

# 7

## *Capacidad Y Nivel De Servicio En La Avenida Reales Tamarindos: Análisis Y Propuestas De Mejora*

*Capacity And Level Of Service On Reales  
Tamarindos Avenue: Analysis And  
Proposals For Improvement*

### **Autores**

---

**Junior Iván Cedeño García**

Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

[jcedeno8195@utm.edu.ec](mailto:jcedeno8195@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-4986-0994>

---

**Michael Smick Toledo Macías**

Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

[mtoledo0821@utm.edu.ec](mailto:mtoledo0821@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0000-3007-4252>

---

**Eduardo Tejeda Piusseaut**

Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

[eduardo.tejeda@utm.edu.ec](mailto:eduardo.tejeda@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-0589-9989>

---

# 7

## *Capacidad Y Nivel De Servicio En La Avenida Reales Tamarindos: Análisis Y Propuestas De Mejora*

### *Resumen*

El estudio evalúa la capacidad vial y el nivel de servicio de la avenida Reales Tamarindos, en Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador, con el objetivo de identificar los factores que afectan su eficiencia operacional y proponer medidas de mejora. La metodología se basó en conteos vehiculares y en el análisis de capacidad conforme al Highway Capacity Manual, utilizando datos de volumen, velocidad y tiempos de retardo en distintos períodos del día y en tres tramos representativos. Los resultados muestran que la vía opera con niveles de servicio entre D y E durante las horas pico, con una capacidad efectiva promedio de 1 470 veh/h/carril, aproximadamente un 25% inferior a la teórica. El deterioro operacional se asocia principalmente a interferencias laterales, estacionamiento en línea, paradas de transporte público sin bahía y cruces peatonales no controlados, generando retardos de hasta 90 s/veh. Se concluye que el bajo desempeño no responde a deficiencias geométricas, sino a limitaciones en la gestión del tránsito. Se proponen medidas de bajo costo, como la sincronización semafórica, el control de accesos y la reorganización del transporte público, con potencial para mejorar el nivel de servicio y reducir los tiempos de retardo.

*Palabras Clave: capacidad vial, nivel de servicio, movilidad urbana, fricción lateral, eficiencia del tránsito.*

### *Abstract*

This study evaluates the road capacity and level of service of Reales Tamarindos Avenue in Portoviejo, Manabí Province, Ecuador, with the objective of identifying the factors affecting its operational efficiency and proposing improvement measures. The methodology was based on vehicle counts and capacity analysis according to the Highway Capacity Manual, using data on volume, speed, and delay times at different times of day and on three representative sections. The results show that the road operates with levels of service between D and E during peak hours, with an average effective capacity of 1,470 vehicles/hour/lane, approximately 25% lower than the theoretical capacity. The operational deterioration is mainly associated with lateral interferences, parallel parking, public transport stops without bays, and uncontrolled pedestrian crossings, generating delays of up to 90 seconds per vehicle. It is concluded that the poor performance is not due to geometric deficiencies, but rather to limitations in traffic management. Low-cost measures are proposed, such as traffic light synchronization, access control, and public transport reorganization, with the potential to improve the level of service and reduce delay times.

*Keywords: road capacity, level of service, urban mobility, lateral friction, traffic efficiency.*

***Nota Editorial: Recibido: 16 de marzo 2026 Aceptado: 23 de abril 2026***

## 1. INTRODUCCIÓN

El análisis de la capacidad vial y del nivel de servicio en corredores urbanos constituye una herramienta fundamental para evaluar el desempeño operativo de la infraestructura y las condiciones de movilidad percibidas por los usuarios. En vías arteriales con flujo interrumpido, factores como las demoras recurrentes, la dispersión de velocidades y la saturación de intersecciones demandan la aplicación de metodologías robustas y modelos de simulación capaces de reproducir con fidelidad el comportamiento real del tránsito. En este contexto, Abdeen et al. [1], destacan que la calibración y validación de los parámetros de seguimiento vehicular en el software VISSIM permiten una adecuada correspondencia entre los resultados observados en campo y los obtenidos mediante simulación. De manera complementaria la incorporación de algoritmos avanzados en modelos de microsimulación incrementa la confiabilidad de los resultados, particularmente en la identificación de rupturas del flujo asociadas a cuellos de botella [2]. Asimismo, diversos estudios evidencian que la optimización del control semafórico en intersecciones urbanas contribuye de forma significativa a la reducción de la congestión y de los impactos ambientales derivados del tráfico [3] [4]. En esta línea, se resalta que la integración de algoritmos predictivos con datos provenientes de sistemas de videovigilancia posibilita el diseño de esquemas de temporización más eficientes en comparación con los planes de tiempo fijo convencionales.

En el contexto local, la avenida Reales Tamarindos se configura como uno de los ejes viales más relevantes del sistema urbano de la ciudad de Portoviejo, en Manabí, Ecuador, al articular áreas de elevada actividad comercial, educativa y de servicios. No obstante, la coexistencia de múltiples intersecciones semaforizadas, accesos directos y maniobras de ingreso y salida genera una dinámica de flujo interrumpido que se traduce en niveles significativos de congestión durante los periodos de máxima demanda. Esta problemática pone de manifiesto la necesidad de evaluar de manera integral la capacidad vial y el nivel de servicio de la arteria, a fin de caracterizar las condiciones operativas reales y sustentar propuestas orientadas a mejorar la gestión del tránsito.

La investigación se circunscribe al tramo principal de la avenida, con una longitud aproximada de cinco kilómetros, incluyendo sus intersecciones más representativas. Se adopta un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y analítico, sustentado en la recopilación de información mediante conteos vehiculares, observaciones directas en campo y la aplicación de modelos de microsimulación empleando el programa PTV VISSIM. Este tipo de herramientas se complementan con una revisión documental basada en el Highway Capacity Manual (HCM) [5] y en literatura científica reciente relacionada con la movilidad urbana y la gestión del tráfico.

El objetivo de este estudio es evaluar la capacidad y el nivel de servicio de la avenida Reales Tamarindos, con el propósito de identificar los principales factores que inciden en la eficiencia del flujo vehicular y, a partir de ello, proponer medidas orientadas a la optimización del tránsito y al fortalecimiento de la seguridad vial.

## 2. METODOLOGÍA

El procedimiento metodológico de la investigación se estructuró en varias fases: documental, trabajo de campo, modelación y simulación, y análisis de datos.

En la fase documental se establecieron los fundamentos teóricos y técnicos que sustentaron la evaluación del desempeño operativo de la vía. Esta etapa incluyó la revisión sistemática de criterios asociados a la movilidad urbana, así como el análisis de fuentes técnicas y científicas relacionadas con la capacidad vial y el nivel de servicio. Se consultaron manuales especializados y normativa vigente, entre los que destacan el Highway Capacity Manual [5], las regulaciones ecuatorianas de tránsito y transporte, y publicaciones recientes sobre modelación y microsimulación vehicular. Esta revisión permitió definir los parámetros de análisis y seleccionar las metodologías de cálculo aplicadas en el estudio.

La fase de campo consistió en la recopilación de información vehicular mediante conteos de tráfico realizados en distintos puntos de la avenida Reales Tamarindos. La población de estudio estuvo constituida por el flujo total de vehículos que circularon por el corredor durante los periodos de observación, mientras que la muestra se conformó a partir de los registros obtenidos en intersecciones y tramos estratégicos distribuidos a lo largo de la vía. La selección de los puntos de observación se efectuó priorizando sectores con elevados niveles de congestión, interferencias por accesos directos y alta relevancia operativa dentro del sistema vial urbano.

En la fase de modelación y simulación, se emplearon los programas especializados PTV VISSIM y Synchro con el propósito de reproducir el comportamiento del tráfico bajo condiciones reales de operación. Los modelos fueron configurados a partir de los datos recolectados en campo, permitiendo simular escenarios actuales y alternativos de gestión del tránsito. La validación de los resultados se realizó mediante la comparación estadística entre los datos observados y los obtenidos en la simulación, así como a través de la visualización de los flujos vehiculares.

Finalmente, en la fase de análisis de datos, se utilizaron fichas de conteo, planillas de registro horario, cámaras de video de alta resolución para la medición continua de flujos y cronómetros digitales para la estimación de tiempos de recorrido. La información recopilada fue procesada mediante técnicas estadísticas descriptivas, análisis comparativos de volúmenes y procedimientos de simulación iterativa. Este análisis permitió establecer la relación entre el volumen vehicular, la capacidad de la vía y el nivel de servicio, así como identificar los tramos con mayores niveles de saturación, los puntos críticos de operación y las variables geométricas y semafóricas que influyeron de manera significativa en la disminución de la eficiencia del corredor.

### 3. PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO

La capacidad vial y el nivel de servicio son indicadores clave para evaluar el desempeño operativo de las arterias urbanas, ya que permiten medir la eficiencia de la infraestructura y las condiciones de movilidad de los usuarios en función del flujo, la velocidad, la densidad y la demora. El *Highway Capacity Manual* es la principal referencia metodológica, al estandarizar los procedimientos de cálculo y definir las categorías de nivel de servicio (LOS). Sin embargo, su aplicación directa requiere ajustes para representar adecuadamente contextos locales con diferencias en la demanda, el comportamiento de los conductores y las condiciones geométricas.

En este sentido, se ha demostrado que la confiabilidad del tiempo de viaje y la variabilidad de la demanda influyen significativamente en la estimación del nivel de servicio en arterias con flujo interrumpido [6]. Asimismo, en intersecciones con control parcial se presentan variaciones importantes en los tiempos de espera que no son completamente captadas por los modelos tradicionales del HCM [7]. Otros estudios han propuesto ajustes metodológicos considerando patrones de conducción, condiciones locales y la presencia de tráfico mixto, que afecta la capacidad efectiva de los carriles [8] [9] [10]. En conjunto, estos aportes evidencian que la capacidad vial es una variable dinámica y que el nivel de servicio depende del contexto operativo.

#### 3.2. SIMULACIÓN, COMPORTAMIENTO DEL TRÁFICO Y CONTROL SEMAFÓRICO EN SISTEMAS URBANOS

La simulación del tráfico urbano es una herramienta clave para analizar la interacción entre la geometría vial, la demanda y el control, incorporando variables dinámicas que afectan la capacidad y el nivel de servicio. La calibración con datos de campo permite reproducir con precisión el desempeño de intersecciones, mientras que la optimización semafórica basada en datos reales reduce demoras y mejora los sistemas de tiempo fijo [11][12][13]. Además, la simulación facilita el análisis de efectos complejos como las interrupciones peatonales y su impacto en la formación de colas [14].

Por otra parte, la interacción entre peatones, vehículos y transporte público genera fricciones que disminuyen la capacidad y el nivel de servicio. En contextos como el ecuatoriano, la falta de infraestructura y control incrementa el riesgo y altera la circulación [15]. Los flujos peatonales influyen en las demoras y en la variabilidad de la velocidad [16], por lo que modelos recientes incorporan factores de corrección para estimar estas pérdidas en condiciones de tráfico mixto [17] [18].

El control semafórico es fundamental en la gestión del tráfico urbano, ya que regula el flujo en intersecciones y condiciona la continuidad vehicular. La falta de coordinación y la variabilidad del flujo incrementan significativamente las demoras [19]. En respuesta, se han desarrollado metodologías basadas en el análisis de trayectorias [20] y sistemas semafóricos adaptativos optimizados mediante algoritmos, los cuales superan a los esquemas de tiempo fijo al reducir los tiempos de espera y mejorar la progresión vehicular [12] [13].

#### 3.3. FACTORES SOCIOAMBIENTALES Y POLÍTICAS DE MOVILIDAD

El desempeño del sistema vial también está condicionado por factores institucionales, sociales y ambientales que influyen en la planificación y sostenibilidad de la movilidad urbana. Es de vital importancia el fortalecimiento de los gobiernos locales para una gestión eficiente del transporte, especialmente en el marco de estrategias de acción climática [20]. En el contexto ecuatoriano, se ha evidenciado que las deficiencias en infraestructura y control del tránsito se asocian con mayores niveles de siniestralidad, particularmente en zonas urbanas periféricas [21]. Estos hallazgos subrayan la necesidad de integrar la evaluación de la capacidad y el nivel de servicio con políticas de equidad, seguridad vial y sostenibilidad.

## 4. CAPACIDAD VIAL DE LA AVENIDA REALES TAMARINDOS

### 4.1. CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA Y FUNCIONAL DE LA VÍA

La avenida Reales Tamarindos constituye una vía arterial primaria que articula el sector occidental con el centro urbano de Portoviejo, caracterizada por un flujo mixto y una elevada interacción lateral. Su configuración responde a los lineamientos del Manual de Vías y Carreteras y a la normativa del Plan Maestro Urbano del GAD Portoviejo [22], verificados mediante herramientas SIG y observación directa en campo.

El corredor presenta una longitud aproximada de 4,0 km, con dos carriles por sentido, pavimento asfáltico y anchos de carril entre 3,25 y 3,50 m. Las aceras varían su ancho entre 2,00 y 3,40 m, mientras que la pendiente longitudinal de la vía es inferior al 6%, sin tramos críticos. Se identifica un parterre central discontinuo y una elevada densidad de accesos laterales, elementos que incrementan la fricción lateral, especialmente en sectores de alta actividad urbana como Cruz del Norte y La Rotonda.

Asimismo, se registran ocho paradas de transporte público sin bahía, aproximadamente 40 a 45 espacios de estacionamiento en línea y cuatro intersecciones semaforizadas principales, factores que condicionan la capacidad operativa del corredor. En términos de movilidad, se evidencia una presencia significativa de usuarios no motorizados, con flujos de hasta 300 peatones/hora y 120 ciclistas/hora en zonas de carácter educativo.

### 4.2. DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE TRAMOS

Para el análisis operativo, el corredor se segmentó en tres tramos homogéneos (A, B y C), definidos en función de la morfología urbana, el uso del suelo y la intensidad de accesos laterales. Esta segmentación permite identificar variaciones en el comportamiento del tránsito y evaluar de forma diferenciada la capacidad y el nivel de servicio.

El tramo A corresponde a un entorno educativo e institucional, caracterizado por alta interferencia peatonal y presencia de transporte escolar. El tramo B presenta un uso predominantemente comercial, con elevada densidad de accesos y maniobras de estacionamiento, configurándose como el sector más crítico. Por su parte, el tramo C, de carácter residencial y bancario, mantiene condiciones de flujo más estables.

Tabla 1- Caracterización general de los tramos representativos

Tramo	Longitud (km)	Uso dominante	Flujo horario (veh/h)	Peatones (p/h)	Ciclistas (c/h)	Accesos	Paradas sin bahía	Velocidad media (km/h)	Condición operativa
A	1,27	Educativo	1820	310	125	14	3	38	Alta fricción lateral
B	1,46	Comercial	2210	355	110	26	4	34	Saturación recurrente
C	1,27	Residencia	1520	205	75	12	1	46	Flujo estable

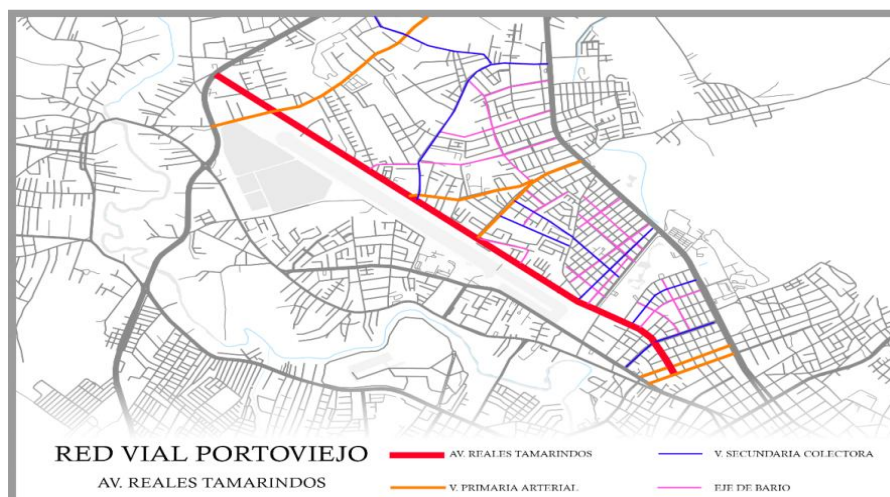


Fig. 1- Ubicación general de la avenida Reales Tamarindos en la red vial de Portoviejo

### 4.3. COMPOSICIÓN DEL FLUJO VEHICULAR

El análisis de la composición vehicular (tabla 2) se realizó mediante conteos manuales en intervalos de 15 minutos durante las horas pico (7:00–9:00, 12:00–14:00 y 17:00–19:00). Los resultados evidencian un predominio de vehículos livianos, seguidos por motocicletas, cuya participación supera el 15%, lo que incrementa la fricción lateral y afecta la estabilidad del flujo.

Tabla 2- Composición porcentual del flujo vehicular

Tipo de vehículo	Tramo A	Tramo B	Tramo C	Participación (%)
Livianos	1120	1410	980	66%
Motocicletas	260	320	220	16%
Transporte público	140	180	95	7%
Pesados	60	90	65	4%
Otros	50	65	40	3%

Fuente: Elaboración propia (2025).

Nota: Los valores corresponden a la desagregación modal del flujo y no representan el flujo máximo horario, el cual se presenta en la Tabla 1.

### 4.4. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD EFECTIVA

La capacidad base para arterias urbanas de cuatro carriles se establece en 1900 veh/h/carril, según el Highway Capacity Manual. No obstante, las condiciones reales del corredor requieren la aplicación de factores de ajuste relacionados con fricción lateral, ancho de carril, pendiente, estacionamiento e interferencias por accesos. La capacidad efectiva se determinó mediante la siguiente ecuación (1):

$$C_e = C_b \cdot f_L \cdot f_W \cdot f_G \cdot f_P \cdot f_I \quad (1)$$

Tabla 3- Capacidad efectiva por tramo

Tramo	C <sub>b</sub>	f <sub>L</sub>	f <sub>W</sub>	f <sub>G</sub>	f <sub>P</sub>	f <sub>I</sub>	C <sub>e</sub> (veh/h/carril)	Reducción (%)
A	1900	0,90	0,95	0,98	0,95	0,92	1440	24%
B	1900	0,90	0,95	0,98	0,90	0,90	1350	29%
C	1900	0,95	0,97	0,98	0,97	0,95	1630	14%

Fuente: Elaboración propia (2025), con base en parámetros HCM.

Los resultados evidencian que el tramo B presenta la mayor reducción de capacidad, atribuida a la elevada interacción lateral y a la ocupación del carril derecho por maniobras de detención. En contraste, el tramo C mantiene condiciones más cercanas a la capacidad teórica, debido a su menor nivel de interferencias.

La capacidad promedio del corredor se estima en 1470 veh/h/carril, lo que refleja una pérdida significativa respecto a condiciones ideales, asociada principalmente a factores operativos más que geométricos.

### 4.5. FACTORES LIMITANTES DEL DESEMPEÑO OPERATIVO

El análisis de campo permitió identificar los principales elementos que condicionan la eficiencia del corredor, entre los que destacan la presencia de estacionamiento en línea, paradas de transporte público sin bahía, alta densidad de accesos laterales y cruces peatonales no controlados. Estos factores generan interrupciones frecuentes del flujo, incrementan los tiempos de retardo y reducen la capacidad efectiva de los carriles.

En particular, la interacción entre peatones, transporte público y vehículos privados constituye el principal elemento de fricción lateral, afectando de manera más significativa a los tramos A y B. Asimismo, la ocupación del espacio vial por actividades comerciales y la falta de control en maniobras de acceso contribuyen a la inestabilidad del flujo vehicular.



**Fig. 2-** Tramo con estrangulamiento de la acera



**Fig. 3-** Mobiliario urbano desmontable



**Fig. 4-** Intersección con la Av. Paulo Emilio Macías

#### **4.6. RELACIÓN VOLUMEN–CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO**

Para evaluar el desempeño operativo del corredor, se comparó la capacidad efectiva ( $C_e$ ) con el flujo máximo observado ( $V$ ) durante la hora pico, empleando la relación volumen/capacidad ( $v/c$ ) como indicador de saturación. Este parámetro permite clasificar el nivel de servicio conforme a los criterios del Highway Capacity Manual.

**Tabla 4-** Relación volumen–capacidad y nivel de servicio

Tramo	Ce (veh/h/carril)	Flujo máximo (veh/h/carril)	v/c	Nivel de servicio	Condición operativa
A	1440	1250	0,87	D	Flujo inestable con retardo moderado
B	1350	1280	0,95	E	Saturación; colas prolongadas
C	1630	1120	0,69	C	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia (2025), con base en datos de campo y HCM.

Los resultados confirman que el tramo B opera en condiciones cercanas a la saturación, con una relación v/c de 0,95, lo que corresponde a un nivel de servicio E. El tramo A presenta condiciones de flujo inestable (nivel D), mientras que el tramo C mantiene un desempeño aceptable (nivel C). En conjunto, el corredor evidencia un nivel de servicio promedio D, característico de arterias urbanas con alta demanda y elevada fricción lateral.

#### 4.7. EVALUACIÓN OPERATIVA POR PERIODOS CRÍTICOS

El análisis temporal del tránsito permitió identificar tres franjas horarias con comportamientos diferenciados. Durante la mañana (7:00–9:00), se registran las condiciones más críticas, asociadas a la convergencia de flujos laborales, escolares y de transporte público. En este periodo, los tramos A y B presentan densidades superiores a 60 veh/km/carril y retardos elevados, evidenciando condiciones cercanas a la saturación.

En el periodo de mediodía (12:00–14:00), la demanda se mantiene elevada en el tramo comercial, donde las maniobras de estacionamiento y las actividades de carga y descarga generan interrupciones puntuales del flujo. En la tarde (17:00–19:00), si bien los flujos son más homogéneos, persisten demoras en intersecciones clave debido a la acumulación vehicular y a la falta de coordinación semafórica.

#### 4.8. INDICADORES DE DESEMPEÑO OPERATIVO

Los indicadores obtenidos a partir de mediciones de campo y validación mediante modelación permiten caracterizar el comportamiento del corredor bajo condiciones reales de operación.

**Tabla 5-** Indicadores promedio de desempeño operativo

Indicador	Valor observado	Valor modelado	Diferencia (%)
Velocidad media (km/h)	37,2	35,8	3,8
Densidad (veh/km/carril)	52,4	55,1	5,2
Retardo medio (s/veh)	71,0	76,3	7,5
Tiempo de recorrido (min)	6,3	6,6	4,7

Fuente: Elaboración propia (2025).

Los valores observados provienen de mediciones directas en campo mediante videograbación, aforos manuales y seguimiento de tiempos de recorrido en tramos de longitud conocida. La baja diferencia entre valores observados y modelados, inferior al 10%, valida la confiabilidad del modelo utilizado.

Es importante aclarar que la velocidad media del corredor varía entre 28 y 47 km/h, mientras que el retardo oscila entre 54 y 98 s/veh, superando los valores óptimos establecidos para arterias urbanas. La densidad alcanza valores máximos de 67 veh/km/carril en el tramo comercial, evidenciando condiciones de saturación parcial.

#### 4.9 .CLASIFICACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO POR TRAMO

La clasificación del nivel de servicio se realizó considerando la relación v/c y los indicadores operativos, asignando un único nivel por condición, conforme a criterios del HCM.

**Tabla 6-** Nivel de servicio por tramo y periodo

Tramo	Periodo	v/c	Velocidad (km/h)	Nivel de servicio
A	Mañana (7–9)	0,87	33	D
A	Mediodía (12–14)	0,72	39	C
A	Tarde (17–19)	0,81	37	D
B	Mañana (7–9)	0,95	28	E
B	Mediodía (12–14)	0,89	31	D
B	Tarde (17–19)	0,91	30	E
C	Mañana (7–9)	0,69	43	C
C	Mediodía (12–14)	0,61	47	C
C	Tarde (17–19)	0,66	45	C

Fuente: Elaboración propia (2025), con base en HCM.

Se observa que el tramo B mantiene condiciones críticas en todos los periodos, mientras que el tramo C conserva un comportamiento estable. El tramo A presenta variaciones asociadas a la interferencia peatonal.

#### 4.10. IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CRÍTICOS

El análisis espacial permitió identificar los principales sectores de congestión, caracterizados por alta interacción modal y deficiencias en la gestión del tránsito.

**Tabla 7-** Puntos críticos del corredor

Ubicación	Problema principal	Consecuencia
Cruz del Norte	Interferencia peatonal	Reducción de velocidad y alto retardo
Parque La Rotonda	Maniobras y estacionamiento	Formación de colas
Av. América	Descoordinación semafórica	Saturación del flujo
Ramos Duarte	Confluencia vehicular	Retardo elevado

Fuente: Elaboración propia (2025).

Estos puntos concentran las mayores pérdidas de capacidad y explican el deterioro del nivel de servicio del corredor. A partir de ello se demuestra que la avenida Reales Tamarindos presenta una infraestructura geoméricamente adecuada, pero con una pérdida significativa de eficiencia operativa debido a factores de gestión del tránsito. La capacidad efectiva se reduce entre un 14% y un 29%, mientras que el nivel de servicio oscila entre C y E, con predominio de condiciones D en el corredor.

## 5. PROPUESTA DE MEDIDAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SERVICIO

Las medidas propuestas tienen como objetivo optimizar el desempeño operacional de la avenida Reales Tamarindos mediante estrategias de gestión del tránsito orientadas a reducir los tiempos de retardo, mejorar la fluidez vehicular y fortalecer la seguridad vial. Estas acciones buscan incrementar la capacidad efectiva del corredor sin recurrir a ampliaciones físicas de la infraestructura.

La evidencia técnica indica que, en corredores urbanos con niveles de servicio entre D y E, resulta más eficiente priorizar medidas operativas de bajo costo y rápida implementación. En este contexto, las intervenciones no estructurales, centradas en optimizar el uso del espacio vial y mejorar el control del tránsito, constituyen una alternativa viable y sostenible frente a soluciones de mayor complejidad constructiva.

En concordancia con este enfoque, se plantean acciones adaptadas al contexto urbano de Portoviejo, como la sincronización semafórica, la canalización y ordenamiento del transporte público, la gestión de accesos laterales y el fortalecimiento de la infraestructura y control para peatones y ciclistas. La Tabla 9 resume estas medidas operativas, orientadas a mejorar las condiciones de operación, reducir la congestión y elevar la calidad del servicio del corredor.

**Tabla 9-** Propuesta de medidas operativas para la mejora del nivel de servicio

Estrategia propuesta	Acción específica	Indicador de desempeño esperado	Reducción proyectada (%)	Referencia técnica internacional	Punto crítico de aplicación
<b>Sincronización semafórica coordinada</b>	Reprogramación de tiempos y fases en Av. América, Cruz del Norte y Ramos Duarte	Reducción del retardo medio (s/veh)	18–25%	FHWA (2020) – <i>Signal Timing Manual</i>	Intersección Av. América – sector Banco Pichincha (alto nivel de congestión en horas pico)
<b>Canalización de transporte público</b>	Implementación de bahías de parada y prohibición de detención en carril derecho	Aumento de velocidad media (km/h)	10–15%	HCM (2022) – Cap. 18, Urban Arterials	Tramo con paradas informales frente a zonas comerciales y financieras
<b>Gestión de accesos laterales</b>	Consolidación o cierre parcial de accesos comerciales en el tramo B	Reducción de conflictos vehiculares	20–30%	TAC (2021) – <i>Access Management Guide</i>	Sectores con múltiples ingresos a locales comerciales (alta fricción lateral)
<b>Zonas de cruce peatonal controlado</b>	Semaforización o señalización horizontal prioritaria en puntos críticos	Disminución de interferencia peatonal	15–20%	FHWA (2020) – <i>Complete Streets Guidelines</i>	Cruces no regulados cercanos a entidades bancarias y paradas de transporte
<b>Redistribución del espacio vial</b>	Eliminación de estacionamiento en línea y uso del parterre para canalización	Incremento de capacidad efectiva (Ce)	12–18%	HCM (2022) – <i>Operational Analysis Framework</i>	Tramos con ocupación de calzada por estacionamiento informal
<b>Monitoreo adaptativo y control de flujo</b>	Incorporación de sensores o aforos automáticos para gestión dinámica	Mejora de estabilidad del flujo (v/c)	10–12%	FHWA (2020) – <i>Traffic Monitoring Systems</i>	Intersecciones con variabilidad alta de demanda vehicular

Fuente: Elaboración (2025), basada en lineamientos del *HCM (2022)*, *FHWA (2020)* y *TAC (2021)*.

### Viabilidad y aplicabilidad

La aplicación de las medidas propuestas resulta técnicamente viable y económicamente sostenible, al enfocarse en intervenciones operativas que no requieren la expansión física del corredor. El ajuste de la coordinación semafórica, la implementación de bahías para el transporte público y la gestión de accesos laterales constituyen soluciones de bajo costo y alta eficiencia, compatibles con los lineamientos de movilidad sostenible del GAD Portoviejo.

Se estima que, tras su implementación, la velocidad promedio del corredor podría incrementarse entre 12% y 18%, reduciendo el retardo medio a valores inferiores a 60 s/veh, y mejorando el nivel de servicio global de D a C. Estas acciones, articuladas con una gestión municipal continua y un sistema de monitoreo adaptativo, permitirían transformar la avenida Reales Tamarindos en un eje urbano más eficiente, seguro y ambientalmente equilibrado, sin necesidad de inversiones estructurales de alto costo.

### Discusión

Los resultados obtenidos en la evaluación de la avenida Reales Tamarindos evidencian una condición operacional característica de las arterias urbanas en ciudades intermedias latinoamericanas, donde la geometría vial cumple con los criterios normativos, pero el desempeño real se ve limitado por la interacción modal, deficiencias en la gestión del tránsito y un uso ineficiente del espacio vial. En este sentido, los niveles de servicio D y E identificados durante las horas pico concuerdan con los hallazgos de Flor et al. [11] en la Av. Rodolfo Baquerizo Nazur (Guayaquil), donde la fricción lateral y las paradas de transporte público sin bahía redujeron la capacidad efectiva hasta en un 30%.

Este patrón se repite en ciudades de escala similar como Cuenca y Ambato, donde Holguín y Otzen [22] demostraron que la saturación de vías arteriales se encuentra directamente asociada al incremento del flujo peatonal y a la ausencia de una adecuada jerarquización modal. De acuerdo con el Highway Capacity Manual [5], las arterias urbanas deben mantener relaciones v/c inferiores a 0,80 para conservar niveles de servicio C o superiores; sin embargo, los valores observados en Portoviejo (0,87–0,95) reflejan una saturación parcial, similar a la documentada por Chang y Lung [8] en corredores urbanos de Taiwán, donde la congestión se originó principalmente en la interferencia lateral y la deficiente sincronización semafórica.

En concordancia con lo anterior, Chodur y Tracz [19] destacan que la calidad de la progresión semafórica es un factor determinante del retardo promedio, lo cual se verifica en este estudio, particularmente en las intersecciones con la Av. América y la Av. Ramos Duarte, donde se concentran los mayores tiempos de detención.

La comparación con otros contextos urbanos muestra que los valores de velocidad promedio (28–47 km/h) y retardo medio (60–98 s/veh) son consistentes con los reportados por Bari y Dhamaniya [16] y Tufuor et al. [6] en corredores urbanos analizados bajo la metodología del HCM. No obstante, en Portoviejo se observa una mayor pérdida de capacidad, atribuible a la elevada densidad de accesos laterales y a la coexistencia de transporte informal, fenómeno también señalado por Ortiz-Prado et al. [15] en estudios sobre seguridad vial y comportamiento peatonal en Ecuador.

Desde una perspectiva urbana y social, autores como Gehl [25] y Sanz [26] sostienen que la movilidad debe orientarse hacia la habitabilidad urbana y no exclusivamente hacia el incremento de la capacidad vial. En este sentido, la elevada fricción lateral observada, junto con la ausencia de infraestructura peatonal y ciclista adecuada, confirma la falta de un enfoque integral de movilidad sostenible. Esta situación coincide con los planteamientos de la CEPAL [27], que propone evaluar la eficiencia del tránsito considerando también criterios ambientales y de equidad modal.

Finalmente, los resultados de este estudio se alinean con los modelos propuestos por Saldivar-Carranza et al. [20] y Shayeb et al. [12], quienes demostraron que la optimización del control semafórico puede mejorar hasta en un 25% la eficiencia global de un corredor urbano. No obstante, a diferencia de los contextos analizados por la FHWA [24] el entorno local presenta limitaciones institucionales y de fiscalización que condicionan la aplicación inmediata de soluciones automatizadas avanzadas.

En síntesis, el caso de la avenida Reales Tamarindos confirma que la capacidad vial no depende únicamente del diseño geométrico, sino de la integración entre ingeniería, gestión del espacio público y políticas de movilidad urbana. Las condiciones observadas son coherentes con la tendencia regional de las ciudades intermedias latinoamericanas: arterias congestionadas, niveles de servicio subóptimos (D–E) y un desempeño limitado principalmente por factores operativos y humanos. En este contexto, las medidas propuestas resultan pertinentes, efectivas y adaptables a la escala urbana local.

## 6. CONCLUSIONES

El análisis desarrollado evidencia que el desempeño de la avenida Reales Tamarindos no depende únicamente de la capacidad estructural de la calzada, sino también de la interacción entre los distintos modos de transporte, el control semafórico y el uso del espacio público. En este contexto, la fricción lateral, la densidad de accesos y la movilidad peatonal se identifican como variables determinantes que influyen tanto en la circulación como en la seguridad de los usuarios.

El diagnóstico geométrico y operativo muestra que, si bien la avenida cumple con los parámetros técnicos para vías arteriales, presenta limitaciones asociadas al estacionamiento en línea, paradas de transporte público sin bahías y cruces peatonales sin control adecuado. La capacidad efectiva registra reducciones entre el 14% y el 29% respecto a la teórica, lo que sitúa al corredor en condiciones de saturación parcial, reflejadas en menores velocidades y mayores tiempos de retardo.

La evaluación del nivel de servicio indica una operación entre los niveles C y E, con predominio de condiciones D, con variaciones según el tramo y la franja horaria. Las mayores condiciones de congestión se presentan en horas pico, especialmente en la intersección con la avenida América, en el entorno del Parque La Rotonda y en el sector del Banco Pichincha, donde la relación volumen-capacidad supera 0,90 y las demoras alcanzan hasta 90 s/veh. Estos resultados confirman que la problemática se asocia principalmente a deficiencias en la gestión del tránsito, la falta de sincronización semafórica y la limitada segregación modal.

En este sentido, la implementación de medidas de optimización permitiría reducir los retardos hasta en un 25%, incrementar la velocidad promedio y alcanzar condiciones operativas cercanas a nivel de servicio C en los tramos más críticos, contribuyendo a una movilidad más eficiente, segura y sostenible en la ciudad de Portoviejo. En conjunto, la avenida presenta un comportamiento característico de arterias urbanas con alta demanda y geometría adecuada, aunque con una significativa pérdida de eficiencia operacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdeen, M. A. R., Farrag, S., Benaida, M., Sheltami, T., & El-Hansali, Y. (2023). VISSIM calibration and validation of urban traffic: A case study Al-Madinah City. *Personal and Ubiquitous Computing*, 27, 1747–1756. <https://doi.org/10.1007/s00779-023-01738-9>
2. Akbarpoor, H., & Monajjem, S. (2025). Innovative algorithms for VISSIM microsimulation calibration and traffic breakdown modeling at on-ramp bottlenecks. *Operations Research Forum*, 6, Article 59. <https://doi.org/10.1007/s43069-025-00464-7>
3. Ki An, H., Javeed, M. A., Bae, G., Zubair, N., Metwally, A. S. M., Bocchetta, P., Na, F., & Javed, M. S. (2022). Optimized intersection signal timing: An intelligent approach-based study for sustainable models. *Sustainability*, 14(18), 11422. <https://doi.org/10.3390/su141811422>
4. Tran, Q. H., Do, V. M., & Dinh, T. H. (2022). Traffic signal timing optimization for isolated urban intersections considering environmental problems and non-motorized vehicles by using constrained optimization solutions. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7, Article 299. <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00895-9>
5. Highway Capacity Manual. (2022). Transportation Research Board, National Academy of Sciences. Washington, D.C
6. Tufuor, E. O. A., Rilett, L., & Murphy, S. (2021). Validating and calibrating the Highway Capacity Manual arterial travel time reliability methodology. *Transportation Research Record*, 2675, 1382–1399. <https://doi.org/10.1177/03611981211026663>
7. Wu, N., & Brilon, W. (2021). Some new developments in two-way-stop-controlled intersections: Recommendations for future versions of the HCM. *Transportation Research Record*, 2
8. Chang, S. K., & Lung, S. T. (2021). Método modificado para evaluar el nivel de servicio en arterias urbanas en Taiwán. *Highway Capacity and Level of Service*. <https://doi.org/10.1201/9780203751916-8>
9. de Oliveira, J. K. S., & Bessa Júnior, J. E. (2022). Adaptación del HCM para el análisis de carreteras rurales de dos carriles sin zonas de adelantamiento en Brasil. Simulación de tráfico y análisis operacional. [DOI no disponible]
10. Salam, F. M., & Majid, H. M. (2022). Evaluation of capacity and LOS for heterogeneous urban multilane highways. *Construction Journal*. <https://doi.org/10.15282/construction.v2i2.8609>
11. Flor Chávez, G. F., Flores Amon, G., Cabrera Montes, F., Villalta Guznay, E., & Medina, J. (2021). Análisis de capacidad vial de la Av. Rodolfo Baquerizo Nazur y su intersección con la Av. Benjamín Carrión en la ciudad de Guayaquil utilizando Synchro 8.0. Proceedings of the 19th LACCEI International Multi-Conference. <https://doi.org/10.18687/laccei2021.1.1.517>
12. Shayeb, S. A., Dobrota, N., Stevanovic, A., & Mitrovic, N. (2021). Assessment of arterial signal timings using optimization tools. *Transportation Research Record*, 2675, 195–210. <https://doi.org/10.1177/03611981211011165>
13. Terraza, M., Zhang, J., & Li, Z. (2021). Intersection signal timing optimisation for an urban street network to minimise traffic delays. *Promet – Traffic & Transportation*. <https://doi.org/10.7307/ptt.v33i4.3694>
14. Badshah, I., Saad, S., Gohar, I., Rasheed, K., Khan, M. W., & Ali, Z. (2023). Impact of unsignalized pedestrian crossings at bottlenecks on traffic flow. 2023 4th International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI), 101–105. <https://doi.org/10.1109/ICDABI60145.2023.10629633>
15. Ortiz-Prado, E., Cordovez, S., McIlroy, R. C., & Simbaña, K. (2021). Pedestrian behavior and its influence to improve road safety in Ecuador. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 778–783. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-74608-7\\_95](https://doi.org/10.1007/978-3-030-74608-7_95)
16. Bari, C., & Dhamaniya, A. (2022). Reducción de la capacidad de entrada de rotondas bajo la influencia de peatones en condiciones de tráfico mixto. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*. <https://doi.org/10.26552/com.c.2022.4.d201-d214>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

17. Schmitz, J., Wu, N., & Geistefeldt, J. (2023). Modeling adjustment factors for pedestrians and bicycles on turning vehicle movements. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/10.1177/03611981231172952>
18. Schmitz, J., Wu, N., & Geistefeldt, J. (2024). Modelo nuevo para estimar la influencia de los peatones en la capacidad de entrada de rotondas. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/10.1177/03611981241234909>
19. Chodur, J., & Tracz, M. (2021). Efectos de la calidad de progresión y la no estacionariedad del flujo vehicular en modelos de demora en intersecciones semaforizadas. *Highway Capacity and Level of Service*. <https://doi.org/10.1201/9780203751916-9>
20. Saldivar-Carranza, E. D., Li, H., Mathew, J. K., Gayen, S., Malackowski, H. A., & Bullock, D. (2023). Trajectory-based arterial traffic signal performance measures. *Purdue University Technical Reports*. <https://doi.org/10.5703/1288284317633>
21. Baum, D., Yagüe-Blanco, J. L., & Escobar, J. (2021). Capacity development strategy empowering the decentralized governments of Ecuador towards local climate action. *Journal of Cleaner Production*, 285, 125320. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125320>
22. Holguín Carvajal, C., & Otzen, T. (2024). Trends in traffic accident mortality and social inequalities in Ecuador from 2011 to 2022. *BMC Public Health*, 24. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-19494-7>
23. GAD Municipal de Portoviejo. (2019). Ordenanza reformatoria al Plan Maestro Urbano. Portoviejo: GAD Municipal. <http://ordenanzas.portoviejo.gob.ec:9090/ordenanzas/>
24. Federal Highway Administration (FHWA). (2020). Complete Streets Implementation Guide. U.S. Department of Transportation. <https://highways.dot.gov/>
25. Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente* (3.ª ed.). Editorial Infinito
26. Sanz, A. (2016). *La bicicleta en la ciudad: Manual de políticas y diseño para su promoción*. Ministerio de Fomento de España
27. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). *Movilidad urbana sostenible: Un enfoque integrado*. Naciones Unidas