



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**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**

**CHUQUIRIMA YAGUACHI DARWIN MICHAEL
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**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**

**CHUQUIRIMA YAGUACHI DARWIN MICHAEL
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**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**

**CHUQUIRIMA YAGUACHI DARWIN MICHAEL
INGENIERO CIVIL**

AÑAZCO CAMPOVERDE GILBERT ADRIAN

**MACHALA
2024**

Trabajo de Titulación Final-Chuquirima D

9%
Textos
sospechosos



7% Similitudes

0% similitudes entre
comillas
1% entre las fuentes
mencionadas

2% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Trabajo de Titulación Final-Chuquirima D.docx
ID del documento: 730711f74ddb59c607924cdbe97ec645101ac9e4
Tamaño del documento original: 8,67 MB
Autor: Darwin Michael Chuquirima Yaguachi

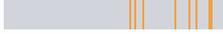
Depositante: GILBERT ADRIAN AÑAZCO CAMPOVERDE
Fecha de depósito: 4/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 4/2/2025

Número de palabras: 18.702
Número de caracteres: 124.010

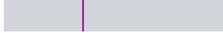
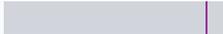
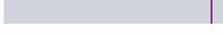
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec 4 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (279 palabras)
2	repositorio.utmachala.edu.ec 3 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (203 palabras)
3	noesis.uis.edu.co 11 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (123 palabras)
4	repositorio.unal.edu.co 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (133 palabras)
5	repositorio.utmachala.edu.ec 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (115 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	polodelconocimiento.com Análisis del nivel de servicio en intersección semaforizada... https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5816	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (18 palabras)
2	dialnet.unirioja.es	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
3	dialnet.unirioja.es	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
4	Documento de otro usuario #0b78a4 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec Artículo Científico.- Evaluación del nivel de servicio en la a... http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8921	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

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

- <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2022.104154>
- https://www.machala.gob.ec/documentosGAD/rendicionCuentas/2023/insumos/PDOT_Machala.pdf
- <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15644>
- <https://doi.org/10.1016/J.DSP.2021.103112>
- <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2020.105923>

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CHUQUIRIMA YAGUACHI DARWIN MICHAEL, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado 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 , otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que él asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de Marzo de 2025



Darwin Michael Chuquirima Yaguachi
0706260122

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por acompañarme en cada paso de este camino, por escucharme en los momentos más difíciles y darme la fuerza para no rendirme, permitiéndome alcanzar la meta de culminar mi carrera universitaria.

A mi madre, Isabel Yaguachi M., por su amor incondicional, por ser mi apoyo inquebrantable y por enseñarme a enfrentar la vida con valentía, siempre protegiéndome de lo malo. A mis dos razones de vida, quienes me impulsan cada día a ser mejor: mi hermana Brigitte Chuquirima, por brindarme un amor puro, el de un hermano, y enseñarme el valor de las experiencias que nos hacen crecer como seres humanos; y mi hermano Máximo Tinoco, por su amor incondicional, por ser mi amigo, mi compañero y un pilar fundamental en mi vida, recordándome siempre por qué seguir adelante.

A mi Abuelo, Víctor Yunga, quien ahora me cuida desde el cielo, por enseñarme que los problemas nunca son tan grandes como parecen y que la mejor forma de enfrentarlos es con serenidad y calma. A mi Abuela Guadalupe Mancheno, por su dedicación, amor y esfuerzo a lo largo de los años, por enseñarme con su ejemplo a ser un hombre trabajador y de bien.

A mi querida familia, quienes han creído en mí y han sido parte de este proceso: Darwin Chuquirima G., Eduardo Delgado, Margarita Yunga, David Yunga, Yadira Yunga, Guadalupe Yunga y Jhon Sizalima.

A Neyver Salazar, aunque ya no está físicamente, sigue presente en mi corazón. Tu amistad significó mucho para mí y fuiste la inspiración para elegir esta carrera. Hoy, cumplo mi palabra, y este logro también es tuyo.

Finalmente, pero no menos importante, a mis grandes amigos y colegas, con quienes he compartido innumerables momentos, tanto buenos como difíciles en este camino universitario: Gloria Lalangui, Kevin Montaña y Carlos Paladines. Gracias por su amistad, por su apoyo y por ser parte de esta etapa inolvidable de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud principalmente a Dios por darme la oportunidad de culminar con éxito mi carrera universitaria, a mi Madre y mis hermanos quienes fueron los pilares fundamentales en mi camino hacia este logro.

Al Ing. Adrián Añazco, quien me ha guiado durante la elaboración de este trabajo de titulación, brindándome su apoyo, confianza y asesoramiento. Su disposición para responder mis inquietudes y compartir su conocimiento ha sido invaluable a lo largo de mi etapa universitaria.

A mis compañeros y amigos, les expreso mi profunda gratitud por haber sido una fuente constante de compañerismo, motivación y apoyo a lo largo de este desafiante camino académico. Su presencia y ánimo hicieron que cada reto fuera más llevadero. Finalmente, quiero extender mi agradecimiento a todas aquellas personas que, de una u otra forma, aportaron su ayuda y colaboración para que este trabajo se hiciera realidad. Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto, y cada contribución, por pequeña que sea, fue esencial para alcanzarlo.

A mis profesores, quienes con su dedicación, conocimientos y experiencias han contribuido de manera significativa, tanto directa como indirectamente, a la realización de este trabajo. También agradezco al personal administrativo de la unidad académica de ingeniería civil, que siempre estuvo dispuesto a ayudarme resolviendo inquietudes y superando los inconvenientes que surgieron a lo largo de mi vida universitaria.

RESUMEN

El presente proyecto se origina de la necesidad de evaluar la capacidad y el nivel de servicio en el anillo vial de Machala, compuesto por las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites, las cuales son arterias principales para la movilidad de la ciudad. Para llevar a cabo el estudio, se seleccionaron puntos estratégicos con alta densidad vehicular, con el fin de identificar las condiciones operativas y las posibles áreas de mejora.

El objetivo principal fue analizar la relación entre el volumen de tránsito y la capacidad vial utilizando las metodologías establecidas en el Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para vías multicarril, 2022 y validando los datos mediante una hoja de cálculo del Instituto Nacional de Vías. Se realizaron aforos vehiculares para obtener información detallada sobre volumen de tráfico, clasificación vehicular, sentido del tránsito, patrones de flujo vehicular, y se procesaron los datos en intervalos de 15 minutos para determinar el volumen horario de máxima demanda y el factor horario de máxima demanda. Esta información sirvió como base para calcular los niveles de servicio viales mediante el ábaco de la Curva Velocidad-Flujo del Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para vías multicarril.

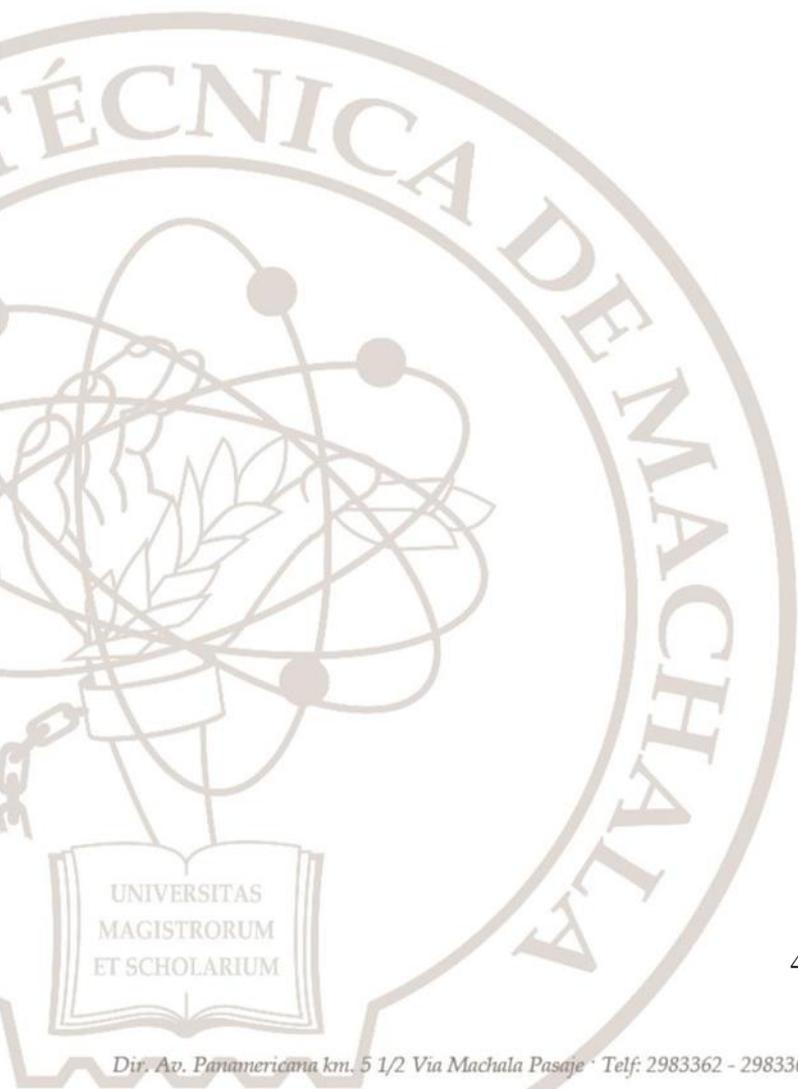
Los resultados obtenidos de los niveles de servicio se detallan a continuación. Según las densidades vehiculares obtenidas la Avenida Luis Leon Roman presentó valores de 3.30 y 9.60 veh/km/carril para los sentidos O-E y E-O, teniendo un nivel de servicio A y B, lo que indica que mantiene un flujo estable y brinda una experiencia de circulación relativamente cómoda para los usuarios, con afectaciones mínimas al desplazamiento. Por su parte, en la Avenida Arizaga se obtuvieron densidades de 2.90 veh/km/carril en el sentido S-N y 9.50 veh/km/carril en el sentido N-S, lo que evidencia un buen desempeño con niveles de servicio A y B. En la Avenida 25 de Junio, las densidades alcanzaron 8.50 veh/km/carril en el sentido E-O y 6.30 veh/km/carril en el sentido O-E, manteniendo un flujo vehicular estable correspondiente a un nivel de servicio B y A.

Por su parte, la Avenida Alejandro Castro Benites registró densidades más elevadas, con valores de 15.40 veh/km/carril en el sentido N-S y 14.40 veh/km/carril en el sentido S-N, mostrando un flujo vehicular más comprometido, con niveles de servicio C y B, respectivamente. Lo que evidencia afectaciones significativas en la velocidad y en la libertad de movimiento de los usuarios. Esto se debe a un mayor volumen de tráfico y a la posibilidad

de congestión, especialmente en momentos de mayor demanda.

Palabras clave:

Aforos vehiculares, congestión vehicular, densidad vehicular, nivel de servicio, volumen vehicular.



ABSTRACT

This project originates from the need to evaluate the capacity and level of service in the Machala ring road, composed of Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio and Alejandro Castro Benites avenues, which are main arteries for the city's mobility. To carry out the study, strategic points with high vehicle density were selected, in order to identify the operating conditions and possible areas for improvement.

The main objective was to analyze the relationship between traffic volume and road capacity using the methodologies established in the Capacity and Service Level Manual for multi-lane roads, 2022 and validating the data using a spreadsheet from the National Roads Institute. Vehicle counts were carried out to obtain detailed information on traffic volume, vehicle classification, traffic direction, vehicle flow patterns, and the data was processed in 15-minute intervals to determine the hourly volume of maximum demand and the hourly factor of maximum demand. This information served as the basis for calculating road service levels using the Speed-Flow Curve abacus of the Capacity and Service Level Manual for multi-lane roads.

The results obtained from the service levels are detailed below. According to the vehicle densities obtained, Avenida Luis Leon Roman presented values of 3.30 and 9.60 veh/km/lane for the O-E and E-O directions, having a service level A and B, which indicates that it maintains a stable flow and provides a relatively comfortable circulation experience for users, with minimal impacts on travel. On the other hand, on Avenida La Arízaga, densities of 2.90 veh/km/lane were obtained in the S-N direction and 9.50 veh/km/lane in the N-S direction, which shows a good performance with service levels A and B. On Avenida 25 de Junio, densities reached 8.50 veh/km/lane in the E-W direction and 6.30 veh/km/lane in the W-E direction, maintaining a stable vehicular flow corresponding to service levels B and A.

On the other hand, Avenida Alejandro Castro Benites registered higher densities, with values of 15.40 veh/km/lane in the N-S direction and 14.40 veh/km/lane in the S-N direction, showing a more compromised vehicular flow, with service levels C and B, respectively. This shows significant effects on the speed and freedom of movement of users. This is due to higher traffic volumes and the potential for congestion, especially during peak demand time.

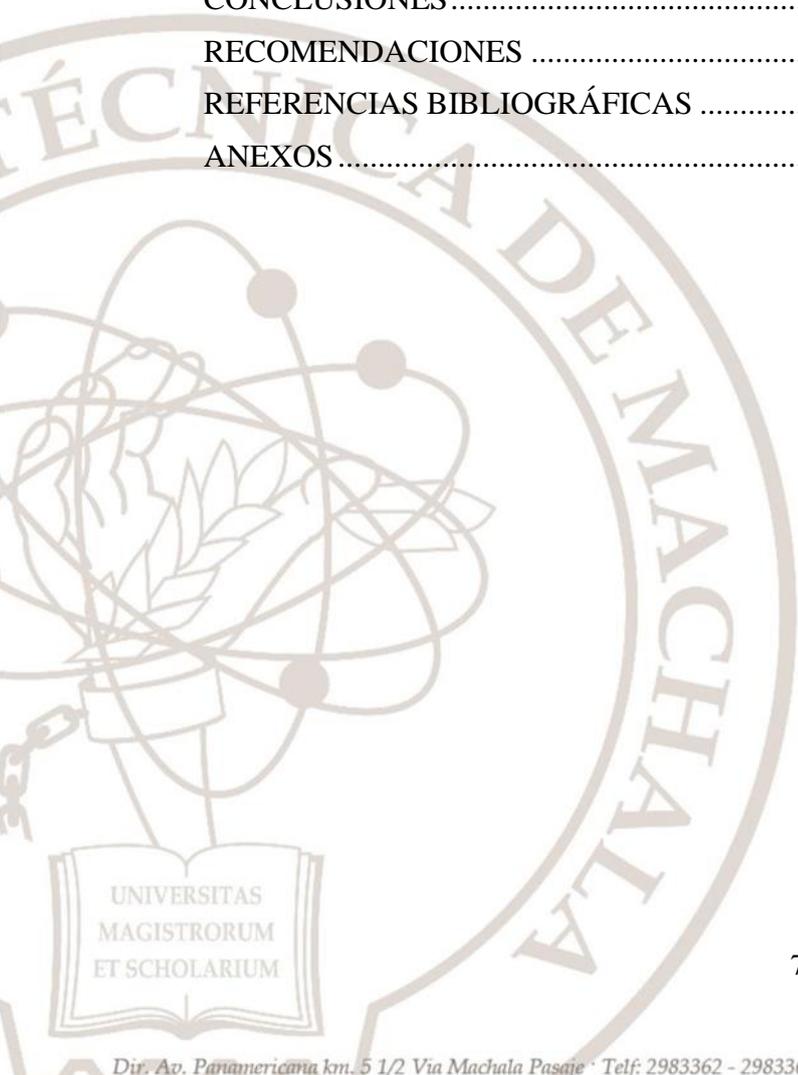
Keywords:

Vehicle capacity, traffic congestion, vehicle density, level of service, vehicle volume.

CONTENIDO

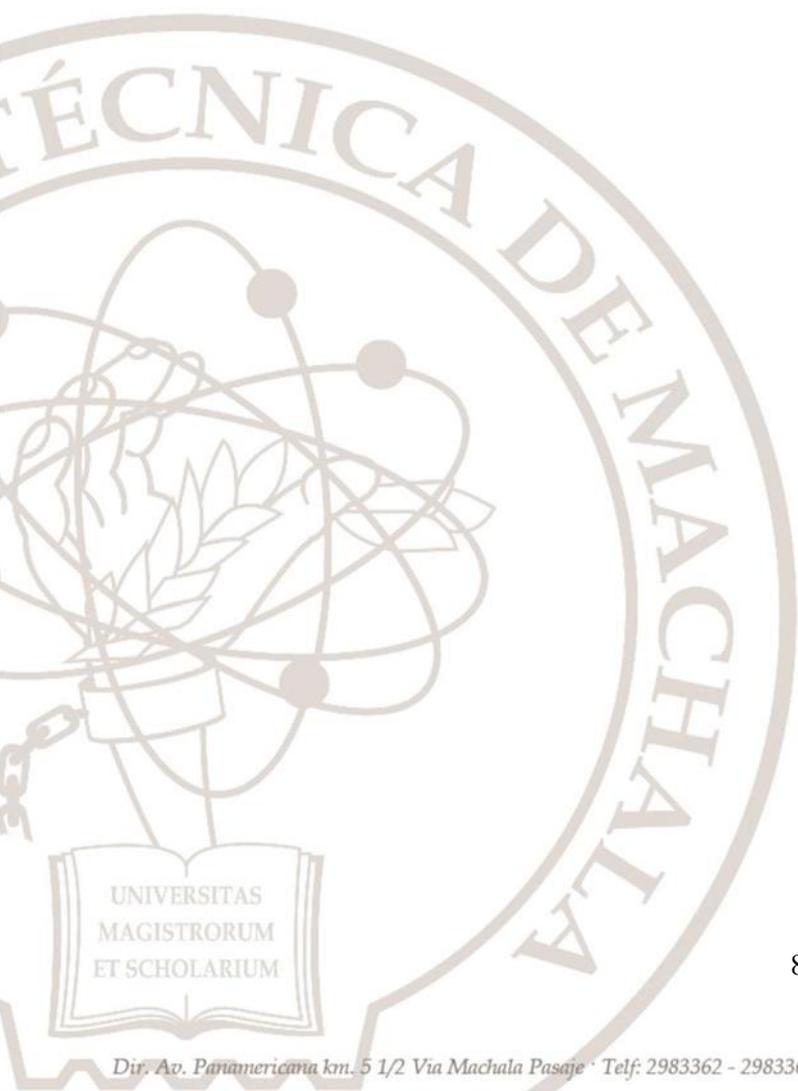
DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1. Antecedentes.....	12
1.1.1. Ubicación.....	12
1.1.2. Geografía.....	12
1.1.3. Población.....	13
1.1.4. Población por género.....	14
1.1.5. Transporte Vial Machala.....	14
1.1.6. Turistas anuales en la provincia de El Oro.....	15
1.2. Descripción de la situación problemática (Causas y efectos).....	16
1.2.1. Árbol de problemas.....	16
1.3. Formulación del problema.....	19
1.3.1. Problemas complementarios.....	19
1.4. Alcance del proyecto.....	19
1.5. Justificación.....	20
1.6. Objetivos.....	21
1.6.1. Objetivo general.....	21
1.6.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. Antecedentes contextuales.....	22
2.2. Antecedentes referenciales.....	29
2.3. Antecedentes conceptuales.....	30
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	35
3.1. Modalidad básica de la investigación.....	35
3.1.1. Enfoque.....	35
3.1.2. Paradigma.....	35
3.2. Tipo de Investigación.....	35
3.2.1. Exploratorio.....	35

3.2.2. Descriptivo.....	36
3.2.3. Deductivo.....	36
3.3. Población y muestra.....	36
3.3.1. Población.....	36
3.3.2. Muestra	37
3.4. Métodos teóricos con los materiales utilizados.	39
3.4.1. Investigación teórica	39
3.4.2. Investigación cuantitativa	39
3.4.3. Investigación de campo.....	40
3.5. Técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos	40
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	49
4.1. Análisis de resultados	49
4.1.1. Encuestas.....	49
4.1.2. Nivel de Servicio.....	59
4.2. Interpretación de datos.....	64
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	74



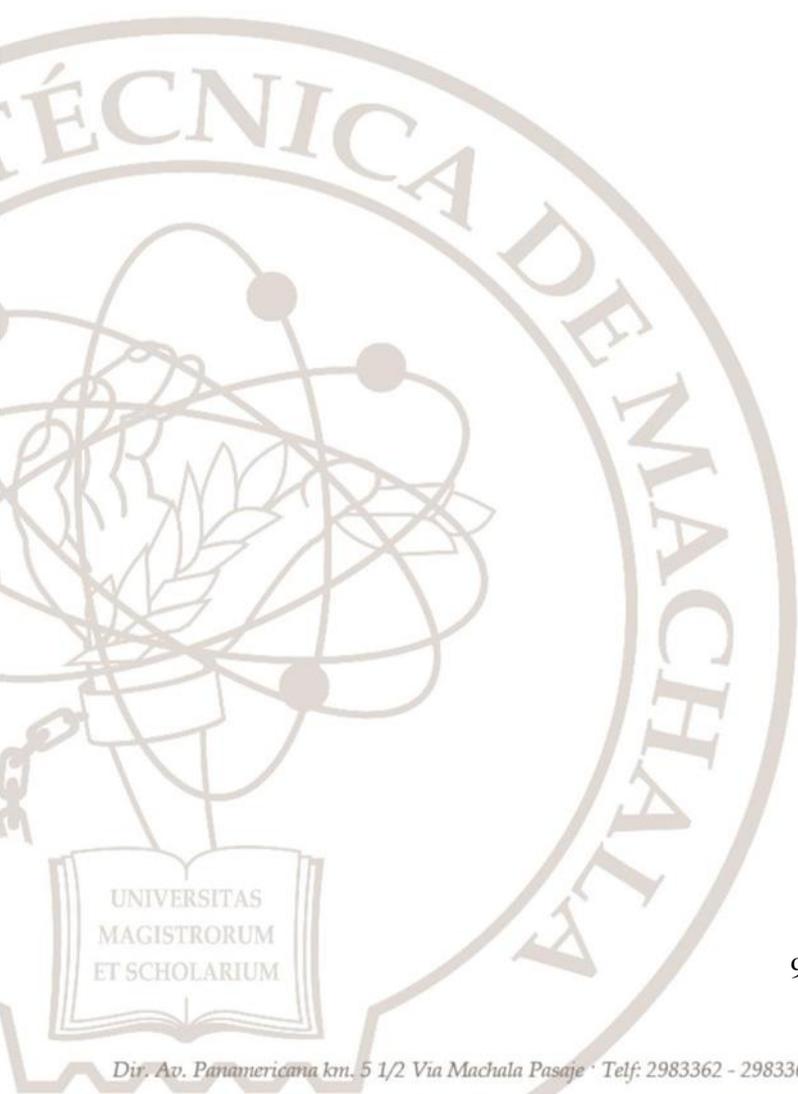
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación por género de habitantes en Machala	14
Tabla 2. Ingreso de Turistas Extranjeros por mes a la provincia de El Oro año 2011	15
Tabla 3. Valores de Z en función del nivel de confianza	38
Tabla 4 Avenidas y Distancias entre Puntos Clave	39
Tabla 5 Ajuste de la velocidad genérica por efecto del ancho de carril	43
Tabla 6 Ajuste de la velocidad genérica por efecto del ancho de separador	44
Tabla 7 Ajuste de la velocidad genérica por efecto del ancho promedio de bermas	44
Tabla 8 Ajuste de la velocidad genérica por efecto de Densidad de accesos	45
Tabla 9 Equivalente de camiones para tipo de terreno genérico	46
Tabla 10 Coeficientes de las ecuaciones flujo – velocidad. Carreteras multicarril.	47
Tabla 11 Niveles de Servicio para carreteras multicarril	48
Tabla 12 Características geométricas del anillo vial	60
Tabla 13 Cuadro de resumen de Niveles de Servicio del anillo vial	63



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación geográfica del Área de Estudio	12
Ilustración 1. Ubicación geográfica del Área de Estudio	14
Ilustración 2. Árbol de problemas	18
Ilustración 3. Ábaco curvas flujo-velocidad según INVIAS	49
Ilustración 4. Curvas flujo-velocidad según INVIAS	63
Ilustración 5. Curvas flujo-velocidad según INVIAS	66
Ilustración 7. Curvas flujo-velocidad según INVIAS	68
Ilustración 8. Curvas flujo-velocidad según INVIAS	69



INTRODUCCIÓN

El análisis del flujo vehicular, la capacidad y el nivel de servicio son elementos cruciales en la planificación y gestión del transporte urbano. En un contexto donde el crecimiento poblacional y el aumento del parque automotor generan presiones sobre la infraestructura vial, es fundamental entender cómo se comporta el tráfico en las vías principales de una ciudad. Este estudio se enfoca en el anillo vial conformado por las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites en Machala, donde la congestión y la eficiencia del tránsito son preocupaciones constantes.

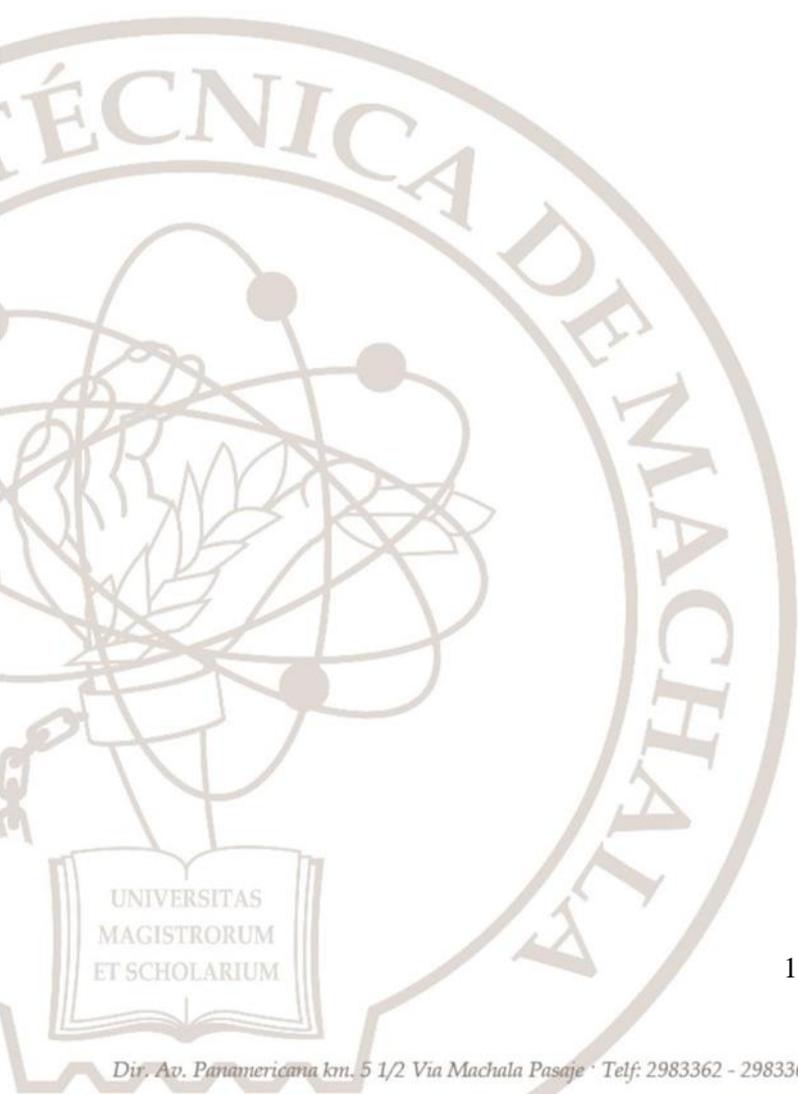
La capacidad vial se refiere al máximo número de vehículos que una vía puede acomodar de manera segura durante un periodo determinado. A su vez, el nivel de servicio (LOS) proporciona una medida cualitativa de las condiciones operativas del tráfico, que varían desde un flujo libre hasta condiciones de congestión extrema. Estos conceptos están interrelacionados y son esenciales para evaluar la efectividad de las infraestructuras viales. Según el Highway Capacity Manual, el análisis del flujo vehicular permite identificar los factores que afectan la capacidad y, por ende, el nivel de servicio.

En estudios previos realizados en Machala, se ha evidenciado la necesidad de realizar aforos vehiculares y simulaciones para obtener datos precisos sobre el comportamiento del tráfico. Estas metodologías permiten no solo diagnosticar las condiciones actuales, sino también proponer mejoras que optimicen el funcionamiento del sistema vial. La implementación de modelos microscópicos y macroscópicos ha facilitado la comprensión de la dinámica del tráfico, permitiendo a los planificadores urbanos tomar decisiones informadas.

Este trabajo 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. A través de este enfoque, se espera identificar soluciones efectivas que mejoren la calidad del servicio vial y promuevan una movilidad más eficiente y segura para todos los usuarios.

El proyecto se encuentra dividido en 6 partes: Introducción, Capítulo I, Capítulo II, Capítulo III, Capítulo IV, Conclusiones y Recomendaciones. En la Introducción se presenta la importancia del tema en la comunidad y la problemática actual. En el Capítulo I, que detalla

antecedentes, causas, efectos, formulación del problema, alcance, justificación y objetivos. En el Capítulo II contiene el marco teórico, incluyendo antecedentes contextuales, antecedentes referenciales e históricos y conceptos claves, que permitirán comprender con detalle la estructura del proyecto. En el Capítulo III que explica la metodología, modalidad y tipo de investigación para obtener los resultados del proyecto, la descripción de la población y muestra, métodos teóricos y empíricos, materiales y técnicas para procesamiento de datos. En el Capítulo IV donde se analizan e interpretan los datos obtenidos y pruebas de campo. Finalmente, Conclusiones que resumen los hallazgos obtenidos y proveen recomendaciones basadas en los resultados del estudio.



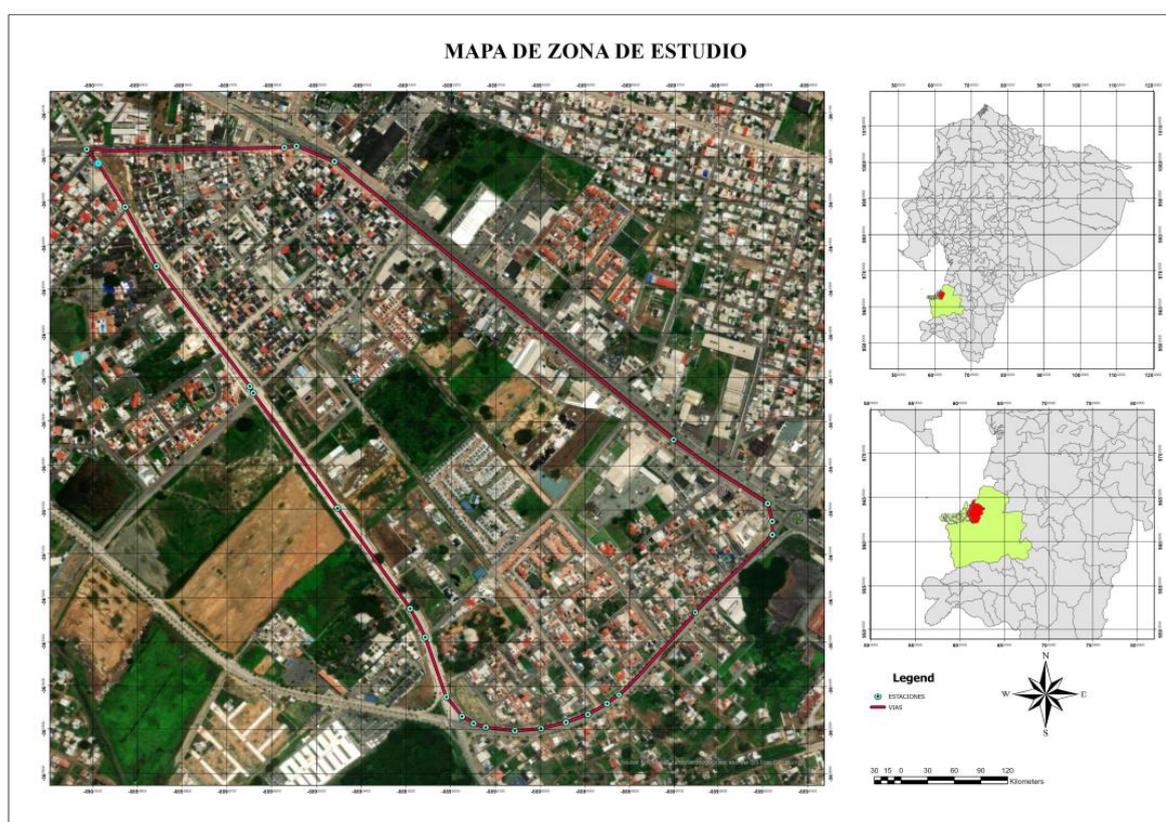
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

1.1.1. Ubicación

La zona de estudio se encuentra ubicada en el cantón Machala, al sur-este en la provincia de El Oro. Las avenidas son Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites.

Ilustración 1. Ubicación geográfica del Área de Estudio



Fuente 1: Google Earth

1.1.2. Geografía

Machala es una de las ciudades más grandes de la costa sur del Ecuador. Se encuentra en la provincia de El Oro, de la cual es la capital. Por ser la cabecera cantonal, es el lugar más poblado de la zona y el centro económico e industrial principal.

El territorio de Machala es bien amplio, tiene como 37 mil hectáreas entre zonas urbanas y rurales. La parte urbana está dividida en 7 parroquias: Puerto Bolívar, Jambelí, Machala (el

centro), Jubones, La Providencia, El Cambio y 9 de mayo. Aquí vive la mayoría de la gente y están las zonas administrativas y comerciales más movidas.

Aparte de la zona urbana, Machala también tiene una parroquia rural que es El Retiro. Menos gente vive aquí, pero son importantes por la agricultura, ganadería, y producción forestal que abastece a las partes más pobladas de la ciudad. Así que, entre todas sus áreas, Machala es clave en El Oro porque concentra la economía, las instituciones públicas, el comercio y los servicios que dan vida a toda la provincia. La ciudad es como el motor que impulse el desarrollo de esta zona del Ecuador.

1.1.3. Población

Machala se posiciona como el principal centro urbano y demográfico de la provincia de El Oro. Los registros del censo nacional del 2010 evidenciaban en ese entonces una población total para el cantón Machala que rondaba los 256 mil habitantes.

En la década posterior, las proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos calculan un importante crecimiento de la concentración poblacional en Machala. Se estimaría que para el año 2020, Machala sobrepasaba ya los 289 mil residentes.

Del total poblacional, la gran mayoría se ubica en la zona urbana del cantón. Aproximadamente 277 mil personas habitan en las parroquias que conforman la ciudad, lo que representa un 96% del total de la población machaleña. (Alcaldía de Machala, 2022)

Por otro lado, en las áreas rurales del cantón, la densidad de población es bastante menor en comparación. Se estima que un 4% de la población reside en localidades, recintos y comunidades rurales, en actividades agrícolas, ganaderas y forestales principalmente

1.1.4. Población por género

Los registros del último censo realizado en el año 2010 indican que Machala tiene una población total de 289.141 habitantes, de los cuales se tiene que 141.910 eran hombres residentes en el cantón, mientras que el número de mujeres era levemente superior, con 150.196 machaleñas censadas. Estas cifras dan cuenta del importante crecimiento demográfico de Machala, situándose como el centro urbano más poblado de la provincia de El Oro. (Alcaldía de Machala, 2022).

Tabla 1. Clasificación por género de habitantes en Machala

Sexo	Área urbana	Área rural	Total
Hombre	136.234	5.676	141.910
Mujer	141.341	5.889	150.196
Total	277.575	11.566	289.141

Fuente 2: Instituto Nacional de Estadística y censos

1.1.5. Transporte Vial Machala

El flujo diario de pasajeros que se transportan desde y hacia la ciudad de Machala es de aproximadamente 59.706 personas. Esto se traduce en casi 22 millones de pasajeros transportados al año. Existen alrededor de 3,300 frecuencias de transporte diarias, entre salidas y llegadas de buses. El servicio es brindado por 23 cooperativas de transporte que operan una flota de 1,204 autobuses(Alcaldía de Machala, 2022).

Estas cifras demuestran una fuerte presión del transporte público sobre el territorio cantonal, especialmente en la zona urbana de Machala. La nueva terminal de transporte ha contribuido a organizar mejor los viajes interprovinciales, intercantonales, interparroquiales e internacionales, disminuyendo el tráfico en el centro de la ciudad. Sin embargo, se requiere un control permanente para que esta concentración del servicio en la terminal se mantenga y no vuelvan a generarse focos de congestión vehicular internos en la urbe.

1.1.6. Turistas anuales en la provincia de El Oro

El Ministerio de Turismo presenta estadísticas del ingreso de visitantes a la provincia de El Oro. Se estima que el 40% de estos turistas tienen como destino principal la ciudad de Machala por ser la capital provincial. Según un estudio realizado por el Ministerio en el 2011, Machala recibió un total de 36,931 turistas ese año. Los meses de mayor afluencia fueron enero, con 4,868 turistas (13% del total anual) y febrero con 3,747 (10%). El resto de meses registraron un ingreso promedio entre el 7% y 9% del total de visitantes anuales (Alcaldía de Machala, 2022).

Estas cifras evidencian que Machala es el principal polo turístico de la provincia, concentrando dos quintas partes de los viajeros que llegan. Los primeros meses del año, que corresponden a vacaciones y feriados, tienen los valores más altos de ocupación hotelera y actividad en el sector.

Tabla 2. Ingreso de Turistas Extranjeros por mes a la provincia de El Oro año 2011

Mes	Número De Extranjeros	Porcentaje
ENERO	4868,25	13%
FEBRERO	3747	10%
MARZO	2813	8%
ABRIL	2950,25	8%
MAYO	2561,5	7%
JUNIO	2722,5	7%
JULIO	3368,75	9%
AGOSTO	3203,5	9%
SEPTIEMBRE	2336,5	6%
OCTUBRE	2752,5	7%
NOVIEMBRE	2511,25	7%
DICIEMBRE	3096	8%
TOTAL	36.931.00	100%

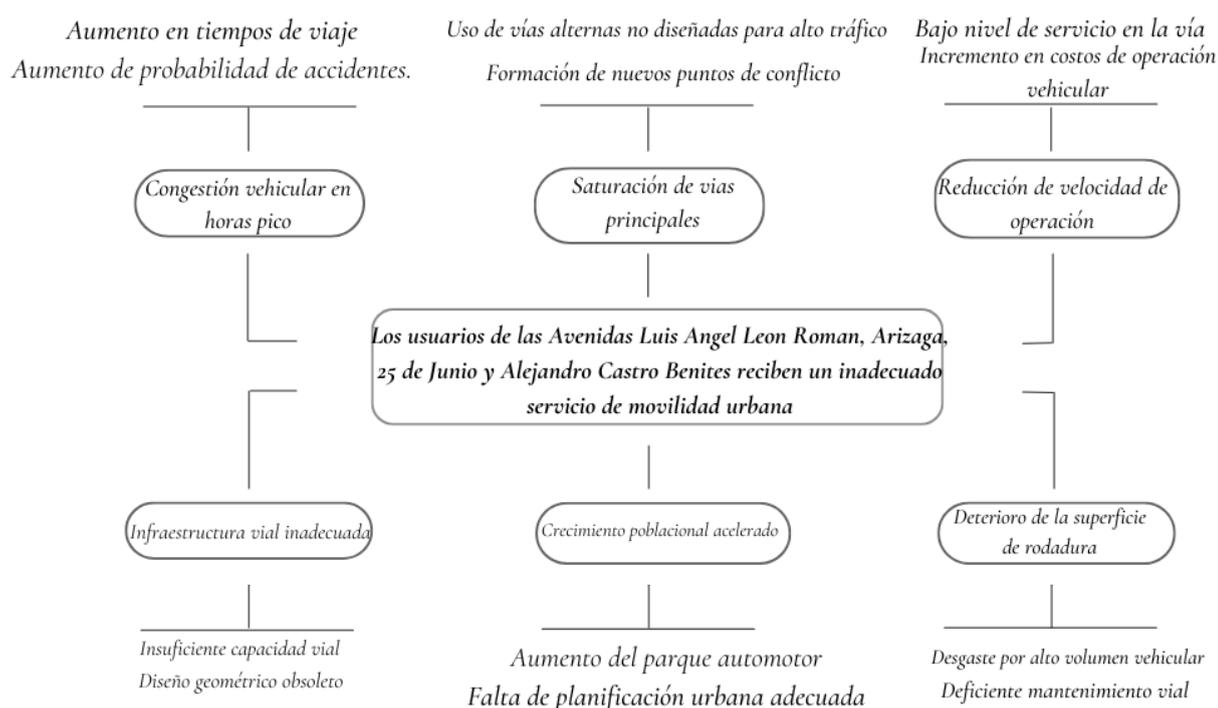
Fuente 3: Ministerio de Turismo 2011

1.2. Descripción de la situación problemática (Causas y efectos)

1.2.1. Árbol de problemas

Ilustración 2. Árbol de problemas

Optimización del nivel de servicio y capacidad vial en el Anillo Vial de Machala para mejorar la movilidad urbana



Fuente 4: Elaboración propia

La primera causa: infraestructura vial inadecuada es una de las causas fundamentales que contribuyen a los problemas de congestión y deficiente nivel de servicio en el Anillo Vial conformado por las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites. En este contexto, se destacan dos causas específicas: la insuficiente capacidad vial y el diseño geométrico obsoleto. La insuficiente capacidad vial se traduce en un número limitado de carriles y una falta de adecuación para soportar el creciente volumen de tráfico, lo que provoca que las avenidas no puedan manejar adecuadamente la demanda vehicular actual. Por otro lado, el diseño geométrico obsoleto no se adapta a las necesidades contemporáneas del tráfico, elementos que dificultan la fluidez del tránsito. Como consecuencia directa de

estas deficiencias, se observa una congestión vehicular significativa, especialmente durante las horas pico. Este fenómeno no solo afecta la experiencia del conductor, sino que también genera efectos específicos como aumentos en los tiempos de viaje. El tiempo de viaje y la inconformidad entre los horarios previstos y los reales también se consideran un problema que disuade a las personas de utilizar el transporte público, especialmente el transporte por carretera (Ramos et al., 2019). Además, la congestión incrementa la probabilidad de accidentes, ya que el estrés generado por el tráfico denso puede llevar a decisiones imprudentes por parte de los conductores.

La segunda es el crecimiento poblacional acelerado en Machala ha generado una serie de desafíos significativos para la infraestructura vial, siendo uno de los problemas más críticos la saturación de las vías principales. Este fenómeno se ve impulsado por varias causas secundarias, entre las cuales destaca el aumento del parque automotor. A medida que hay más personas viviendo en las ciudades, también aumenta la cantidad de autos en las calles. Eventualmente, puede haber más vehículos transitando de los que caben en las vías disponibles. Ahí se genera el conocido “tráfico vehicular” o “embotellamientos” (Godoy-Pérez et al., 2020). Esto, combinado con una falta de planificación urbana adecuada, ha llevado a un crecimiento desorganizado que no considera las necesidades del tráfico actual.

Como resultado de estas causas, se observa una saturación significativa en las vías principales, lo que repercute directamente en la movilidad urbana. Esta saturación provoca efectos específicos como el uso de vías alternas no diseñadas para alto tráfico, lo que genera un mayor desgaste en estas rutas y contribuye a la congestión. Además, se forman nuevos puntos de conflicto en la red vial, donde el flujo vehicular se interrumpe debido a intersecciones mal diseñadas o a la falta de señalización adecuada. Estos problemas no solo afectan la fluidez del tránsito, sino que también incrementan la probabilidad de accidentes, ya que los conductores deben maniobrar en condiciones adversas y a menudo impredecibles.

La tercera causa El deterioro de la superficie de rodadura es una de las causas críticas que afectan la eficiencia del Anillo Vial en Machala. Este deterioro se debe principalmente a dos causas secundarias: el desgaste por alto volumen vehicular y el deficiente mantenimiento vial. El alto volumen de tráfico en las avenidas, resultado del crecimiento poblacional y la falta de alternativas de transporte, contribuye al desgaste acelerado de la superficie. Además, la falta de un mantenimiento adecuado agrava esta situación, ya que las reparaciones necesarias no se

Llevar a cabo con la frecuencia requerida, lo que resulta en un deterioro progresivo de las vías.

Como efecto se observa una reducción en la velocidad de operación de los vehículos. Esta disminución en la velocidad no solo afecta la fluidez del tráfico, sino que también tiene efectos específicos como un bajo nivel de servicio en la vía, donde los usuarios experimentan demoras y una calidad de viaje insatisfactoria. Asimismo, se genera un incremento en los costos de operación vehicular, ya que los conductores deben gastar más combustible y enfrentar mayores gastos por mantenimiento debido a las condiciones adversas de la carretera.

La problemática central que enfrentan los usuarios de las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites en Machala se manifiesta en un inadecuado servicio de movilidad urbana. Esta situación se traduce en congestión del tráfico, tiempos de espera prolongados y una experiencia insatisfactoria para los conductores y pasajeros. Existe una relación significativa entre el nivel de gravedad y el comportamiento de los peatones, los vehículos y los conflictos. Además, se identificó que, además de las características anteriores, las características de la carretera influyeron significativamente en la probabilidad de un conflicto grave entre peatones y vehículos (Hu et al., 2022). La saturación de estas vías principales es un reflejo del crecimiento poblacional acelerado y el aumento del parque automotor, que han superado la capacidad vial existente. La falta de planificación urbana adecuada ha contribuido a que la infraestructura no se adapte a las necesidades actuales, lo que agrava aún más la situación, es fundamental implementar una optimización del nivel de servicio y capacidad vial en el Anillo Vial de Machala. Esta optimización no solo busca mejorar la fluidez del tráfico, sino también garantizar un entorno seguro y eficiente para todos los usuarios. La mejora de la infraestructura vial es esencial; esto incluye el mantenimiento adecuado de las avenidas y la actualización del diseño geométrico para adaptarlo a las condiciones actuales del tráfico. Además, es crucial incorporar sistemas de gestión del tráfico que permitan monitorear y ajustar dinámicamente el flujo vehicular.

1.3. Formulación del problema

La movilidad urbana es un aspecto crucial para el desarrollo sostenible de las ciudades, y el Anillo Vial conformado por las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites en Machala no es la excepción. Sin embargo, la inadecuada planificación del tránsito, el crecimiento demográfico y un aumento significativo en el parque automotor han generado serios problemas de congestión y un deficiente nivel de servicio en esta importante arteria vial.

Por lo tanto, esta investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿Los usuarios de las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites reciben un inadecuado servicio de movilidad urbana?

1.3.1. Problemas complementarios

1er. Problema complementario

¿Qué metodologías y técnicas de investigación son las más apropiadas para evaluar el flujo vehicular, capacidad y nivel de servicio en el Anillo Vial?

2do. Problema complementario

¿De qué manera la percepción de los usuarios puede contribuir a mejorar la seguridad vial en áreas de alta congestión?

3er. Problema complementario

¿Cuáles son las condiciones actuales de operación y capacidad vial en las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites?

1.4. Alcance del proyecto

El objetivo de este estudio es llevar a cabo un análisis exhaustivo del flujo vehicular, la capacidad y el nivel de servicio en el Anillo Vial que comprende las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites, ubicado en el cantón Machala, provincia de El Oro. Este análisis tiene como finalidad identificar problemas de congestión, deficiencias en la capacidad vial y variaciones en los niveles de servicio que afectan la movilidad urbana. Se espera proporcionar información valiosa que permita a los responsables de la planificación urbana implementar estrategias adecuadas para enfrentar los desafíos actuales del sistema vial en Machala.

1.5. Justificación

El anillo vial urbano de Machala, conformado por las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites, constituye una infraestructura crucial que conecta zonas urbanas estratégicas de la ciudad. La creciente congestión y los riesgos viales asociados en estas arterias afectan significativamente la calidad de vida de habitantes y peatones. A nivel económico, la congestión vehicular en este sistema vial genera un incremento en los costos operativos del transporte y reduce la eficiencia logística, impactando directamente en la productividad local.

La provincia de El Oro, siendo un polo de desarrollo fundamental para la economía del Ecuador, experimenta un crecimiento sostenido en su producción agropecuaria y actividades comerciales. El anillo vial urbano representa un conjunto de arterias estratégicas para la distribución y transporte de productos, conectando puntos neurálgicos de la ciudad. La eficiencia en la circulación vehicular a través de estas avenidas es crucial para mantener la competitividad económica de la región, ya que cualquier interrupción significativa en el flujo vehicular puede afectar las cadenas de distribución y, consecuentemente, la dinámica económica provincial.

Este estudio técnico del anillo vial tiene el potencial de convertirse en un referente metodológico para futuros análisis de sistemas viales urbanos en Ecuador y la región. La metodología empleada para evaluar el flujo vehicular, capacidad y nivel de servicio puede ser replicada en contextos similares, contribuyendo al campo de la ingeniería de tránsito mediante soluciones efectivas para problemas de congestión en áreas urbanas. El proyecto se justifica por su impacto directo en la mejora de la movilidad urbana, la seguridad vial y el desarrollo socioeconómico de Machala y la provincia de El Oro.

La motivación fundamental para desarrollar esta investigación como parte de mis estudios en ingeniería civil en la Universidad Técnica de Machala, radica en la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, demostrando competencias técnicas en el análisis de sistemas viales urbanos complejos. La elección de investigar el funcionamiento del anillo vial, mediante el análisis de sus parámetros operacionales, representa una oportunidad valiosa para contribuir con soluciones técnicas a una problemática urbana actual, permitiendo un desarrollo profesional significativo mientras se aporta al mejoramiento de la movilidad en la ciudad.

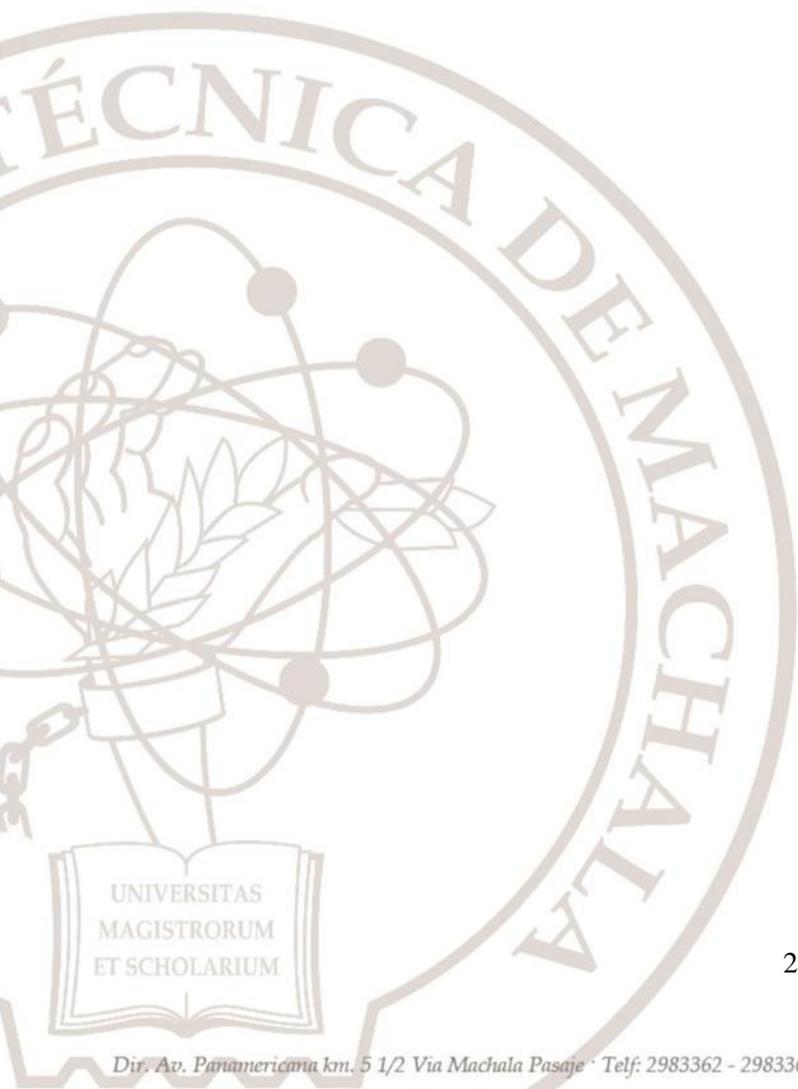
1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar las características operacionales del anillo vial urbano de Machala mediante el análisis del flujo vehicular, capacidad y nivel de servicio, con el fin de comprender su funcionamiento actual y su impacto en la movilidad urbana.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Investigar información sobre métodos de análisis de flujo vehicular, capacidad y niveles de servicio, utilizando fuentes académicas y manuales técnicos relevantes.
- Identificar las percepciones y necesidades de los usuarios del anillo vial a través de encuestas, para evaluar aspectos clave relacionados con la movilidad, el uso de transporte y la seguridad vial.
- Evaluar las condiciones operacionales actuales del anillo vial urbano a través de la caracterización del flujo vehicular, análisis de capacidad y determinación de niveles de servicio en puntos estratégicos durante diferentes períodos.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes contextuales

ANÁLISIS DE TRÁFICO DE LA CAPACIDAD DE LA CARRETERA JOLOTUNDO EN LA CIUDAD DE SEMARANG.

El artículo presenta un estudio técnico sobre la evaluación de la capacidad vial realizado en la carretera Jolotundo en la ciudad de Semarang, Indonesia. La investigación parte de la definición fundamental de capacidad vial, entendida como el volumen máximo de vehículos que pueden circular por una sección específica de carretera durante una hora. El estudio se desarrolló mediante una metodología sistemática que incluyó la recolección de datos en dos períodos críticos del día (6:00-9:00 y 15:00-18:00), analizando tres aspectos fundamentales: el conteo vehicular para determinar los volúmenes de tráfico, las características geométricas de la vía y las condiciones ambientales del entorno. Para el procesamiento y análisis de los datos recopilados, se aplicó la metodología establecida en el Manual de Capacidad Vial de Indonesia de 1997 (MKJI), obteniendo resultados significativos que indican una capacidad de 1543,25 vehículos equivalentes por hora y un nivel de servicio C con un grado de saturación de 0.49, lo que revela que la vía actualmente opera con un flujo estable, aunque con restricciones en la velocidad y movimientos vehiculares, proporcionando información valiosa para la gestión y planificación vial de la zona (Wardani & Ilonka, 2023).

MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO DE UN TRAMO DE LA CIRCUNVALACIÓN DE 60-M EN LA CIUDAD DE ERBI.

Este artículo aborda un estudio de mejoramiento del nivel de servicio (LOS) en la carretera de circunvalación 60-M ubicada en la ciudad de Erbil, región del Kurdistán de Irak, específicamente en el tramo comprendido entre New City Mall y el hospital PAR. La investigación se enfocó en la identificación y análisis de factores que podrían mejorar las condiciones de servicio de la vía, incluyendo la reducción del volumen de tráfico, mejoramiento de la calidad del pavimento, ampliación de la calzada y construcción de puentes. La metodología empleada se basó en la recolección de datos mediante videocámaras para analizar las velocidades vehiculares y el flujo de tráfico, obteniendo resultados críticos que evidencian una velocidad promedio de apenas 19 km/h, lo cual clasifica a la vía en un nivel de servicio F (el más deficiente), además de presentar un factor de hora pico de 0.97, valor inusualmente alto para zonas urbanas, confirmando así la problemática de saturación

vehicular en este corredor vial (Qadr et al., 2019).

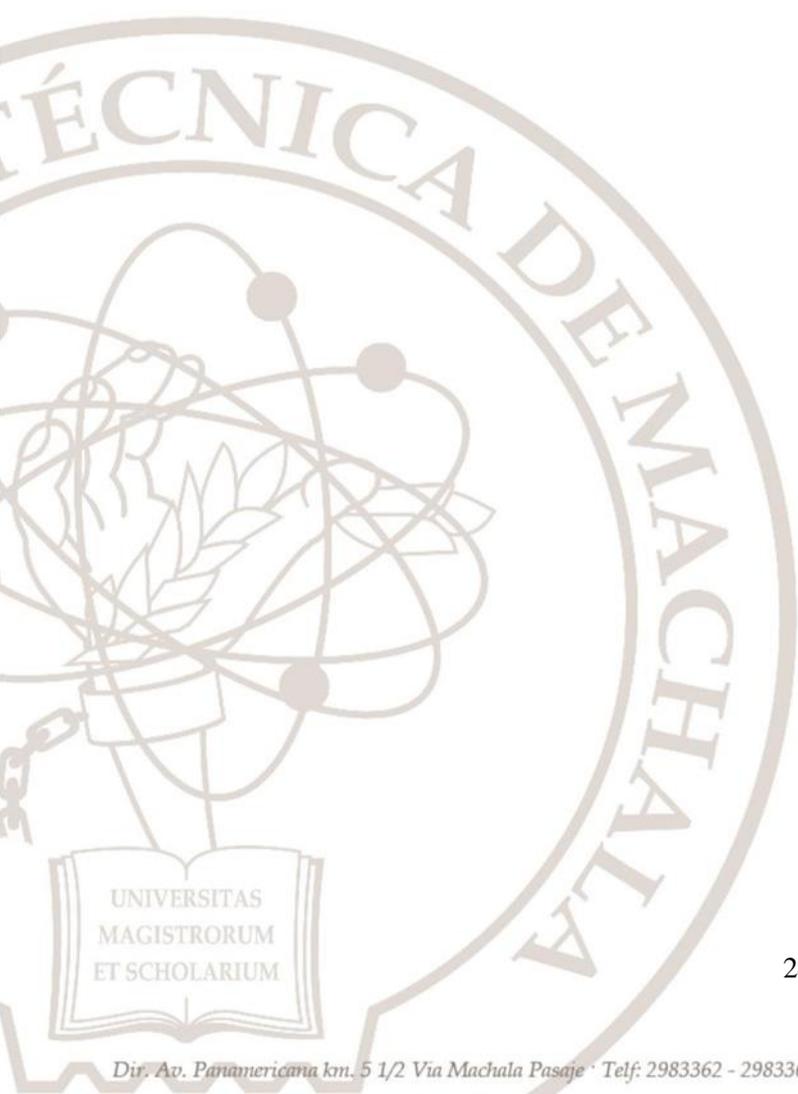
AHORRO DE COSTES PARA LOS USUARIOS DE LA VÍA EN PLANES DE AUMENTO DE CAPACIDAD VIAL

Este artículo presenta un estudio detallado sobre la problemática de congestión vehicular en la carretera de circunvalación oeste de Jambi, una arteria principal en la provincia de Jambi, Indonesia. La investigación parte de una definición clara de la congestión del tráfico, entendiéndola como una condición donde los vehículos se ven forzados a circular a velocidades significativamente inferiores a la velocidad de diseño de la vía, lo que resulta en la inevitable formación de colas vehiculares. El estudio se enfocó en dos objetivos fundamentales: primero, determinar el nivel de servicio actual de la vía, y segundo, calcular la potencial reducción de costos que experimentarían los usuarios tras implementar medidas para aumentar la capacidad vial. La metodología aplicada se fundamentó en tres herramientas técnicas esenciales: el Manual de Capacidad de Carreteras de Indonesia (1997) para evaluar las condiciones operativas, el método de cálculo de costos operativos vehiculares de Jasa Marga (1997) para la estimación económica, y el método de ingresos para cuantificar el valor temporal de los usuarios. Los resultados del análisis fueron significativamente positivos, demostrando que la ampliación propuesta de la vía mejoraría sustancialmente el nivel de servicio, elevándolo de un nivel E (condiciones de flujo inestable) a un nivel C (flujo estable), además de generar un beneficio económico considerable para los usuarios, cuantificado en un ahorro de 9,212,633.00 rupias por hora pico, equivalente aproximadamente al 8.6% de los costos actuales. Es importante destacar que todo el estudio y las propuestas de mejora se alinearon con el marco normativo vigente, incluyendo la Ley N° 2 de 2022, el Reglamento Gubernamental N° 34 de 2006 y el Reglamento del Ministro de Obras Públicas N° 19 de 2011, específicamente en lo relacionado con las especificaciones técnicas como el ancho mínimo de carril (Nariendra & Santosa, 2022).

EVALUACIÓN DE LA CONGESTIÓN DEL TRÁFICO EN EL ENTORNO INDIO: UN ESTUDIO DE CASO

El presente estudio examinó la congestión del tráfico en las vías urbanas de Bhubaneswar, una ciudad inteligente de la India. La congestión del tráfico es un problema importante en todo el mundo, principalmente debido a la falta de infraestructura vial para satisfacer la demanda de tráfico. Esto obliga a los usuarios de las carreteras a enfrentar retrasos indeseables, lo que

impacta negativamente en la economía, el medio ambiente y la salud. En este contexto, el estudio se centró en evaluar la situación de la congestión en las vías urbanas de Bhubaneswar. Se estimó el tiempo de viaje de varias categorías de vehículos y se evaluaron los índices de congestión en términos del índice de amortiguación. Además, se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple para evaluar los parámetros de congestión, donde el valor p para todas las variables independientes en el modelo desarrollado fue menor a 0.05. El estudio identificó cuatro elementos clave necesarios para mejorar la capacidad de servicio y la movilidad de las redes de carreteras urbanas: implementación estricta de la ley de tránsito, instalación de facilidades de estacionamiento adecuadas, descentralización y control de las actividades al costado de la carretera (Samal et al., 2022).



CONGESTIÓN URBANA EN SANTIAGO DE CALI, UN ESTUDIO DE CASO DE POLÍTICA PÚBLICA

El presente estudio busca abordar el problema actual de congestión vehicular en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. Para ello, se realizó un análisis histórico y documental que permitió reconstruir el desarrollo urbano a través de un diálogo de saberes y una construcción social de conocimiento. Este artículo responde a un nivel estratégico transdisciplinario en el que convergen los componentes territoriales, históricos, políticos, culturales e institucionales para describir y definir el modelo de ciudad.

Este estudio académico sigue una metodología que va de lo general a lo específico, abordando tres ejes principales: 1) los antecedentes urbanos y la planificación en Colombia, 2) la evolución urbano-histórica de Cali y 3) la problemática de la congestión vehicular en la ciudad. Finalmente, se presentan las conclusiones. Además, el artículo tiene un enfoque pedagógico, orientado tanto al ámbito académico como al público en general, con el propósito de explicar el origen del problema de la congestión vehicular en Cali.(Varela et al., 2020).

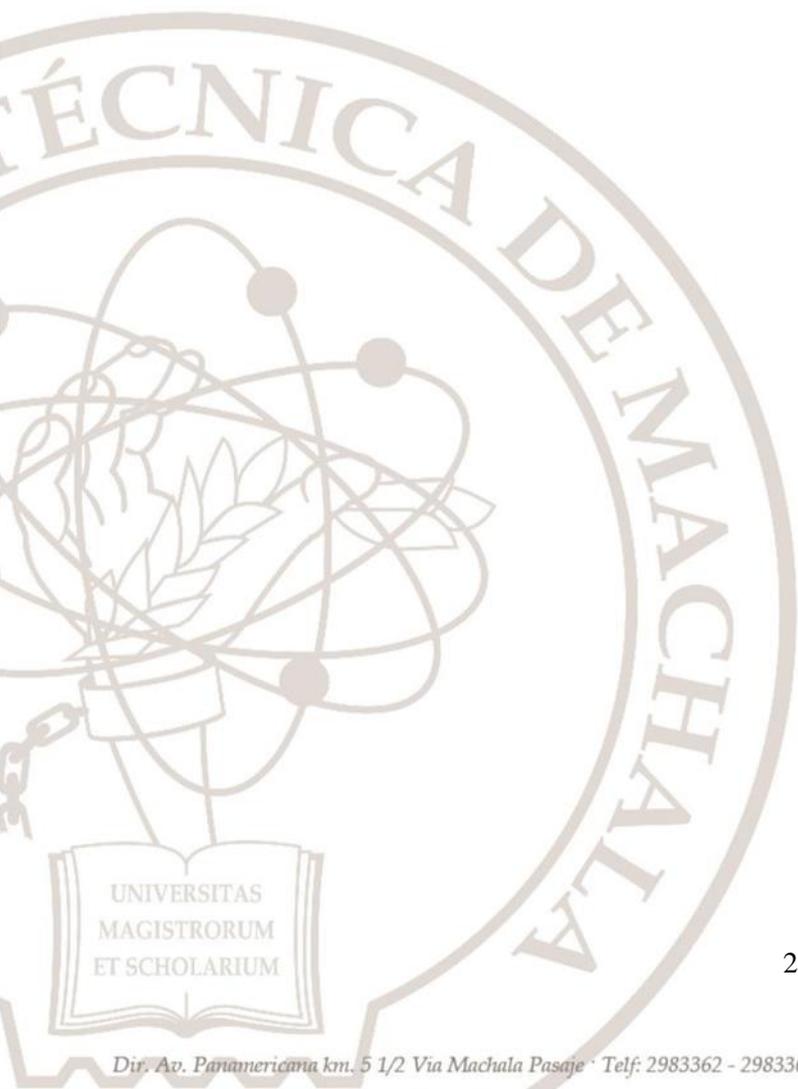
EVALUACIÓN DE ESCENARIOS DE DESCONGESTIÓN VEHICULAR EN BOGOTÁ MEDIANTE DINÁMICA DE SISTEMAS

En este artículo presento una investigación que tiene como objetivo evaluar posibles escenarios de descongestión vehicular en Bogotá hacia el año 2038, empleando para ello la metodología de Dinámica de Sistemas. Motivado por la necesidad de encontrar soluciones efectivas a este problema que afecta la calidad de vida de los bogotanos, y tras una exhaustiva revisión bibliográfica y un riguroso análisis estadístico, desarrollaron un modelo cuantitativo que relaciona las variables principales asociadas al caos vehicular bogotano, como infraestructura vial, transporte público, regulaciones de tránsito, impuestos a vehículos y tasas de motorización. Luego de un proceso de calibración, el modelo se utilizó para simular los efectos combinados de implementar políticas como pico y placa solidario, expansión de TransMilenio o chatarrización de vehículos antiguos. Los resultados permiten determinar las intervenciones con mayor probabilidad de éxito para descongestionar la capital colombiana de cara a las próximas décadas(Franco et al., 2015).

CONGESTIÓN VEHICULAR Y CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LIMA

METROPOLITANA

El estudio presentado tiene un enfoque cuantitativo, de tipo observacional y descriptivo. Su objetivo es identificar los principales puntos de congestión vehicular en Lima y cuantificar sus efectos en términos de contaminación ambiental y salud pública, desde la perspectiva de consultores expertos en transporte urbano. Inicialmente, a través de observación directa se seleccionaron siete zonas críticas de tráfico intenso en distintas avenidas de la ciudad, en horarios pico entre semana. Luego, se realizaron entrevistas estructuradas vía telefónica a una muestra de 22 consultores independientes ingenieros civiles con posgrados en transporte urbano sobre sus percepciones de las causas y consecuencias de la congestión limeña. Las entrevistas, validadas previamente, incluyeron 12 preguntas cerradas más un espacio abierto de opinión sobre esta problemática. El estudio busca caracterizar cuantitativamente los puntos neurálgicos de tráfico en Lima y su impacto, desde la experticia de especialistas en movilidad urbana. La metodología combina observación directa, entrevistas estructuradas a expertos y análisis estadístico (Fonseca et al., 2022).



ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN AV. ALEJANDRO CASTRO BENITES Y PAJONAL DE LA CIUDAD DE MACHALA

El artículo se enfoca en la congestión vehicular, un problema creciente debido al aumento poblacional y la búsqueda de mejor calidad de vida. Esto genera trayectos prolongados en las vías con alto tráfico. Se volvió necesario implementar reguladores como semáforos y señalización para aliviar el problema, aunque a veces son insuficientes por el incumplimiento de las normas. El estudio analiza específicamente la congestión en la intersección de dos avenidas en Machala, midiendo el flujo vehicular a distintas horas para determinar los niveles de servicio según la metodología HCM 1985. Luego se usa software para simular la optimización de los semáforos, pero no logra una mejora significativa por el excesivo tráfico. Finalmente, se propone como solución una rotonda o glorieta, cuyo diseño se realiza siguiendo manuales técnicos y tomando como referencia otras rotundas de la ciudad que han reducido la congestión(Alvarado & Andres, 2020).

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS VÍAS DE INGRESO DE LA CIUDAD DE MACHALA.

Este artículo describe un estudio técnico exhaustivo sobre el nivel de servicio y la relación volumen-capacidad en las principales vías de acceso a la ciudad de Machala. La investigación se centró en seis arterias principales: Av. 25 de junio, Av. Ferroviaria, Av. Bolívar Madero Vargas, Av. Colon Tinoco, Vía Pajonal y Vía la Primavera. La metodología empleada fue robusta, combinando el análisis según el Manual HCM 2000 con simulaciones mediante el software Aimsun, utilizando conteos vehiculares neumáticos para obtener datos de velocidades y clasificación vehicular. Los resultados revelaron variaciones significativas en los niveles de servicio: la Vía Pajonal mostró un nivel A (flujo libre óptimo), la Av. Bolívar Madero Vargas presentó un nivel C (con restricciones de movimiento, principalmente por el tráfico pesado hacia Puerto Bolívar), mientras que las demás vías alcanzaron un nivel B (flujo estable). En cuanto a la relación volumen-capacidad, se encontró que las vías más utilizadas (Av. 25 de junio, Av. Bolívar Madero Vargas y Vía la Primavera) operan al 23% de su capacidad, mientras que las demás vías mantienen una utilización inferior al 20%, resultados que fueron validados mediante simulación computarizada, con una variación notable en la Av. Ferroviaria debido a la presencia de un semáforo cerca del Terminal Terrestre(Miguel et al.,

2022)

EL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR, ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN: INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA ENTRE AVENIDAS AMÉRICA Y REALES TAMARINDOS, PORTOVIEJO, ECUADOR.

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el congestionamiento vehicular producido en la intersección semaforizada de las avenidas América y Reales Tamarindos de la ciudad de Portoviejo, Manabí-Ecuador. Se buscó determinar el nivel de servicio de esta intersección para identificar el grado de confort brindado a los usuarios. La metodología consistió en realizar aforos de los distintos medios de movilización en intervalos de 15 minutos, así como recolectar datos geométricos de las vías que conforman la intersección

Con la información recolectada, se determinó el flujo de saturación y las demoras por carril representadas en seg/veh. Posteriormente, se clasificó el nivel de servicio obtenido siguiendo el procedimiento propuesto por el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM). Los resultados indicaron una demora general de 23.97 seg/veh, lo que categorizó a la intersección con un nivel de servicio C. Se identificaron los principales problemas en los carriles "derecho" debido a los estacionamientos permitidos. Con base en el análisis de resultados, se generaron medidas específicas para mejorar la situación actual en la zona estudiada (Gómez et al., 2022)

2.2. Antecedentes referenciales

El análisis del flujo vehicular, la capacidad y el nivel de servicio son componentes esenciales en la planificación y gestión del transporte urbano. Estos conceptos permiten evaluar la eficiencia de las infraestructuras viales y su capacidad para atender la demanda de tráfico. Según el Highway Capacity Manual (HCM), la capacidad se define como el máximo número de vehículos que una vía puede acomodar con un nivel razonable de seguridad durante un periodo específico. Este análisis es crucial para identificar puntos críticos en el sistema vial y proponer mejoras efectivas (Mozo Sánchez, 2012).

La relación entre flujo y capacidad es fundamental para determinar el nivel de servicio (LOS), que es una medida cualitativa que describe las condiciones operativas del tráfico. El LOS se clasifica en diferentes categorías, desde A (flujo libre) hasta F (congestión extrema), lo que permite a los planificadores identificar áreas que requieren atención (Miguel et al., 2022). En estudios previos, se ha demostrado que factores como la densidad vehicular, la velocidad media y las demoras son indicadores clave para evaluar el nivel de servicio en diversas vías urbanas (TORRES VARGAS et al., 2018).

Investigaciones en diferentes contextos han utilizado métodos como aforos vehiculares y simulaciones para analizar el flujo y la capacidad. Por ejemplo, un estudio realizado en Machala analizó los niveles de servicio de las vías de ingreso a la ciudad mediante aforos y el uso del software Aimsun, encontrando variaciones significativas en los niveles de servicio según las condiciones del tráfico (Miguel et al., 2022). Este enfoque metodológico es aplicable al anillo vial conformado por las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites, permitiendo una evaluación precisa de su funcionamiento.

Los estudios del tráfico, tanto a pequeña como a gran escala, han ayudado a entender mejor cómo se comportan los vehículos en las vías. Esto ha permitido medir y relacionar diferentes aspectos como cuántos vehículos circulan, a qué velocidad van y qué tan congestionada está la vía. Estos modelos son esenciales para prever cómo cambios en la infraestructura o en las políticas de gestión del tráfico pueden impactar el flujo vehicular y, por ende, el nivel de servicio.

En resumen, el análisis del flujo vehicular, la capacidad y el nivel de servicio son herramientas clave para mejorar la movilidad urbana. La aplicación de metodologías adecuadas en estudios como el del anillo vial en Machala contribuirá a identificar soluciones

efectivas que optimicen el funcionamiento del sistema vial y mejoren la calidad del servicio ofrecido a los usuarios.

2.3. Antecedentes conceptuales

2.3.1. Congestión Vehicular

La congestión vehicular se define como la saturación del tráfico en las vías al excederse la capacidad de las mismas, causando que los vehículos se vean forzados a disminuir su velocidad, a detenerse por periodos prolongados de tiempo e incluso que pare por completo el flujo vehicular en ciertos tramos. A medida que las ciudades crecen rápidamente, hay más tráfico y ruido en las calles, especialmente en las intersecciones. Esto afecta el ambiente acústico y la calidad de vida de las personas. Es de suma importancia entender y predecir los niveles de ruido por tráfico específicamente en las intersecciones urbanas. Se considera relaciones entre diferentes factores que influyen en ese ruido, como el volumen y velocidad de vehículos, señalización de alto, arranque de motores, etc. La idea es tener una herramienta sencilla y práctica para que planeadores urbanos puedan evaluar impactos acústicos al diseñar calles y cruces. Así se pueden priorizar soluciones para este problema que afecta tanto al bienestar de los ciudadanos (Yadav et al., 2022). El crecimiento constante en la cantidad de vehículos en circulación ha generado una mayor demanda de información detallada y en tiempo real sobre el tráfico. Problemas como la congestión vehicular han persistido a lo largo del tiempo, mientras que otros desafíos más recientes, como el impacto ambiental derivado de las emisiones de carbono, han cobrado mayor relevancia en el contexto del transporte por carretera. (Olayode et al., 2020).

2.3.2. Calle

La calle constituye un elemento esencial del espacio urbano desde los orígenes de las ciudades. A lo largo de la historia, la configuración y el diseño de las calles ha evolucionado para satisfacer las necesidades cambiantes en términos de tráfico, accesibilidad y planificación urbana. En algunas ciudades históricas europeas todavía subsisten trazados viarios que reflejan estilos arquitectónicos del Renacimiento. Por su parte, la expansión urbana contemporánea implicó la construcción de grandes avenidas diseñadas para permitir un mayor flujo vehicular (Garrefa & Carvalho, 2020).

2.3.3. Movilidad

Los espacios rurales y la movilidad constituyen interesantes y novedosos casos de estudios dentro de las investigaciones de movilidades contemporáneas, siendo estas movilidades en muchos sentidos distintas a las urbanas (Lazo Corvalán et al., 2020). El transporte en el ámbito rural responde a lógicas diferentes que en las ciudades. Entre sus principales características se hallan los largos trayectos entre poblados, la dependencia del automóvil ante la ausencia de transporte colectivo masivo, los desplazamientos temporales por labores agropecuarias y los flujos estacionales vinculados al turismo.

2.3.4. Transporte Terrestre

El transporte terrestre ha sido históricamente una pieza importante en el desarrollo de las civilizaciones y economías (Construcción de caminos, carreteras y vías férreas). En la actualidad es una necesidad, su funcionamiento es generado principalmente por el uso de combustibles fósiles que, por medio de una combustión incompleta en los vehículos automotores, producen la energía necesaria para su movimiento (Patiño-Sánchez & Patiño-Silva, 2021).

2.3.5. Infraestructuras viarias

Los grandes proyectos de infraestructura de transporte, como vías o autopistas, se han consolidado como una de las principales recetas de política aplicadas en el Sur Global para fomentar desarrollo, las infraestructuras viales desencadenan diversos impactos socioespaciales, incluidas fragmentaciones y cambios en la calidad de vida en las ciudades, aunque se les presta poca atención (Adugbila et al., 2023). Entender cómo interactúan los conductores con la carretera puede contribuir a mejorar las estrategias de diseño vial, creando entornos más seguros. Esto se debe a que, en muchos casos, las normas de planificación vial se enfocan principalmente en la física de los vehículos y en velocidades predeterminadas, sin considerar a profundidad el comportamiento real de los conductores (Bobermin et al., 2021)

2.3.6. Seguridad vial

Los sistemas de comunicaciones orientados a la seguridad vial constituyen alternativas relevantes para mitigar problemas de congestión y accidentes en el tránsito, especialmente en intersecciones viarias, ya que son más propensas a accidentes (Belmekki et al., 2021).

Para mantener seguros a los niños que caminan como peatones, es importante estudiar cómo influyen ciertas medidas de seguridad en su comportamiento al cruzar intersecciones en calles

residenciales (Tomoda et al., 2022).

Estudiar cómo se relacionan los parámetros de flujo vehicular (velocidad, tiempos de recorrido, volumen de autos, etc.) con la precisión en el cálculo de sus patrones de comportamiento es muy importante en intersecciones urbanas. Esto nos da una base teórica crucial para desarrollar simulaciones computarizadas de tráfico que puedan aplicarse a la gestión y control del flujo vial.(Fang et al., 2022). Una estrategia efectiva para aumentar la seguridad vial consiste en optimizar el diseño geométrico de las carreteras, con el objetivo de reducir tanto la frecuencia como la gravedad de los accidentes. Para lograr esta mejora, es fundamental analizar y establecer la relación entre los componentes del diseño geométrico de las vías y la ocurrencia de incidentes de tráfico(Islam et al., 2019).

2.3.7. Control de tráfico

El control de tráfico perimetral de carreteras urbanas es de suma importancia para aliviar los niveles de congestión vehicular. La idea central del control coordinado es ajustar y modelar el modo de distribución del flujo vehicular logrando así la eficiencia óptima de operación del sistema de transporte (Gao et al., 2023).

2.3.8. Accidentes de tránsito

La situación de vulnerabilidad en la que se encuentran usuarios no motorizados como ciclistas y peatones al compartir la vía con automóviles, camiones y buses es de suma importancia, los ciclistas y peatones están especialmente expuestos en choques con vehículos motorizados y las colisiones con camiones pueden conducir a resultados de lesiones graves (Schindler & Bianchi Piccinini, 2021). El impacto de una sola carretera puede ser mínimo, pero el verdadero desafío radica en identificar qué combinación de vías es crucial para la red vial. Cuando varias carreteras fallan simultáneamente, pueden generar un colapso significativo en el tráfico, afectando gravemente la movilidad en la ciudad (Jin et al., 2022).

Es muy importante poder evaluar qué tan vulnerable es el sistema de tráfico en las calles de una ciudad. Esto ayuda a los administradores urbanos a mantener la seguridad y la sustentabilidad en el flujo vehicular. La mayoría de los estudios actuales se enfocan en analizar la infraestructura o estructura física de la red de calles. Por ejemplo, si tienen buen mantenimiento o capacidad suficiente. Pero muy pocos estudios analizan la vulnerabilidad funcional, es decir, qué tan frágil es la operación del tráfico ante situaciones inesperadas. (Wang et al., 2022).

2.3.9. Vías urbanas

Contar con intersecciones viales seguras es clave para el desarrollo de ciudades sostenibles. A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversas herramientas y simulaciones para analizar y medir los riesgos del tráfico. Sin embargo, evaluar estos riesgos de manera detallada y con alta precisión sigue siendo un desafío, ya que las condiciones del tráfico pueden cambiar constantemente y requieren un enfoque flexible para su análisis.(Yang et al., 2023). Estudiar cómo fluye el tráfico en los cruces de carreteras es muy relevante cuando se está diseñando y planeando un proyecto vial (Castañeda et al., 2021).

2.1.1. Ancho de carriles

En la planificación de carreteras, el ancho de los carriles es un aspecto clave para garantizar la seguridad vial, especialmente en entornos urbanos con tráfico mixto, donde conviven automóviles, autobuses y camiones. A pesar de su relevancia, son limitadas las investigaciones que analizan el impacto del ancho de los carriles en la seguridad dentro de este tipo de flujo vehicular(Wu & Lin, 2022).

2.1.2. Niveles de Servicio

El concepto de Nivel de Servicio (LOS), presentado por primera vez en 1965 en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), se ha convertido en una herramienta ampliamente empleada para evaluar y medir la calidad del servicio. Según el HCM (2010), 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

2.1.3. Nivel de Servicio A

Se refiere a una circulación completamente fluida, en la que cada vehículo puede moverse con total independencia, prácticamente sin verse influenciado por otros en el tráfico. Esto les permite escoger libremente la velocidad que prefieren y maniobrar con facilidad. En estas condiciones, la experiencia para conductores, pasajeros y peatones es muy cómoda y agradable (Ángela & Escobar, 2007).

2.1.4. Nivel de Servicio B

Este nivel aún se encuentra dentro del rango de flujo estable, aunque ya es evidente la presencia de más vehículos en la circulación. Aunque los usuarios conservan una relativa libertad para elegir sus velocidades preferidas, esta comienza a verse ligeramente limitada, al

igual que la facilidad para maniobrar, en comparación con el nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia también disminuye ligeramente, ya que la interacción con otros usuarios empieza a influir en el comportamiento individual(Ángela & Escobar, 2007).

2.1.5. Nivel de Servicio C

Este nivel todavía se encuentra dentro de un flujo estable, pero aquí comienza a notarse un impacto significativo en cómo los usuarios individuales interactúan entre sí. La elección de la velocidad ya no es completamente libre, ya que depende de la presencia de otros vehículos, y la posibilidad de maniobrar se vuelve más limitada. En estas condiciones, la comodidad y la conveniencia para los usuarios disminuyen de manera considerable(Ángela & Escobar, 2007).

2.1.6. Nivel de Servicio D

En este nivel, la circulación se aproxima a un flujo inestable, y los conductores cuentan con escasa libertad para realizar maniobras. La velocidad promedio se mantiene cercana a los 60 km/h. Además, los conductores experimentan una demora que representa aproximadamente el 80% del tiempo total de viaje, mientras que el flujo total en ambas direcciones alcanza los 1830 vehículos por hora(Ordóñez, 2009).

2.1.7. Nivel de Servicio E

En este nivel, el flujo es inestable y comienzan a presentarse pequeños congestionamientos. La velocidad promedio disminuye hasta aproximadamente 40 km/h, y los conductores enfrentan demoras que superan el 80% del tiempo total de viaje(Ordóñez, 2009).

2.1.8. Nivel de Servicio F

Este nivel refleja condiciones de flujo forzado, que ocurren cuando el volumen de tránsito que llega a un punto o tramo supera la capacidad de la vía para gestionarlo. En estas situaciones se generan filas de vehículos, y el tráfico se caracteriza por movimientos constantes de detenerse y avanzar, lo que crea un ambiente extremadamente inestable(Ángela & Escobar, 2007).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Modalidad básica de la investigación

3.1.1. Enfoque

El enfoque del presente trabajo de titulación es mixto, ya que se emplearon procesos sistemáticos, reflexivos y empíricos para el 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. Este enfoque permitió aplicar indicadores específicos de tránsito que se adaptan a la configuración espacial y las características particulares de estas avenidas, incluyendo mediciones de volumen vehicular, velocidades de operación y tiempos de demora. La integración de estos elementos da lugar a la implementación de líneas de actuación que permiten generar propuestas técnicas y escenarios de mejora, alineados con las políticas de movilidad urbana sostenible, buscando optimizar la circulación vehicular y mejorar las condiciones de servicio para todos los usuarios de estas importantes arterias viales.

3.1.2. Paradigma

La investigación se enmarca dentro de un paradigma positivista, dado que el objetivo principal es comprobar y analizar los resultados a través de la recolección de datos cuantitativos que permitan establecer parámetros claros sobre el flujo vehicular, la capacidad y el nivel de servicio en el Anillo Vial de Machala. Este enfoque se fundamenta en la premisa de que es posible observar y medir fenómenos sociales y urbanos de manera objetiva, utilizando herramientas estadísticas y técnicas de análisis que proporcionen información precisa y verificable. De esta manera, se espera contribuir al desarrollo de un sistema de transporte más eficiente y accesible para todos los usuarios.

3.2. Tipo de Investigación.

3.2.1. Exploratorio

Se identificarán los conceptos y variables relevantes que afectan el flujo vehicular y la capacidad vial en el Anillo Vial de Machala. La exploración inicial permitirá recopilar información específica sobre las condiciones actuales de las vías, así como sobre las experiencias y percepciones de los usuarios. Se buscará obtener datos preliminares que faciliten la identificación de patrones y tendencias en el comportamiento del tráfico.

3.2.2. Descriptivo

Se clasifica como descriptivo, ya que tiene como objetivo especificar y detallar las características de los vehículos, grupos de usuarios, velocidades y servicios en el Anillo Vial de Machala. A través de esta modalidad, se busca proporcionar una visión clara y precisa de la situación actual del servicio de movilidad urbana en las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites. La investigación se centrará en la recopilación de datos que permitan calificar el nivel de servicio de estas vías, identificando las variables que influyen en el flujo vehicular y la capacidad vial.

3.2.3. Deductivo

Se fundamenta en la recopilación y análisis de datos reales del flujo vehicular observado en las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites. Este enfoque permitirá verificar el comportamiento de estas vías y comparar los resultados obtenidos con los métodos técnicos propuestos por diversos autores en el campo de la movilidad urbana. El uso del enfoque deductivo también facilitará la identificación de patrones en el comportamiento del tráfico, lo que permitirá realizar inferencias sobre cómo optimizar el nivel de servicio y la capacidad vial en el Anillo Vial de Machala. Al contrastar los datos observados con teorías y modelos existentes, se espera contribuir a una mejor comprensión del fenómeno del tráfico urbano y a la formulación de propuestas efectivas que mejoren la movilidad en la ciudad.

3.3. Población y muestra

Para el presente estudio, se establecieron 4 Avenidas los cuales serán: Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites en Machala. Estas vías son cruciales para la movilidad urbana, ya que conectan diferentes sectores de la ciudad y son utilizadas por una amplia variedad de vehículos, desde automóviles particulares hasta transporte público y mercancías especialmente durante las horas pico. Este alto volumen de tráfico ha llevado a un incremento en la congestión vehicular, lo que justifica la necesidad de analizar el flujo y el nivel de servicio en estas arterias.

3.3.1. Población

La población se definirá como la red vial del sector urbano de la ciudad, el Anillo Vial cuenta con avenidas clasificadas según su tipo y estado, lo que permite realizar un análisis detallado del flujo vehicular y la capacidad vial. La congestión en ciertas áreas durante las horas pico ha llevado a la identificación de problemas significativos que afectan la calidad del servicio de

movilidad urbana.

3.3.2. Muestra

Para calcular el tamaño de la muestra en este proyecto de investigación, se consideró una población estimada de 289,141 habitantes, como se detalla en la tabla 1. Esta cifra incluye a los principales afectados por el congestionamiento vehicular y los accidentes de tránsito en el cantón Machala, abarcando tanto a peatones como a conductores. Los datos utilizados provienen del censo de población y vivienda realizado en 2010.

Para determinar el tamaño de la muestra “n”, se empleará la siguiente ecuación, que establece los parámetros necesarios para el cálculo. A continuación, se detallan dichos parámetros.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad \text{Ecuación 1}$$

- "N": Representa el tamaño total de la población, para lo cual se usará el valor previamente indicado de 289,141 habitantes.
- "Z_α": Corresponde al valor asociado al nivel de confianza. En este caso, se utilizará 1.96, que equivale a un nivel de confianza del 95%, como se detalla en la tabla 4.
- "e": Representa el margen de error asumido, que se ha establecido en un 8%.
- "p": Indica la probabilidad de éxito o de ocurrencia del evento, que será del 50%.
- "q": Es la probabilidad complementaria de "p" (es decir, 1-p), que representa la probabilidad de que el evento no ocurra, también asumida en un 50%.

Tabla 3. Valores de Z en función del nivel de confianza

Nivel de confianza	Z alfa
99.70%	3
99.00%	2.58
98.00%	2.33
96.00%	2.05
95.00%	1.96
90.00%	1.645
80.00%	1.28
50.00%	0.674

Fuente 5: (Spiegel & Stephens, 2009)

Reemplazando los valores en la ecuación obtenemos el siguiente resultado:

$$n = \frac{289.141 * 1.96^2 * 50 * 50}{8^2 * (289.141 - 1) + 1.96^2 * 50 * 50} = 99.016n$$

$n = 100 \text{ habitantes}$

El cálculo realizado determina que el tamaño de la muestra necesaria es de 99,016 habitantes. Para facilitar su manejo, este valor se redondea a 100 personas, quienes constituirán el objeto de estudio. Esta muestra permitirá llevar a cabo una encuesta más precisa acerca de la percepción de los habitantes del cantón Machala en relación con el tráfico vehicular en el Anillo Vial.

Los tramos de carreteras del anillo vial que tomaremos como muestra son los siguientes, Av. 25 de junio desde el Monumento El Bananero hasta el Puente Elevado con 1390 m, Av. Arizaga desde El Puente Elevado hasta la Av. Luis Ángel León Román con 460 m, Av. Luis Ángel León Román desde la Av. Arizaga hasta la Av. Alejandro Castro Benites con 1525 m, Av. Alejandro Castro Benites desde la Av. Luis Ángel León Román hasta el Monumento El Bananero con 965 m, los cuales suman 4.34 km de vía.

Tabla 4 Avenidas y Distancias entre Puntos Clave

AVENIDAS	DESDE	HASTA	DISTANCIA (M)
25 DE JUNIO	REDONDEL EL BANANERO	PUENTE ELEVADO	1390 M
ARIZAGA	PUENTE ELEVADO	AV. LUIS ÁNGEL LEÓN ROMÁN	460 M
. LUIS ÁNGEL LEÓN ROMÁN	AV. ARIZAGA	AV. ALEJANDRO CASTRO BENITES	1525 M
ALEJANDRO CASTRO BENITES	AV. LUIS ÁNGEL LEÓN ROMÁN	REDONDEL EL BANANERO	965 M
		TOTAL	4340 M

Fuente 6: Elaboración propia

3.4. Métodos teóricos con los materiales utilizados.

La metodología a emplearse en esta investigación se basa en tres etapas fundamentales: investigación teórica, investigación cuantitativa e investigación de campo.

3.4.1. Investigación teórica

En esta fase, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre movilidad urbana, flujo vehicular y diseño geométrico de carreteras. Se consultarán libros, artículos académicos y normativas técnicas que proporcionen un marco conceptual sólido para el análisis del nivel de servicio y la capacidad vial en el Anillo Vial de Machala. Los materiales utilizados incluirán textos especializados en ingeniería civil y transporte, así como estudios previos que aborden problemáticas similares en contextos urbanos.

3.4.2. Investigación cuantitativa

La información recopilada permitirá identificar las necesidades y preocupaciones de los usuarios, así como evaluar el nivel de satisfacción con el servicio actual. Además, se buscará establecer correlaciones entre la percepción del tráfico y los tiempos de viaje reportados por los encuestados.

El diseño de la encuesta incluirá preguntas cerradas y algunas abiertas para captar tanto datos cuantitativos como cualitativos. Se espera que la muestra esté compuesta por un número representativo de usuarios que transiten regularmente por estas avenidas, lo que permitirá obtener resultados significativos y aplicables.

Los datos obtenidos serán analizados estadísticamente para identificar patrones y tendencias que puedan informar sobre posibles soluciones para mejorar la eficiencia y seguridad del sistema vial en Machala. Esta investigación cuantitativa no solo proporcionará una base sólida para el diagnóstico actual, sino que también facilitará la formulación de propuestas concretas que contribuyan a optimizar el nivel de servicio y capacidad vial en el Anillo Vial.

3.4.3. Investigación de campo

Para llevar a cabo la investigación de campo, se realizarán varias actividades que permitirán obtener datos precisos sobre las condiciones actuales del flujo vehicular y la infraestructura vial en las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites. Estas actividades son esenciales para comprender la problemática de movilidad urbana en Machala

3.5. Técnicas para el procesamiento de los datos obtenidos

3.5.1.1. Encuestas a usuarios

Se realizarán encuestas a los usuarios que transitan por las Avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites. Las encuestas incluirán preguntas sobre la frecuencia de uso, el propósito del viaje, experiencias con el tráfico y opiniones sobre posibles mejoras en la infraestructura vial. Esta información permitirá captar las percepciones de los usuarios sobre la calidad del servicio de movilidad urbana y ayudará a identificar áreas críticas que requieren atención.

3.5.1.2. Observación Directa

Se llevará a cabo una observación directa del comportamiento del tráfico en diferentes momentos del día para analizar cómo se desarrolla el flujo vehicular en condiciones reales. Esta observación permitirá identificar puntos críticos donde se presentan congestiones frecuentes o problemas de seguridad vial, así como evaluar el cumplimiento de las normas de tránsito por parte de los conductores.

Estas actividades de investigación de campo proporcionarán datos valiosos que serán analizados para formular propuestas efectivas que optimicen el nivel de servicio y la capacidad vial en el Anillo Vial de Machala, contribuyendo así a mejorar la movilidad urbana

y la calidad de vida en la ciudad

3.5.1.3. Nivel de servicio

La metodología para el análisis de capacidad y niveles de servicio, según el Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Vías Multicarril, se basa en la aplicación a sectores homogéneos dentro del tramo de estudio. Estos sectores deben definirse considerando características uniformes, como el patrón de velocidad de los vehículos pesados, tortuosidad de la vía, magnitud de pendientes, ancho de carril, existencia de separadores, distancias libres laterales y tránsito.

3.5.1.3.1. Variables Relacionadas con la Geometría

Para ajustar la velocidad a flujo libre en un sector de análisis, es fundamental considerar diversas variables geométricas específicas de la vía. Estas variables ayudan a evaluar las condiciones de operación en cada sentido de circulación y permiten realizar correcciones adecuadas. A continuación, se detallan los aspectos clave a tener en cuenta:

a. Ancho de carril

Es necesario medir el ancho de los carriles en diferentes puntos del sector para verificar que esta dimensión sea uniforme. La consistencia en el ancho asegura condiciones de circulación más seguras y predecibles para los conductores.

b. Tipo y ancho del separador

Se debe determinar si la carretera cuenta con un separador y medir su ancho. Este elemento debe presentar características homogéneas a lo largo del sector para garantizar la uniformidad del análisis.

c. Ancho de bermas

Es importante medir el ancho de las bermas en cada sentido de la vía, asegurando que estas dimensiones sean consistentes. Las bermas no solo sirven como áreas de apoyo lateral para el pavimento, sino que también contribuyen a la seguridad vial.

d. Densidad de accesos

Se debe registrar el número de puntos de acceso ubicados en el lado derecho de la carretera. Para ello, se sugiere realizar un recorrido detallado por el sector y elaborar un esquema que incluya un inventario de los accesos. Con esta información, la densidad se calcula dividiendo el total de puntos de acceso por la longitud del sector, expresada en kilómetros.

Es importante incluir solo aquellos accesos que registren un movimiento significativo durante

el día, excluyendo aquellos con un uso esporádico, como entradas a residencias con poco tránsito.

3.5.1.3.2. Variables relacionadas con el Tránsito

a. Volumen de tránsito mixto y factor de hora pico (FHP)

Para evaluar el tránsito mixto en un sector de análisis, es necesario realizar un conteo vehicular durante las horas de mayor demanda. Este conteo debe llevarse a cabo en intervalos de 15 minutos, lo que permite calcular el volumen total de vehículos en una hora pico (veh/h). Además, es importante determinar el factor de hora pico (FHP) para cada sentido de circulación. Este indicador se calcula dividiendo el volumen total de tránsito mixto registrado durante la hora de máxima demanda entre el flujo de vehículos correspondiente al período de 15 minutos con mayor actividad dentro de esa misma hora.

$$FHP = \frac{VHMD}{N \times q_{max}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

FHP = Factor de hora pico

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

N = 4 si los aforos fueron realizados en periodos de 15 minutos

q_{max} = volumen máximo en un periodo de tiempo

b. Información relacionada con los camiones

Debemos obtener los porcentajes de camiones obtenidos en los aforos, por ellos es necesario que estos se realicen correctamente, estos se pueden calcular con la siguiente formula:

$$\text{Camiones}(\%) = \frac{\text{Total de vehiculos pesados}}{\text{Total de vehiculos}} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

3.5.1.3.3. Estimación de VL

La velocidad a flujo libre puede estimarse analíticamente utilizando la siguiente ecuación:

$$VL = VG - f_c - f_s - f_B - f_A \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

V_L = velocidad a flujo libre del sector.

V_G = velocidad genérica del sector.

f_c = corrección por ancho de carril.

f_s = corrección por ancho de separador.

f_B = corrección por promedio de ancho de bermas.

f_A = corrección por densidad de accesos.

a. Correcciones a la velocidad Genérica (VG)

Para efectuar las correcciones a la velocidad genérica se deberá registrar: ancho de carril, ancho de separador, ancho promedio de bermas y número de puntos de acceso por kilómetro. Si la carretera tiene un límite de velocidad máxima, la velocidad genérica se fija como la del límite de velocidad más 10 km/h (Instituto Nacional de Vías, 2022)

- Corrección por ancho de carril f_c

La corrección por ancho de carril se hace con los factores indicados en la Tabla

Tabla 5 Ajuste de la velocidad genérica por efecto del ancho de carril

Ancho de Carril (m)	Corrección a la velocidad genérica por efecto del ancho del carril (km/h)
3.0	14.8
3.3	2.0
≥ 3.5	0.0

Fuente 7: Elaboración propia, (Instituto Nacional de Vías, 2022)

- **Corrección por ancho de separador f_s**

La corrección por ancho de separador se realiza con los factores indicados en la Tabla

Tabla 6 Ajuste de la velocidad genérica por efecto del ancho de separador

Ancho del separador (m)	Corrección a la velocidad genérica por efecto del ancho de separador (km/h)
0.0	2.80
0.5	1.60
1.0	1.30
1.5	0.90
2.0	0.70
>3.0	0.00

Fuente 8: Elaboración propia, (Instituto Nacional de Vías, 2022)

- **Corrección por ancho promedio de bermas f_B**

La corrección por ancho promedio de bermas se realiza con los factores de la Tabla

Tabla 7 Ajuste de la velocidad genérica por efecto del ancho promedio de bermas

Ancho promedio de bermas (m)	Corrección a la velocidad genérica por efecto del ancho promedio de bermas (km/h)
0.0	7.9
0.5	2.5
1.0-1.5	1.7
1.8	0.8
≥ 2.0	0.0

Fuente 9: Elaboración propia, (Instituto Nacional de Vías, 2022)

- **Corrección por densidad de accesos f_A**

La corrección por densidad de accesos se realiza con los factores de la Tabla

Tabla 8 Ajuste de la velocidad genérica por efecto de Densidad de accesos

Densidad de accesos (puntos/km)	Corrección a la velocidad genérica por efecto de la densidad de accesos (km/h)
5	3.0
10	6.4
15	11.0
≥ 20	17.4

Fuente 10: Elaboración propia, (Instituto Nacional de Vías, 2022)

3.5.1.3.4. Elección de la curva maestra de referencia

Esta velocidad se debe aproximar a la velocidad a flujo libre de una de las cuatro curvas maestras típicas desarrolladas:

- Tipo 1 – Carretera multicarril, velocidad a flujo libre: 96 km/h.
- Tipo 2 – Carretera multicarril, velocidad a flujo libre: 90 km/h.
- Tipo 3 – Carretera multicarril, velocidad a flujo libre: 80 km/h.
- Tipo 4 – Carretera multicarril, velocidad a flujo libre: 70 km/h

Es necesario elegir la velocidad de flujo libre que se ajuste a la curva típica más cercana. En caso de que los cálculos resulten en valores superiores a 96 km/h, se debe tomar una velocidad de flujo libre de 96 km/h. Por otro lado, si las velocidades libres son inferiores a 70 km/h, se debe seleccionar una velocidad de 70 km/h. Para el análisis, la curva principal se determinará aproximando la velocidad de flujo libre característica al múltiplo de 10 más cercano (Instituto Nacional de Vías, 2022).

3.5.1.3.5. Cálculo del flujo vehicular

Es necesario ajustar el volumen de tránsito mixto considerando el factor de equivalencia de camiones.

a. Corrección del volumen de tránsito mixto

El volumen de tránsito en vehículos mixtos (veh/h/sentido) debe transformarse en flujo vehicular utilizando la siguiente ecuación

$$q_p = v_p = \frac{V}{FHP * N * f_{HV} * f_p} \tag{Ecuación 5}$$

En donde:

v_p : flujo de tránsito, en veh/h/carril

V : volumen de tránsito mixto, en veh/h/sentido

FHP : factor de hora pico

N : Número de carriles

f_{HV} : factor de corrección por camiones

f_p : factor por conocimiento de la vía

f_p : 1.00 (conductores frecuentes)

f_p : 0.90 (conductores ocasionales)

El factor de corrección por camiones se calcula con la siguiente expresión:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_C(E_C - 1)} \tag{Ecuación 6}$$

En donde:

f_{HV} : factor de corrección por camiones

P_C : porcentaje de camiones

E_C : factor de equivalencia de camiones

- **Equivalente de camiones**

Se tienen en cuenta el tipo de terreno

Tabla 9 Equivalente de camiones para tipo de terreno genérico

Tipo de terreno	Equivalente de camión, E_C
Plano	1.8
Ondulado	2.3
Montañoso	4.4

Fuente 11: Elaboración propia, (Instituto Nacional de Vías, 2022)

3.5.1.3.6. Determinación de la velocidad de operación en el sector de análisis (V)

Esta velocidad representa las condiciones reales de la carretera.

$$v = v_f - a \left(\frac{v_p}{b} \right)^c ; v_p = q_p \quad \text{Ecuación 7}$$

En donde:

v es la velocidad a flujo libre y q_p es el flujo de tránsito en vehículos equivalentes por hora, a , b y c son parámetros a estimar. En la Tabla se presentan los coeficientes de las ecuaciones para cada tipo de multicarril estudiada. Se resalta que las curvas no presentan un primer tramo horizontal.

Tabla 10 Coeficientes de las ecuaciones flujo – velocidad. Carreteras multicarril.

Tipo de Curva	v_f	a	b	c
Multicarril tipo 1 96 km/h	96	4.609	1124.526	1.624
Multicarril tipo 1 90 km/h	90	1.040	882.082	2.545
Multicarril tipo 1 80 km/h	80	2.375	1036.550	2.044
Multicarril tipo 1 70 km/h	70	5.497	692.345	1.010

Fuente 12: Elaboración propia, (Instituto Nacional de Vías, 2022)

3.5.1.3.7. Cálculo de la densidad

La densidad del sector de análisis, en (veh/km/carril), se determina con la expresión

$$D = \frac{v_p}{v} ; v_p = q_p \quad \text{Ecuación 8}$$

En donde:

D : Densidad (veh/km/carril)

q_p : flujo de tránsito (veh/h/carril)

V : velocidad de operación (km/h)

3.5.1.3.8. Determinación del Nivel de servicio.

Con la densidad calculada y el tipo de multicarril hallado, se obtiene el Nivel de Servicio de la vía.

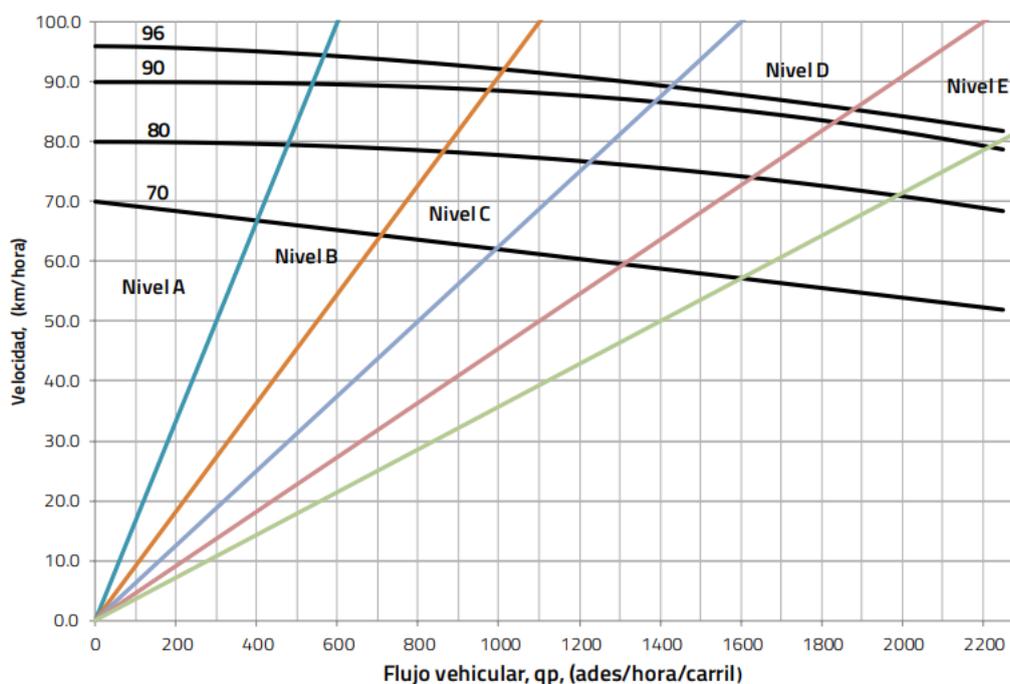
Tabla 11 Niveles de Servicio para carreteras multicarril

Nivel de servicio	Multicarril tipo 1 (96 km/h) y tipo 2 (90km/h)	Multicarril tipo 3 (80 km/h)	Multicarril tipo 4 (70 km/h)
A	≤ 6	≤ 7	≤ 8
B	>6-11	>7-12	>8-15
C	>11-16	>12-18	>15-23
D	>16-22	>18-25	>23-32
E	>22-28	>25-31	>32-40
F	>28	>31	>40

Fuente 13: Elaboración propia, (Instituto Nacional de Vías, 2022)

Con estos valores se realizó una tabla con los valores para poder llegar al grafico necesitado, en este grafico podemos observar los niveles de servicio, en donde ubicaremos los datos de nuestras vías estudiadas.

Ilustración 3 Ábaco curvas flujo-velocidad según INVIAS



Fuente 14: (Instituto Nacional de Vías, 2022)

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Encuestas

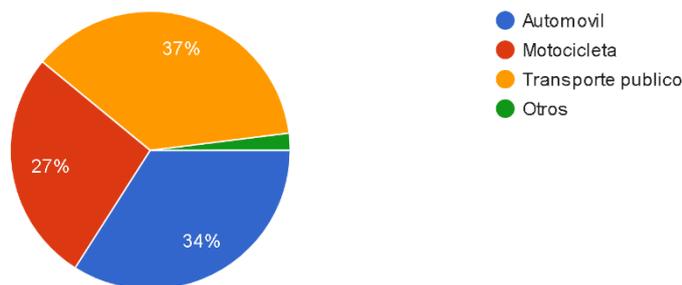
La encuesta se llevó a cabo utilizando Google Forms, alcanzando a un grupo de 100 personas, lo que constituye la muestra calculada mediante una ecuación de muestreo, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 8%. Se seleccionaron participantes que residen en Machala o que la visitan con frecuencia. El objetivo principal de esta encuesta es evaluar las experiencias y los factores determinantes en el uso del Anillo Vial conformado por las avenidas Luis Ángel León Román, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites, así como identificar las necesidades y preocupaciones de los usuarios respecto al flujo vehicular y la seguridad vial.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de dicha encuesta, que serán analizados estadísticamente para identificar patrones y tendencias. Esta información será fundamental para formular propuestas concretas que contribuyan a optimizar el nivel de servicio y la capacidad vial en el Anillo Vial de Machala.

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

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

100 respuestas



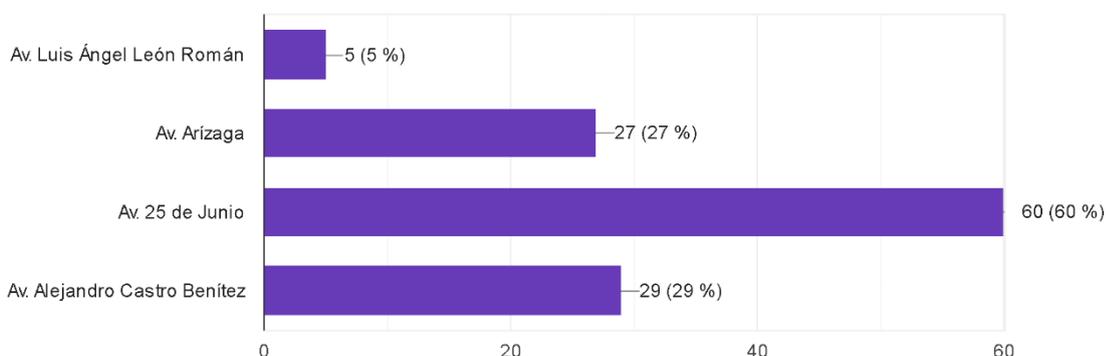
Fuente 15: Elaboración propia.

Las respuestas de 100 participantes sobre su principal medio de transporte, destacando que el 37% utiliza transporte público, seguido del 34% que prefiere el automóvil y el 27% que opta por motocicletas, mientras que un 2% utiliza otros medios. Estos datos reflejan la predominancia del transporte público en la población estudiada, así como el uso considerable de automóviles y motocicletas, evidenciando las dinámicas de movilidad en el cantón Machala y su posible relación con los conflictos vehiculares.

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

¿Cuál de las siguientes avenidas usa con mayor frecuencia?

100 respuestas

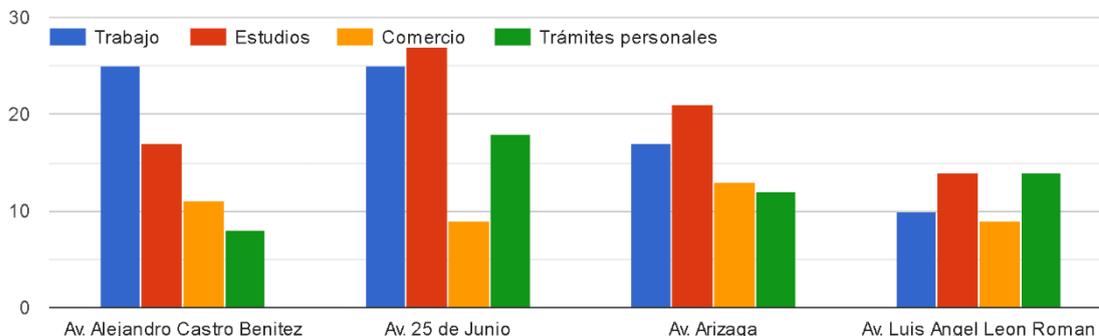


Fuente 16. Elaboración propia

En la segunda pregunta, las avenidas utilizadas con mayor frecuencia. La Av. 25 de Junio es la más transitada, con un 60% de preferencia, seguida por la Av. Alejandro Castro Benites con un 29% y la Av. Arizaga con un 27%. Por último, la Av. Luis Ángel León Román es la menos utilizada, con solo un 5% de las respuestas. Estos datos evidencian la predominancia de la Av. 25 de Junio como eje principal de movilidad en la zona estudiada.

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

¿Cuál es el principal propósito de sus desplazamientos por las siguientes avenidas?

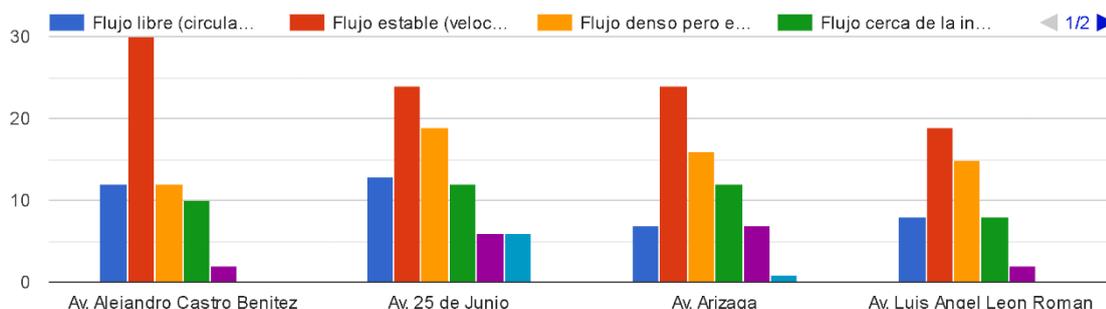


Fuente 17: Elaboración propia

En la tercera pregunta, se presenta los propósitos principales de los desplazamientos en el anillo vial. En la Av. Alejandro Castro Benites, el trabajo es el motivo predominante, seguido por estudios, comercio y trámites personales. En la Av. 25 de Junio, el comercio lidera como propósito principal, seguido por trabajo y trámites personales, mientras que los estudios tienen menor incidencia. En la Av. Arizaga, los motivos están más equilibrados, destacándose el trabajo, seguido de comercio, trámites personales y estudios. Por último, en la Av. . Luis Ángel León Román, los propósitos se distribuyen de manera similar, con una ligera predominancia de trámites personales y comercio. Este análisis permite identificar los usos principales de estas vías y su relación con las dinámicas urbanas de la población

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

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

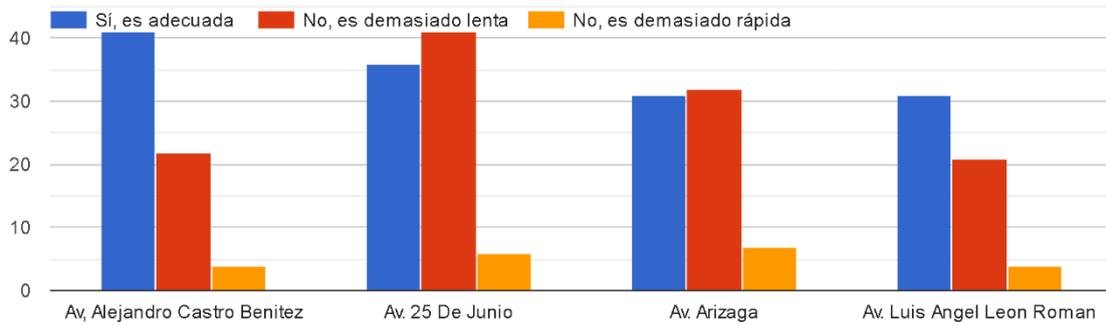


Fuente 18: Elaboración propia

En la cuarta pregunta, se muestra las condiciones de tráfico percibidas por los encuestados al transitar por las avenidas del Anillo Vial. En la Av. Alejandro Castro Benites, predomina el flujo estable, seguido por el flujo libre y, en menor medida, el flujo denso. En la Av. 25 de Junio, el flujo estable también es el más reportado, con una proporción significativa de flujo denso y menos casos de flujo libre. En la Av. Arizaga, el flujo estable lidera nuevamente, con una cantidad considerable de flujo denso pero menos de flujo libre. Por último, en la Av. Luis Ángel León Román, el tráfico se distribuye principalmente entre flujo estable y flujo denso, con pocas menciones de flujo libre. Estos resultados reflejan la percepción de los usuarios sobre las dinámicas de circulación vehicular en el Anillo Vial, destacando la prevalencia de condiciones de tráfico estables pero densas en varias avenidas.

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

¿Cree que la velocidad promedio del tráfico en estas avenidas es adecuada?



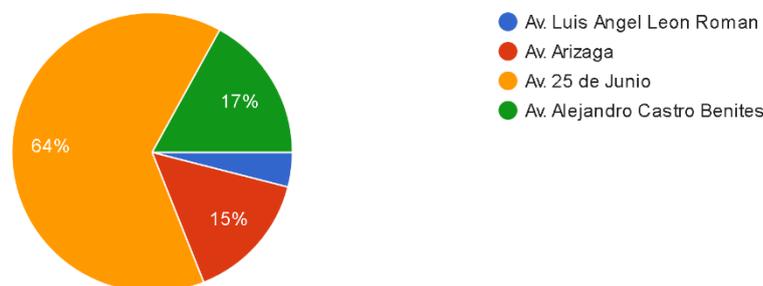
Fuente 19: Elaboración propia

En la quinta pregunta, se analizó si los encuestados consideran que la velocidad promedio del tráfico en las avenidas evaluadas es adecuada. En la Av. Alejandro Castro Benites, la mayoría (alrededor del 40%) respondió que la velocidad es adecuada, mientras que un porcentaje menor considera que es demasiado lenta y casi insignificante que es demasiado rápida. En la Av. 25 de Junio, predominan las opiniones que indican que la velocidad es demasiado lenta, aunque una proporción significativa la percibe como adecuada. En la Av. Arizaga, las opiniones se dividen casi equitativamente entre quienes consideran la velocidad adecuada y quienes creen que es demasiado lenta. Por último, en la Av. Luis Ángel León Román, la mayoría percibe la velocidad como adecuada, seguida por aquellos que la encuentran demasiado lenta y un mínimo porcentaje que la considera demasiado rápida. Este análisis permite identificar percepciones diferenciadas sobre la fluidez del tráfico en estas avenidas clave.

Pregunta 6. ¿Qué tramo de vía considera más congestionado?

¿Qué tramo de vía considera más congestionado?

100 respuestas

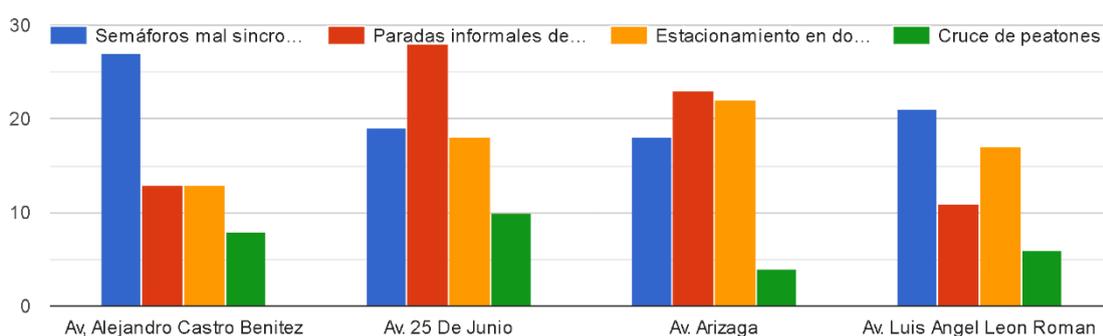


Fuente 20: Elaboración propia.

En la sexta pregunta, los resultados muestran que la Av. 25 de Junio es percibida como la más congestionada, con un 64% de las respuestas, seguida de la Av. Alejandro Castro Benites con un 17%. La Av. Arizaga ocupa el tercer lugar con un 15%, mientras que la Av. Luis Ángel León Román es la menos mencionada, con solo un 4%. Estos datos destacan a la Av. 25 de Junio como un punto crítico en términos de congestión vehicular.

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

¿Qué factor considera que más afecta al flujo vehicular en estas Avenidas?



Fuente 21: Elaboración propia.

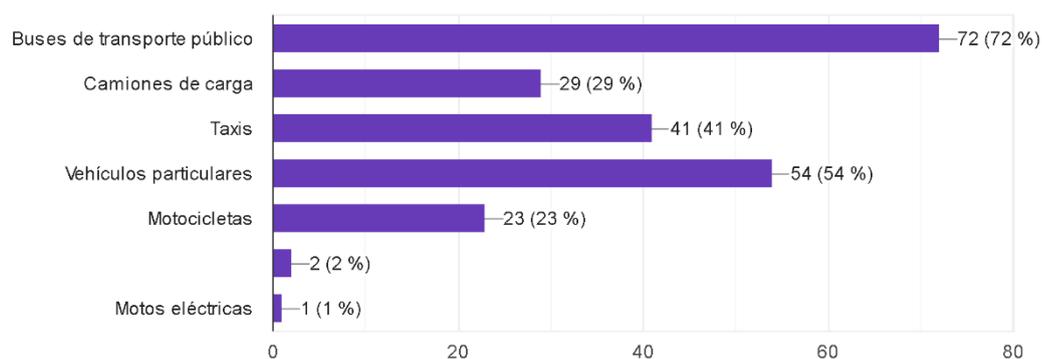
En la séptima pregunta, se indagó sobre los factores que más afectan el flujo vehicular en las avenidas estudiadas. Los resultados muestran que, en la Av. Alejandro Castro Benites, los semáforos mal sincronizados son el principal problema, seguidos por las paradas informales

de transporte y el estacionamiento en doble fila. En la Av. 25 de Junio, las paradas informales destacan como el factor más problemático, mientras que los semáforos mal sincronizados y el estacionamiento en doble fila también tienen una influencia significativa. En la Av. Arizaga, las paradas informales y el estacionamiento en doble fila son los factores más destacados, seguidos por los semáforos mal sincronizados. Finalmente, en la Av. Luis Ángel León Román, los semáforos mal sincronizados y el estacionamiento en doble fila son las principales causas de problemas de flujo, con menor relevancia del cruce de peatones. Este análisis resalta la importancia de abordar estos problemas para mejorar la movilidad en estas avenidas clave.

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

¿Qué tipo de vehículos observa que generan mayor congestión? (Puede marcar varios)

100 respuestas

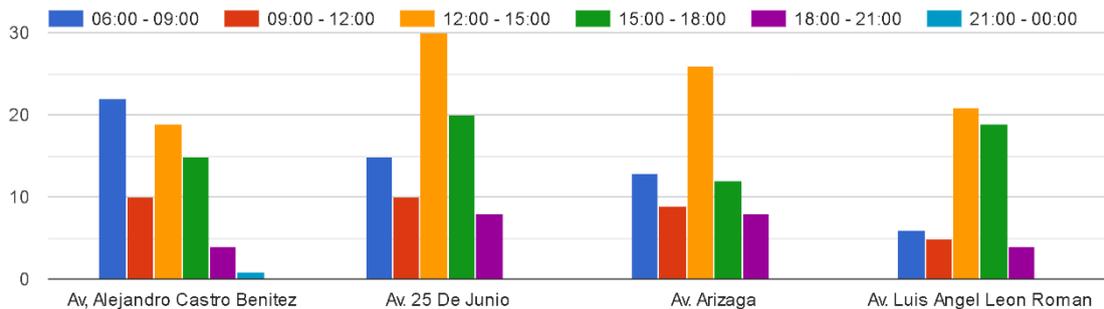


Fuente 22: Elaboración propia.

En la octava pregunta, se identificaron los tipos de vehículos que generan mayor congestión. Los buses de transporte público lideran con un 72%, seguidos por los vehículos particulares con un 54%, y los taxis con un 41%. Los camiones de carga representan un 29%, mientras que las motocicletas alcanzan un 23%. Finalmente, las motos eléctricas y otros vehículos tienen una incidencia mínima, con un 2% y 1%, respectivamente. Estos resultados resaltan el impacto del transporte público y los vehículos particulares en la congestión vehicular.

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

¿En qué horario suele experimentar mayor congestión vehicular en estas Avenidas?



Fuente 23: Elaboración propia

En la novena pregunta, se analizó el horario de mayor congestión vehicular en las avenidas estudiadas. En la Av. Alejandro Castro Benites, los horarios críticos son de 06:00 a 09:00 y de 12:00 a 15:00. La Av. 25 de Junio presenta su mayor congestión entre 12:00 y 15:00, seguida por las de 06:00 a 09:00 y 15:00 a 18:00. En la Av. Arizaga, el horario de 12:00 a 15:00 destaca como el más congestionado. Finalmente, en la Av. Luis Ángel León Román, los momentos de mayor tráfico ocurren de 12:00 a 15:00 y de 15:00 a 18:00. Estos resultados muestran patrones consistentes de congestión en horarios laborales y escolares.

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

¿Qué medida considera más efectiva para mejorar el flujo vehicular en las Avenidas?

100 respuestas

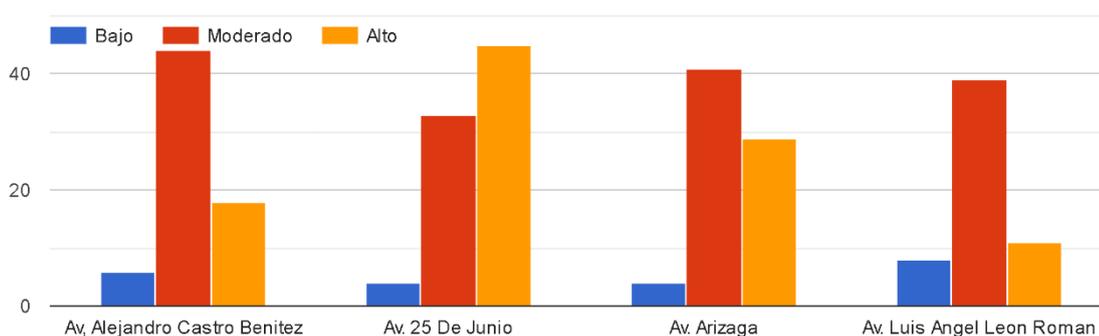


Fuente 24: Elaboración propia

En la décima pregunta, se encuestó que medida es considerada más efectiva para mejorar el flujo vehicular en las avenidas. La opción más votada, con un 33%, fue restringir el paso de vehículos pesados en horas pico, seguida de implementar carriles exclusivos para transporte público con un 24%. Mejorar la sincronización de semáforos obtuvo un 18%, mientras que ampliar el número de carriles alcanzó un 11%. Por último, implementar sistemas de control de tráfico inteligente fue seleccionada por un 14%. Estos resultados reflejan una preferencia por medidas que reduzcan directamente el impacto del tráfico pesado y optimicen el uso de las vías existentes.

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

¿Cómo calificaría el nivel de congestión en estas avenidas?

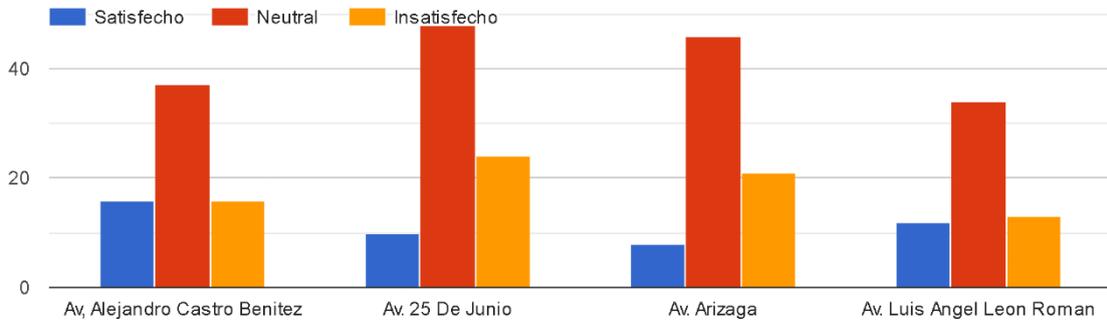


Fuente 25: Elaboración propia.

En la pregunta 11, se evaluó cómo califican los encuestados el nivel de congestión en las avenidas. En la Av. Alejandro Castro Benites, predomina una congestión moderada, con pocas respuestas indicando un nivel bajo o alto. En la Av. 25 de Junio, el nivel de congestión es principalmente alto, seguido por moderado, con mínimas respuestas para bajo. En la Av. Arizaga, también predomina la congestión alta, seguida por moderada y un nivel bajo casi inexistente. Por último, en la Av. Luis Ángel León Román, la mayoría percibe una congestión moderada, seguida por alta, con un porcentaje pequeño indicando un nivel bajo. Estos resultados destacan la Av. 25 de Junio y la Av. Arizaga como las más afectadas por la congestión vehicular alta.

Pregunta 12. ¿Está satisfecho con las condiciones actuales del tráfico en estas avenidas?

¿Está satisfecho con las condiciones actuales del tráfico en estas avenidas?

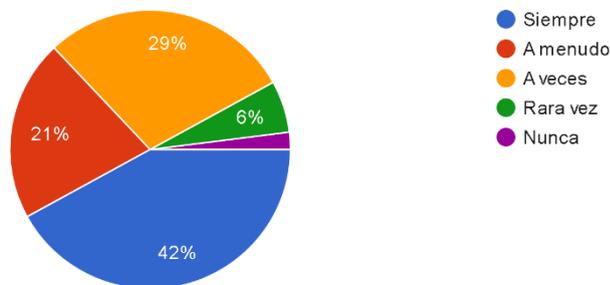


Fuente 26: Elaboración propia.

En la pregunta 12, se evaluó el nivel de satisfacción de los encuestados con las condiciones actuales del tráfico en las avenidas. En todas las avenidas, predomina la insatisfacción como respuesta principal. La Av. 25 de Junio tiene el mayor porcentaje de personas insatisfechas, seguida por la Av. Arizaga y la Av. Alejandro Castro Benites, mientras que la Av. Luis Ángel León Román también muestra una alta insatisfacción, aunque en menor proporción. Las respuestas neutrales y de satisfacción son significativamente menores en todas las avenidas, evidenciando una percepción mayoritariamente negativa de las condiciones actuales del tráfico.

Pregunta 13. Si experimenta congestión, ¿utiliza rutas alternativas?

Si experimenta congestión, ¿utiliza rutas alternativas?
100 respuestas



Fuente 27: Elaboración propia.

En la pregunta 13, se consultó a los encuestados si utilizan rutas alternativas cuando experimentan congestión. El 42% indicó que siempre recurre a rutas alternativas, mientras que el 29% respondió que lo hace a veces. Un 21% mencionó que utiliza rutas alternativas a menudo, y un 6% declaró que lo hace rara vez. Solo un 2% afirmó que nunca utiliza rutas alternativas. Estos resultados muestran que la mayoría de los encuestados busca alternativas para evitar la congestión, reflejando un esfuerzo por optimizar su tiempo de desplazamiento.

4.1.2. Nivel de Servicio

El Aforo vehicular se realizó en cuatro estaciones estratégicamente ubicadas en distintos ramales. El conteo vehicular se efectuó durante siete días consecutivos, en horarios de 7:00 am a 7:00 pm. Los días seleccionados para el análisis fueron el Viernes 29, Sábado 30 de Noviembre, Domingo 1, Lunes 2, Martes 3, Miércoles 4 y Jueves 5 de diciembre de 2024. Este proceso tuvo como objetivo principal recopilar datos sobre el flujo vehicular para evaluar el nivel de servicio de las avenidas, identificando así las horas de mayor demanda y las condiciones de operación del tráfico.

A continuación, se presenta la tabla que 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. 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 12 Características geométricas del anillo vial

	AV. LUIS LEON ROMÁN		AV. ARIZAGA		AV. 25 DE JUNIO		AV. ALEJANDRO CASTRO B.	
	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
Numero de Accesos	7	8	4	2	6	7	13	5
Límite de Velocidad	40	40	40	40	50	50	50	50

Fuente 28: Elaboración propia

En la tabla 13 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. Esta información incluye los ajustes por ancho de carril, berma, separador y densidad de accesos, así como una velocidad inicial genérica (VG) y una velocidad calculada (VL). Además, se detalla la información vehicular, que comprende el volumen de tráfico, el porcentaje de camiones, los factores de equivalencia y el flujo vehicular ajustado. Como resultados finales, se muestran la velocidad de operación, la densidad vehicular y el nivel de servicio correspondiente.

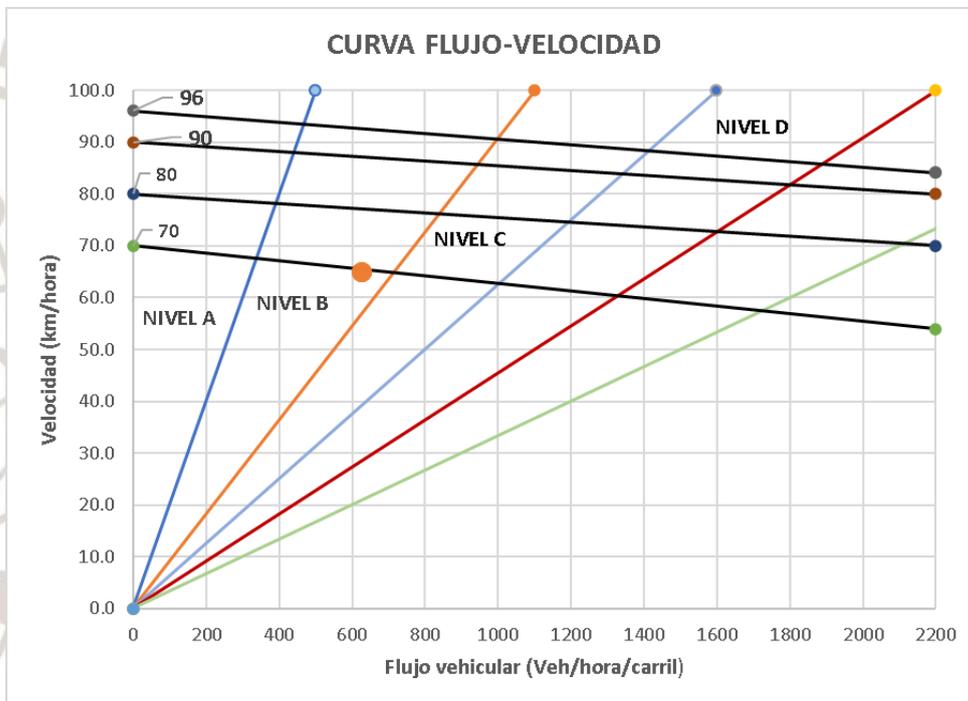
Tomando como referencia la Avenida Luis Ángel León Román, el análisis parte de la velocidad a flujo libre (VL), calculada a partir de una velocidad genérica (VG). Según el manual, cuando la avenida tiene un límite de velocidad máxima (40 km/h), la VG se obtiene sumando 10 km/h a este límite, resultando en $VG = 50 \text{ km/h}$. Se aplicaron las correcciones establecidas, considerando el ancho de carril $f_C = 5.00$, ancho de bermas $f_B = 2.50$, ancho de separador $f_S = 0$, y la densidad de accesos $f_A = 5.00$. Posteriormente, se calculó una velocidad de flujo libre ajustada de $VL = 37.50 \text{ km/h}$, identificando que esta

avenida corresponde a una carretera multicarril Tipo 4, para la cual se toma un $V_L = 70 \text{ km/h}$ según las recomendaciones del manual.

En relación con la información vehicular, se registró un volumen de tráfico de 1098 vehículos por hora, correspondiente al volumen horario de máxima demanda, obtenido a partir de los aforos realizados. El factor de hora pico $F_{hp} = 0.91$ fue calculado utilizando la Ecuación 2 correspondiente, mientras que el porcentaje de camiones, determinado a partir del aforo, fue del 4.00%. Esto permitió calcular un factor de equivalencia vehicular de $F_{hv} = 0.965$ (Ecuación 6), obteniendo un flujo vehicular ajustado de $V_p = 625$ vehículos por hora.

Finalmente, se obtuvo una velocidad de operación $V = 65 \text{ km/h}$, utilizada para calcular la densidad vehicular $D = 9.60$ vehículos/km/carril mediante la Ecuación 8. Con estos datos, se determinó el nivel de servicio (NS) utilizando el ábaco del manual, obteniendo un Nivel de Servicio B, lo cual se confirma con el valor de densidad calculado. Este resultado indica una buena calidad de operación para la vía analizada en dirección Este-Oeste.

Ilustración 4 Curvas flujo-velocidad según INVIAS



Fuente 29: Elaboración propia

Este mismo procedimiento se aplica con la información correspondiente a las demás avenidas, tanto en el sentido de ingreso como de salida. Es importante destacar que los resultados obtenidos son muy aceptables según nuestro criterio.

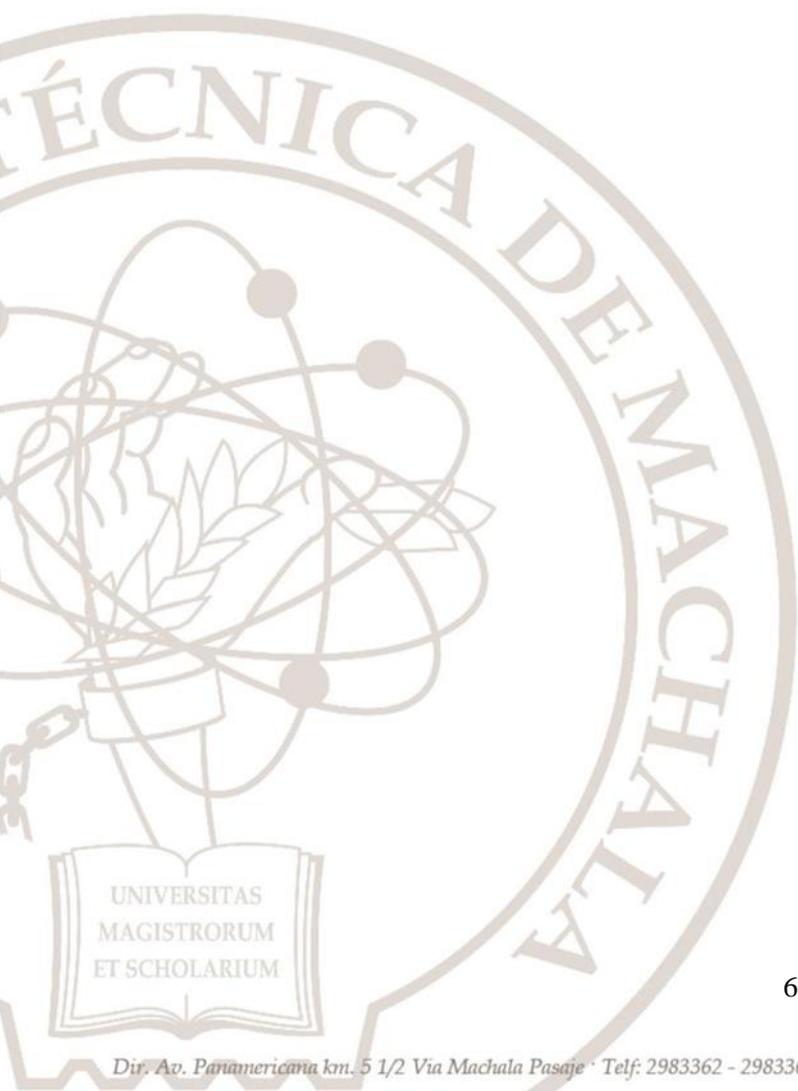


Tabla 13 Cuadro de resumen de Niveles de Servicio del anillo vial

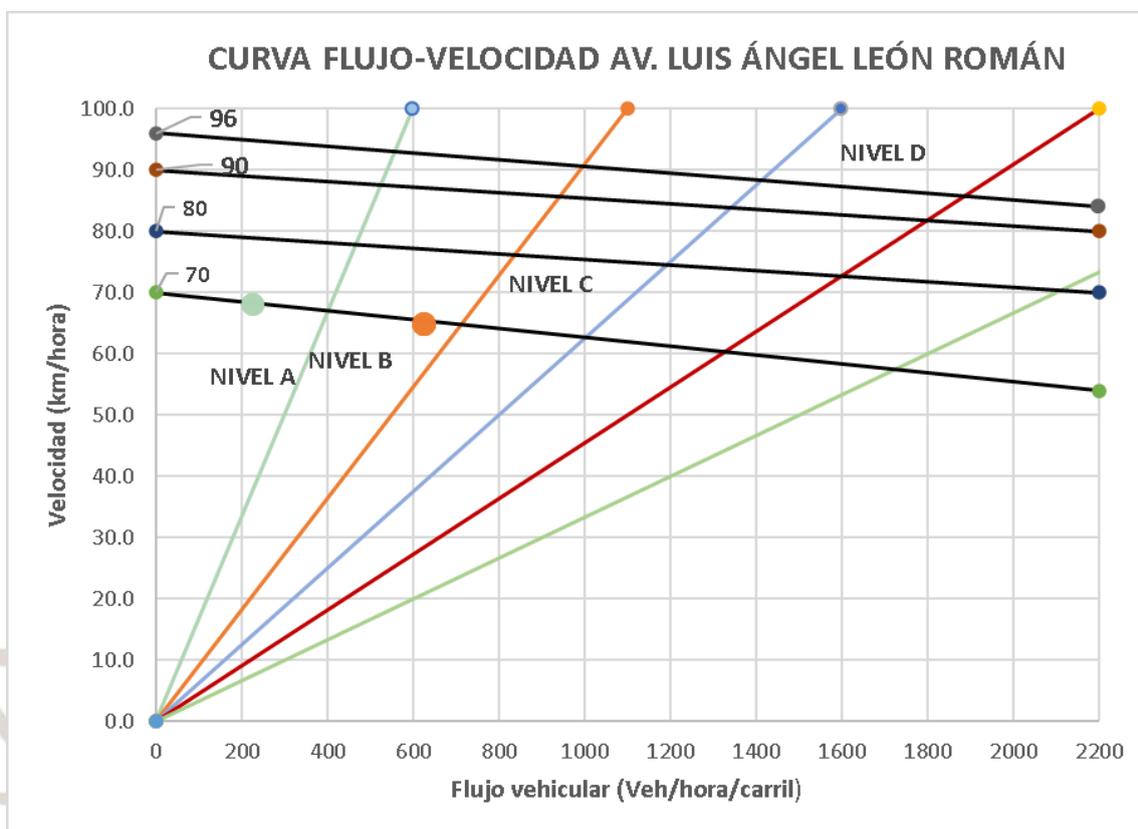
	LUIS LEÓN		ARIZAGA		25 DE JUNIO		ALEJANDRO CASTRO	
	O-E	E-O	S-N	N-S	E-O	O-E	N-S	S-N
VELOCIDAD A FLUJO LIBRE, VL								
Valor de velocidad Genérica, VG:	50	50	50	50	60	60	60	60.00
Corrección ancho de carril, f_C:	2.00	5.00	14.80	14.80	1.30	2.40	0.00	0.00
Corrección promedio ancho de bermas, f_B:	3.30	2.50	3.70	2.90	2.70	2.30	2.00	1.70
Corrección ancho de separador, f_S:	0.00	0.00	1.30	1.30	0.00	0.00	2.80	2.80
Corrección densidad de accesos, f_A:	4.40	5.00	3.00	3.00	3.70	4.40	9.20	3.00
VL Calculada:	40.40	37.50	27.20	28.00	52.30	51.00	46.00	52.50
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:	0.90	0.91	0.87	0.83	0.90	0.94	0.90	0.86
% camiones	3.00	4.00	3.00	5.00	8.00	8.00	11.00	11.00
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):	68.20	65.00	68.50	65.10	65.60	66.70	62.30	62.80
Densidad (Veh/km/Carril):	3.30	9.60	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							

Fuente 30: Elaboración propia

4.2. Interpretación de datos

AV. LUIS ÁNGEL LEÓN ROMÁN

Ilustración 5 Curvas flujo-velocidad según INVIAS

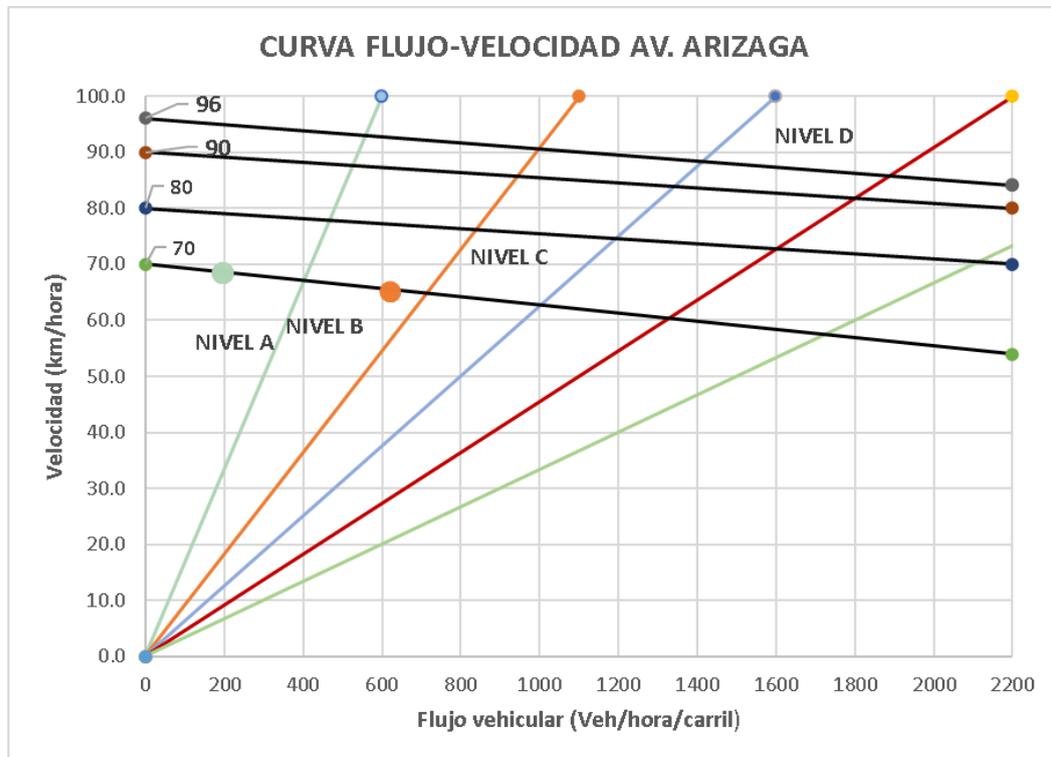


Fuente 31: Elaboración propia

Como observamos en el cuadro de resumen y en el ábaco, obtuvimos 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, tomaríamos el valor más bajo que sería un servicio nivel B.

AV. ARIZAGA

Ilustración 6 Curvas flujo-velocidad según INVIAS

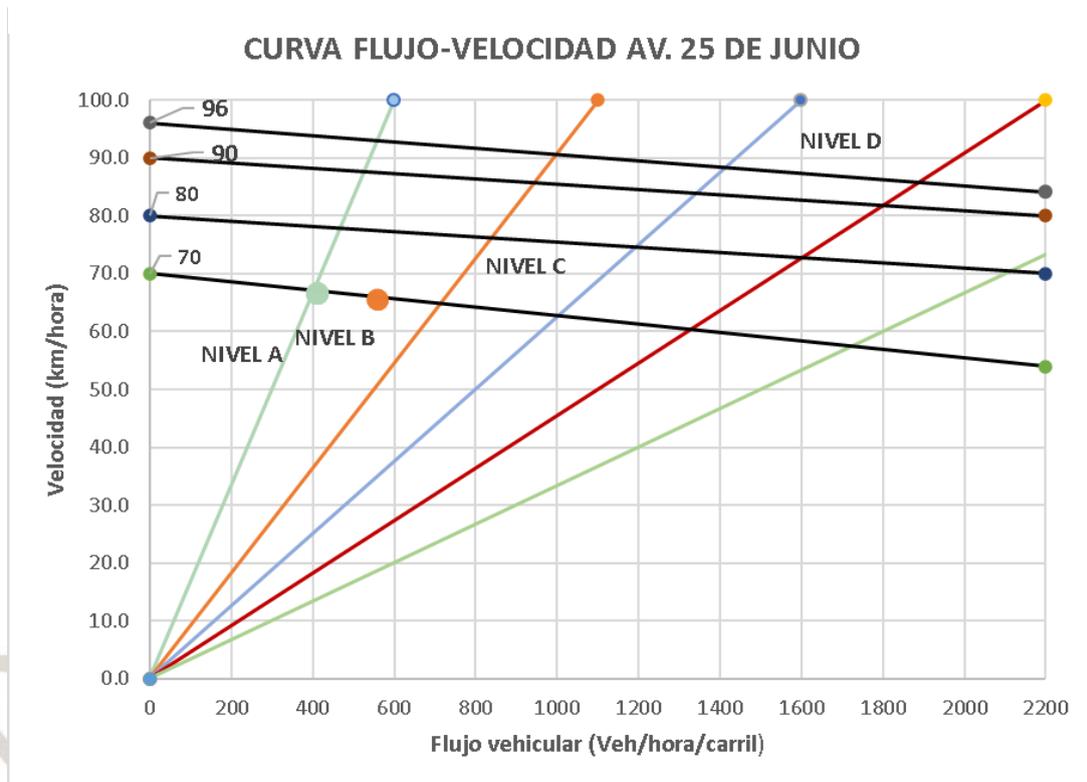


Fuente 32: Elaboración propia

Como observamos en el cuadro de resumen y en el ábaco, obtuvimos 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

Ilustración 7 Curvas flujo-velocidad según INVIAS

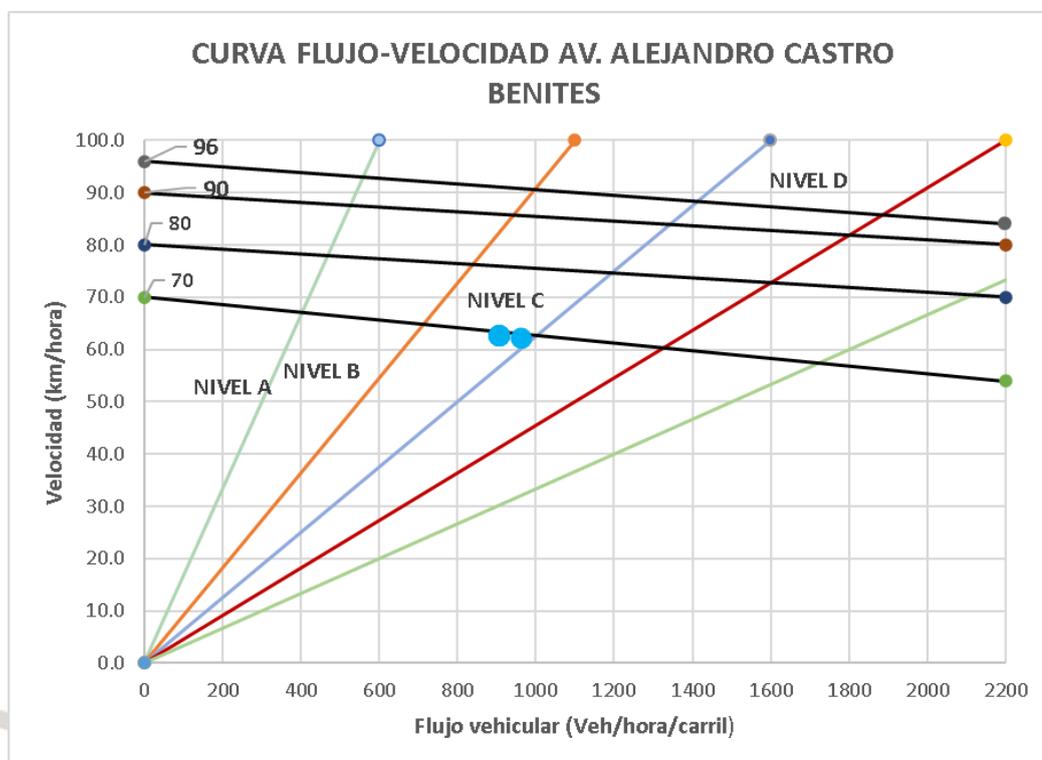


Fuente 34: Elaboración propia

En el ábaco presentado, se identifican dos puntos que reflejan las condiciones operativas de la vía analizada. El primer punto, ubicado en el Nivel A este resultado 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 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

Ilustración 8 Curvas flujo-velocidad según INVIAS



Fuente 35: Elaboración propia

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.

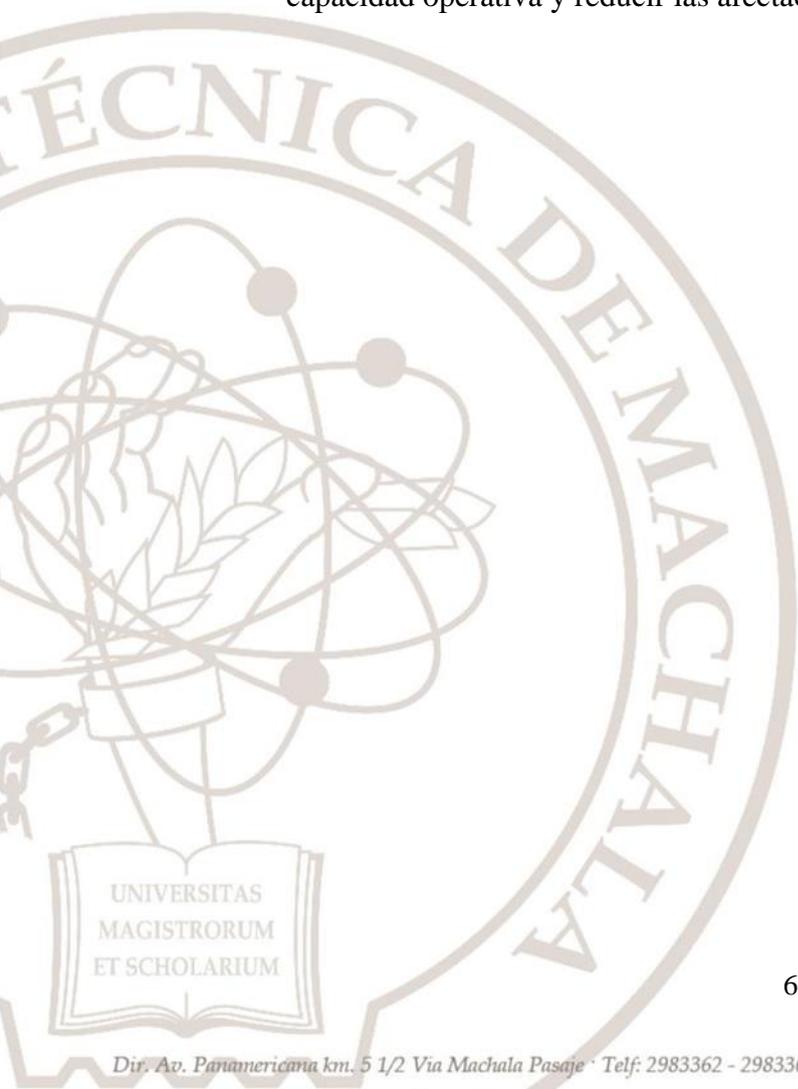
Esta diferencia refleja que, aunque la vía aún mantiene un desempeño aceptable, el aumento en el flujo vehicular y la disminución de la velocidad están comenzando a afectar la calidad del servicio. Este resultado puede interpretarse como una advertencia de que la vía está cerca de una transición hacia condiciones menos óptimas, requiriendo atención para evitar futuros deterioros en su desempeño.

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. Asimismo, 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 una valiosa perspectiva sobre las percepciones y experiencias de los usuarios respecto al nivel de servicio y 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 análisis del nivel de servicio en las avenidas del Anillo Vial de Machala evidenció un desempeño variable, dependiendo de las condiciones específicas de cada vía, determinando un nivel de servicio C para el anillo vial en su conjunto. La Avenida Luis Ángel León Román y la Avenida Arizaga presentaron niveles de servicio A y B, indicando un flujo vehicular estable y una circulación relativamente cómoda para los usuarios, incluso en horarios de alta demanda. Estas avenidas requieren únicamente intervenciones menores para mantener estas condiciones óptimas a largo plazo.

En cuanto a la Avenida 25 de Junio, los resultados también mostraron niveles de servicio A y B, evidenciando una circulación eficiente, aunque con áreas que podrían beneficiarse de una gestión optimizada para mantener la estabilidad del flujo vehicular. Por otro lado, la Avenida Alejandro Castro Benites registró niveles de servicio C y B, mostrando una mayor densidad vehicular que afecta la fluidez y la velocidad de operación, especialmente en horas de máxima demanda. Estos hallazgos subrayan la importancia de priorizar medidas técnicas en esta avenida para mejorar su capacidad operativa y reducir las afectaciones al tránsito en el sistema vial.



RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una revisión detallada de los procedimientos establecidos en el Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Vías Multicarril, asegurando que todos los aspectos relacionados con la metodología del conteo manual, como la clasificación vehicular, los intervalos de tiempo y el registro de datos, estén claramente comprendidos antes de iniciar el trabajo de campo. Esto garantizará que el conteo manual sea preciso y eficiente. Asimismo, es importante complementar esta preparación con ejercicios prácticos previos y herramientas como hojas de registro bien diseñadas para facilitar la captura y organización de los datos en campo. Este enfoque asegura que el análisis posterior sea confiable y permita desarrollar soluciones adaptadas a las condiciones reales de la infraestructura vial.

Se recomienda el uso de Google Forms como una herramienta eficiente para la realización de encuestas en proyectos de ingeniería civil, ya que proporciona una plataforma accesible, intuitiva y adaptable a diferentes necesidades. Su capacidad para diseñar cuestionarios personalizados permite recolectar datos de manera estructurada y precisa, facilitando el análisis posterior. Además, Google Forms permite recopilar respuestas en tiempo real y cuenta con herramientas integradas para organizar y analizar la información de forma clara y efectiva. Al ser una aplicación en línea, ofrece la ventaja de compartir los formularios fácilmente y recibir respuestas de participantes ubicados en diferentes lugares, optimizando el tiempo y los recursos del proyecto. Por estas razones, es una solución ideal para recolectar información que respalde decisiones técnicas basadas en datos confiables.

Se recomienda realizar un monitoreo continuo del nivel de servicio en las avenidas principales para identificar y atender de manera oportuna las variaciones en su desempeño operativo. Para aquellas vías que presentan condiciones favorables, como niveles de servicio A y B, se sugieren intervenciones preventivas y ajustes menores que permitan mantener su eficiencia a largo plazo. En avenidas con niveles de servicio más comprometidos, como las que registran densidades vehiculares elevadas, es crucial priorizar medidas simples, como la regulación de estacionamientos en doble fila y el control de paradas de buses informales, para mejorar la fluidez del tránsito, especialmente durante las horas de máxima demanda.

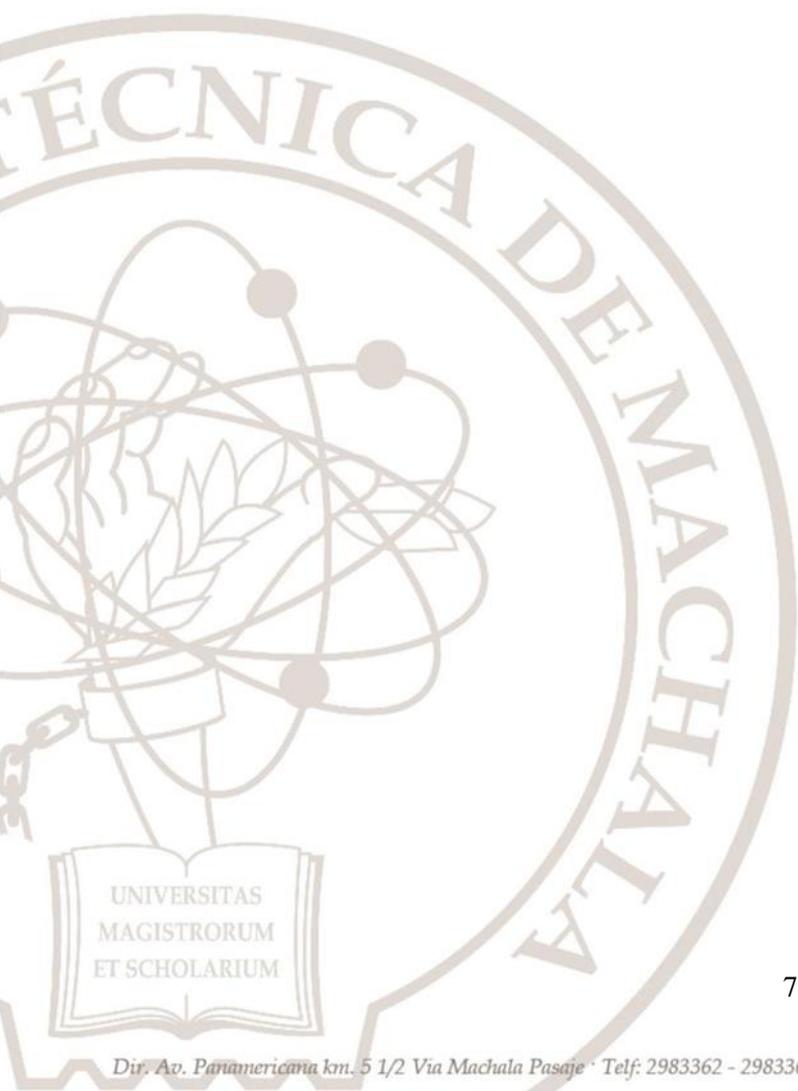
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adugbila, E. J., Martinez, J. A., & Pfeffer, K. (2023). Road infrastructure expansion and socio-spatial fragmentation in the peri-urban zone in Accra, Ghana. *Cities*, *133*, 104154. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2022.104154>
- Alcaldía de Machala. (2022). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CANTÓN MACHALA*. https://www.machala.gob.ec/documentosGAD/rendicionCuentas/2023/insumos/PDOT_Machala.pdf
- Alvarado, P., & Andres, H. (2020). *Análisis del congestionamiento vehicular en la intersección Av. Alejandro Castro Benitez y Pajonal de la Ciudad de Machala 2020*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15644>
- Ángela, F., & Escobar, C. (2007). *Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial*. .
- Belmekki, B. E. Y., Hamza, A., & Escrig, B. (2021). Performance analysis of cooperative communications at road intersections using stochastic geometry tools. *Digital Signal Processing*, *116*, 103112. <https://doi.org/10.1016/J.DSP.2021.103112>
- Bobermin, M. P., Silva, M. M., & Ferreira, S. (2021). Driving simulators to evaluate road geometric design effects on driver behaviour: A systematic review. *Accident Analysis & Prevention*, *150*, 105923. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2020.105923>
- Castañeda, K., Sánchez, O., Herrera, R. F., Pellicer, E., & Porras, H. (2021). BIM-based traffic analysis and simulation at road intersection design. *Automation in Construction*, *131*, 103911. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2021.103911>
- Fang, Z., Zhu, S., Fu, X., Liu, F., Huang, H., & Tang, J. (2022). Multivariate analysis of traffic flow using copula-based model at an isolated road intersection. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *599*, 127431. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2022.127431>
- Fonseca, J. P. S., Bravo, L. C. S., Leonor, R. C. V., Salazar, A. D. L. Á. C. S., Fonseca, J. P. S., Bravo, L. C. S., Leonor, R. C. V., & Salazar, A. D. L. Á. C. S. (2022). Congestión Vehicular y Contaminación Ambiental en Lima Metropolitana. *Revista Lasallista de Investigación*, *19*(1), 152–164. <https://doi.org/10.22507/RLI.V19N1A9>
- Franco, C., Mendez, G., & Espitia, J. (2015). Evaluación de Escenarios de Descongestión Vehicular en Bogotá mediante Dinámica de Sistemas. *Ingeniería; Vol 20 No 2 (2015): July - December*; *209-231*, *20*(2), 209–231. <https://doi.org/10.14483/23448393.8436>
- Gao, Y., Qu, Z., Song, X., Yun, Z., & Zhu, F. (2023). Coordinated perimeter control of urban road network based on traffic carrying capacity model. *Simulation Modelling Practice and Theory*, *123*, 102680. <https://doi.org/10.1016/J.SIMPAT.2022.102680>
- Garrafa, F., & Carvalho, F. F. (2020). 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*, *1*(1). <https://doi.org/10.17271/RLASS.V1I1.2517>
- Godoy-Pérez, K. E., Benites-Tupiza, K. V., Valle-Jaramillo, J. S., & Inga-Ortega, E. M. (2020). Sizing and Routing of Wireless Sensor Networks for Traffic Vehicular Monitoring. *ITECKNE*, *17*(1), 7–18. <https://doi.org/10.15332/ITECKNE.V17I1.2425>
- Gómez, J., Delgado, D., & Gómez, E. J. (2022). El congestionamiento vehicular, análisis y propuesta de solución: intersección semaforizada entre Avenidas América y Reales Tamarindos, Portoviejo, Ecuador. *Investigación y Desarrollo*, *16*(1). <https://doi.org/10.31243/id.v16.2022.1732>
- Hu, L., Ou, J., Huang, J., Wang, F., Wang, Y., Ren, B., Peng, H., & Zhou, L. (2022). Safety evaluation of pedestrian-vehicle interaction at signalized intersections in Changsha, China. *Journal of Transportation Safety & Security*, *14*(10), 1750–1775. <https://doi.org/10.1080/19439962.2021.1960662>
- Instituto Nacional de Vías. (2022, May 6). *Manual de capacidad niveles servicio para vías multicarril*. [https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4573-manuales-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-y-para-carreteras-](https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4573-manuales-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-y-para-carreteras)

multicarril-2

- Islam, M. H., Teik Hua, L., Hamid, H., & Azarkerdar, A. (2019). Relationship of Accident Rates and Road Geometric Design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 357(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/357/1/012040>
- Jin, K., Wang, W., Li, X., Hua, X., Chen, S., & Qin, S. (2022). Identifying the critical road combination in urban roads network under multiple disruption scenarios. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 607, 128192. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2022.128192>
- Lazo Corvalán, A., Riquelme Brevis, H., Huiliñir-Curío, V., Lazo Corvalán, A., Riquelme Brevis, H., & Huiliñir-Curío, V. (2020). THE MOBILITY IN ITS ENVIROMENT: MAPUCHE-WILLICHE DAILY MOBILITY PRACTICES AND EXPERIENCES IN RURAL CONTEXTS. EVIDENCE FROM THE CITY OF PUYEHUE, REGION DE LOS LAGOS, CHILE. *Diálogo Andino*, 62(62), 5–17. <https://doi.org/10.4067/S0719-26812020000200005>
- Miguel, J., Pavón, P., Eugenio Sánchez Mendieta, C., & Medina Sánchez, Y. P. (2022). ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y NIVEL DE SERVICIO DE LAS VÍAS DE INGRESO DE LA CIUDAD DE MACHALA. *Revista Ciencia y Construcción*, 3(4), 65–76. <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/133>
- Mozo Sánchez, J. (2012). *Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000 aplicando MATHCAD*. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/417>
- Nariendra, P. W., & Santosa, W. (2022). PENGHEMATAN BIAYA PENGGUNA JALAN PADA RENCANA PENINGKATAN KAPASITAS JALAN. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 8(2), 149–158. <https://doi.org/10.26593/JHPJI.V8I2.5998.149-158>
- Olayode, I. O., Tartibu, L. K., Okwu, M. O., & Uchechi, U. F. (2020). Intelligent transportation systems, un-signalized road intersections and traffic congestion in Johannesburg: a systematic review. *Procedia CIRP*, 91, 844–850. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2020.04.137>
- Ordóñez, G. A. M. (2009). *APLICACIÓN DEL MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS (HCM) VERSIÓN 2,000, PARA LA EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE CARRETERAS MULTICARRILES*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3023_C.pdf
- Patiño-Sánchez, A. C., & Patiño-Silva, O. F. (2021). Impacto de la combustión del transporte terrestre en la calidad del aire y la salud pública en áreas urbanas. Una revisión. *REVISTA NODO*, 15(30), 61–73. <https://doi.org/10.54104/nodo.v15n30.825>
- Qadr, D. B., Mohammed, S. A., Hasan, I. A., & Ali, R. F. M. (2019). Improving the Level of Service of a Portion of 60-M Ring-Road in Erbil City. *Cihan University-Erbil Scientific Journal*, 3(1), 12–17. <https://doi.org/10.24086/CUESJ.V3N1Y2019.PP12-17>
- Ramos, S., Vicente, P., Passos, A. M., Costa, P., & Reis, E. (2019). Perceptions of the Public Transport Service as a Barrier to the Adoption of Public Transport: A Qualitative Study. *Social Sciences 2019, Vol. 8, Page 150*, 8(5), 150. <https://doi.org/10.3390/SOCSCI8050150>
- Samal, S. R., Mohanty, M., & Selvaraj, M. S. (2022). Assessment of Traffic Congestion under Indian Environment - a Case Study. <Http://Komunikacie.Uniza.Sk/Doi/10.26552/Com.C.2022.4.D174-D182.Html>, 24(4), D174–D182. <https://doi.org/10.26552/COM.C.2022.4.D174-D182>
- Schindler, R., & Bianchi Piccinini, G. (2021). Truck drivers' behavior in encounters with vulnerable road users at intersections: Results from a test-track experiment. *Accident Analysis & Prevention*, 159, 106289. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2021.106289>
- Tomoda, M., Uno, H., Hashimoto, S., Yoshiki, S., & Ujihara, T. (2022). Analysis on the impact of traffic safety measures on children's gaze behavior and their safety awareness at residential road intersections in Japan. *Safety Science*, 150, 105706. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2022.105706>
- TORRES VARGAS, G., GONZALEZ GARCIA, J. A., ARROYO OSORNO, J. A., & HERNANDEZ GARCIA, S. (2018). ESTIMACION DE NIVELES DE SERVICIO Y VELOCIDADES DE OPERACION EN SEGMENTOS DE CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CARRILES MULTIPLES APLICACION DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL. *PUBLICACION TECNICA*, 525.

- Varela, R. V., Calderón, J. E. A., & Vásquez, M. E. R. (2020). Urban congestion in santiago de cali, a case study of public policy. *Territorios*, 42. <https://doi.org/10.12804/REVISTAS.UROSARIO.EDU.CO/TERRITORIOS/A.7239>
- Wang, S., Chen, C., Zhang, J., Gu, X., & Huang, X. (2022). Vulnerability assessment of urban road traffic systems based on traffic flow. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 38, 100536. <https://doi.org/10.1016/J.IJCIP.2022.100536>
- Wardani, A., & Ilonka, W. A. (2023). Analisis Lalu Lintas Terhadap Kapasitas Jalan Jolotundo Kota Semarang. *ENVIRO: Journal of Tropical Environmental Research*, 24(2), 47–53. <https://doi.org/10.20961/ENVIRO.V24I2.70719>
- Wu, K. F. (Ken), & Lin, T. (2022). Investigating the effects of travel lane configuration and lane width on traffic safety where powered-two-wheelers (PTWs) share with larger vehicles: A micro perspective. *Accident Analysis & Prevention*, 172, 106682. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2022.106682>
- Yadav, A., Mandhani, J., Parida, M., & Kumar, B. (2022). Modelling of traffic noise in the vicinity of urban road intersections. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 112, 103474. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2022.103474>
- Yang, L., Luo, X., Zuo, Z., Zhou, S., Huang, T., & Luo, S. (2023). A novel approach for fine-grained traffic risk characterization and evaluation of urban road intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 181, 106934. <https://doi.org/10.1016/J.AAP.2022.106934>



ANEXOS

Anexos I Encuesta sobre las condiciones de tráfico y movilidad en el Anillo vial

Preguntas Respuestas 100 Configuración

Encuesta sobre las condiciones de tráfico y movilidad en Avenidas principales de la ciudad de Machala

B I U ↺ ↻

Descripción del formulario

¿Cuáles el principal modo de transporte que utiliza con mayor frecuencia?

- Automovil
- Motocicleta
- Transporte publico
- Otros

¿Cuál de las siguientes avenidas usa con mayor frecuencia?

- Av. Luis Ángel León Román
- Av. Arizaga
- Av. 25 de Junio
- Av. Alejandro Castro Benítez

¿Cuáles el principal propósito de sus desplazamientos por las siguientes avenidas?

	Trabajo	Estudios	Comercio	Trámites personal...
Av. Alejandro Castr...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. 25 de Junio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Arizaga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Luis Angel Leo...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fuente 36: Elaboración propia

Anexos 2 Encuesta sobre las condiciones de tráfico y movilidad en el Anillo vial

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

	Flujo libre (ci...	Flujo estable...	Flujo denso ...	Flujo cerca d...	Flujo inestab...	Flujo forzado...
Av. Alejandro...	<input type="radio"/>					
Av. 25 de Ju...	<input type="radio"/>					
Av. Arizaga	<input type="radio"/>					
Av. Luis Ang...	<input type="radio"/>					

¿Cree que la velocidad promedio del tráfico en estas avenidas es adecuada?

	Sí es adecuada	No, es demasiado lenta	No, es demasiado rápida
Av. Alejandro Castro Ben...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. 25 De Junio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Arizaga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Luis Angel Leon Rom...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué tramo de vía considera más congestionado?

- Av. Luis Angel Leon Roman
- Av. Arizaga
- Av. 25 de Junio
- Av. Alejandro Castro Benites

Fuente 37: Elaboración Propia

Anexos 3 Encuesta sobre las condiciones de tráfico y movilidad en el Anillo vial

¿Qué factor considera que más afecta al flujo vehicular en estas Avenidas?

	Semáforos mal sin...	Paradas informale...	Estacionamiento e...	Cruce de peatones
Av. Alejandro Castr...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. 25 De Junio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Arizaga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Luis Angel Leo...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Qué tipo de vehículos observa que generan mayor congestión? (Puede marcar varios)

- Buses de transporte público
- Camiones de carga
- Taxis
- Vehículos particulares
- Motocicletas
- Otra...

¿En qué horario suele experimentar mayor congestión vehicular en estas Avenidas?

	06:00 - 09:00	09:00 - 12:00	12:00 - 15:00	15:00 - 18:00	18:00 - 21:00	21:00 - 00:00
Av. Alejandro...	<input type="radio"/>					
Av. 25 De Ju...	<input type="radio"/>					
Av. Arizaga	<input type="radio"/>					
Av. Luis Ang...	<input type="radio"/>					

Fuente 38: Elaboración Propia

Anexos 4 Encuesta sobre las condiciones de tráfico y movilidad en el Anillo vial

¿Qué medida considera más efectiva para mejorar el flujo vehicular en las Avenidas?

- Implementar carriles exclusivos para transporte público
- Mejorar la sincronización de semáforos
- Ampliar el número de carriles
- Restringir el paso de vehículos pesados en horas pico
- Implementar sistemas de control de tráfico inteligente
- Otra...

¿Cómo calificaría el nivel de congestión en estas avenidas?

	Bajo	Moderado	Alto
Av. Alejandro Castro Ben...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. 25 De Junio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Arizaga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Luis Angel Leon Rom...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

¿Está satisfecho con las condiciones actuales del tráfico en estas avenidas?

	Satisfecho	Neutral	Insatisfecho
Av. Alejandro Castro Ben...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. 25 De Junio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Arizaga	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Av. Luis Angel Leon Rom...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Si experimenta congestión, ¿utiliza rutas alternativas?

- Siempre
- A menudo
- A veces
- Rara vez
- Nunca

Fuente 39: Elaboración Propia

Anexos 5 Resultados de la encuesta

Encuesta sobre las condiciones de tráfico y movilidad en Avenidas principales de la ciudad de Machala - Excel

DARWIN CHUQUIRIMA

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Diseño de tabla ¿Qué desea hacer? Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Marca temporal	¿Cuál es el principal modo de transporte que usa?	¿Cuál de las siguientes avenidas usa con mayor frecuencia?	¿Cuál es el principal propósito de sus desplazamientos?	¿Cuál es el principal propósito de sus desplazamientos?	¿Cuál es el principal propósito de sus desplazamientos?	¿Cuál es el principal propósito de sus desplazamientos?	¿Cómo describiría el tráfico?
2	12/20/2024 19:08:34	Automovil	Av. Arizaga, Av. 25 de Junio	Comercio	Trabajo	Trabajo	Trámites personales	Flujo denso pero estable
3	12/20/2024 19:14:06	Motocicleta	Av. Arizaga			Trabajo		
4	12/20/2024 19:15:04	Transporte publico	Av. Alejandro Castro Benitez	Estudios	Estudios	Estudios	Estudios	Flujo estable (velocidad media)
5	12/20/2024 19:16:43	Automovil	Av. Luis Ángel León Román, Av. Alejandro Castro Benitez	Trabajo			Trabajo	Flujo estable (velocidad media)
6	12/20/2024 19:17:44	Motocicleta	Av. 25 de Junio, Av. Alejandro Castro Benitez	Estudios	Estudios	Estudios	Estudios	Flujo estable (velocidad media)
7	12/20/2024 19:18:11	Transporte publico	Av. Arizaga			Trabajo		
8	12/20/2024 19:23:26	Transporte publico	Av. 25 de Junio	Estudios	Trámites personales	Estudios	Trámites personales	Flujo denso pero estable
9	12/20/2024 19:24:48	Automovil	Av. Alejandro Castro Benitez	Trabajo				Flujo libre (circulación fluida)
10	12/20/2024 19:26:24	Transporte publico	Av. 25 de Junio	Trámites personales	Trámites personales	Trámites personales	Trámites personales	Flujo libre (circulación fluida)
11	12/20/2024 19:28:01	Automovil	Av. Alejandro Castro Benitez	Estudios	Estudios			Flujo estable (velocidad media)
12	12/20/2024 19:28:12	Transporte publico	Av. 25 de Junio	Estudios	Estudios	Estudios	Estudios	Flujo estable (velocidad media)
13	12/20/2024 19:30:10	Motocicleta	Av. Arizaga, Av. 25 de Junio		Estudios	Estudios		
14	12/20/2024 19:48:53	Automovil	Av. Alejandro Castro Benitez	Trabajo	Trámites personales	Trámites personales	Trámites personales	Flujo cerca de la capacidad
15	12/20/2024 20:01:41	Motocicleta	Av. 25 de Junio		Estudios			
16	12/20/2024 20:03:19	Transporte publico	Av. Arizaga, Av. Alejandro Castro Benitez	Comercio	Comercio	Comercio		
17	12/20/2024 20:06:14	Motocicleta	Av. Luis Ángel León Román, Av. 25 de Junio	Estudios	Estudios	Estudios	Estudios	Flujo estable (velocidad media)
18	12/20/2024 20:09:07	Automovil	Av. 25 de Junio		Trámites personales			
19	12/20/2024 20:11:36	Transporte publico	Av. 25 de Junio		Trabajo			
20	12/20/2024 20:13:57	Transporte publico	Av. 25 de Junio, Av. Alejandro Castro Benitez	Trámites personales	Trámites personales			Flujo cerca de la capacidad
21	12/20/2024 20:40:51	Transporte publico	Av. Alejandro Castro Benitez	Comercio				Flujo estable (velocidad media)
22	12/20/2024 20:43:52	Transporte publico	Av. Arizaga, Av. 25 de Junio		Trabajo			
23	12/20/2024 20:52:50	Automovil	Av. Alejandro Castro Benitez	Comercio				Flujo cerca de la capacidad
24	12/20/2024 21:04:45	Motocicleta	Av. 25 de Junio	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Trabajo	Flujo estable (velocidad media)
25	12/20/2024 21:09:01	Automovil	Av. Alejandro Castro Benitez	Trabajo			Trabajo	Flujo estable (velocidad media)
26	12/20/2024 21:15:51	Motocicleta	Av. Arizaga	Trabajo		Trabajo		Flujo cerca de la capacidad
27	12/20/2024 21:15:53	Automovil	Av. Arizaga		Trabajo	Trabajo		
28	12/20/2024 21:18:47	Automovil	Av. Alejandro Castro Benitez	Trabajo	Trabajo		Comercio	Flujo libre (circulación fluida)
29	12/20/2024 21:20:13	Motocicleta	Av. Arizaga		Estudios	Estudios		
30	12/20/2024 22:01:52	Automovil	Av. 25 de Junio, Av. Alejandro Castro Benitez	Trabajo	Comercio			Flujo estable (velocidad media)
31	12/20/2024 23:55:34	Motocicleta	Av. 25 de Junio	Estudios	Trabajo	Estudios	Estudios	Flujo estable (velocidad media)
32	12/21/2024 2:21:02	Transporte publico	Av. 25 de Junio		Comercio			
33	12/21/2024 2:46:52	Automovil	Av. 25 de Junio		Trabajo			Flujo libre (circulación fluida)

Respuestas de formulario 1

Fuente 40: Elaboración Propia

Anexos 6 Formato para el conteo vehicular

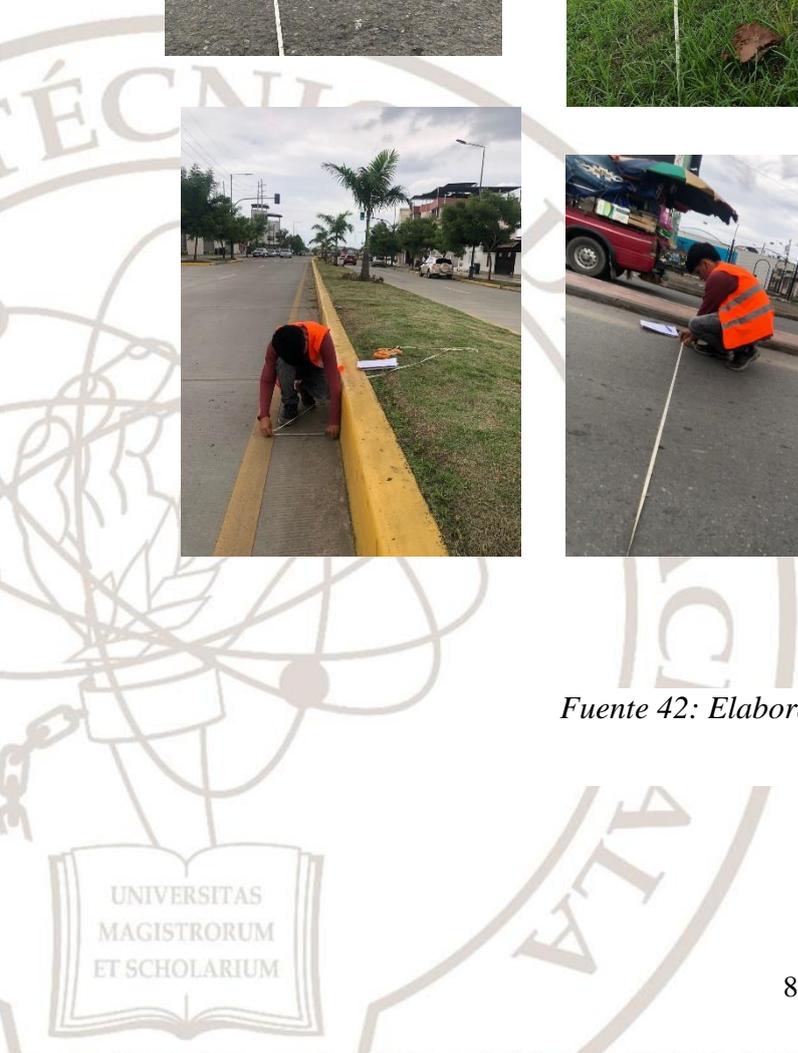
		FORMATO PARA EL CONTEO DE TRAFICO DEL ANILLO VIAL											UBICACIÓN:				
PROYECTO: Análisis del flujo vehicular, capacidad y nivel de servicio en el Anillo Vial conformado por las avenidas Luis Angel Leon Roman, Arizaga, 25 de Junio y Alejandro Castro Benites.																	
FECHA:																	
HORA	GIROS	VEH. LIVIANOS (2 EJES SIMPLES)			VEH. PESADOS (2-3 EJES)				VEH. EXT. PESADOS						MOTOS	OTROS	TOTAL C/15 ^{Mins}
		AUTOS	CAMIONETAS	JEEPS	BUSES		CAMIONES		CAMIONES		CAMIONES						
					LIVIANOS	PESADOS	LIVIANOS	PESADOS 2 EJS	3 - 4 EJES	5 EJES	6 EJES	6 EJES					
		↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	↶	↑	↷	
07:00	07:15																
07:15	07:30																
07:30	07:45																
07:45	08:00																
08:00	08:15																
08:15	08:30																
08:30	08:45																
08:45	09:00																
09:00	09:15																
09:15	09:30																
09:30	09:45																
09:45	10:00																
10:00	10:15																
10:15	10:30																
10:30	10:45																
10:45	11:00																
11:00	11:15																
11:15	11:30																
11:30	11:45																
11:45	12:00																
12:00	12:15																
12:15	12:30																
12:30	12:45																
12:45	13:00																
13:00	13:15																
13:15	13:30																
13:30	13:45																
13:45	14:00																
14:00	14:15																
14:15	14:30																
14:30	14:45																
14:45	15:00																
15:00	15:15																
15:15	15:30																
15:30	15:45																
15:45	16:00																
16:00	16:15																
16:15	16:30																
16:30	16:45																
16:45	17:00																
17:00	17:15																
17:15	17:30																
17:30	17:45																
17:45	18:00																

Fuente 41: Elaboración Propia

Anexos 7 Registro de Mediciones de Infraestructura Vial



Fuente 42: Elaboración propia



Anexos 8 Conteo Vehicular para la Evaluación del Nivel de Servicio Vial



Fuente 43: Elaboración propia



Anexos 9 Resumen horas pico por día

RESUMEN HORAS PICOS POR DIA					
DIA	HORAS	LUIS LEON		ARIZAGA	
		E-O	O-E	S-N	N-S
LUNES	7:00-8:00	927	398	332	896
	8:00-9:00	850	227	192	770
	9:00-10:00	875	277	225	812
	10:00-11:00	895	322	265	912
	11:00-12:00	924	257	221	932
	12:00-13:00	956	336	271	968
	13:00-14:00	949	241	205	969
	14:00-15:00	847	278	228	954
	15:00-16:00	790	327	264	657
	16:00-17:00	831	178	153	702
	17:00-18:00	924	280	228	823
	18:00-19:00	934	306	258	903
	Mayor Vol Trafico	956	398	332	969
	Hora Pico				
MARTES	7:00-8:00	1023	302	254	925
	8:00-9:00	782	221	178	725
	9:00-10:00	796	275	228	752
	10:00-11:00	810	260	209	845
	11:00-12:00	841	237	197	904
	12:00-13:00	942	316	268	917
	13:00-14:00	913	221	180	884
	14:00-15:00	898	231	186	818
	15:00-16:00	936	239	195	766
	16:00-17:00	801	201	165	641
	17:00-18:00	823	233	195	659
	18:00-19:00	784	232	198	808
	Mayor Vol Trafico	1023	316	268	925
	Hora Pico				
MIÉRCOLES	7:00-8:00	1054	237	192	980
	8:00-9:00	769	224	182	636
	9:00-10:00	939	228	182	788
	10:00-11:00	923	270	228	765
	11:00-12:00	994	238	199	976
	12:00-13:00	1125	356	294	968
	13:00-14:00	1090	219	187	893
	14:00-15:00	957	229	194	902
	15:00-16:00	946	193	161	874
	16:00-17:00	820	215	177	693
	17:00-18:00	862	245	196	725
	18:00-19:00	856	306	255	813
	Mayor Vol Trafico	1125	356	294	980
	Hora Pico				

Fuente 44 Elaboración propia

Anexos 10 Resumen horas pico por día

JUEVES	7:00-8:00	985	354	303	948
	8:00-9:00	795	232	196	784
	9:00-10:00	807	161	138	832
	10:00-11:00	843	215	171	866
	11:00-12:00	898	302	224	845
	12:00-13:00	995	358	275	884
	13:00-14:00	1098	231	198	897
	14:00-15:00	885	254	216	870
	15:00-16:00	897	252	214	751
	16:00-17:00	954	163	139	857
	17:00-18:00	997	177	148	979
	18:00-19:00	1056	299	248	860
	Mayor Vol Trafico	1098	358	303	979
	Hora Pico				
VIERNES	7:00-8:00	1054	350	198	958
	8:00-9:00	857	231	178	812
	9:00-10:00	854	185	156	832
	10:00-11:00	845	275	222	952
	11:00-12:00	860	277	227	968
	12:00-13:00	981	339	278	985
	13:00-14:00	976	251	201	974
	14:00-15:00	817	324	263	789
	15:00-16:00	865	323	269	835
	16:00-17:00	984	231	192	928
	17:00-18:00	991	262	222	986
	18:00-19:00	951	224	189	886
	Mayor Vol Trafico	1054	350	278	986
	Hora Pico				
SABADO	7:00-8:00	996	250	253	828
	8:00-9:00	980	232	198	778
	9:00-10:00	972	288	241	798
	10:00-11:00	956	216	173	698
	11:00-12:00	847	160	128	725
	12:00-13:00	985	303	210	895
	13:00-14:00	954	243	196	805
	14:00-15:00	881	245	200	733
	15:00-16:00	825	175	149	694
	16:00-17:00	918	176	145	748
	17:00-18:00	900	239	191	743
	18:00-19:00	854	274	228	839
	Mayor Vol Trafico	996	303	253	895
	Hora Pico				
DOMINGO	7:00-8:00	986	305	254	870
	8:00-9:00	915	197	165	708
	9:00-10:00	882	304	248	858
	10:00-11:00	965	229	182	856
	11:00-12:00	905	311	247	875
	12:00-13:00	987	351	290	854
	13:00-14:00	956	345	245	951
	14:00-15:00	875	246	197	785
	15:00-16:00	865	234	190	756
	16:00-17:00	758	219	182	709
	17:00-18:00	846	282	226	780
	18:00-19:00	918	310	251	863
	Mayor Vol Trafico	987	351	290	951
	Hora Pico				

Fuente 45: Elaboración propia

Anexos 11 Hoja de Cálculo para Evaluación de Capacidad y Nivel de Servicio Vial

CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO CARRETERAS MULTICARRIL			
COLOMBIA 2015			
Carretera:	AVENIDA ALEJANDRO CASTRO BENITEZ		
Proyecto:	ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN EL ANILLO VIAL		
Analista:	DARWIN CHUQUIRIMA YAGUACHI	Fecha (dd/mm/año):	
Tipo de análisis:	Operación	NS diseño:	C
VELOCIDAD A FLUJO LIBRE, VL <input checked="" type="checkbox"/> Límite de Velocidad			
Tipo de Velocidad VL:	Velocidad genérica, VG	Valor velocidad genérica, km/h	60.0
Límite de Velocidad (km/h):	50.0		
Valor sugerido de VG (km/h):	60.0		
Ancho de separador (m):	0.00	No de carriles por calzada:	2
Ancho de carril (m):	3.9	Ancho promedio de bermas (m):	0.81
		No accesos por kilómetro:	13
CALCULO DE VELOCIDAD A FLUJO LIBRE			
VG:	60.0	VL Calculada:	46.0
Corrección ancho de carril, f_c :	0.0	Tomar VL de:	70
Corrección promedio ancho de bermas, f_B :	2.0		
Corrección ancho de separador, f_S :	2.8		
Corrección densidad de accesos, f_A :	9.2		
			Ver Manual
INFORMACION DE VEHICULOS			
Volumen (veh/h):	1575	FHP:	0.90
Terreno: (Ver instrucciones)	Genérico Plano	Información de rampas compuestas	
		Segmento	Longitud (m)
		1	3000.0
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		Longitud (m):	3000.0
		Pendiente Ponderada (%):	4.0
Porcentaje de Vehículos		EC	
Camiones	11.0	1.90	
fHW	0.910	f_p	
Tipo de conductor:	Frecuente	1.0	
Flujo vehicular (vp):	962		
RESULTADOS			
Velocidad (km/h):	62.3		
Densidad(Ades/km/Carril):	15.4		
		NIVEL DE SERVICIO:	C
		Número de Carriles	

Fuente 46:(Instituto Nacional de Vías, 2022)