8 Análisis Del Flujo Vehicular, Capacidad Y Nivel De Servicio En El Anillo Vial Conformado Por Las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 De Junio Y Alejandro Castro Benites.

Analysis Of Vehicular Flow, Capacity, And Level Of Service In The Ring Road Formed By Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 De Junio, And Alejandro Castro Benites Avenues.

Autores

Darwin Michael Chuquirima Yaguachi
Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km 5 ½ Machala-Pasaje
dchuquiri2@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-0243-4422

Gilbert Adrián Añazco Campoverde
Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km 5 ½ Machala-Pasaje,
ganazco@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-9071-1601

Paul André Añazco Campoverde
Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km 5 ½ Machala-Pasaje
panazco@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-8981-3769

Carlos Eugenio Sanchez Mendieta
Ingeniero Civil, Universidad Técnica de Machala, Km 5 ½ Machala-Pasaje
csanchez@utmachala.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-5629-7323

8 Análisis Del Flujo Vehicular, Capacidad Y Nivel De Servicio En El Anillo Vial Conformado Por Las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 De Junio Y Alejandro Castro Benites.

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo evaluar la capacidad y el nivel de servicio del anillo vial de Machala. Para ello, se llevaron a cabo aforos vehiculares en puntos estratégicos con alta densidad de tráfico, con el propósito de recopilar datos precisos sobre el volumen de vehículos, su clasificación y la variabilidad del flujo a lo largo del día. La metodología utilizada se basó en el Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Vías Multicarril considerando que sus parámetros y criterios se adaptan mejor a las características geométricas y operativas de las vías urbanas en ciudades de la región andina, y los resultados fueron validados mediante herramientas de cálculo del Instituto Nacional de Vías. Los hallazgos revelan que las avenidas Luis Angel Leon Roman, 25 de Junio y Arizaga presentan niveles de servicio A y B, indicando un flujo estable con mínimas interrupciones en la movilidad. En contraste, la Avenida Alejandro Castro Benites mostró mayores volúmenes de tránsito, alcanzando valores de densidad vehicular correspondientes a niveles de servicio C y B, lo que implica una reducción en la velocidad y limitaciones en la fluidez del tráfico. En conclusión, los resultados evidencian la necesidad de optimizar la infraestructura vial y la gestión del tráfico en el anillo vial de Machala. Se recomienda la mejora de las intersecciones y la regulación del flujo vehicular como estrategias clave para lograr una movilidad más eficiente, fluida y segura en la ciudad.

***Palabras claves*:** Congestión vehicular, densidad vehicular, nivel de servicio, tráfico urbano.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the capacity and level of service of the Machala ring road. To achieve this, vehicular traffic counts were conducted at strategic points with high traffic density to collect accurate data on vehicle volume, classification, and flow variability throughout the day. The methodology used was based on the Highway Capacity Manual for multilane roads, and the results were validated using calculation tools from the National Institute of Roads. The findings reveal that Luis Ángel León Román, 25 de Junio, and Arizaga Avenues have service levels A and B, indicating stable flow with minimal mobility interruptions. In contrast, Alejandro Castro Benites Avenue exhibited higher congestion levels, reaching vehicle density values corresponding to service levels C and B, which implies a reduction in speed and limitations in traffic fluidity. In conclusion, the results highlight the need to optimize road infrastructure and traffic management in the Machala ring road. Improving intersections and regulating traffic flow are recommended as key strategies to achieve more efficient, smooth, and safe mobility in the city.

.

***Keywords**: Traffic congestion, vehicle density, service level, urban traffic.*

Nota Editorial: Recibido: Febrero 2025 Aceptado: Marzo 2025

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de las ciudades ha generado un aumento en la demanda de infraestructura vial, lo que ha provocado congestión vehicular y una reducción en la eficiencia del transporte urbano. La congestión vehicular es un fenómeno que se presenta cuando el volumen de tráfico excede la capacidad de la vía, causando disminuciones en la velocidad de circulación y generando embotellamientos prolongados. Este problema es un desafío para las sociedades en desarrollo, ya que prolonga los tiempos de traslado y afecta la productividad; así como el bienestar físico y mental de las personas [1].

En este contexto, el análisis del flujo vehicular, la capacidad vial y los niveles de servicio se ha convertido en una herramienta fundamental para evaluar el desempeño de las infraestructuras viales y diseñar estrategias de optimización del tránsito. Las calles y avenidas han evolucionado a lo largo del tiempo para adaptarse a las crecientes necesidades de movilidad, siendo esenciales para la conectividad y el desarrollo urbano [2]. La infraestructura vial en ciudades en crecimiento, como Machala, debe ser evaluada constantemente para asegurar que pueda atender la creciente demanda de transporte.

El transporte terrestre es un componente clave de la movilidad urbana, pero su dependencia de combustibles fósiles y su impacto en la contaminación ambiental requieren una planificación adecuada para mejorar su eficiencia [3]. Las infraestructuras viales, si bien son una solución comúnmente implementada para facilitar el tráfico, pueden generar fragmentación urbana y desigualdad en el acceso a los servicios cuando no se planifican correctamente [4]. Además, la seguridad vial es un factor crucial en la movilidad urbana, ya que los sistemas de comunicación y control de tráfico pueden reducir significativamente los accidentes en intersecciones, donde el riesgo de colisiones es mayor [5], [6].

El crecimiento acelerado de las ciudades también ha intensificado el tráfico y el ruido en las calles, especialmente en las intersecciones, afectando la calidad de vida de los ciudadanos y el ambiente acústico urbano. Es importante comprender y predecir los niveles de ruido generados por el tráfico en estos puntos críticos, considerando factores como el volumen y velocidad de los vehículos, la señalización de alto y el arranque de motores. Para abordar esta problemática, se han desarrollado herramientas prácticas que permiten a los planificadores urbanos evaluar el impacto acústico en calles e intersecciones, priorizando soluciones que mitiguen estos efectos y mejoren el bienestar ciudadano [7].

El diseño y la planificación urbana deben centrarse en optimizar este indicador, garantizando una circulación eficiente y reduciendo las externalidades negativas del tráfico. Estudios previos han demostrado que la implementación de medidas de control de tráfico y optimización de intersecciones mejora significativamente el nivel de servicio y la movilidad en ciudades con alta densidad vehicular [8]. En este contexto, se busca contribuir al conocimiento existente sobre la movilidad urbana en Machala, proporcionando un análisis detallado del flujo vehicular y su relación con la capacidad y el nivel de servicio en el anillo vial mencionado.

1.1. Objetivos Y Alcances

La presente investigación tiene como objetivo evaluar las características operacionales del anillo vial urbano de machala mediante el análisis del flujo vehicular, la capacidad y el nivel de servicio, con el fin de comprender su funcionamiento actual y su impacto en la movilidad urbana. Para ello, se investiga información sobre métodos de análisis de flujo vehicular, capacidad y niveles de servicio a partir de fuentes académicas y manuales técnicos relevantes. Asimismo, se identifican las percepciones y necesidades de los usuarios del anillo vial a través de encuestas, permitiendo evaluar aspectos clave relacionados con la movilidad, el uso de transporte y la seguridad vial. Como alcance del estudio, se lleva a cabo una evaluación de las condiciones operacionales actuales del anillo vial urbano mediante la caracterización del flujo vehicular, el análisis de capacidad y la determinación de niveles de servicio en puntos estratégicos durante distintos períodos. Los resultados obtenidos se presentan a través de tablas y gráficos para facilitar su interpretación, proporcionando una base técnica para la formulación de recomendaciones orientadas a mejorar la eficiencia del sistema vial.

2. METODOLOGÍA

En la figura 1 se representa del anillo vial de Machala y se identifican con líneas de color rojo a las avenidas utilizadas como objeto de estudio. La Avenida Luis Angel Leon Roman cuenta con dos carriles por sentido de circulación y un separador central de tres metros, la Avenida Arizaga, con una configuración similar con un separador de 1 metro, la Avenida 25 de Junio, una de las más transitadas, dispone de cuatro carriles en cada dirección y un separador de 3,75 metros. Por su parte, la Avenida Alejandro Castro Benites con dos carriles por sentido.

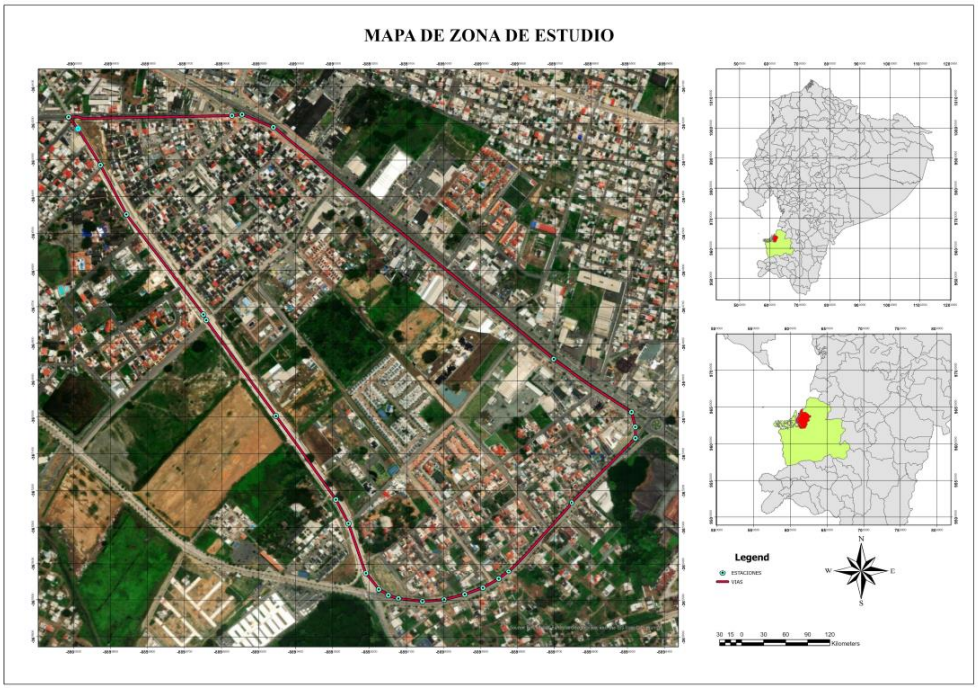

***Figura 1**: Mapa de zona de estudio*

Para la recolección de información sobre la percepción de los usuarios respecto a la movilidad y el desempeño del anillo vial de Machala, se aplicaron encuestas estructuradas dirigidas a conductores y peatones que transitan con regularidad por las avenidas Luis Angel Leon Roman, Arizaga, 25 de junio y Alejandro Castro Benites. La encuesta fue diseñada para obtener datos claves sobre la experiencia de los usuarios en relación con la fluidez del tráfico, los tiempos de viaje, la seguridad vial y los principales factores que afectan la circulación vehicular. La recopilación de respuestas se llevó a cabo a través de la plataforma google forms, facilitando así el acceso y la participación de un mayor número de personas.

Los resultados fueron analizados estadísticamente para identificar patrones y tendencias sobre la satisfacción de los usuarios y los principales problemas de movilidad en la zona de estudio. Un aspecto crítico en la congestión vehicular de machala es el crecimiento poblacional acelerado, que ha aumentado la demanda de transporte saturando las vías principales. Eventualmente, puede haber más vehículos transitando de los que caben en las vías disponibles. Ahí se genera el conocido “tráfico vehicular” o “embotellamientos” [9].

Para la evaluación de las avenidas que conforman el anillo vial de machala, se llevó a cabo un aforo vehicular en puntos estratégicos a lo largo de siete días consecutivos. Durante este proceso, se recopilaron datos esenciales como el volumen de tráfico, clasificación de vehículos, dirección de desplazamiento, velocidad promedio, densidad vehicular y separación entre unidades. Estos registros fueron obtenidos mediante conteos manuales y posteriormente procesados con base en las metodologías establecidas en los manuales de capacidad y niveles de servicio. La información recolectada permitió calcular el nivel de servicio de cada avenida mediante el uso de curvas de velocidad-flujo, garantizando un análisis detallado del comportamiento del tráfico en la zona de estudio.

Los datos procesados fueron comparados con valores de referencia para determinar el desempeño de cada vía en términos de capacidad y fluidez vehicular. Se aplicaron ecuaciones de corrección para ajustar la velocidad a flujo libre considerando variables como el ancho de carril, la presencia de separadores, la densidad de accesos y las características geométricas de cada avenida. El LOS se define como una clasificación cuantitativa basada en medidas de desempeño que reflejan la calidad del servicio. La metodología tradicional establece seis niveles de servicio, categorizados de A a F, donde A representa la máxima calidad y F la mínima [10]. Los resultados obtenidos servirán como base para futuras investigaciones y propuestas de mejora en la infraestructura vial de machala, permitiendo optimizar la movilidad y reducir los efectos negativos del tráfico en las principales arterias de la ciudad.

3. RESULTADOS

Para comprender mejor la experiencia de los usuarios del Anillo Vial de Machala, se realizó una encuesta a través de Google Forms, en la que participaron 100 personas. Se calculó el tamaño de la muestra utilizando una ecuación de muestreo, asegurando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 8%. La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, dirigido a personas que transitan con regularidad por las avenidas del Anillo Vial.

El objetivo principal de la encuesta fue conocer cómo perciben los usuarios el tráfico, la fluidez vehicular y la seguridad vial en esta infraestructura clave. Los datos obtenidos serán analizados para identificar patrones y tendencias que ayuden a comprender mejor la dinámica del tránsito en el anillo vial. A partir de estos hallazgos, se espera sentar bases para futuras investigaciones que permitan mejorar el nivel de servicio y la capacidad vial, contribuyendo así a una movilidad más eficiente y segura en Machala. En las figuras 2-14 se presentan las preguntas de la encuesta aplicada, permitiendo visualizar los aspectos evaluados en el estudio.

Pregunta 1: ¿Cuál es el principal modo de transporte que utiliza con mayor frecuencia?

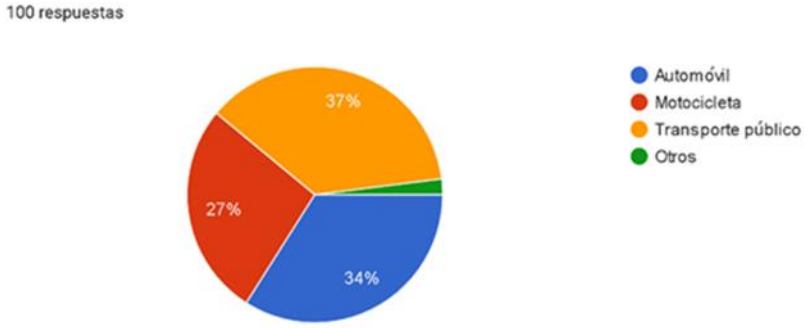

Figura 2: Distribución por modo de transporte más utilizado por los encuestados.

Los resultados evidencian que el transporte público es el medio de movilidad más utilizado por los encuestados, lo que refleja una alta dependencia de este sistema en la ciudad de Machala. Asimismo, el uso significativo del automóvil y la motocicleta destaca la necesidad de implementar medidas que optimicen la fluidez del tráfico y mejoren la seguridad vial. Este panorama subraya la importancia de fortalecer la infraestructura vial para satisfacer las demandas tanto del transporte público como de los vehículos particulares.

Pregunta 2: *¿Cuál de las siguientes avenidas usa con mayor frecuencia?*

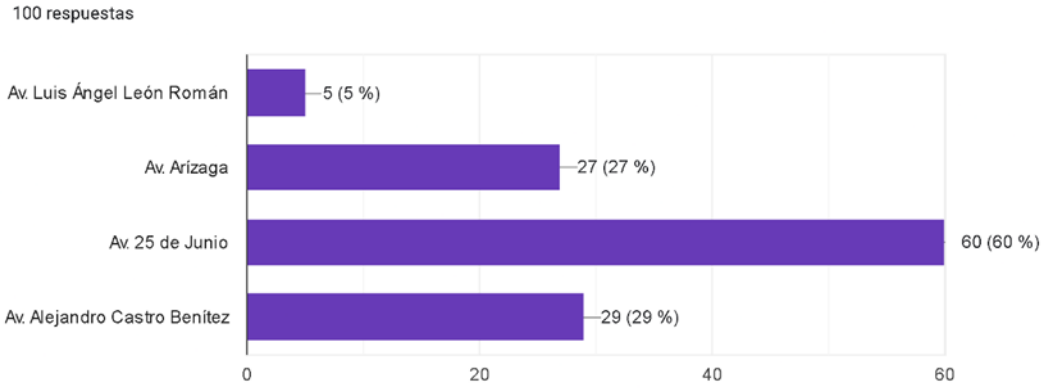

Figura 3: *Frecuencia de uso de las principales avenidas del Anillo Vial de Machala.*

Las avenidas utilizadas con mayor frecuencia reflejan una clara predominancia de la Av. 25 de Junio como el principal eje de movilidad en la zona estudiada. Este corredor vial destaca por concentrar gran parte del flujo vehicular, lo que evidencia su importancia estratégica para la conectividad urbana. En contraste, la Av. Luis Ángel León Román registra una baja afluencia, lo que sugiere que podría requerir intervenciones para mejorar su funcionalidad o integración con el resto del sistema vial.

Pregunta 3: *¿Cuál es el principal propósito de sus desplazamientos por las siguientes avenidas?*

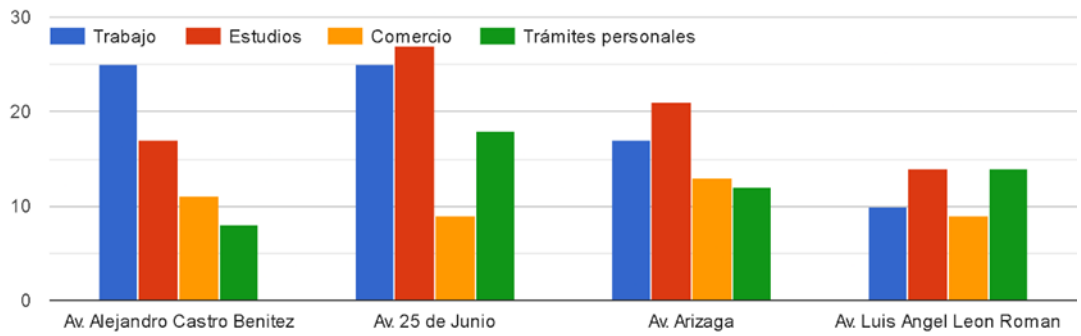

Figura 4: *Propósito de los desplazamientos en las principales avenidas del Anillo Vial de Machala.*

La Avenida Alejandro Castro Benites se caracteriza por su orientación hacia actividades laborales y educativas, mientras la Avenida 25 de Junio muestra una clara vocación comercial, complementada en menor medida por desplazamientos laborales y administrativos. En contraste, la Avenida Arizaga exhibe un perfil más equilibrado entre diferentes propósitos, aunque con predominio de actividades económicas, y la Avenida Luis Angel Leon Roman presenta la distribución más homogénea de motivos de desplazamiento, con ligera preponderancia de trámites personales y comercio. Este análisis refleja la función de cada vía dentro de la dinámica urbana de Machala.

Pregunta 4: *¿Cómo describiría las condiciones de tráfico que suele experimentar al transitar por las avenidas del Anillo Vial?*

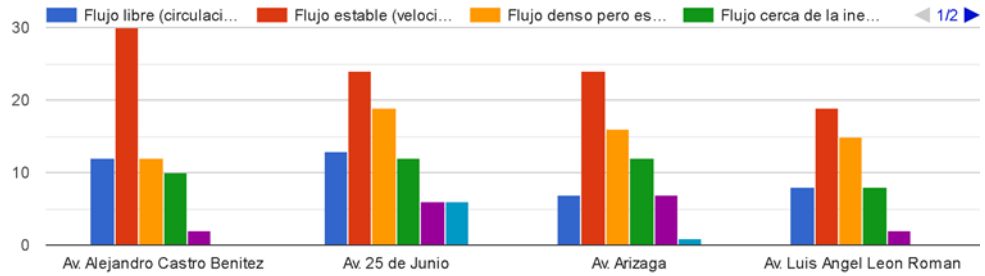

Figura 5: *Evaluación del flujo vehicular en el Anillo Vial según percepción de los usuarios.*

La percepción del tráfico en el Anillo Vial indica que el flujo estable predomina en todas las avenidas, con variaciones en la proporción de flujo denso y libre. La Av. Alejandro Castro Benites y la Av. Arizaga presentan mayor estabilidad, mientras que en la Av. 25 de Junio y la Av. Luis Ángel León Román se registra más flujo denso. Estos resultados reflejan una circulación mayormente estable, aunque con puntos de congestión en ciertas vías.

Pregunta 5: *¿Cree que la velocidad promedio del tráfico en estas avenidas es adecuada?*

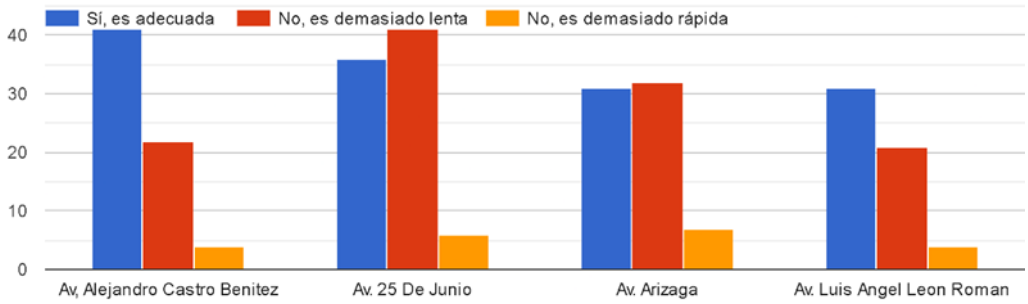

Figura 6*: Análisis de la percepción ciudadana sobre la velocidad del tráfico en el Anillo Vial de Machala.*

La mayoría de los encuestados perciben que la velocidad del tráfico es adecuada, excepto en la Av. 25 de Junio, donde predomina la percepción de que es demasiado lenta. En la Av. Arizaga, las opiniones están divididas, mientras que en la Av. Luis Angel Leon Roman y la Av. Alejandro Castro Benites, la mayoría considera la velocidad apropiada.

Pregunta 6: ¿Qué tramo de vía presenta mayor congestión vehicular?

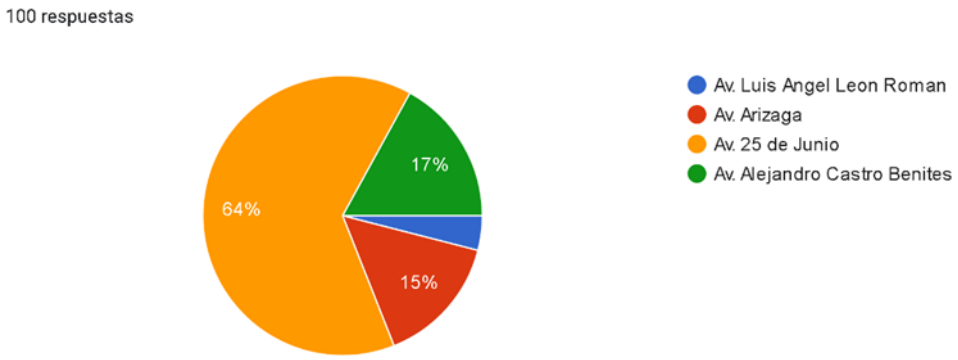

Figura 7: *Percepción de los tramos con mayor congestión en el Anillo Vial de Machala.*

La Av. 25 de Junio es la más congestionada con 64%, seguida por la Av. Alejandro Castro Benites con 17% y la Av. Arizaga con 15%, mientras que la Av. Luis Ángel León Román presenta la menor congestión con 4%, identificando así los puntos críticos del tráfico.

Pregunta 7: *¿Qué factor considera que más afecta al flujo vehicular en estas Avenidas?*

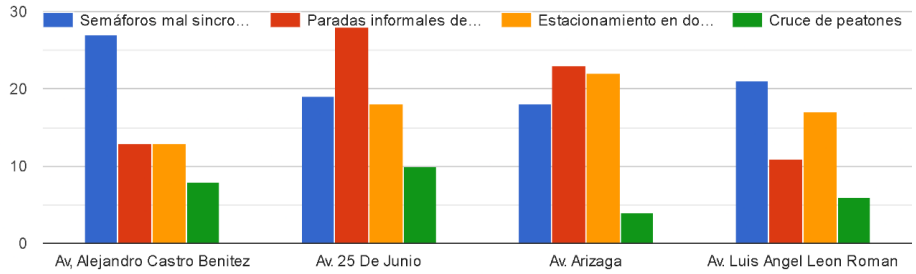

Figura 8: *Identificación de los factores que inciden en la congestión vehicular según percepción de los usuarios.*

Los principales factores que afectan el tráfico en el Anillo Vial son semáforos mal sincronizados, paradas informales y estacionamiento en doble fila. En la Av. Alejandro Castro Benites, predominan los semáforos desincronizados, mientras que en la Av. 25 de Junio las paradas informales son el mayor problema. En la Av. Arizaga y la Av. Luis Angel Leon Roman, el estacionamiento en doble fila y los semáforos mal sincronizados impactan significativamente el flujo vehicular.

Pregunta 8: *¿Qué tipo de vehículos observa que generan mayor congestión?*

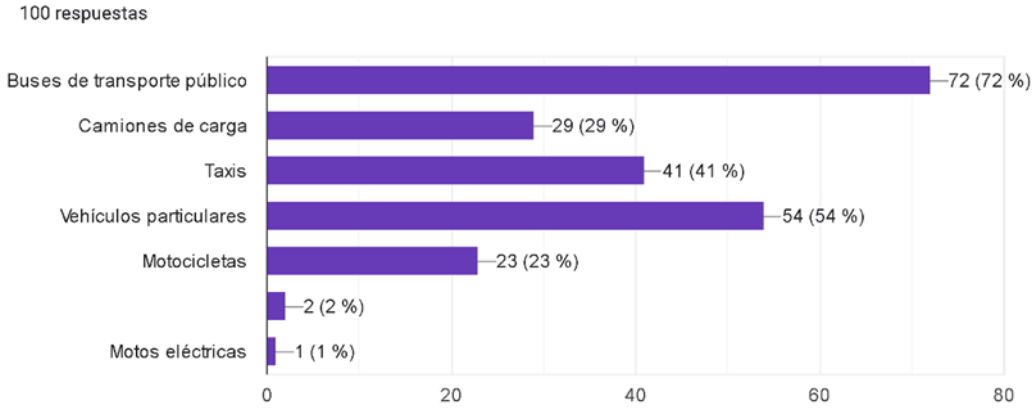

Figura 9: *Vehículos identificados como principales generadores de congestión en el Anillo Vial.*

Los buses de transporte público son los principales generadores de demora con 72%, seguidos por los vehículos particulares con 54% y los taxis con 41%. Los camiones de carga representan 29% y las motocicletas 23%, mientras que las motos eléctricas y otros vehículos tienen una incidencia mínima. Esto resalta el impacto del transporte público y los vehículos particulares en la congestión vial.

Pregunta 9: *¿En qué horario suele experimentar mayor congestión vehicular en estas Avenidas?*

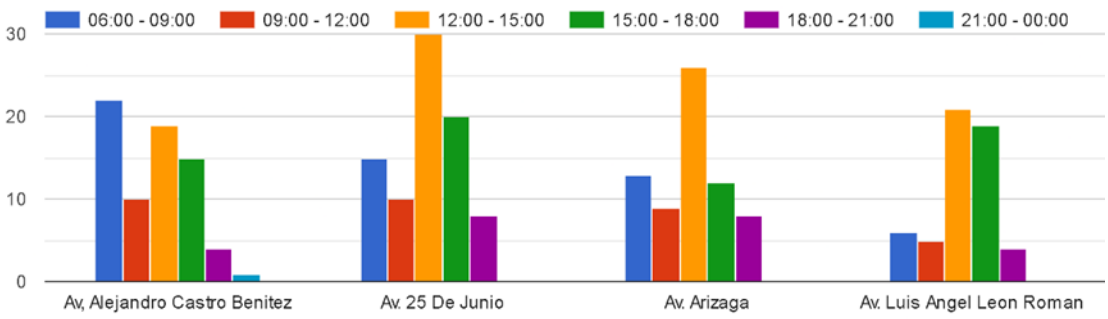

Figura 10: *Distribución horaria de la congestión vehicular en el Anillo Vial de Machala.*

Los horarios de mayor congestión en el Anillo Vial coinciden con las jornadas laborales y escolares. En la Av. Alejandro Castro Benites, el tráfico es más intenso de 06:00 a 09:00 y de 12:00 a 15:00. En la Av. 25 de Junio, el pico máximo ocurre entre 12:00 y 15:00, seguido por 06:00 a 09:00 y 15:00 a 18:00. La Av. Arizaga presenta su mayor congestión de 12:00 a 15:00, mientras que en la Av. Luis Ángel León Románse reporta entre 12:00 a 15:00 y 15:00 a 18:00.

Pregunta 10: *¿Qué medida considera más efectiva para mejorar el flujo vehicular en las Avenidas?*

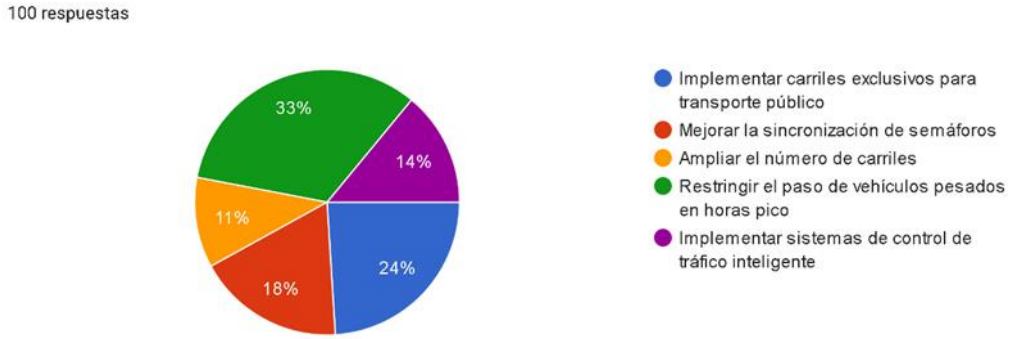

Figura 11: *Medidas preferidas por los usuarios para reducir la congestión vehicular.*

Las preferencias para mejorar el tráfico revelan una clara inclinación hacia soluciones que regulen la circulación de vehículos pesados en horarios críticos, posicionándose como la estrategia predominante. Le sigue en importancia la implementación de carriles exclusivos para transporte público, reflejando un interés en priorizar la movilidad colectiva. Las opciones tecnológicas y de infraestructura como la optimización de semáforos, sistemas inteligentes de control de tráfico y ampliación de vías reciben menor respaldo, aunque mantienen presencia significativa. Este patrón sugiere una preferencia ciudadana por medidas regulatorias sobre intervenciones físicas o tecnológicas, potencialmente debido a su percepción como soluciones de implementación más inmediata y menor costo.

Pregunta 11: *¿Cómo calificaría el nivel de congestión en estas avenidas?*

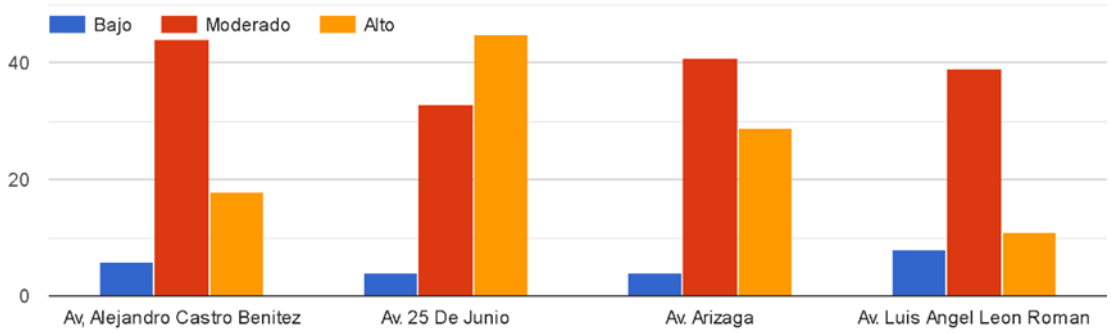

Figura 12: *Percepción del nivel de congestión vehicular en las principales avenidas del Anillo Vial*

La Av. 25 de Junio y la Av. Arizaga presentan la mayor congestión, con predominio de niveles altos. En la Av. Alejandro Castro Benites y la Av. Luis Angel Leon Roman, la congestión es mayormente moderada, con pocos casos de niveles bajos o altos. Esto confirma que las primeras dos avenidas son las más afectadas por el tráfico intenso.

Pregunta 12: *Si experimenta congestión, ¿utiliza rutas alternativas?*

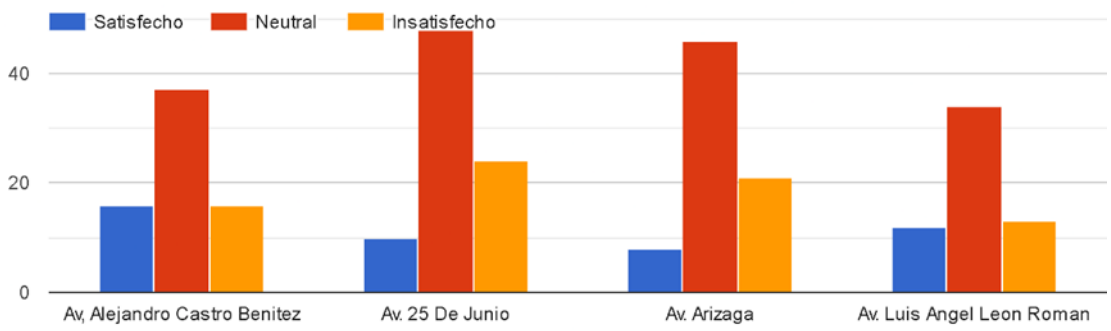

Figura 14: *Nivel de satisfacción de los usuarios con las condiciones actuales del tráfico en el Anillo Vial.*

En todas las vías predomina notablemente la valoración Neutral, que alcanza su punto más alto en las avenidas 25 de Junio y Arizaga. Los niveles de satisfacción son relativamente bajos en todas las avenidas, siendo ligeramente más altos en la Av. Alejandro Castro Benítez. Los niveles de insatisfacción son moderados, con mayor presencia en la Av. 25 De Junio y Av. Arizaga. Esta distribución sugiere que la mayoría de usuarios mantiene una opinión intermedia sobre la infraestructura vial de la ciudad.

A continuación, en la Tabla 1 se detalla las características geométricas de la vía, obtenidas a partir de mediciones realizadas directamente en campo, en cumplimiento de los lineamientos establecidos por el Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del INVIAS [11]. Los parámetros evaluados incluyen el ancho de los carriles, el ancho de las bermas, y las dimensiones de los separadores centrales o laterales, aspectos clave para determinar las condiciones operativas de la vía y su influencia en la velocidad de operación y el nivel de servicio. Las mediciones fueron realizadas en campo, asegurando la validez y confiabilidad de los datos recopilados, los cuales serán utilizados para los cálculos y análisis correspondientes a este estudio.

Tabla 1. *Características geométricas del anillo vial.*

	AV. LUIS LEÓN		AV. ARIZAGA		AV. 25 DE JUNIO		AV. ALEJANDRO CASTRO	
	O-E	E-O	S-N	N-S	E-O	O-E	N-S	S-N
Ancho de separador (m)	3	3	1	1	3,75	3,75	0	0
Ancho Carril (m)	3,3	3,23	3	3	3,37	3,29	3,86	3,77
Ancho promedio de Bermas (m)	0,43	0,52	0,39	0,46	0,48	0,65	0,81	1
Número de Carriles por Calzada	2	2	2	2	4	4	2	2
Número de Accesos	7	8	4	2	6	7	13	5
Límite de Velocidad	40	40	40	40	50	50	50	50

En la tabla 2 se presenta un resumen de la información calculada y los valores obtenidos según los métodos establecidos en el manual de capacidad y niveles de servicio para vías multicarril, aplicados a las avenidas analizadas.

Tabla 2. *Cuadro de resumen de Niveles de Servicio del anillo vial.*

	LUIS LEÓN		ARIZAGA		25 DE JUNIO		ALEJANDRO CASTRO	
	O-E	E-O	S-Ń	N-S	E-O	O-E	N-S	S-N
VELOCIDAD A FLUJO LIBRE, VL								
Valor de velocidad Genérica, **VG:**	50	50	50	50	60	60	60	60
Corrección ancho de carril, **f_C:**	2	5	14,8	14,8	1,3	2,4	0	0
Corrección promedio ancho de bermas,**f_B:**	3,3	2,5	3,7	2,9	2,7	2,3	2	1,7
Corrección ancho de separador, **f_S:**	0	0	1,3	1,3	0	0	2,8	2,8
Corrección densidad de accesos, **f_A:**	4,4	5	3	3	3,70	4,40	9,20	3
VL Calculada:	40,4	37,5	27,2	28	52,3	51	46	52,5
Tomar VL de:	70	70	70	70	70	70	70	70
INFORMACIÓN DE VEHICULOS								
Volumen (veh/h)	398	1098	332	986	1881	1466	1575	1416
Fhp:	0,9	0,91	0,87	0,83	0,9	0,94	0,9	0,86
% camiones	3	4	3	5	8	8	11	11
Factor de corrección por camiones (Fhv)	0,974	0,965	0,974	0,957	0,933	0,933	0,910	0,910
Flujo vehicular (vp):	227	625	196	621	560	418	962	905
RESULTADOS								
Velocidad (km/h):	68,2	65	68,5	65,1	65,6	66,7	62,3	62,8
Densidad (Veh/km/Carril):	3,3	9,6	2,9	9,5	8,5	6,3	15,4	14,4
Nivel de servicio por sentido	A	B	A	B	B	A	C	B
Nivel de servicio de la Avenida	B		B		B		C	
Nivel de servicio del Anillo vial	C							

Para evaluar el nivel de servicio en el Anillo Vial de Machala, también se utilizaron ábacos flujo-velocidad, los cuales permiten analizar la relación entre el flujo vehicular y la velocidad de operación en distintas condiciones de tránsito, estos ábacos están representados en las figuras 15-18.

AV. LUIS ÁNGEL LEÓN ROMÁN.

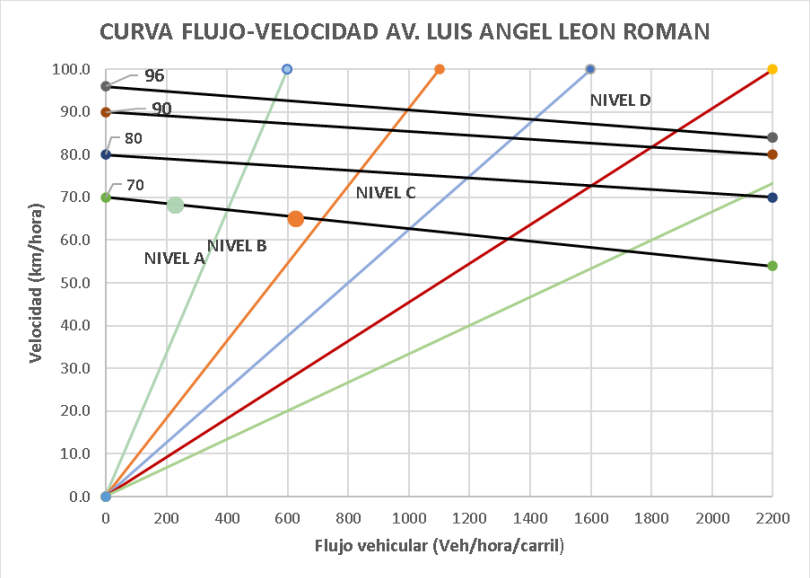

Figura 15: *Curvas flujo-velocidad.* ***Fuente:*** *INVIAS [11]*

Como se observa en el cuadro de resumen y en el ábaco, se obtuvo un nivel de servicio entre A y B en ambos sentidos, el cual sabemos se considera un flujo vehicular estable y puede presentar pequeños conflictos, por lo tanto, se tomaría el valor más bajo que sería un servicio nivel B.

AV. ARIZAGA.

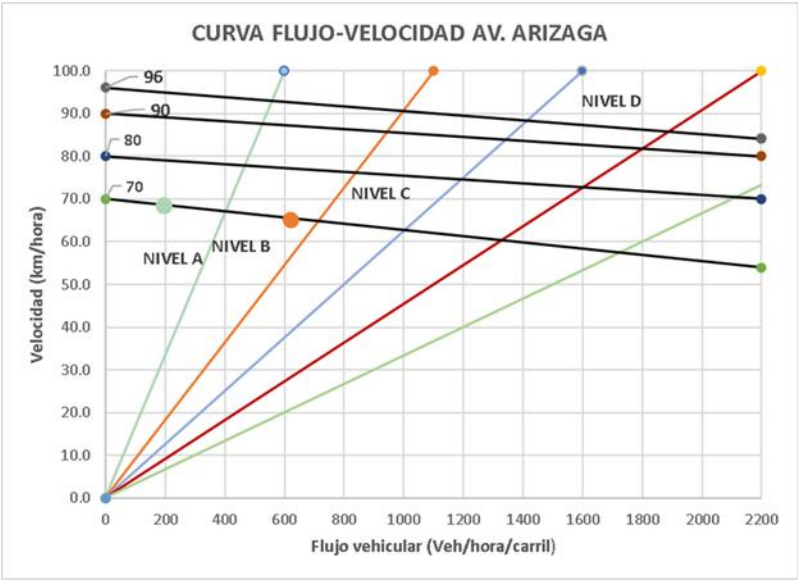

Figura 16: *Curvas flujo-velocidad.* ***Fuente:*** *INVIAS [11]*

Como se observa en el cuadro de resumen y en el ábaco, se obtuvo un nivel de servicio entre A y B en ambos sentidos. Este nivel sigue representando un buen desempeño, aunque con un leve aumento en el tráfico que podría ocasionar pequeños conflictos en la vía. Tomando en cuenta ambos puntos, se considera que el nivel de servicio general para la vía es Nivel B, lo que indica un flujo vehicular estable y satisfactorio para las condiciones analizadas.

AV. 25 DE JUNIO.

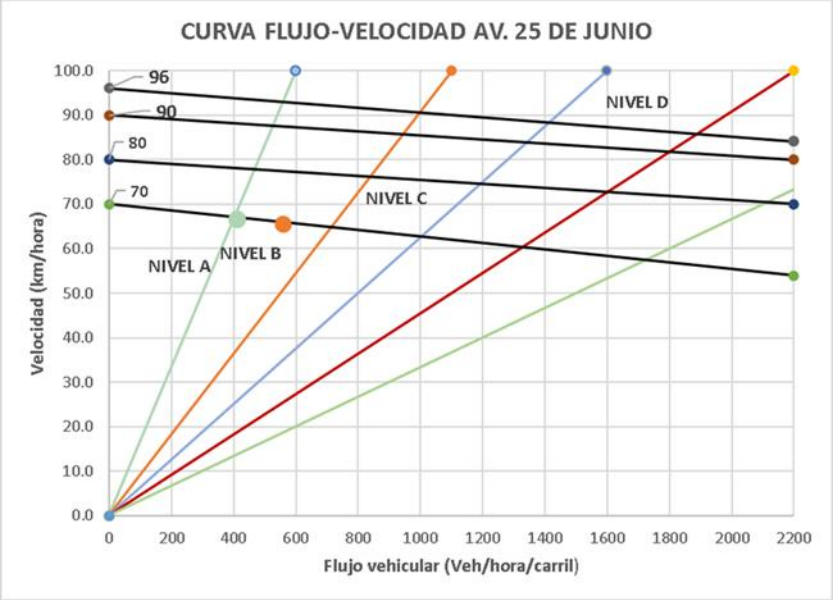

Figura 17: *Curvas flujo-velocidad.* ***Fuente:*** *INVIAS [11]*

En la Avenida 25 de Junio, se identifican dos puntos que reflejan las condiciones operativas de la vía analizada. El primer punto, ubicado en el Nivel A indica que el tránsito es fluido y se encuentra en condiciones óptimas, con una calidad de operación sobresaliente. El segundo punto se sitúa en el Nivel B, lo que representa un desempeño bueno, aunque con un mayor flujo vehicular que podría generar ligeros conflictos en la operación, el nivel de servicio general para la vía se clasifica como Nivel B, reflejando un tránsito estable y eficiente, pero con un menor margen de comodidad en comparación con el Nivel A.

AV. ALEJANDRO CASTRO BENITES

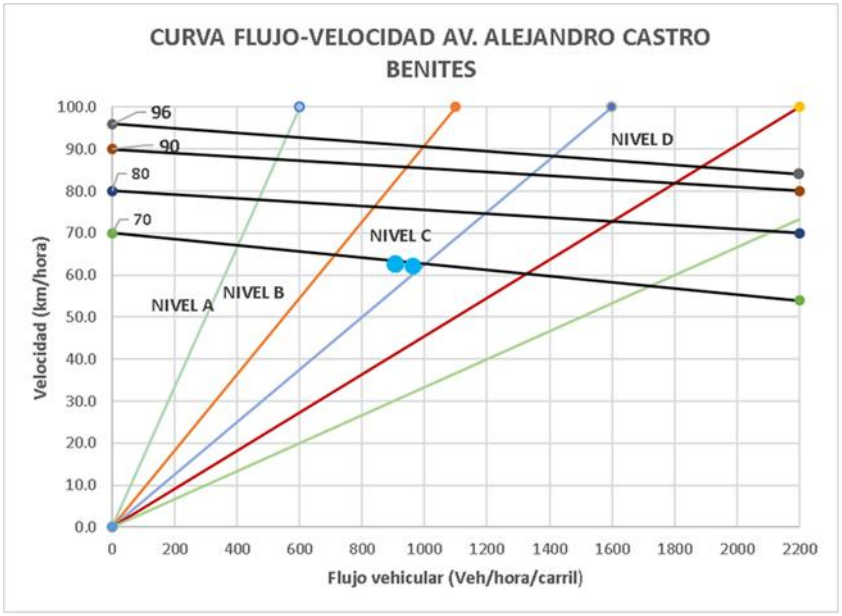

Figura 18: *Curvas flujo-velocidad.* ***Fuente:*** *INVIAS [11]*

En el ábaco presentado, se observa una discrepancia entre los resultados obtenidos a partir de la densidad calculada y la ubicación en el gráfico. Según la densidad, la vía opera en un Nivel de Servicio B, lo que indica un flujo vehicular estable con pocos conflictos y una buena calidad operativa. Sin embargo, al analizar los datos de velocidad promedio y flujo vehicular ajustado, el punto se ubica en el Nivel de Servicio C, lo que sugiere condiciones más comprometidas, con mayor densidad de tráfico y una ligera reducción en la fluidez del tránsito. Esta diferencia refleja que, aunque la vía aún mantiene un desempeño aceptable, el aumento en el flujo vehicular y la disminución de la velocidad están comenzando a afectar la calidad del servicio. Este resultado puede interpretarse como una advertencia de que la vía está cerca de una transición hacia condiciones menos óptimas, requiriendo atención para evitar futuros deterioros en su desempeño.

4. CONCLUSIONES

- Con la información recopilada sobre diversas metodologías reconocidas en el campo de la ingeniería civil para el estudio del flujo vehicular, la capacidad vial y los niveles de servicio se utilizó el manual de capacidad y niveles de servicio para vías multicarril del instituto nacional de vías como principal referencia técnica, lo que permitió definir los parámetros necesarios para evaluar las condiciones operativas de las avenidas del anillo vial.
- Se aplicaron técnicas de aforos vehiculares, mediciones de volúmenes de tráfico y análisis de datos estadísticos para obtener una caracterización precisa del comportamiento del tránsito. La recopilación y sistematización de esta información técnica proporcionaron las herramientas necesarias para abordar el análisis de manera integral, sentando las bases para diagnosticar las condiciones actuales de las vías. Este enfoque permitió desarrollar un marco metodológico adaptado a las características específicas de la infraestructura vial de machala, garantizando la validez y aplicabilidad de los resultados obtenidos.
- Las encuestas realizadas permitieron obtener criterios valiosos sobre las percepciones y experiencias de los usuarios respecto las condiciones del flujo vehicular en el anillo vial de machala. Los resultados reflejan que la mayoría de los encuestados identifica problemas significativos relacionados con la congestión vehicular, especialmente en los horarios de mayor demanda, lo que afecta tanto los tiempos de desplazamiento como la calidad de la experiencia de movilidad, además, los datos recopilados subrayan la necesidad de optimizar la infraestructura vial y mejorar la gestión del tráfico en las avenidas analizadas. Entre las principales inquietudes de los usuarios destacan la presencia de estacionamientos en doble fila y las paradas informales de buses, los cuales generan interrupciones frecuentes en el flujo vehicular. Estos factores no solo impactan negativamente la capacidad vial, sino que también contribuyen a la congestión y disminuyen significativamente la seguridad y eficiencia del tránsito en las zonas críticas del anillo vial. Las encuestas no solo han confirmado las hipótesis iniciales del estudio, sino que también aportan insumos clave para diseñar propuestas técnicas orientadas a mejorar la capacidad y el nivel de servicio de las avenidas evaluadas. Los hallazgos reafirman la importancia de involucrar a los usuarios en la identificación de problemas y en la formulación de soluciones que respondan a las necesidades reales de la población.

El estudio del anillo vial de Machala determina que las avenidas luis ángel león romány arizaga mantienen niveles de servicio a y b, confirmando su capacidad adecuada para soportar los volúmenes de tráfico actuales. La avenida 25 de junio, aunque presenta niveles similares, muestra signos de vulnerabilidad ante incrementos de demanda. La situación más crítica se identifica en la avenida Alejandro Castro Benites, con niveles de servicio C y B, evidenciando saturación incipiente. Esta jerarquización del estado funcional de las vías principales establece las prioridades de intervención: inmediata en Castro Benites, preventiva en 25 de junio y de mantenimiento en las restantes. Los hallazgos fundamentan la necesidad de un programa escalonado de mejoramiento vial que priorice recursos según el estado operativo de cada componente del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] I. O. Olayode, L. K. Tartibu, M. O. Okwu, and U. F. Uchechi, “Intelligent transportation systems, un-signalized road intersections and traffic congestion in Johannesburg: a systematic review,” Procedia CIRP, vol. 91, pp. 844–850, Jan. 2020, doi: 10.1016/J.PROCIR.2020.04.137.

[2] F. Garrefa and F. F. Carvalho, “Tres conceptos para aumentar la seguridad vial de peatones y ciclistas: urbanismo táctico, calles completas y calles seguras,” Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade, vol. 1, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.17271/RLASS.V1I1.2517.

[3] A. C. Patiño-Sánchez and O. F. Patiño-Silva, “Impacto de la combustión del transporte terrestre en la calidad del aire y la salud pública en áreas urbanas. Una revisión,” REVISTA NODO, vol. 15, no. 30, pp. 61–73, May 2021, doi: 10.54104/nodo.v15n30.825.

[4] E. J. Adugbila, J. A. Martinez, and K. Pfeffer, “Road infrastructure expansion and socio-spatial fragmentation in the peri-urban zone in Accra, Ghana,” Cities, vol. 133, p. 104154, Feb. 2023, doi: 10.1016/J.CITIES.2022.104154.

[5] B. E. Y. Belmekki, A. Hamza, and B. Escrig, “Performance analysis of cooperative communications at road intersections using stochastic geometry tools,” Digit Signal Process, vol. 116, p. 103112, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.DSP.2021.103112.

[6] M. Tomoda, H. Uno, S. Hashimoto, S. Yoshiki, and T. Ujihara, “Analysis on the impact of traffic safety measures on children’s gaze behavior and their safety awareness at residential road intersections in Japan,” Saf Sci, vol. 150, p. 105706, Jun. 2022, doi: 10.1016/J.SSCI.2022.105706.

[7] A. Yadav, J. Mandhani, M. Parida, and B. Kumar, “Modelling of traffic noise in the vicinity of urban road intersections,” Transp Res D Transp Environ, vol. 112, p. 103474, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.TRD.2022.103474.

[8] Y. Gao, Z. Qu, X. Song, Z. Yun, and F. Zhu, “Coordinated perimeter control of urban road network based on traffic carrying capacity model,” Simul Model Pract Theory, vol. 123, p. 102680, Feb. 2023, doi: 10.1016/J.SIMPAT.2022.102680.

[9] K. E. Godoy-Pérez, K. V. Benítez-Tupiza, J. S. Valle-Jaramillo, and E. M. Inga-Ortega, “Sizing and Routing of Wireless Sensor Networks for Traffic Vehicular Monitoring,” ITECKNE, vol. 17, no. 1, pp. 7–18, Jul. 2020, doi: 10.15332/ITECKNE.V17I1.2425.

[10] J. Raj and P. Vedagiri, “Modeling Level of Service of Urban Roads Based on Travelers’ Perceptions,” European Transport - Trasporti Europei, no. 89, Dec. 2022, doi: 10.48295/ET.2022.89.1.

[11] Instituto Nacional de Vías (INVIAS), Manual de Capacidad y Nivel de Servicio del INVIAS, 2008. [En línea]. Disponible: https://hermes2.invias.gov.co/SIV/