Se identificaron 16 puntos de interacción vehicular crítica, destacándose la problemática de los giros a la izquierda, un fenómeno recurrente en intersecciones semaforizadas.

El tráfico peatonal también fue analizado siguiendo la metodología propuesta por Loo et al. (2021), mediante conteos de peatones en distintos momentos del día. Se identificó el periodo de mayor afluencia y se extrapoló a peatones por hora para evaluar su impacto en la movilidad.

La simulación integró además la gestión semaforica existente, configurando los tiempos de fase y sincronización con el flujo vehicular y peatonal. La intersección cuenta con cuatro accesos, por lo que se estructuraron los ciclos semaforicos en cuatro fases, asegurando que los peatones crucen en condiciones seguras.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

El análisis inicial permitió determinar el nivel de servicio actual de la intersección, mientras que la fase de simulación exploró posibles estrategias de optimización. Entre las medidas evaluadas se incluyeron ajustes en los tiempos semafóricos, restricciones de ciertos giros y la eliminación de zonas de estacionamiento cercanas. Cada alternativa fue simulada para medir su impacto en la reducción de la congestión vehicular y mejorar la fluidez del tráfico.

El enfoque metodológico adoptado permite realizar un análisis exhaustivo del comportamiento del tráfico en la intersección, brindando herramientas para la toma de decisiones en gestión urbana y movilidad. Los resultados obtenidos fueron comparados con estudios previos, identificando similitudes y diferencias atribuibles a variaciones metodológicas y cambios en la dinámica vehicular.

*Tabla 1. Nivel de servicio - intersección semaforizada (HCM, 2010)*

Nivel de servicio	Demora por vehículo (s/veh)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55

## Resultados y discusión

### Área de estudio

Montecristi, una ciudad ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador, es la cabecera cantonal del cantón homónimo. Reconocida por su tradición artesanal, es cuna del icónico sombrero de paja toquilla, conocido internacionalmente como "Panama Hat" a pesar de su origen ecuatoriano. Esta destreza artesanal ha posicionado a la ciudad como un referente cultural y turístico a nivel nacional e internacional.

En términos de movilidad, Montecristi ha desempeñado un papel clave en la red de transporte del país. En 2007, la ciudad fue sede de la Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador, lo que reforzó su importancia estratégica y dejó como legado edificaciones en la cima de la urbe. Además, su ubicación la convierte en un punto de paso crucial para la conectividad entre ciudades de alto flujo comercial e industrial, como Manta y Guayaquil, así como Manta y Portoviejo. Manta, uno de los principales puertos del país, gestiona un volumen significativo de mercancías de comercio nacional e internacional, lo que impacta directamente en la carga vehicular que atraviesa Montecristi.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

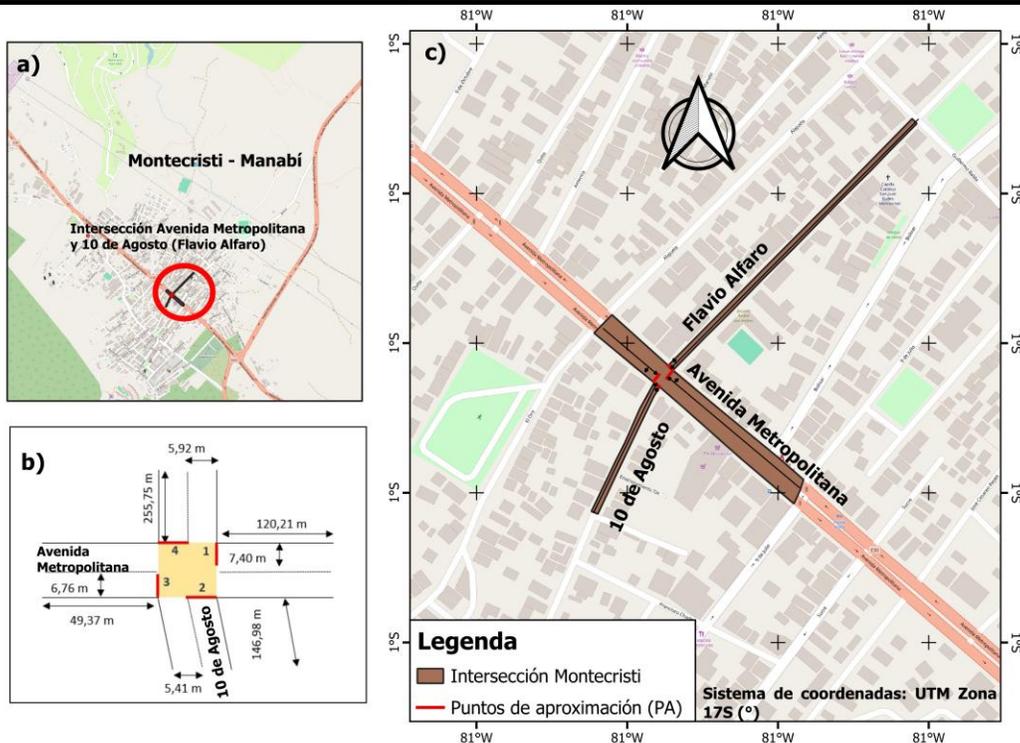
Un factor adicional que incrementa la movilidad en la ciudad es la festividad en honor a la Virgen de Monserrat, que se celebra del 12 al 21 de noviembre. Durante este periodo, la afluencia de feligreses genera un aumento sustancial del tránsito vehicular y peatonal, lo que demanda una infraestructura vial eficiente para mitigar la congestión.

La intersección objeto de estudio, situada entre la Avenida Metropolitana y la calle 10 de Agosto, se encuentra regulada por un semáforo de dos tiempos con una distribución de 74 segundos. Para la avenida principal, la fase verde es de 44 segundos, la amarilla de 3 segundos y la roja de 27 segundos. En las vías secundarias, la luz roja predomina con 44 segundos. Esta regulación condiciona el flujo vehicular y su eficiencia en la intersección.

Mediante el levantamiento topográfico de la zona, se identificaron las características de la infraestructura vial. La Avenida Metropolitana cuenta con dos calzadas, cada una con dos carriles por sentido y una pendiente del 1%, sin carriles exclusivos de circulación. Las calles 10 de Agosto y Flavio Alfaro presentan una calzada de doble circulación con una pendiente del 6%. Se determinó que el estado del pavimento es regular, la señalización horizontal está deteriorada y no se cuenta con señalización vertical adecuada.

Uno de los aspectos más relevantes de la intersección es la longitud de sus vías. La más extensa, con 255.75 metros, corresponde a la calle Flavio Alfaro (ver Fig. 1). En cada punto de aproximación (PA) de la intersección se han identificado dos carriles que permiten dos maniobras principales: giros a la izquierda o derecha y desplazamiento en línea recta. A pesar de la ausencia de señalización que autorice cambios de carril, se observó que algunos vehículos realizan esta maniobra, lo que se ha cuantificado y considerado en los cálculos.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi



*Fig. 1. Intersección semaforizada en la confluencia de las avenidas Metropolitana y 10 de Agosto (Flavio Alfaro). (a) Representación del área circundante, una de las zonas de mayor tránsito en la ciudad; (b) Esquema de las dimensiones geométricas de la intersección, ajustado para mejorar la visualización y comprensión de las proporciones; (c) Detalle específico de la intersección.*

En términos de restricciones viales, en el PA 1 no se permite el estacionamiento en el carril derecho en dirección del flujo vehicular. En el PEA 3, existen espacios en la calzada utilizados para estacionamientos diagonales, los cuales generan riesgos para la circulación. Además, se identificó la existencia de paradas de buses en la Avenida Metropolitana que, al no estar debidamente delimitadas, afectan la fluidez del tráfico, agravando la congestión vehicular.

### Reparto modal en la intersección de estudio

El estudio del tránsito vehicular en la intersección semaforizada de la avenida Metropolitana y la avenida 10 de Agosto, ubicada en Montecristi, provincia de Manabí, revela una clara predominancia de vehículos livianos, seguidos por motocicletas, mientras que el uso de bicicletas, transporte pesado y buses es considerablemente menor (Fig. 3).

Durante el período de observación, que abarcó varios días, se registró un total de 27,638 vehículos. La distribución modal refleja una marcada preferencia por ciertos tipos de transporte en la zona de estudio:

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

- **Vehículos livianos:** Constituyen el 56.55% del total vehicular, confirmando su prevalencia en esta área. Este alto porcentaje sugiere que una parte significativa de los desplazamientos está vinculada a actividades comerciales, laborales y cotidianas.
- **Motocicletas:** Representan el 27.52% del flujo vehicular. Su elevado porcentaje indica que las motocicletas son una opción de movilidad ampliamente utilizada, probablemente por su rapidez y eficiencia en el tránsito urbano.
- **Bicicletas:** Su participación en el tránsito es del 3.21%, un porcentaje bajo en comparación con otros modos de transporte. Sin embargo, su presencia es relevante, ya que evidencia una tendencia hacia formas de movilidad más sostenibles.
- **Transporte pesado:** Con un 6.17% del tráfico registrado, la presencia de camiones y otros vehículos de carga genera un impacto significativo en la movilidad. Debido al ancho limitado de las vías y a la complejidad de las maniobras que requieren estos vehículos, se producen frecuentes interrupciones en la fluidez del tránsito, aumentando los tiempos de desplazamiento y el riesgo de accidentes.
- **Buses:** Representan el 6.56% del total vehicular, lo que indica un uso moderado del transporte público. No obstante, al igual que el transporte pesado, su presencia en vías de dimensiones reducidas crea puntos de congestión, afecta la seguridad de los peatones y limita la posibilidad de que la bicicleta se convierta en una alternativa viable para la movilidad urbana.

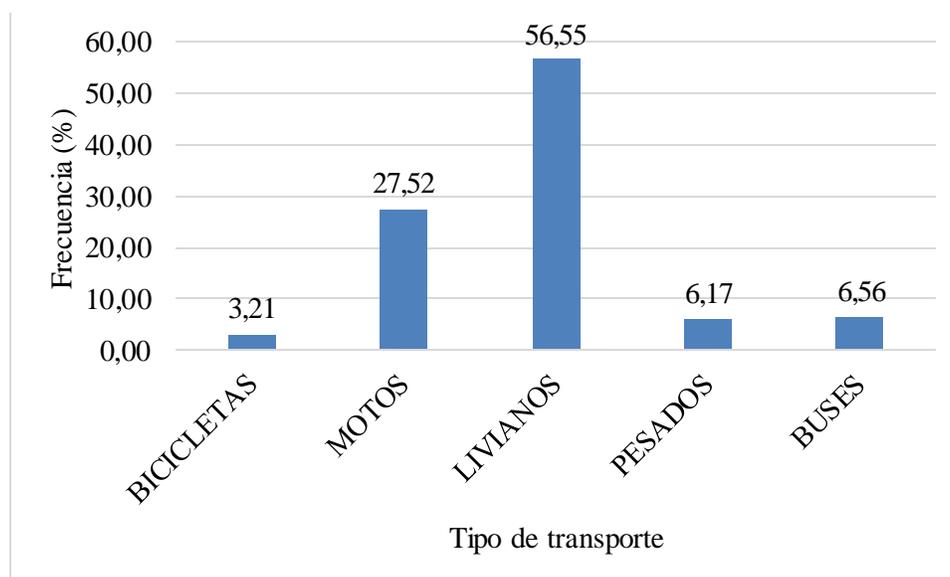
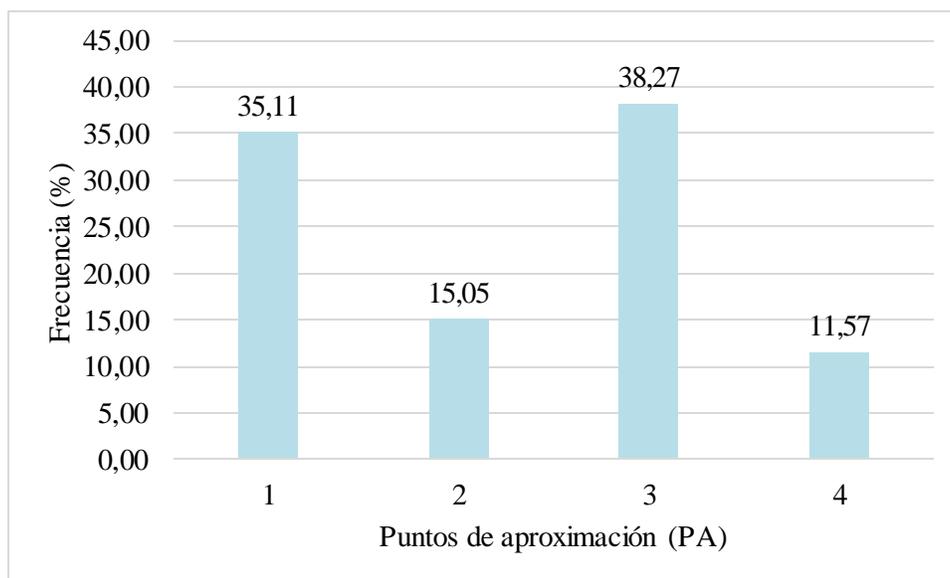


Fig. 3. Reparto modal en la intersección analizada

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

El análisis por punto de aproximación (PA) permite identificar variaciones en la intensidad del flujo vehicular dependiendo de la dirección de acceso a la intersección. Los datos se distribuyen de la siguiente manera (Fig. 4):

- **PA 1:** Este punto registró el mayor volumen de tránsito con 9,704 vehículos, lo que equivale al 35.11% del total. La alta afluencia se atribuye a la importancia de esta vía como una de las principales arterias de conexión en la zona.
- **PA 3:** Con un total de 10,577 vehículos, representa el 38.27% del flujo vehicular, consolidándose como la principal entrada y salida de la intersección.
- **PA 2:** Registró un flujo de 4,160 vehículos, lo que equivale al 15.05% del tránsito total. Su menor participación se debe a la menor relevancia en términos de conexiones viales directas.
- **PA 4:** Con un total de 3,197 vehículos, representa el 11.57% del tránsito. Su bajo volumen en comparación con los demás puntos de aproximación se relaciona con el tipo de infraestructura vial o el uso predominante de la vía.



*Fig. 4. Distribución de los vehículos por PA*

### Horas pico

El propósito de esta sección es identificar los intervalos horarios de mayor congestión, específicamente los cuatro períodos consecutivos de 15 minutos que registran la mayor cantidad de vehículos circulando cada día, para cada Punto de Análisis (PA). Este análisis facilitará la

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

determinación de las horas de máxima congestión, permitiendo un estudio detallado del nivel de servicio utilizando el software VISSIM.

En cuanto a los PA 1 y PA 3, se observa un claro incremento del flujo vehicular en la franja horaria comprendida entre las 11:30 y las 12:30, donde el volumen de tráfico llega a triplicarse en comparación con los períodos de menor circulación dentro del intervalo de tiempo analizado. Por otro lado, los PA 2 y PA 4 presentan un uso mucho más reducido, lo que dificulta la identificación precisa de las horas pico a partir de los gráficos. Para estos puntos, las horas de mayor concentración vehicular se registraron entre las 17:45 y las 18:45. Asimismo, se destaca que los PA ubicados en la misma vía, pero en sentidos opuestos, muestran una notable similitud en cuanto a los horarios de mayor congestión.

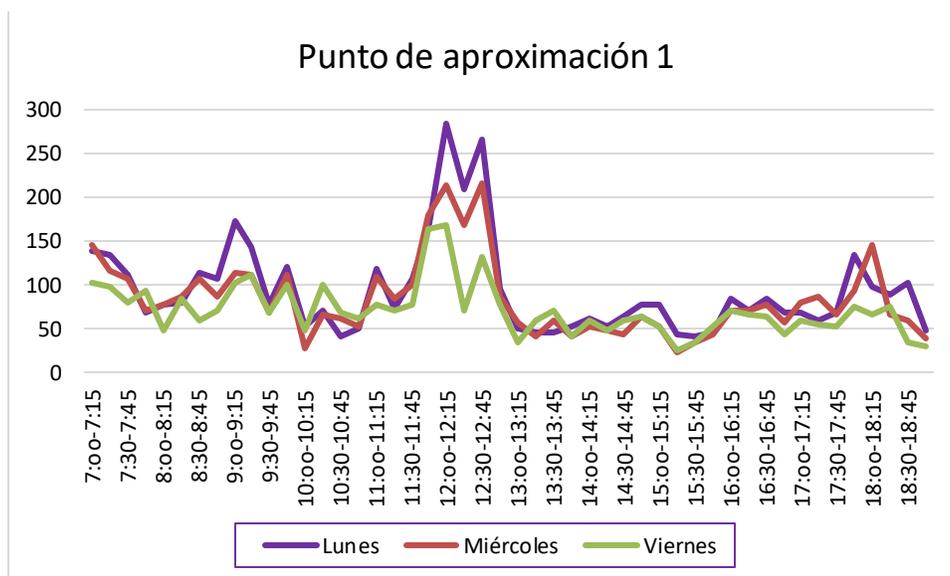


Fig. 5. Distribución vehicular en función de intervalos de 15 minutos para el PA1

Para el PA1 (Fig. 5) se observa una similitud considerable en la hora pico del medio día. Desde un punto de vista general, el lunes es el día con mayor afluencia de tráfico y se pueden evidenciar ligeros cambios en ciertas horas de la mañana considerando los días miércoles y viernes.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
 avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

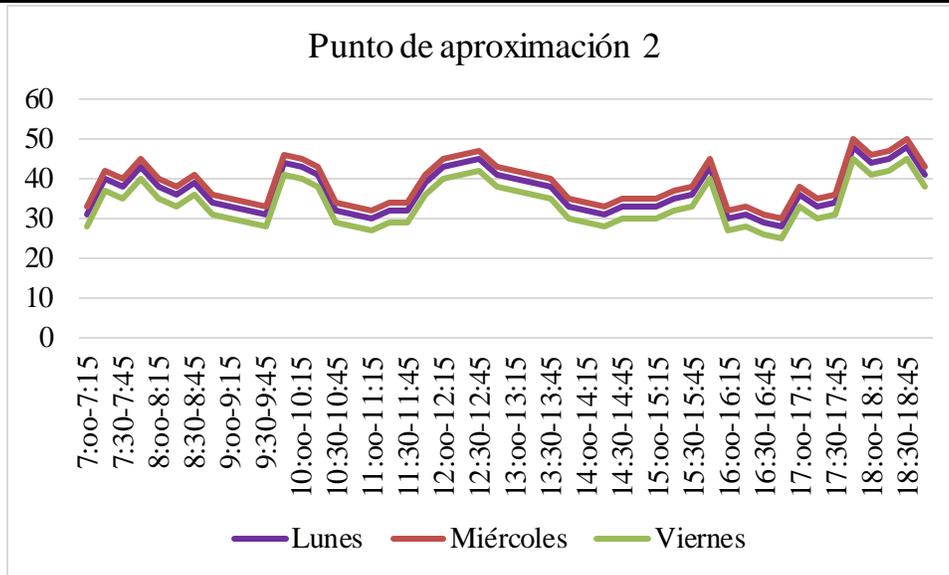


Fig. 6. Distribución vehicular en función de intervalos de 15 minutos para el PA2

El PA2 (Fig. 6) muestra una clara coordinación de los días analizados. El miércoles registra la mayor afluencia vehicular, pero los porcentajes de modificación son inferiores al 20%. Esto se debe a que estas vías son menos utilizadas en función de las vías principales, lo que genera que el comportamiento se asemeje más a los comportamientos de los propios residentes de la ciudad y no esté tan enfocado con el tránsito externo que circula por la vía.

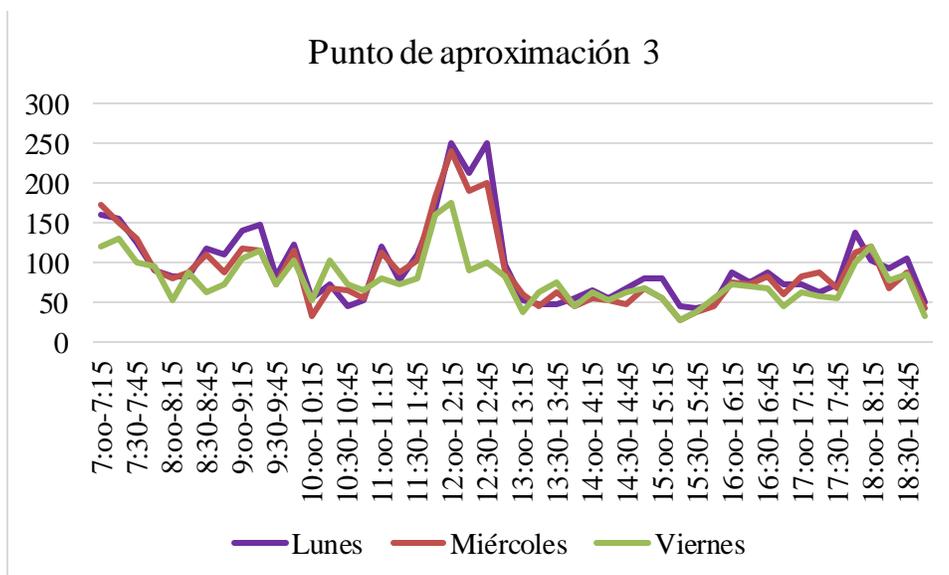


Fig. 7. Distribución vehicular en función de intervalos de 15 minutos para el PA3

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

El PA3 (Fig. 7) es el punto de análisis más relevante en la intersección estudiada, ya que registra el mayor volumen de vehículos. No obstante, la distribución horaria de este punto es muy similar a la del PA1, ubicado en la misma vía, pero en sentido contrario. Esta coincidencia sugiere que el flujo vehicular sigue patrones similares, relacionados con los desplazamientos fuera de la ciudad, los cuales se concentran principalmente durante las horas del mediodía.

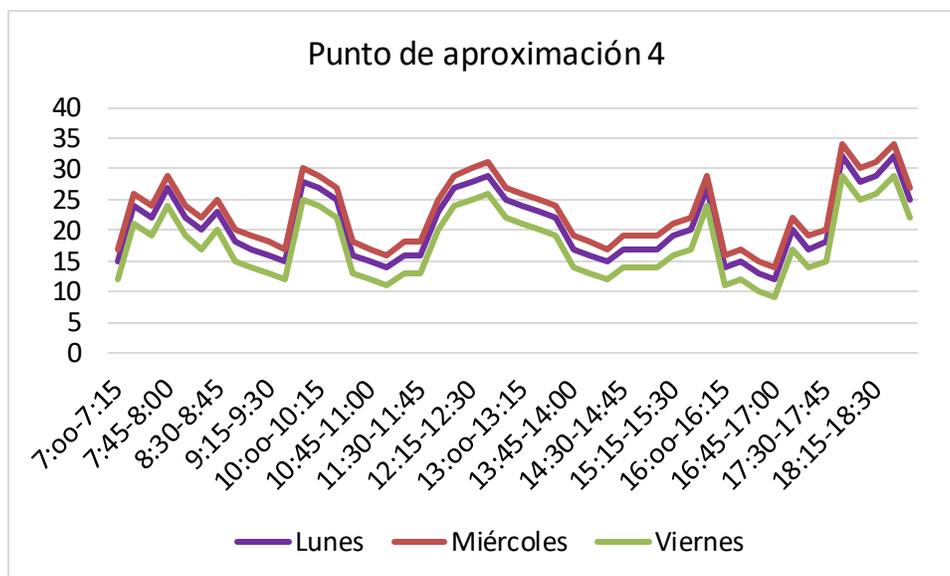


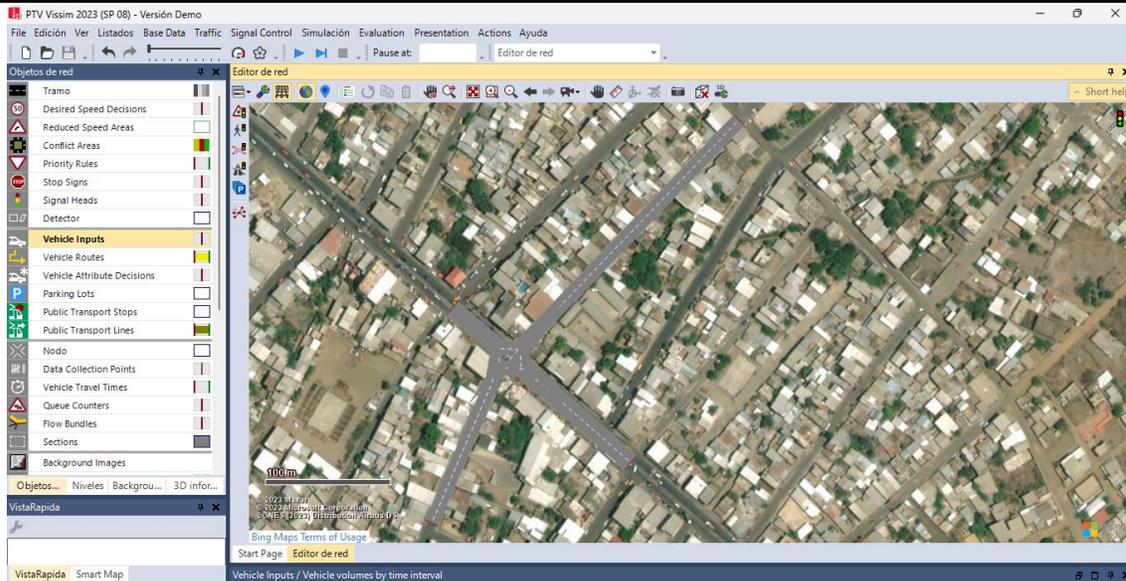
Fig. 8. Distribución vehicular en función de intervalos de 15 minutos para el PA4

El PA4 (Fig. 8) presenta un comportamiento similar al del PA2, ya que ambos corresponden a vías secundarias con un flujo vehicular reducido. Este es el punto de análisis con menor circulación dentro de la intersección estudiada, y su tráfico se asocia principalmente a actividades residenciales y a los hábitos cotidianos de los habitantes de la zona.

### Nivel de servicio simulado mediante VISSIM

En la presente sección, se evalúa el rendimiento de la intersección semaforizada ubicada en la confluencia de la Avenida Metropolitana con las calles 10 de Agosto y Flavio Alfaro, en la ciudad de Montecristi. Para este análisis, se emplea el software VISSIM, que permite simular y evaluar el nivel de servicio (LOS, por sus siglas en inglés) de la intersección. Este estudio forma parte de un análisis más amplio de la dinámica vehicular y peatonal en una zona urbana caracterizada por elevados niveles de congestión, con el fin de optimizar el flujo vehicular y mejorar las condiciones de seguridad.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

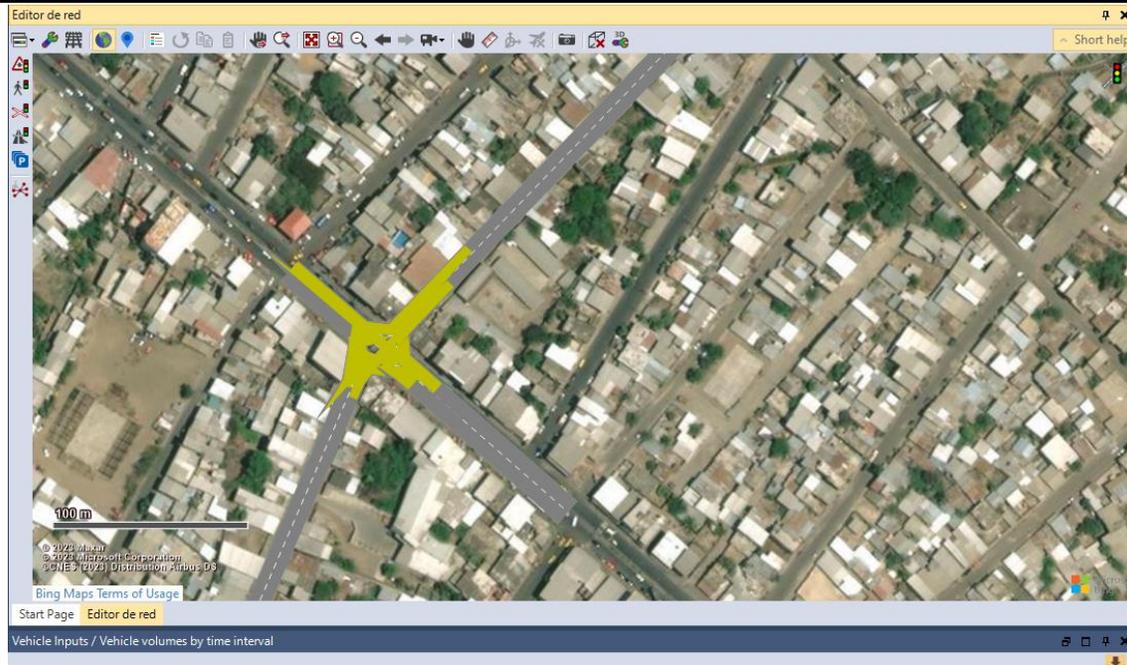


*Fig. 9. Identificación de intersección en software de simulación*

La Fig. 9 presenta la delimitación de la zona de estudio, la cual fue correctamente integrada en el software VISSIM. Para realizar la simulación, se introdujeron datos esenciales sobre la intersección, tales como las geometrías viales, los ciclos semafóricos, los volúmenes de tráfico vehicular y los flujos peatonales. Las geometrías incluyeron las características de los carriles de circulación, como su longitud, ancho y la disposición de los cruces peatonales. Los tiempos de los semáforos fueron configurados según la regulación local, considerando los ciclos de los semáforos en verde, amarillo y rojo, así como los intervalos específicos destinados a los peatones.

Asimismo, se incorporaron los volúmenes de tráfico correspondientes a distintas horas del día, permitiendo la simulación bajo condiciones de horas pico y horas valle. Los volúmenes de tráfico vehicular se segmentaron según el tipo de vehículo (ligeros, medianos y pesados), lo que permitió un análisis más detallado de las interacciones entre los diversos usuarios de la vía. Los flujos peatonales, por su parte, se ajustaron a datos de conteos realizados in situ, lo que permitió una simulación más precisa del impacto del flujo peatonal en la intersección. Posteriormente, los vehículos fueron convertidos a unidades equivalentes de vehículos ligeros, conforme a las directrices del HCM 2010.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi



*Fig. 10. 16 puntos de conflictos identificados con VISSIM*

En la Fig. 10 se ilustran los 16 puntos de conflicto (mostrados en amarillo) observados en la intersección semaforizada, derivados de los múltiples movimientos permitidos en los carriles de aproximación. En cada uno de estos carriles se permiten tres maniobras principales: continuar recto, girar a la izquierda o girar a la derecha. Este patrón es común en intersecciones urbanas con alta densidad vehicular, donde la superposición de estos movimientos genera puntos críticos de conflicto que afectan tanto el nivel de servicio como la seguridad de los usuarios.

El análisis de los movimientos vehiculares realizado con VISSIM permitió identificar que el giro a la izquierda constituye el mayor desafío en términos de seguridad y eficiencia. Esta maniobra interrumpe el flujo vehicular en sentido contrario, lo que provoca desaceleraciones bruscas y aumenta los tiempos de espera en la intersección. Además, el giro a la izquierda tiene un impacto negativo en el tiempo en verde asignado a los peatones, dado que los vehículos deben atravesar los cruces peatonales para completar la maniobra, lo que genera un riesgo adicional para los transeúntes y reduce la efectividad del ciclo semafórico (se consideraron 698 peatones por hora simulando el escenario más desfavorable).

La simulación permitió evaluar diversos escenarios y determinar que la eliminación o restricción del giro a la izquierda podría mejorar significativamente la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de espera tanto para vehículos como para peatones (Fig. 11). Sin embargo, cualquier modificación

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
 avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

propuesta en la configuración de la intersección deberá considerar estudios adicionales que analicen el impacto sobre los tiempos de viaje y el acceso a las vías circundantes.



Fig. 11. Simulación vehicular con VISSIM

Tabla 2. Nivel de servicio por PA

Parámetros	P. A. 1		P. A. 2		P. A. 3		P. A. 4	
	Izquierd o	Derech o	Izquierd o	Derech o	Izquierd o	Derech o	Izquierd o	Derech o
<b>d1</b>	17,9	18,2	16,2	17	19,8	20,1	14,5	15,8
<b>Rp (tabla)</b>	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<b>Fpa (tabla)</b>	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
<b>P</b>	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
<b>PF</b>	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
<b>k (para semaforos, 0,5)</b>	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
<b>I</b>	0,75	0,72	0,88	0,85	0,6	0,57	1,05	0,92
<b>d2</b>	5,1	8,3	3,4	6	5,5	9,8	2	6,8
<b>d residual</b>	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
 avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

<b>Demora por carril</b>	29,5	35,2	25,3	29,8	38,9	42,3	19,8	26,1
<b>Demora en aproximación</b>	<b>32,35</b>		<b>27,6</b>		<b>40,2</b>		<b>22,45</b>	
<b>Demora en intersección</b>	<b>34</b>							

El análisis del nivel de servicio (LOS) en la intersección semaforizada se basa en la demora por vehículo en cada punto de aproximación (P.A.), conforme a los criterios del Highway Capacity Manual (HCM). En el P.A. 1, los valores de demora fueron de 29,5 s en el carril izquierdo y 35,2 s en el derecho, lo que implica que el primero se encuentra en nivel C y el segundo en D. Este resultado indica que la circulación en este punto es moderadamente fluida, aunque el carril derecho presenta tiempos de espera más elevados, lo que se asocia a un mayor volumen de tráfico o, también, a una fase semafórica desfavorable (Delgado et al., 2021). En el P.A. 2, la demora fue de 25,3 s en el carril izquierdo y 29,8 s en el derecho, ubicando a ambos en LOS C, lo que sugiere que el flujo vehicular es aceptable, sin llegar a niveles de congestión críticos.

Por otro lado, el P.A. 3 presentó los valores más altos de demora con 38,9 s en el carril izquierdo y 42,3 s en el derecho, situándose ambos en LOS D. Este punto experimenta tiempos de espera prolongados, lo que indica una reducción en la eficiencia del flujo vehicular. Esta situación se vincula a una mayor demanda de tránsito y a condiciones operativas que limitan la capacidad de evacuación del tráfico en cada ciclo semafórico. Finalmente, en el P.A. 4, la demora fue de 19,8 s en el carril izquierdo y 26,1 s en el derecho, lo que ubica al primero en LOS B y al segundo en LOS C. En este caso, el flujo es relativamente ágil en comparación con los otros puntos de la intersección.

En términos globales, la demora promedio en la intersección es de 34 s, lo que la sitúa en un nivel de servicio C. Este resultado indica que la intersección funciona con una eficiencia moderada, aunque con ciertas áreas que podrían mejorarse. En particular, el P.A. 3, que opera en LOS D, representa el principal punto de congestión dentro del sistema. La optimización de la programación semafórica, la redistribución de flujos o incluso intervenciones en la geometría de la intersección podrían ser medidas a considerar para mejorar el desempeño en este sector.

### Estrategias para mejorar el nivel de servicio

La intersección analizada presenta problemas de congestión, especialmente en la avenida principal, donde se encuentran los puntos de aproximación PA1 y PA3. El análisis evidenció que las vías

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

secundarias, aunque forman parte del sistema de tráfico, tienen un flujo considerablemente menor, lo que indica que los tiempos semafóricos podrían no estar distribuidos de manera óptima. Además, factores como la interferencia de giros a la izquierda, la presencia de vehículos estacionados en los puntos de aproximación y la alta frecuencia de vehículos pesados y buses contribuyen a la disminución del desempeño de la intersección. A continuación, se proponen estrategias enfocadas en mejorar la circulación, reducir los tiempos de espera y optimizar el uso de la infraestructura vial.

### **Optimización de la programación semafórica**

Actualmente, la intersección cuenta con un ciclo semafórico de 74 segundos, donde la avenida principal dispone de 44 segundos de fase verde, 3 segundos de fase amarilla y 27 segundos de fase roja. Las vías secundarias permanecen con una luz roja de 44 segundos, lo que, considerando su bajo flujo, representa una posible ineficiencia en la distribución del tiempo.

Se propone aumentar en 4 segundos la fase verde de la avenida principal (de 44 a 48 segundos), lo que permitirá mejorar el flujo vehicular y reducir la congestión. Para mantener la duración total del ciclo en 74 segundos, la fase roja en la avenida principal se reducirá en 4 segundos (de 27 a 23 segundos), mientras que en las vías secundarias se reducirá su fase verde en 4 segundos (de 30 a 26 segundos).

Este ajuste permitiría disminuir la demora en los PA1 y PA3 en 5 a 7 segundos por vehículo, lo que optimizaría el nivel de servicio sin afectar de manera significativa el tiempo de espera en las vías secundarias, que presentan menor demanda de tránsito.

### **Prohibición del giro a la izquierda**

El giro a la izquierda en la intersección genera interrupciones significativas en el flujo vehicular, especialmente en la avenida principal. Su eliminación permitiría reducir las demoras y mejorar la seguridad, evitando conflictos con los vehículos que circulan en sentido contrario.

Se propone prohibir el giro a la izquierda en PA1 y PA3 y habilitar rutas alternativas mediante retornos controlados o intersecciones cercanas. Con esta medida, se estima una reducción de 4 a 6 segundos en la demora de los vehículos que actualmente esperan para realizar el giro. Además, la eliminación de este conflicto facilitaría una circulación más fluida y reduciría el riesgo de accidentes en la intersección.

### **Restricción de estacionamientos en los PA1 y PA3**

Los vehículos estacionados en los puntos de aproximación generan una reducción en la capacidad efectiva de los carriles, lo que incrementa la congestión y los tiempos de espera. Se propone prohibir

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

el estacionamiento en un radio de 50 metros antes de la intersección en los PA1 y PA3, asegurando que los carriles estén completamente habilitados para el tránsito.

Con esta medida, la capacidad de la intersección aumentaría en aproximadamente 10-15%, lo que se traduciría en una reducción de 3 a 5 segundos en los tiempos de espera de los vehículos en los PA1 y PA3. Además, se mejoraría la visibilidad y seguridad de la zona, evitando maniobras peligrosas de ingreso y salida de vehículos estacionados.

### **Redistribución de flujos vehiculares (enfocada en vehículos pesados y buses)**

Uno de los factores que contribuyen al congestionamiento en la intersección es la alta presencia de vehículos pesados y buses, los cuales tienen una frecuencia elevada en la zona de estudio y generan demoras significativas en los PA1 y PA3. Se propone la implementación de rutas alternativas para estos vehículos, desviando parte de su flujo a vías con menor carga vehicular o a horarios con menor demanda.

Se recomienda establecer restricciones parciales para vehículos pesados y buses en ciertos horarios de alta congestión o incentivar su circulación por rutas alternas mediante señalización y adecuaciones viales.

Con esta estrategia, se estima que la reducción en la carga vehicular de la avenida principal permitiría disminuir los tiempos de espera en 4 a 6 segundos en PA1 y PA3, lo que contribuiría a mejorar su nivel de servicio sin afectar significativamente a otros usuarios de la vía.

### **Implementación de programas de educación vial**

El comportamiento de los conductores influye directamente en la eficiencia del tráfico. La implementación de programas de educación vial enfocados en el respeto a la semaforización, la reducción de maniobras indebidas y el uso adecuado de los carriles puede mejorar la circulación en la intersección.

Se espera que la reducción de maniobras agresivas e indebidas permita disminuir las demoras en un rango de 2 a 3 segundos por vehículo en toda la intersección. Además, una mejor conciencia sobre el uso correcto de los carriles y la prioridad de paso puede contribuir a mejorar el nivel de servicio de manera sostenida en el tiempo.

En general, si se implementan todas las estrategias propuestas, la demora promedio en la intersección podría reducirse en aproximadamente 15 a 20 segundos, lo que podría significar una mejora en el nivel de servicio, especialmente en los PA1 y PA3. La redistribución de los tiempos semafóricos priorizando la avenida principal, junto con la eliminación del giro a la izquierda y la restricción del

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

estacionamiento, permitiría un uso más eficiente de la infraestructura vial, mejorando la fluidez del tráfico y reduciendo la congestión.

## Conclusiones

El presente estudio ha permitido analizar en detalle la dinámica del tránsito vehicular en la intersección semaforizada de la avenida Metropolitana y la avenida 10 de Agosto en Montecristi, provincia de Manabí. A partir del análisis del reparto modal, se identificó que la mayoría del tráfico está compuesto por vehículos livianos (56.55%) y motocicletas (27.52%), mientras que el uso de bicicletas, transporte pesado y buses representa porcentajes significativamente menores. La alta dependencia de los vehículos livianos y motocicletas sugiere que las estrategias de gestión del tráfico deben priorizar la optimización de su circulación sin desatender la integración de modos de transporte más sostenibles.

El estudio de los periodos de máxima congestión reveló que los PA1 y PA3 experimentan los mayores flujos vehiculares entre las 11:30 y las 12:30, con un incremento de tráfico que triplica el registrado en horas de menor circulación. En contraste, los PA2 y PA4 presentan volúmenes de tránsito considerablemente más bajos, con picos en la franja horaria de 17:45 a 18:45. Esta diferencia en la distribución del flujo vehicular indica que la demanda de movilidad en la zona está concentrada en las principales vías de acceso a la intersección, lo que justifica la implementación de estrategias diferenciadas de gestión del tráfico en función de la intensidad del flujo vehicular.

La optimización de la programación semafórica se identificó como una medida clave para mejorar el nivel de servicio (LOS) en la intersección. La redistribución del tiempo de fase verde para priorizar el tránsito en la avenida principal permitiría una reducción significativa de los tiempos de espera en PA1 y PA3, mejorando la eficiencia del flujo vehicular sin afectar de manera considerable las vías secundarias. Adicionalmente, la prohibición del giro a la izquierda en estos puntos de aproximación y la restricción del estacionamiento en un radio de 50 metros antes de la intersección contribuirían a disminuir los conflictos viales y aumentar la capacidad efectiva de la infraestructura.

Otro aspecto crítico identificado en el análisis fue la incidencia de vehículos pesados y buses en la congestión de la intersección. Aunque estos representan un porcentaje relativamente bajo del total vehicular (6.17% y 6.56%, respectivamente), su impacto en la fluidez del tránsito es considerable debido a la geometría vial y la necesidad de maniobras amplias. La redistribución de estos vehículos

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

a rutas alternativas o la restricción de su circulación en horas pico podría ser una solución viable para mitigar los efectos negativos sobre la movilidad en la intersección.

Desde una perspectiva metodológica, este trabajo destaca por su enfoque basado en el análisis detallado de cada punto de aproximación, complementado con herramientas de modelado y simulación como VISSIM. La integración de datos de reparto modal, horarios de máxima congestión y estrategias de optimización semafórica permite generar un diagnóstico preciso que puede ser replicado en otros entornos urbanos con características similares. Además, la consideración de estrategias de gestión de tránsito adaptadas a las necesidades específicas de cada punto de aproximación representa un avance significativo en la planificación de intersecciones urbanas con altos volúmenes de tráfico.

El aporte de este estudio a la comunidad científica e investigativa radica en la combinación de análisis empírico y modelado de tráfico para la optimización del nivel de servicio en intersecciones urbanas complejas. La metodología empleada no solo permite identificar problemas específicos de congestión, sino que también propone soluciones fundamentadas en datos cuantitativos que pueden ser implementadas en la planificación urbana y el diseño de políticas de movilidad sostenible. Asimismo, la relevancia de este trabajo trasciende el ámbito local, ya que las estrategias propuestas pueden ser adaptadas a contextos urbanos de similar dinámica vehicular, contribuyendo a la mejora del tráfico y la calidad de vida en las ciudades.

## Referencias

1. Abata, K., Artega, F., & Delgado, D. (2022). Análisis del congestionamiento vehicular en diferentes intersecciones en la ciudad de Portoviejo, Ecuador.
2. Barreto, C. A. M., & Delgado, D. (2023). Análisis del sistema de transporte urbano en la ciudad de Bahía de Caráquez-Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 9(3), 1201-1227.
3. CASANOVA RUIZ, G. J., & DELGADO GUTIÉRREZ, D. A. (2015). Diagnóstico del tráfico, alternativas y soluciones al congestionamiento vehicular en la Universidad Técnica de Manabí (Doctoral dissertation).
4. Chávez, Z. T. C., Gutiérrez, B. A. D., & Gutiérrez, D. A. D. (2023). Estudio del tránsito vehicular en la intersección de la avenida Pedro Gual y calle Córdova de la ciudad de Portoviejo, Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 9(1), 810-826.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

5. Delgado, D., Quiroz, S., Casanova, G., Álava, M. A. C., & da Silva, J. P. C. (2021, May). Urban Mobility Characterization and Its Application in a Mobility Plan. Case Study: Bahía de Caráquez-Ecuador. In Proceedings of the 1st International Conference on Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2021) (pp. 594-604). Cham: Springer International Publishing.
6. Gately, C. K., Hutyra, L. R., Peterson, S., & Wing, I. S. (2017). Urban emissions hotspots: Quantifying vehicle congestion and air pollution using mobile phone GPS data. *Environmental pollution*, 229, 496-504
7. Gómez, J., & Delgado, D. (2022). El congestionamiento vehicular, análisis y propuesta de solución: intersección semaforizada entre Avenidas América y Reales Tamarindos, Portoviejo, Ecuador. *Investigación y Desarrollo*, 16(1).
8. Guillén, P. A. S., & Delgado, D. (2024). Análisis de flujo vehicular en una intersección semaforizada mediante el software VISSIM. *Dominio de las Ciencias*, 10(4), 1449-1473.
9. Gutierrez, D. A. D., Hernández, L. L. L., Suarez, W. J. P., & Hernández, E. H. O. (2020). Análisis del tránsito vehicular, alternativas y soluciones a congestionamientos en la Avenida América, entre avenida Manabí y calle Ramón Fernández-Portoviejo-Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 5(2), 11-23.
10. HCM. (2010). *Highway Capacity Manual 2010*, Washington D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.
11. Loor, J., Hernández, E. O., & Delgado, D. (2021). Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador.
12. Loor-Macías, G. J., León-Carbo, V. F., Vanga-Arvelo, M. G., & Delgado-Gutiérrez, D. A. (2025). Evaluación de la eficiencia del sistema de transporte masivo en áreas escolares de Portoviejo. *MQRInvestigar*, 9(1), e262-e262.
13. Nasareno, E. R. C., Macías, K. G. Á., Gutiérrez, D. A. D., & Hernández, E. H. O. (2020). Caracterización de la movilidad vehicular y peatonal en la Universidad Técnica de Manabí. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 5(2), 64-75.

Propuesta metodológica para analizar el nivel de servicio en una intersección semaforizada: caso de estudio  
avenida Metropolitana y 10 de agosto, Montecristi

---

14. Organización Mundial de la Salud. (2018). Calidad del aire y salud. OMS. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
15. Shaaban, K., & Kim, I. (2015). Comparison of SimTraffic and VISSIM microscopic traffic simulation tools in modeling roundabouts. *Procedia Computer Science*, 52, 43-50.
16. Solórzano-Barreto, S. S., Villegas-Gorozabel, E. A., Delgado-Gutiérrez, D. A., & Macías-Sánchez, L. K. (2022). Integración de una ciclovía en la movilidad interna de la Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 5(9 Ed. esp.), 18-37.
17. Vera, V., Larrea, J., Caballero, M., & Delgado, D. (2022). Efectos del COVID-19 sobre los accidentes de tránsito en la provincia de Manabí. *Investigación y Desarrollo*, 15(1), 32-44.
18. Villavicencio, D. L. I., & Delgado, D. (2023). Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada: Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Manabí. *Domino de las Ciencias*, 9(3), 878-902.
19. Zambrano, R., García, J., García-Vinces, J., & Delgado, D. (2022). Incidencias del COVID-19 en el tránsito vehicular en la ciudad de Portoviejo–Ecuador: Intersección entre las avenidas Manabí y América. *Investigación y Desarrollo*, 16(1).