



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTUDIO DE TRÁNSITO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA  
INTERSECCIÓN VIAL URBANA DE LAS AVENIDAS “MIGUEL CARRION,  
AV. PEDRO VICENTE MALDONADO Y PUENTE LAURO GUERRERO”, DEL  
DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero e Ingeniera Civil

AUTORES: Diego Armando Ibáñez Robalino

Marcia Janneth Quingue Lema

TUTOR: Hugo Patricio Carrión Latorre

Quito - Ecuador

2025

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Diego Armando Ibáñez Robalino con documento de identificación N° 1725609091 y Marcia Janneth Quingue Lema con documento de identificación N° 0604078824; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

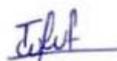
Quito, 21 de febrero del 2025

Atentamente,



Diego Armando Ibáñez Robalino

1725609091



Marcia Janneth Quingue Lema

0604078824

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Diego Armando Ibáñez Robalino con documento de identificación N° 1725609091 y Marcia Janneth Quingue Lema con documento de identificación N° 0604078824; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Estudio de Tránsito y Propuesta de Mejoramiento para la Intersección Vial Urbana de las Avenidas “Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero”, del Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

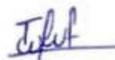
Quito, 21 de febrero del 2025

Atentamente,



Diego Armando Ibáñez Robalino

1725609091



Marcia Janneth Quingue Lema

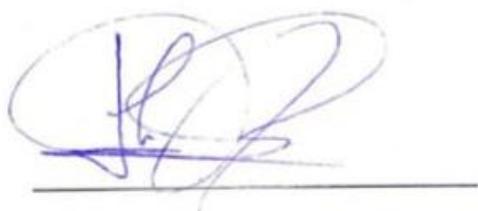
0604078824

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo Hugo Patricio Carrión Latorre con documento de identificación N° 0603015728, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DE TRÁNSITO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA INTERSECCIÓN VIAL URBANA DE LAS AVENIDAS “MIGUEL CARRIÓN, PEDRO VICENTE MALDONADO Y PUENTE LAURO GUERRERO”, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Diego Armando Ibáñez Robalino con documento de identificación N° 1725609091 y Marcia Janneth Quingue Lema con documento de identificación N° 0604078824, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Hugo Patricio Carrión Latorre, MSc.

0603015728

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño y gratitud, quiero dedicar este trabajo de titulación a las personas más importantes en mi vida, quienes, con su amor, dedicación y apoyo incondicional, han sido mi mayor fuente de fuerza y motivación en cada paso de mi vida personal y profesional.

A mi madre, Gladys Robalino, y a mi padre, Luis Ibáñez, quienes desde el primer momento de mi existencia se convirtieron en mis pilares. Ellos han sido mi ejemplo constante de perseverancia, sacrificio y amor. Sus enseñanzas y valores han sido el cimiento sólido sobre el que se han edificado mis sueños y metas. Su presencia ha sido mi luz en los momentos más oscuros, brindándome la certeza de que, sin importar las adversidades, siempre tengo un lugar seguro al cual regresar. Gracias por enseñarme a nunca rendirme y por recordarme que no importa cuán difíciles sean los desafíos, siempre puedo seguir adelante con determinación.

A mis hermanos, Alejandra Ibáñez y Kevin Ibáñez, quienes han estado a mi lado, ofreciendo su apoyo y amor en cada etapa de este viaje. Cada palabra de aliento, cada gesto de comprensión ha sido un impulso para seguir adelante. Su presencia me ha dado la fuerza necesaria para continuar cuando el camino parecía incierto, y estoy profundamente agradecido por tenerlos a mi lado.

A mis amigos, por su ánimo constante, comprensión en los momentos de incertidumbre y paciencia durante este proceso. Su apoyo ha sido un recordatorio de la importancia de las relaciones humanas y de cómo, juntos, podemos superar cualquier reto.

Este logro no solo es mío, sino de todos ustedes. Este trabajo es una manifestación del amor y apoyo que he recibido a lo largo de mi vida, y es por ustedes que hoy puedo decir con orgullo que he alcanzado una meta más en este viaje hacia el futuro.

**Diego Armando Ibáñez Robalino**

## **DEDICATORIA**

Mi proyecto de titulación representa la culminación de un gran recorrido enriquecido lleno de oportunidades de superación y experiencias aprendidas en todo mi camino académico, agradezco a cada persona que se vio involucrada durante este proceso, por esta razón dedico este proyecto técnico a ellos.

En primer lugar, a Dios por otorgarme sabiduría y fuerzas para poder cumplir y así culminar mi etapa universitaria.

A mi querido padre William Quingue quien, con su constante apoyo, enseñanza y por involucrarme los valores de la perseverancia y responsabilidad ha sido mi mayor pilar en mi travesía universitaria día tras día para cumplir con una de muchas etapas en mi vida.

A mi querida madre Erika Lema quien, con su amor, sacrificio y confianza ha sido mi mayor inspiración y sobre todo por enseñarme a superar los desafíos con valentía, gracias por el apoyo inquebrantable y por siempre estar a mi lado recordándome que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A mis hermanos Alicia Quingue y David Quingue este proyecto es reflejado por el amor y apoyo incondicional desde un inicio en mi etapa universitaria, gracias por siempre recordarme que soy su mayor ejemplo.

**Marcia Janneth Quingue Lema.**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos que, a lo largo de este recorrido, hemos tenido el privilegio de contar con el apoyo y la guía de muchas personas que, con su dedicación y esfuerzo, nos han permitido llegar a la culminación de este proyecto. Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos quienes han sido parte fundamental de este proceso.

En primer lugar, agradecemos profundamente al Ing. Hugo Carrión, nuestro tutor de tesis, cuya invaluable orientación, conocimientos y paciencia fueron cruciales para que este trabajo. Su compromiso, siempre dispuesto a brindar su experiencia y sabiduría, nos motivó a dar lo mejor de nosotros mismos. Gracias por sus consejos, por enseñarnos a pensar más allá de lo evidente y por impulsarnos a ser mejores profesionales en cada paso del camino.

A nuestras familias, cuyo apoyo incondicional ha sido el motor que nos ha permitido seguir adelante, especialmente en los momentos de dificultad. Su amor, comprensión y aliento constante nos han dado la fortaleza para perseverar, recordándonos siempre la importancia de la dedicación y la pasión por lo que hacemos.

A nuestros compañeros y amigos, por su solidaridad, por compartir su tiempo y conocimientos, y por su apoyo en cada etapa de este proceso. Cada uno de ustedes ha sido parte importante de este logro.

Finalmente, agradecemos a todos aquellos que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo de nuestro proyecto. Su ayuda, en todas sus formas, ha sido crucial para que hoy podamos presentar los resultados de este esfuerzo conjunto.

Diego Armando Ibáñez Robalino

Marcia Janneth Quingue Lema.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES</b> .....	1
1.1.    Introducción .....	1
1.2.    Problema de estudio .....	2
1.2.1.    Antecedentes .....	2
1.2.2.    Importancia y Alcances .....	2
1.2.3.    Delimitación.....	3
1.3.    Justificación.....	4
1.4.    Grupo Objetivo.....	4
1.4.1.    Objetivo General .....	4
1.4.2.    Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1.    Estudio de tráfico .....	6
2.1.1.    Capacidad vial .....	6
2.1.2.    Movilidad Sostenible.....	6
2.1.3.    Seguridad Vial .....	6
2.1.4.    Accesibilidad e Inclusión .....	7
2.1.5.    Gestión de la Movilidad y Control de Tráfico.....	7
2.1.6.    Intersecciones y Puntos de Conflicto .....	7
2.2.    Determinación del TPDA.....	7
2.3.    Volúmenes Absolutos o Totales.....	8
2.4.    Tráfico Futuro.....	8
2.5.    Intersecciones.....	9
2.5.1    Tipos de Intersecciones .....	9
2.5.1.1    Intersecciones a desnivel.....	9
2.5.1.2    Intersecciones semaforizadas .....	10
2.6.    Puntos de Conflicto .....	12
2.7.    Cruces.....	13
2.8.    Congestión vehicular.....	15
2.8.1    Determinación de la capacidad y relación volumen capacidad.....	16
2.8.2    Determinación de las demoras .....	16
2.9.    Clasificación de los dispositivos de control .....	16
2.10.    Señalización Vial.....	17
2.10.1    Señalización Vertical .....	17

2.10.1.1 Señales regulatorias .....	17
2.10.1.2 Señales informativas .....	17
2.10.1.3 Señales preventivas .....	17
2.10.2. Líneas de cruce cebra .....	18
2.10.2.1. Líneas de cruce cebra en intersección .....	19
2.11. Ubicación.....	20
2.12. Especificaciones técnicas para el control de intersecciones.....	20
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>23</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
3.1. Procedimientos para la recopilación de información y datos.....	23
3.1.1. Análisis de tráfico y flujo vehicular .....	26
3.2. Variabilidad del tráfico .....	28
3.2.1. Velocidad.....	28
3.2.1.1. Velocidad de proyecto .....	28
3.3. Fases.....	29
3.3.1. Fase de Investigación .....	29
3.3.2. Fase de desarrollo.....	30
3.3.3. Fase de propuesta .....	30
3.4. Proceso técnico en la ingeniería civil.....	30
3.5. Estudios previos .....	31
3.6. Obtención de datos de campos .....	31
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>33</b>
<b>ANÁLISIS DE TRÁNSITO.....</b>	<b>33</b>
4.1. Diagnóstico de la Infraestructura Vial.....	33
4.2. Recolección de información vehicular .....	33
4.3. Análisis de la información recolectada.....	53
4.3.1 Variabilidad del Trafico .....	55
4.4. Desarrollo urbano y poblacional .....	55
4.5. Transporte.....	56
4.6. Sistema Vial.....	56
4.7. Factores internos a la intersección.....	56
4.7.1 Parada de buses .....	56
4.7.2 Semáforos Peatonales.....	57
4.8. Factores externos a la intersección.....	58
4.8.1. Zonas Comerciales .....	58
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>59</b>

<b>ESTUDIO DE TRÁFICO</b> .....	59
5.1. Conteo automático vehicular.....	59
5.1.1. Variación de los ciclos en los semáforos .....	59
5.2. Determinación del factor de ajuste de horario (TPD) .....	63
5.3. Volúmenes de tránsito .....	68
5.3.1. Demanda.....	68
5.3.2. Capacidad.....	69
5.3.3. Especificaciones de la Capacidad.....	69
5.4. Variación horaria .....	70
5.5. Congestión.....	73
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	76
<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA</b> .....	76
6.1. Anchos de carriles .....	76
6.2. Velocidad de circulación .....	76
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	78
<b>PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS</b> .....	78
7.1. Modelación de la situación de la intersección mediante el software SYNCHRO 8.....	78
7.2. Velocidad Promedio y Flujo de Saturación en Synchro 8 .....	80
7.3. Configuración de los Ciclos Semafóricos .....	83
7.4. Implementación de una vía exclusiva para optimización del flujo vehicular.....	84
7.5. Configuración de las maniobras de parqueo. ....	85
7.6. Eliminación de la infraestructura peatonal. ....	90
7.7. Incremento de señales preventivas .....	91
7.8. Plan de Manejo Ambiental .....	100
<b>CAPÍTULO VIII</b> .....	105
<b>ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO</b> .....	105
8.1. Determinación de los Beneficios.....	105
8.2. Presupuesto General del Proyecto.....	108
<b>CONCLUSIONES</b> .....	109
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	111
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Clasificación vehicular según MetroCount.....	37
<b>Tabla 2</b>	Datos día miércoles obtenidos y clasificados según MetroCount. ....	40
<b>Tabla 3</b>	Datos día Miércoles obtenidos y clasificados según la MTOP. ....	41
<b>Tabla 4</b>	Datos día Viernes obtenidos y clasificados según MetroCount.....	43
<b>Tabla 5</b>	Datos día Viernes obtenidos y clasificados según la MTOP.....	44
<b>Tabla 6</b>	Datos día Martes obtenidos y clasificados según MetroCount.....	46
<b>Tabla 7</b>	Datos día Martes obtenidos y clasificados según la MTOP.....	47
<b>Tabla 8</b>	Datos día Miércoles obtenidos y clasificados según MetroCount.....	49
<b>Tabla 9</b>	Datos día Miércoles obtenidos y clasificados según la MTOP. ....	50
<b>Tabla 10</b>	Clasificación de vehículos de acuerdo a sus pesos y dimensiones. ....	51
<b>Tabla 11</b>	Datos generales de los días del conteo automático en las intersecciones en base al TPDA.....	62
<b>Tabla 12</b>	Volumen total diario ajustado por el factor noche. ....	64
<b>Tabla 13</b>	Volumen total diario ajustado por el factor noche. ....	65
<b>Tabla 14</b>	Volumen total diario ajustado por el factor noche. ....	66
<b>Tabla 15</b>	Fases de los semáforos vehiculares de la zona estudiada. ....	67
<b>Tabla 16</b>	Datos vehiculares en la hora pico. ....	73
<b>Tabla 17</b>	Datos vehiculares en la hora pico. ....	74
<b>Tabla 18</b>	Datos vehiculares en la hora pico. ....	74
<b>Tabla 19</b>	Datos vehiculares en la hora pico. ....	75
<b>Tabla 20</b>	Valores sugeridos para horas pico.....	82
<b>Tabla 21</b>	Valores sugeridos para maniobras de parqueo. ....	86
<b>Tabla 22</b>	Distancia de señales normalizadas.....	95
<b>Tabla 23</b>	Dimensiones de señales normalizadas. ....	98
<b>Tabla 24</b>	Presupuesto del Proyecto. ....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación de las intersecciones. ....	3
<b>Figura 2</b>	Duración de ciclo y distancias mínimas en intersecciones. ....	12
<b>Figura 3</b>	Se muestra los 3 tipos de cruces en intersecciones. ....	13
<b>Figura 4</b>	Incidencia de conflictos. ....	13
<b>Figura 5</b>	Duración de ciclo y distancias mínimas en intersecciones. ....	14
<b>Figura 6</b>	Paso peatonal libre de obstáculos vista en planta. ....	15
<b>Figura 7</b>	Líneas de cruce cebra vista en planta. ....	19
<b>Figura 8</b>	Ubicación de intersecciones. ....	20
<b>Figura 9</b>	Fases de estudio de las intersecciones. ....	29
<b>Figura 10</b>	Formato de conteo automático según MetroCount. ....	35
<b>Figura 11</b>	Giros de los automóviles en las intersecciones. ....	36
<b>Figura 12</b>	Ubicación de la estación miércoles 13 de noviembre del 2024. ....	39
<b>Figura 13</b>	Ubicación de la estación viernes 15 de noviembre del 2024. ....	42
<b>Figura 14</b>	Ubicación de la estación martes 19 de noviembre del 2024. ....	45
<b>Figura 15</b>	Ubicación de la estación miércoles 12 de noviembre del 2024. ....	48
<b>Figura 16</b>	Planimetría topográfica. ....	54
<b>Figura 17</b>	Ubicación de semáforos y señalización horizontal. ....	60
<b>Figura 18</b>	Fases de los semáforos vehiculares de la zona estudiada. ....	60
<b>Figura 19</b>	Fases de los semáforos peatonal de la zona estudiada. ....	61
<b>Figura 20</b>	Clasificación vehicular según la MTOP. ....	68
<b>Figura 21</b>	Ancho de carriles. ....	76
<b>Figura 22</b>	Velocidades promedio de los vehículos. ....	77
<b>Figura 23</b>	Configuración Synchro 8. ....	79
<b>Figura 24</b>	Volumen vehicular para la situación actual. ....	79

<b>Figura 25</b>	Configuración de volumen para la modelación de la condición actual. ....	80
<b>Figura 26</b>	Número de vehículos y Velocidad promedio que transitan por la Av. Pedro Vicente Maldonado.....	81
<b>Figura 27</b>	Factor horas pico en función de vehículos por hora. ....	82
<b>Figura 28</b>	Configuración de los ciclos semafóricos. ....	83
<b>Figura 29</b>	Ramal de acceso a la calle Miguel Carrión.....	85
<b>Figura 30</b>	Resultados de flujo de saturación. ....	87
<b>Figura 31</b>	Resultados de flujo de saturación.....	88
<b>Figura 32</b>	Configuración de la vía alterna exclusiva para giro a la derecha.....	89
<b>Figura 33</b>	Configuración de la vía alterna exclusiva para giro a la derecha.....	91
<b>Figura 34</b>	Señales Preventivas.....	93
<b>Figura 35</b>	Altura reglamentaria de la señalización vial en zona urbana. ....	97
<b>Figura 36</b>	Señalización Preventiva. ....	98
<b>Figura 37</b>	Instalación de la señalización.....	99
<b>Figura 38</b>	Delimitación de área directa y área indirecta.....	102

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo analizar y proponer mejoras en la gestión del tráfico y la optimización de la infraestructura vial en la zona de estudio, con el fin de resolver los problemas de congestión y mejorar la seguridad vial. En el primer capítulo, se exponen los antecedentes y la problemática que justifica el estudio, además de los objetivos generales y específicos que guían la investigación. En el marco teórico, se revisan conceptos fundamentales como la capacidad vial, movilidad sostenible, seguridad vial, accesibilidad, y gestión del tráfico, haciendo especial énfasis en el análisis de intersecciones y puntos de conflicto.

La metodología empleada para la recopilación de datos incluye un análisis detallado del flujo vehicular y la variabilidad del tráfico, basado en estudios de campo y el uso de software especializado como SYNCHRO 8 para la modelación y simulación de las intersecciones. A partir de la información obtenida, se desarrollan propuestas de alternativas, tales como la implementación de vías exclusivas, la optimización de los ciclos semafóricos y la mejora de la señalización vial, todo esto dirigido a la reducción de la congestión y la mejora de la fluidez del tráfico.

Además, se lleva a cabo un análisis económico-financiero que permite evaluar la viabilidad de las propuestas, considerando los costos de ejecución y los beneficios esperados.

**Palabras Claves:** Gestión Del Tráfico, Infraestructura Vial, Congestión, Seguridad Vial, Movilidad Sostenible, Software Synchro 8.

## ASBTRACT

This project aims to analyse and propose improvements in traffic management and the optimisation of road infrastructure in the study area, in order to solve congestion problems and improve road safety. In the first chapter, the background and the problems that justify the study are exposed, as well as the general and specific objectives that guide the research. In the theoretical framework, fundamental concepts such as road capacity, sustainable mobility, road safety, accessibility, and traffic management are reviewed, with special emphasis on the analysis of intersections and points of conflict.

The methodology used for data collection includes a detailed analysis of vehicular flow and traffic variability, based on field studies and the use of specialized software such as SYNCHRO 8 for the modeling and simulation of intersections. Based on the information obtained, proposals for alternatives are developed, such as the implementation of exclusive roads, the optimisation of traffic light cycles and the improvement of road signage, all aimed at reducing congestion and improving traffic flow.

In addition, an economic financial analysis is carried out to evaluate the viability of the proposals, considering the costs of execution and the expected benefits.

**Keywords:** Traffic Management, Road Infrastructure, Congestion, Road Safety, Sustainable Mobility, Synchro 8 Softwar

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES Y GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

La congestión vehicular es uno de los problemas más críticos en las ciudades en crecimiento, y Quito no es la excepción. El presente proyecto titulado "Estudio de Tránsito y Propuesta de Mejoramiento para la Intersección Vial Urbana de las Avenidas Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero, del Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha" tiene como objetivo identificar y abordar las deficiencias de vehicular en uno de los cruces más concurridos de la zona del Recreo. Ubicado en el sur de Quito, este cruce experimenta un aumento constante en la demanda vehicular debido al crecimiento poblacional y al incremento de vehículos particulares, lo que ha derivado en mayores tiempos de viaje y un impacto negativo en la movilidad. La zona cuenta con una combinación de espacios comerciales, recreativos y educativos, lo que aumenta la complejidad de la circulación en el área. Para desarrollar la propuesta de mejoramiento, se realizará un análisis integral del tráfico que incluye el conteo manual de vehículos, la clasificación de los mismos (vehículos livianos, pesados y buses), y el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), tanto en condiciones actuales como futuras. Además, se evaluarán variables como la velocidad, densidad, demoras, y se considerarán los controles de tráfico existentes como semáforos, ciclos de operación, y señalización. El análisis se complementará con un levantamiento topográfico que permita examinar las características geométricas de la intersección. El propósito final es desarrollar soluciones viables que mejoren tanto el flujo vehicular como la seguridad de los usuarios, promoviendo un balance entre eficiencia económica y bienestar social.

## 1.2. Problema de estudio

### 1.2.1. Antecedentes

Para ejecutar el estudio en el Distrito Metropolitano de Quito, al igual que muchas otras ciudades del Ecuador, ha experimentado un crecimiento poblacional acelerado y un aumento considerable en el número de vehículos, lo que ha generado serios conflictos en la circulación vehicular. Esta situación ha llevado a la saturación de las vías, superando la capacidad para la cual fueron originalmente diseñadas, lo que a su vez ha provocado dificultades en los tiempos de llegada a los destinos.

En este proyecto se enfoca en la intersección vial urbana de las avenidas “Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero” del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha, con el objetivo de analizar su situación actual y proponer soluciones que optimicen su funcionamiento. Para ello, Se considerarán aspectos fundamentales como los retrasos, las velocidades, la capacidad de las vías, las características geométricas de la intersección y el nivel de servicio, además con el apoyo del equipo ROADPOD VT4-5904 que nos proporcionara la información del TPDA y los demás datos del tránsito.

### 1.2.2. Importancia y Alcances

Es fundamental resaltar que la implementación de medidas para optimizar el tráfico vehicular permitirá recuperar la fluidez de la circulación, fortalecer la seguridad vial y garantizar una mejor visibilidad de las señales (que tipo de señales) en la zona, esto reducirá la probabilidad de accidentes,

El análisis de este proyecto requiere un estudio de las condiciones actuales del tráfico mediante la recopilación de datos con el equipo ROADPOD VT4-5904 que nos proporciona conteos vehiculares. Estos datos, en conjunto con los demás parámetros

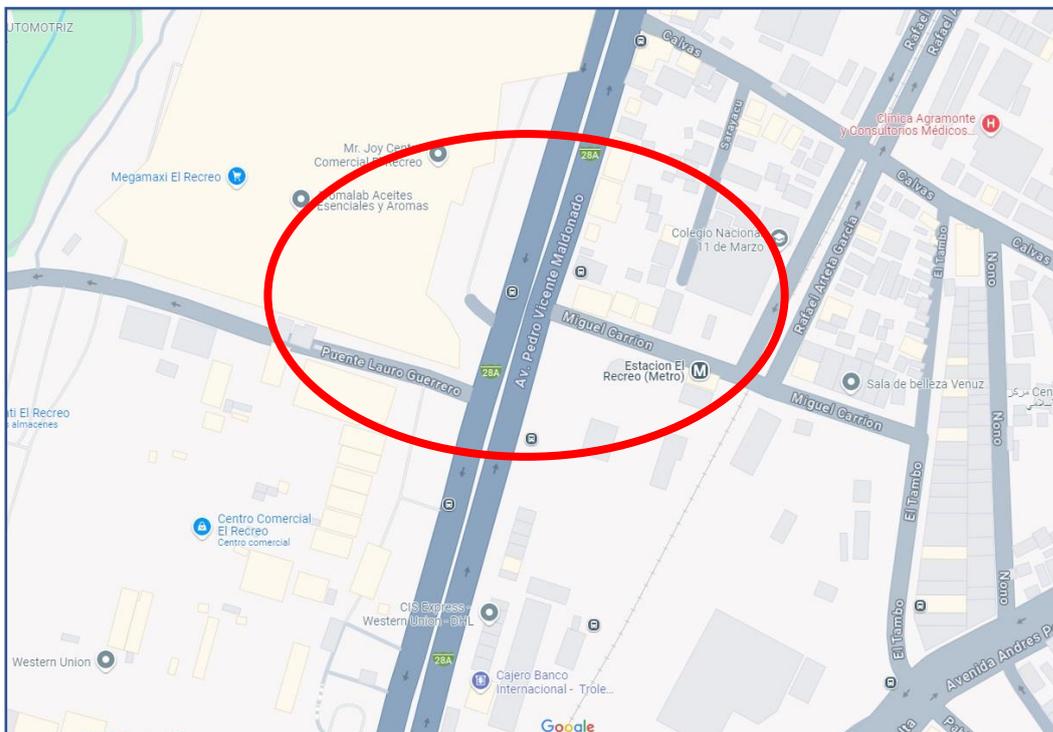
obtenidos, permitirán desarrollar diversas alternativas de solución, de las cuales se seleccionará aquella que mejor se ajuste a las necesidades específicas de la intersección en estudio. Además, se proyectará la viabilidad de estas alternativas a largo plazo, asegurando que las soluciones implementadas no solo resuelvan los problemas actuales, sino que también anticipen y mitiguen futuros incrementos en el flujo vehicular.

### 1.2.3. Delimitación

El proyecto de estudio y mejoramiento del tránsito se llevará a cabo en las intersecciones viales “Miguel Carrión, Av. Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero”, del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha.

**Figura 1**

*Ubicación de las intersecciones.*



*Nota.* Se muestra en la circunferencia en color rojo la localización geográfica, desde la Av. Miguel Carrión, Av. Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero. Elaborado por: Los Autores a través de (Google Maps)

### 1.3. Justificación

En el proyecto propuesto para la optimización y mejoramiento para la intersección se basa en la necesidad de abordar la creciente saturación vehicular en esta área que se ubica en el centro comercial el recreo y la estación el recreo al sur de Quito. El incremento de vehículos en la ciudad ha sobrepasado la capacidad de las vías existentes, generando congestiones que influye en la calidad de vida de los habitantes, especialmente de aquellos que transitan a diario por esta intersección. Los conflictos en las maniobras vehiculares como de transporte público, la ineficiencia de los ciclos semafóricos y las limitaciones en las dimensiones geométricas de la vía no solo dificultan la fluidez del tráfico, sino que también incrementan los riesgos de accidentes haciendo necesario una intervención técnica que optimice el flujo vehicular y mejore la seguridad vial.

Este proyecto es esencial no solo por los beneficios directos que aportará a la movilidad de la zona, sino también por su impacto en la economía del centro comercial y el transporte público, así como la calidad de vida de los ciudadanos del sur de Quito. Al proporcionar una solución vial eficiente y segura, se reducirá el tiempo de desplazamiento para transportistas, conductores, estudiantes, comerciantes y la ciudadanía en general, lo que se traducirá en un entorno urbano más funcional y seguro.

### 1.4. Grupo Objetivo

#### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar las condiciones actuales de flujo vehicular y peatonal en las Avenidas “Miguel Carrión, Av. Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero”, del Distrito Metropolitano de Quito, para implementar propuestas, soluciones técnicas y operativas de mejoramiento con el objetivo de reducir la congestión del tráfico y mejorar la seguridad vial.

#### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio detallado del tráfico vehicular con la maquina ROADPOD VT4-5904 en las intersecciones mencionadas, incluyendo el conteo vehicular, análisis de tiempos de ciclos semafóricos y evaluación de las características geométricas de la vía, para describir los principales factores que contribuyen a la congestión y los conflictos vehiculares.
- Desarrollar y evaluar diferentes alternativas de mejora basadas en los resultados del análisis del tráfico, utilizando herramientas de simulación de tráfico, con el objetivo de seleccionar la solución más adecuada que optimice la movilidad y garantice la seguridad vial en la intersección a largo plazo.
- Modelar el congestionamiento vehicular en la intersección de las avenidas Pedro Vicente Maldonado, Puente Lauro Guerrero y Miguel Carrión mediante el software Synchro Traffic 8, y realizar la simulación de la intersección antes y después de proponer mejoras, con la finalidad de seleccionar la opción de diseño más apropiada.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Estudio de tráfico

Al diseñar un tramo vial, se analizan los datos de tráfico para comparar la demanda vehicular con la capacidad de la vía. Esta comparación permite determinar si el diseño geométrico es adecuado para soportar el volumen de vehículos y evitar problemas de congestión.

##### 2.1.1. Capacidad vial

La capacidad vial se refiere a la cantidad máximo de vehículos que una sección de vía puede manejar durante un intervalo de tiempo determinado, bajo condiciones específicas. Para determinar esta capacidad, es necesario considerar una serie de factores, incluyendo las características geométricas de la vía, el estado del pavimento, el volumen de vehículos y la señalización de tránsito presente.

##### 2.1.2. Movilidad Sostenible

El concepto de movilidad sostenible se centra en la creación de sistemas de transporte que minimicen el impacto ambiental y fomenten el uso de medios de transporte más eficientes y ecológicos. Dentro del contexto de este proyecto, se considerará la integración de infraestructuras para el transporte público, ciclovías y peatonales, así como la promoción de medidas que incentiven el uso de medios de transporte no motorizados.

##### 2.1.3. Seguridad Vial

La seguridad vial es un aspecto crítico en el diseño de cualquier vía urbana. Se recurrirá a teorías y estadísticas sobre accidentes de tráfico, análisis de puntos críticos y

enfoques para reducir la siniestralidad vial. Se prestará especial atención a la identificación y mitigación de puntos peligrosos, así como al diseño de intersecciones seguras y señalización adecuada.

#### 2.1.4. Accesibilidad e Inclusión

En la accesibilidad y la inclusión son aspectos fundamentales en el diseño y mejoramiento de intersecciones viales, especialmente en áreas de alta concurrencia como centros comerciales y estaciones de metro. Se refieren a la facilidad con la que los vehículos pueden acceder a estas áreas, sino también a cómo las personas, incluyendo aquellas con movilidad reducida, pueden desplazarse de manera segura y eficiente.

#### 2.1.5. Gestión de la Movilidad y Control de Tráfico

La gestión adecuada del tráfico es esencial para lograr una vía eficiente y fluida. Se considerarán teorías sobre el control del tráfico, con el fin de mejorar la experiencia de conducción y reducir la congestión vehicular.

#### 2.1.6. Intersecciones y Puntos de Conflicto

Las intersecciones son puntos críticos en la red vial donde convergen diferentes flujos vehiculares, generando potenciales conflictos y problemas de tráfico. Estos conflictos aumentan en complejidad cuando el número de caminos que se cruzan en una intersección es mayor, lo que puede resultar en una mayor probabilidad de accidentes de tránsito.

### 2.2. Determinación del TPDA

La determinación del TPDA se fundamenta en la información proporcionada por una estación de monitoreo constante que registra las fluctuaciones del tráfico a lo largo del tiempo. Si no hay estaciones permanentes, se puede estimar mediante un muestreo de

una semana con conteos de 24 horas durante al menos 4 días, incluidos fines de semana. Estos datos se ajustan para reflejar las diferencias entre días hábiles y fines de semana, y luego se corrigen con factores mensuales obtenidos de estaciones permanentes o de indicadores estacionales como el consumo de combustible o la actividad económica (MTOPI, 2003)

### 2.3. Volúmenes Absolutos o Totales

Se estima que la cantidad total de vehículos que transitan en un período de tiempo determinado es la siguiente:

- Tránsito anual: Corresponde al número de vehículos que circulan durante todo el año.
- Tránsito mensual: Hace referencia a la cantidad de vehículos que pasan por el área de estudio a lo largo de un mes.
- Tránsito semanal: Se refiere al número de vehículos que transitan en la zona de estudio durante una semana.
- Tránsito diario: Se refiere al total de vehículos que circulan en el área de estudio en el transcurso de un día.
- Tránsito horario: Corresponde a la cantidad de vehículos que pasan por el área de estudio durante una hora.

### 2.4. Tráfico Futuro

Se basa en la predicción de vehículos de 15 a 20 años y el crecimiento normal del tráfico. Su uso es para la clasificación de las carreteras; además, influye para determinar la velocidad de diseño y datos geométricos del proyecto (MTOPI, 2003)

## 2.5. Intersecciones

Las intersecciones son áreas donde convergen diversos flujos de tráfico en un mismo punto, lo que puede ocasionar problemas en la circulación. Estas intersecciones pueden ser simples o complejas, según la cantidad de vías que se crucen en ese lugar.

### 2.5.1 Tipos de Intersecciones

Según el "Manual de movilidad urbana" (2009), los tipos de intersecciones más frecuentes son los siguientes

#### 2.5.1.1 Intersecciones a desnivel

Se utiliza principalmente para reducir los conflictos que surgen en las intersecciones que tienen altos volúmenes de tráfico. Este tipo de intersección suele ser compuesta por estructuras que mejoran la circulación al permitir cruces en distintos niveles, evitando así demoras en el tráfico.

##### **a) Una intersección a desnivel o paso a desnivel**

Se trata de una solución de diseño geométrico que permite la intersección de dos o más vías de diferentes niveles, con el objetivo de facilitar que los vehículos realicen diversos movimientos de cambio de dirección entre carreteras, reduciendo al mínimo los puntos de conflicto. Un paso a desnivel se construye con el fin de mejorar la capacidad de intersecciones clave, especialmente en áreas con altos volúmenes de tráfico y condiciones de seguridad vial deficientes, o para preservar las características funcionales de una ruta sin intersecciones a nivel (Shideshare 2015)

##### **b) Importancia de un paso a desnivel**

Un paso a desnivel favorece considerablemente la circulación del tráfico, disminuyendo los tiempos de espera y evitando la congestión en intersecciones de alto volumen vehicular. Este tipo de infraestructura, mediante vías inferiores o superiores, utiliza estructuras como puentes, túneles o viaductos para eliminar cruces conflictivos, lo que disminuye los riesgos de accidentes y aumenta la seguridad vial.

### c) Tipos de paso a desnivel

Los pasos a desnivel se dividen en tres categorías principales, las cuales se describen a continuación:

- Pasos a desnivel superiores: Son estructuras viales que permiten el paso por encima de otra vía, siendo especialmente útiles en zonas urbanas con alta densidad.
- Pasos a desnivel inferiores: Son estructuras viales que permiten el paso por debajo de otra vía.
- Pasos a desnivel mixtos: Combinan elementos de pasos a desnivel superiores e inferiores, lo que posibilita el tránsito por más de tres vías, siendo adecuados para intersecciones complejas.

#### 2.5.1.2 Intersecciones semaforizadas

Los semáforos son equipos de control de tráfico sofisticados utilizados comúnmente en intersecciones para regular el paso de vehículos y peatones, mejorando la seguridad vial y el orden en la circulación. Estos sistemas semaforizados funcionan mediante patrones repetitivos de tiempos ajustados según distintos métodos, como el control activado por el vehículo, el control parcialmente activado y el control de onda verde de

luz., adaptándose a las necesidades del tráfico en áreas urbanas y optimizando su fluidez.

**a) Control accionado por vehículo**

Se refiere a sistemas que ajustan el funcionamiento de los semáforos en función de la presencia y el flujo de vehículos. Un ejemplo son los semáforos inteligentes, que utilizan tecnología para adaptarse en tiempo real a las condiciones del tráfico, mejorando la seguridad y la movilidad. Estos sistemas permiten que los semáforos cambien de estado automáticamente, reduciendo demoras y optimizando el flujo vehicular (INEN 004:2012)

**b) Control semi accionado**

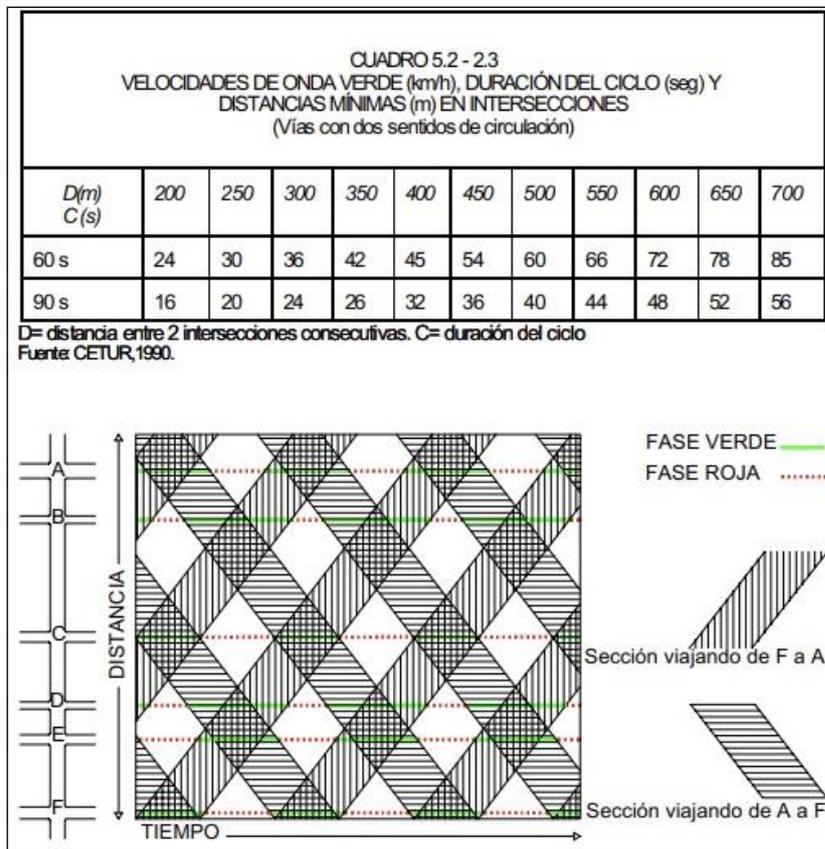
Se refiere a un sistema en el que los detectores de tráfico solo se utilizan en algunos de los accesos de una intersección. Esto permite regular el flujo de vehículos y peatones en función de la demanda, pero no en todos los puntos de manera uniforme.

**c) Control de onda verde**

Es una estrategia de gestión del tráfico que sincroniza una serie de semáforos, permitiendo que los vehículos que circulan a una velocidad constante de aproximadamente 40 km/h o 50 km/h pasen sin detenerse en los semáforos. Durante esta fase, se enciende simultáneamente la luz verde de cruce peatonal mientras se detienen todos los movimientos vehiculares.

**Figura 2**

Duración de ciclo y distancias mínimas en intersecciones.



*Nota.* Tiempo de duración de las fases de luz verde. Fuente: IHT, D.oT., 1987

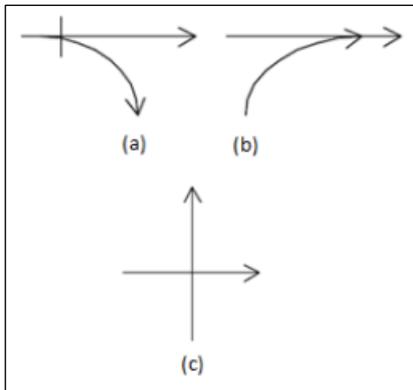
## 2.6. Puntos de Conflicto

Se define como la intersección o cruce de distintos movimientos de tráfico en un mismo nivel donde se generan múltiples puntos de conflicto que pueden aumentar el riesgo de accidentes. Estos puntos de conflicto son: el punto de divergencia, donde una trayectoria se separa en diferentes direcciones.

- a) Punto de convergencia, donde varias trayectorias se unen.

### Figura 3

Se muestra los 3 tipos de cruces en intersecciones.

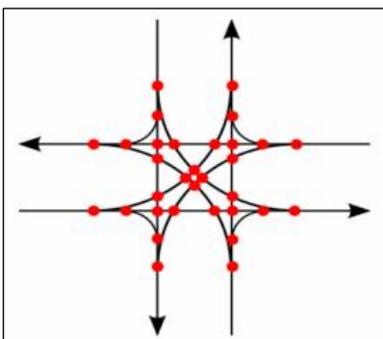


*Nota.* Se detallan las zonas de mayor incidencia de conflictos operativos en las intersecciones. Fuente Miramontes E. (2015).

- b)** Punto de cruce, donde dos trayectorias diferentes coinciden temporalmente en el mismo espacio.

### Figura 4

*Incidencia de conflictos.*



*Nota.* Se detallan las zonas de mayor incidencia de conflictos operativos en las intersecciones. Fuente Miramontes E. (2015).

#### 2.7. Cruces

Se sugiere la instalación de semáforos en los cruces peatonales para garantizar una velocidad máxima de 0,6 m/s al momento de cruzar, además de contar con un sistema que

emita señales audibles u otro mecanismo que avise a las personas con discapacidad visual cuando el paso esté habilitado.

Los cruces peatonales deben estar despejados de obstáculos en todo su ancho mínimo, desde el nivel del suelo hasta un plano paralelo a él a una altura mínima de 2.200 mm. En este espacio libre no se deben colocar objetos que lo obstruyan, como luminarias, carteles, entre otros.

### Figura 5

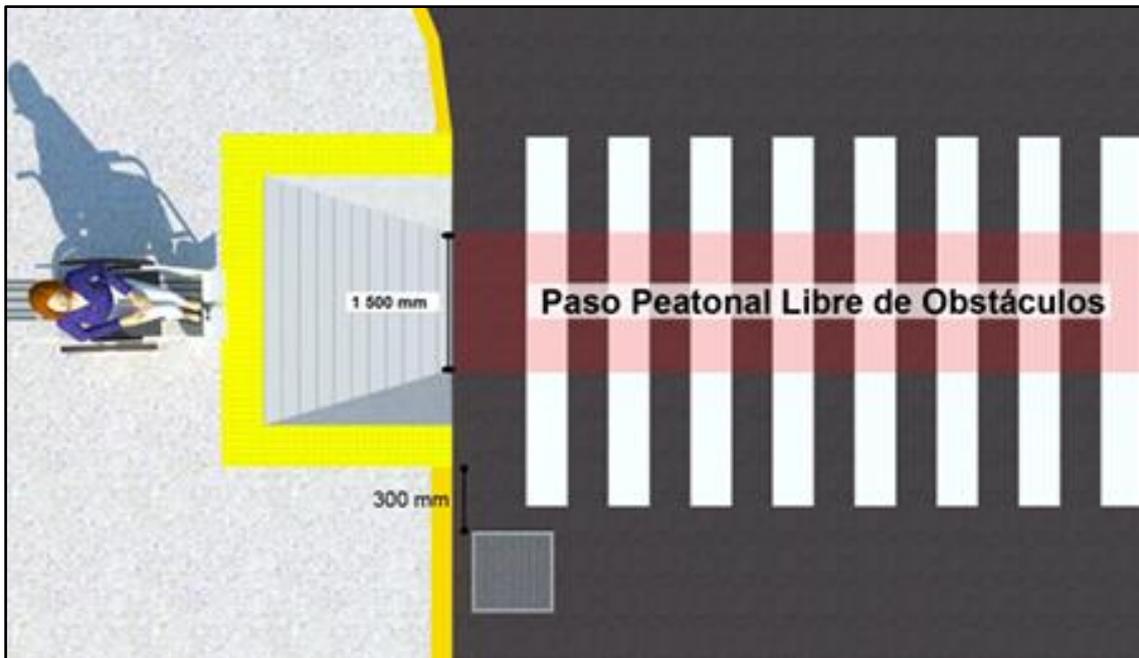
*Duración de ciclo y distancias mínimas en intersecciones.*



*Nota.* Duración de ciclo y distancias mínimas en intersecciones Fuente: INEN 2246 (2015, p. 8)

## Figura 6

*Paso peatonal libre de obstáculos vista en planta.*



*Nota.* Paso peatonal libre de obstáculos vista en planta Fuente: INEN 2246 (2015, p. 9)

Cualquier elemento vertical como mobiliario urbano, vegetación, publicidad, entre otros que pueda obstruir el paso debe situarse a una distancia mínima de 300 mm de los bordes del cruce.

### 2.8. Congestión vehicular

Se describe como la condición que se presenta cuando el volumen de tráfico excede la capacidad de la infraestructura de transporte, generando una demanda superior a la diseñada. Esta situación provoca una reducción en la velocidad y eficiencia del flujo vehicular debido a la fricción entre los vehículos en la vía.

El crecimiento urbano es una de las principales razones del aumento del congestionamiento vehicular, ya que se requiere trasladarse de un lugar a otro, utilizando

tanto vías principales como secundarias. La movilidad se refiere a la oferta y demanda de transporte tanto público como privado.

#### 2.8.1 Determinación de la capacidad y relación volumen capacidad

La determinación de la capacidad y la relación volumen-capacidad (V/C) es la eficiencia operativa de las vías. La capacidad representa el flujo máximo de vehículos que una vía o intersección puede soportar bajo condiciones ideales, mientras que la relación volumen-capacidad evalúa el nivel de saturación de la infraestructura vial, comparando el flujo vehicular real con su capacidad máxima. Este indicador es clave para identificar problemas de congestión, definir prioridades de mejora y garantizar un diseño adecuado que optimice la circulación y reduzca los tiempos de espera.

#### 2.8.2 Determinación de las demoras

La demora se refiere a la variable asociada con la circulación interrumpida en intersecciones controladas por semáforos, y está relacionada con la reducción de velocidad al llegar a la intersección, el tiempo que el vehículo permanece detenido, el tiempo perdido en la fila de vehículos y el tiempo necesario para que los vehículos salgan.

Los resultados para estimar la demora se complementan con el flujo de saturación, la capacidad vial y el ajuste de volúmenes, lo que permite determinar la demora promedio por vehículo.

#### 2.9. Clasificación de los dispositivos de control

Los equipos de control de tráfico se incluyen a señales, marcas viales, semáforos viales y cualquier otro equipo instalado en intersecciones con la autorización de las autoridades competentes.

## 2.10. Señalización Vial

Estos dispositivos están diseñados para prevenir, regular y guiar a los conductores y peatones. Su propósito es comunicar a los conductores las limitaciones, regulaciones y normas particulares de la carretera.

### 2.10.1 Señalización Vertical

Son todos los tipos de señales ubicadas de forma vertical en las intersecciones, las cuales se dividen en señales regulatorias, preventivas e informativas.

#### 2.10.1.1 Señales regulatorias

Las señales regulatorias son aquellas que establecen restricciones para la circulación vehicular. Estas señales suelen ser de color verde con blanco y negro, blanco con negro, o blanco con negro y rojo.

#### 2.10.1.2 Señales informativas

Las señales informativas son aquellas que proporcionan orientación y guían a conductores y peatones en las vías, ofreciendo información específica. Estas señales se dividen en señales de servicios, que son de color blanco con azul; de turismo, que son de color blanco con celeste o blanco con café y de dirección, que son de color verde con blanco.

#### 2.10.1.3 Señales preventivas

Las señales preventivas son aquellas que alertan sobre posibles peligros en la vía y las características del camino. Estas señales son de color amarillo y negro. Además, existen señales especiales, que son de color rojo y negro, y se utilizan para indicar trabajos de construcción o reparación en la vía.

## 2.10.2 Señalización Horizontal

Son todas las señales pintadas en la vía, que se dividen en dos tipos: longitudinales y transversales.

- Línea continua: Esta línea impide que los vehículos crucen o circulen sobre ella.
- Línea discontinua: Esta línea permite que un vehículo adelanta a otro.
- Doble línea continua: Esta línea prohíbe completamente el adelantamiento de vehículos.
- Línea mixta discontinua: Esta línea permite realizar maniobras de adelantamiento, siempre y cuando la parte segmentada esté a la izquierda del conductor.
- Línea de borde: Esta línea marca el límite de la calzada.

### 2.10.2. Líneas de cruce cebra

Esta señalización señala el recorrido que deben seguir los peatones al cruzar una vía, y se colocará en todas las áreas donde haya conflicto entre peatones y vehículos, o en zonas con altos volúmenes de peatones.

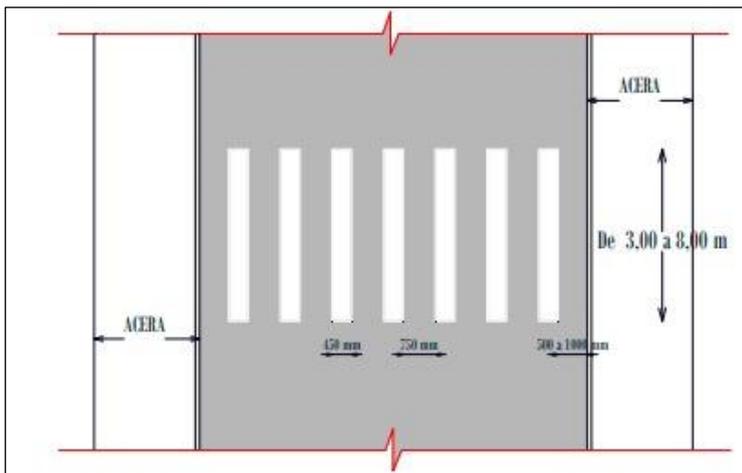
Dependiendo de su función y diseño, se clasifican en dos tipos: cruces de cebra y cruces controlados por semáforos, tanto peatonales como vehiculares, que delimitan la zona segura para el cruce de peatones.

- a) Esta señalización marca una zona en la calzada en la que los peatones tienen derecho de paso sin restricciones. Se compone de franjas paralelas al eje de la vía, pintadas de color blanco, con longitudes que varían entre 3.00 m y 8.00 m, un ancho de 450 mm y una separación de 750 mm entre ellas. La señalización debe comenzar desde el borde de la calzada o el bordillo, a una distancia que oscile

entre 500 mm y 1000 mm, siendo preferible la distancia mayor. Este espacio se ajusta para adaptarse al ancho de la calzada.

### Figura 7

*Líneas de cruce cebra vista en planta.*



*Nota. Paso peatonal libre medidas según la norma peatonal vista en planta. Fuente: (RTE INEN 004-2:2011)*

#### 2.10.2.1. Líneas de cruce cebra en intersección

Un cruce peatonal o "cruce cebra" en una intersección es una zona marcada en la carretera, generalmente con franjas blancas, que permite a los peatones cruzar la vía de manera segura. Este tipo de cruce se ubica en lugares donde se espera que los peatones crucen con frecuencia y está diseñado para aumentar la visibilidad y la seguridad, ya que los conductores deben permitir el paso a los peatones que estén en el área de cruce. Además, suele estar acompañado de señales de tránsito que advierten a los conductores sobre la presencia de peatones.

#### 2.11 Normas

- INEN. (2011). *Señalización vial parte 1. Señalización vertical. RTE INEN 004-1:2011*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

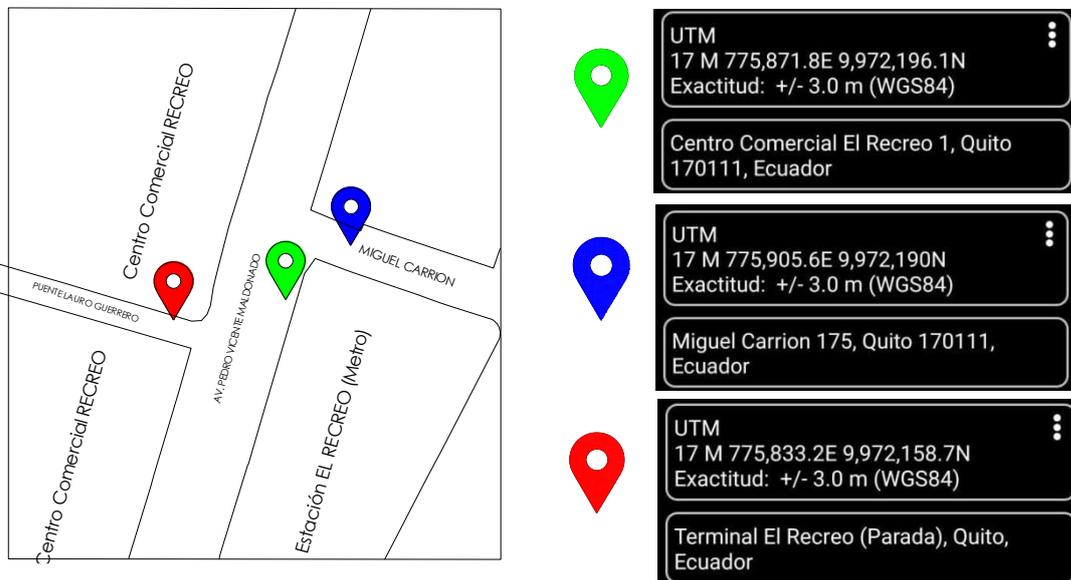
- Normas Ecuatorianas de Diseño Geométrico (NEVI)

## 2.11. Ubicación

El proyecto de estudio y mejoramiento del tránsito se llevará a cabo en las intersecciones viales “Miguel Carrión, Av. Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero”, del Distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha.

### Figura 8

*Ubicación de intersecciones.*



*Nota.* Localización geográfica, desde la Av. Miguel Carrión, Av. Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero. Elaborado por: Los Autores.

## 2.12. Especificaciones técnicas para el control de intersecciones

Las especificaciones técnicas para el control de intersecciones incluyen varios aspectos clave que garantizan la seguridad y fluidez del tráfico. Aquí tienes un resumen de las principales consideraciones:

**a) Señalización:**

**Semáforos:** Deben estar ubicados en lugares visibles y funcionar de manera sincronizada. Incluir señales de advertencia para peatones.

**Señales de alto y ceder el paso:** Deben ser claramente visibles y estar en buen estado.

**b) Diseño geométrico:**

**Radio de curvatura:** Debe ser suficiente para facilitar el giro de vehículos sin perder estabilidad.

**Ancho de calzada:** Adecuado para el volumen de tráfico esperado, con espacio suficiente para vehículos y peatones.

**c) Cruces peatonales:**

**Ubicación:** Deben estar situados en lugares estratégicos y señalizados claramente.

**Marcado:** Uso de franjas blancas y señales que indiquen la presencia de peatones.

**d) Control de tráfico:**

**Semáforos inteligentes:** Para adaptarse a las condiciones de tráfico en tiempo real.

**Cámaras de monitoreo:** Para supervisar el flujo y detectar infracciones.

**b) Iluminación:**

**Iluminación adecuada:** En cruces y áreas cercanas para garantizar la visibilidad, especialmente durante la noche.

**e) Accesibilidad:**

**Rampas y señalización:** Asegurar que las intersecciones sean accesibles para personas con movilidad reducida.

**f) Estudios de tráfico:**

**Análisis de flujos:** Evaluar el volumen y tipo de tráfico para ajustar el diseño y control de la intersección según las necesidades.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Procedimientos para la recopilación de información y datos.**

La metodología de este estudio se basa en un enfoque cuantitativo como descriptivo con el uso herramientas automatizadas para la recolección de datos de manera más precisa el tráfico en la intersección de las avenidas Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero. Se utilizó el equipo METROCOUNT VT4 5904 que permitió registrar volúmenes vehiculares durante un periodo de 15 horas diarias a lo largo de 4 días, clasificando los vehículos en categorías específicas según el MetroCount. Los datos recolectados se los complementa con un levantamiento topográfico detallado para analizar la geometría de la intersección y correlacionarla con los patrones de tráfico observados.

#### **1. Preparación del equipo**

Para la instalación verificar previamente el equipo antes de la instalación en el campo, es crucial realizar una revisión del estado de los componentes de la máquina ROADPOD VT4-5904, incluyendo la batería, el estado de los tubos neumáticos y la configuración del MetroCount Traffic Executive. Se debe calibrar los sensores según las especificaciones técnicas del fabricante.

Configurar el equipo para el tipo de datos que se va a recoger, ya sea volumen de tránsito, velocidad, clasificación de vehículos o todos los parámetros simultáneamente.

#### **2. Selección del sitio de instalación**

Identificación del punto de conflicto y seleccionar un punto de instalación que represente las condiciones promedio del flujo vehicular. Debe considerarse la

topografía, número de carriles, tipo de calle (local, colectora, arterial), y la proximidad de intersecciones que podrían distorsionar los datos.

### **3. Instalación del ROADPOD VT4-5904**

- **Colocación de los tubos neumáticos:** Deben colocarse perpendicularmente entre sí al flujo vehicular. La separación entre los tubos debe cumplir correcta detección de ejes vehiculares. La distancia estándar es de aproximadamente 1 metro entre los tubos, lo cual permite la clasificación correcta de vehículos.
- **Anclaje a la calzada:** Los extremos de los tubos deben anclarse en ambos lados de la vía usando ganchos de sujeción resistentes para evitar desplazamientos durante el conteo. Cualquier movimiento o desalineación puede influir en la precisión del conteo y la clasificación vehicular.

### **4. Configuración y calibración del software**

Utilizar el software MetroCount Traffic Executive proporcionado con el ROADPOD VT4-5904 para establecer los parámetros de recopilación de datos, como la duración de la medición (horas o días), la clasificación de vehículos (ligeros, medianos, pesados) y la velocidad de registro.

- **Calibración previa:** Realizar una prueba de calibración inicial una vez instalados los tubos, permitiendo que varios vehículos pasen sobre los tubos y se validen las lecturas con conteos manuales. Esto valida que los datos recopilados sean coincidan con la realidad.

### **5. Recopilación de datos**

**Duración de la medición:** Dependiendo de los objetivos del estudio, se debe permitir que el dispositivo opere por un período representativo, que puede ir desde 24 horas, 15 horas hasta una semana. Es fundamental garantizar la operación

continua del equipo, verificando la capacidad de la batería y el almacenamiento durante el periodo de medición.

**Monitoreo:** Realizar inspecciones en intervalos de 1 hora para asegurar que los tubos neumáticos no se desplacen ni sufran daños por el tráfico pesado.

## 6. Descarga de datos

**Vinculación al equipo:** Una vez completado el lapso de recopilación de datos, conectar el dispositivo a una computadora mediante el puerto USB. Utilizar el software MetroCount Traffic Executive especializado para descargar los datos.

**Formato:** Los datos obtenidos pueden estar en formatos como CSV o block de notas, que permiten el análisis en hojas de cálculo. Los datos incluyen volúmenes de tráfico, velocidades promedio, velocidades máximas y mínimas, y clasificación vehicular.

## 7. Procesamiento y validación de los datos

**Análisis de consistencia:** El procesamiento y validación de los datos incluye un análisis de consistencia para garantizar su fiabilidad, verificando que los valores registrados sean coherentes entre sí de los carriles y con las condiciones reales del tránsito. Este proceso permite identificar y corregir posibles errores, asegurando que la información sea adecuada para el análisis y el proceso de tomar decisiones en el diseño y la optimización de la infraestructura vial.

**Filtrado de anomalías:** Detectar y eliminar datos anómalos causados por condiciones imprevistas (como lluvia intensa, accidentes o presencia de vehículos que no siguen el flujo típico del tráfico).

## 8. Interpretación de resultados

**Análisis de volúmenes de tráfico:** Evaluar los patrones de tráfico en función de la hora del día y clasificar vehículos por sus ejes. Esta información es útil para la implementación de una solución de infraestructura vial.

**Análisis de velocidades:** Identificar tramos de la vía donde las velocidades varían en toda la vía, lo que puede ser indicativo de la necesidad de medidas de control de velocidad.

**Clasificación vehicular:** Proporcionar un detallado de la proporción de vehículos ligeros, medianos y pesados, lo cual es fundamental para el diseño vial y la planificación de señalizaciones de tránsito pesado.

### 3.1.1. Análisis de tráfico y flujo vehicular

En el análisis de tráfico, la recopilación de datos en la intersección de las avenidas Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero se realizó mediante el método automático con el uso del ROADPOD VT4-5904 permitiendo identificar el flujo vehicular en días y horarios determinados. Este proceso evidenció variaciones significativas en el volumen vehicular entre los diferentes puntos de la intersección, destacándose los elevados registros en Maldonado Sur-Norte y Maldonado Norte-Sur. La clasificación de los vehículos mostró que los automóviles livianos (SV) y buses (TB2) dominaron el flujo descartando las motocicletas (M/C) mientras que el uso de bicicletas también fue descartado ya que no influye. Estas observaciones reflejan la importancia de contar con tecnologías avanzadas como los sistemas de aforo automático para obtener información más precisa como la velocidad y el comportamiento del tráfico en intersecciones complejas.

La implementación de semaforizaciones y el uso de cámaras, resulta fundamental para optimizar la gestión del tráfico en esta intersección clave del Distrito Metropolitano

de Quito. El análisis detallado de los datos permite evaluar la capacidad de las vías, identificar puntos críticos y proponer estrategias efectivas de mejoramiento vial, como la sincronización de semáforos, la redistribución de carriles y el diseño de infraestructura para modos de transporte alternativos. Aunque los desafíos iniciales de implementación pueden incluir altos costos y requerimientos de mantenimiento, los beneficios en cuanto a eficiencia, seguridad y planificación a medida que pase el tiempo, proporcionan una justificación sólida su adopción para atender las crecientes demandas de movilidad urbana.

### 3.1.2 Calculo de TPD y proyecciones

Corresponde al valor de promedio del flujo vehicular que circula por un segmento vial durante un periodo específico.

#### **Transito Promedio Diario Anual (TPDA)**

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

*Obtenido de Rafael Cal y James Cárdenas 2018. pp 206*

#### **Tráfico Total Diario (TTD)**

Para calcular el conteo total diario se utilizará un factor de ajuste (factor noche) está establecido por normativa de MTOP. Esto se debe a que el registro del volumen vehicular se efectuó únicamente en el intervalo de 6:00am a 21:00pm horas, por lo que es necesario compensar las horas no consideradas durante el resto del día (conteo manual nocturno).

#### **Factor normativo:**

Si no se dispone de un conteo de 24 horas, se utiliza un factor noche definido por normativas locales, como el MTOP, que establece un porcentaje adicional para estimar el tráfico nocturno según las características del tramo vial.

### 3.2. Variabilidad del tráfico

A partir de los datos obtenidos en el capítulo IV, relacionados con los volúmenes horarios y diarios, se generan gráficos para cada dirección de la intersección. Estos gráficos facilitan visualizar las variaciones del tráfico tanto por horas como por días cubriendo los 4 días de la semana.

#### 3.2.1. Velocidad

La velocidad se define como el desplazamiento de un vehículo en relación con la distancia recorrida durante un intervalo de tiempo, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h). Su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{d}{t}$$

Donde:

$d =$  distancia recorrida, [m, km]

$t =$  tiempo de recorrido, [h, seg]

##### 3.2.1.1. Velocidad de proyecto

Se conoce como velocidad de diseño, se refiere a la velocidad máxima a la que los vehículos pueden circular de forma segura por un tramo de carretera. Su determinación depende de factores como la geometría de la vía, las condiciones topográficas, el uso del suelo y el volumen de tráfico, asegurando que el valor elegido esté alineado con los principios de seguridad vial.

Se encuentra un método simplificado para calcular esta velocidad, el cual se fundamenta en la velocidad de recorrido previamente establecida.

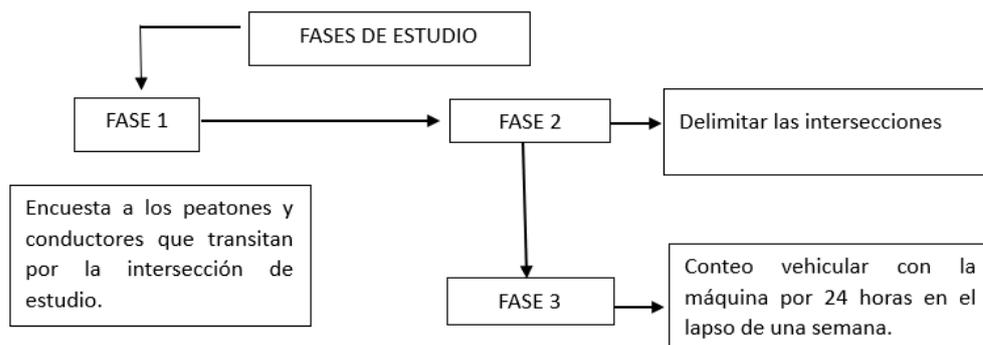
Cabe destacar que la velocidad de diseño que garantiza un tránsito seguro de los vehículos en la intersección es de 14-16 km/h

### 3.3. Fases

Para el desarrollo del proyecto de investigación, se consideraron tres fases, las cuales se detallan en el diagrama a continuación.

**Figura 9**

*Fases de estudio de las intersecciones.*



*Nota.* Cuadro paso a paso de las fases. Elaborado por: Los Autores.

#### 3.3.1. Fase de Investigación

Una vez recopilados los datos, se llevará a cabo un análisis exhaustivo para entender el flujo de tráfico en las diversas intersecciones y evaluar la capacidad vial y el nivel de servicio de cada una de las intersecciones. Este análisis se complementará con la revisión de las características geométricas y de señalización de la vía, además de identificar maniobras conflictivas y puntos críticos.

### 3.3.2. Fase de desarrollo

En el análisis del congestionamiento vehicular de las intersecciones en la ciudad de Quito se comprenderá las siguientes etapas:

- Identificación y ubicación del sitio de estudio.
- Conteo vehicular automático del tráfico durante 24 horas diarias por 4 días consecutivos para ejecutar esto es necesario la instalación de la maquina ROADPOD VT4-5904 con 4 mangueras.
- Cálculo de las características geométricas de la vía
- Analizar el volumen de tráfico en la intersección de análisis
- Cálculo de la hora máxima de demanda en la intersección
- Cálculo de niveles de servicio y señalizaciones viales.

### 3.3.3. Fase de propuesta

Finalmente, se desarrollarán propuestas de mejoramiento, que serán evaluadas y comparadas para seleccionar la opción más eficaz en términos de movilidad, seguridad vial y costo-beneficio.

### 3.4. Proceso técnico en la ingeniería civil

El análisis del mejoramiento en cuanto al tráfico vehicular en las intersecciones mencionadas iniciará con una descripción precisa de cada una de las áreas de trabajo que abarca. En primer lugar, se definirá con exactitud la ubicación del proyecto, recopilando todas las especificaciones y criterios mínimos requeridos. Esto incluirá la consideración de normativas pertinentes, como la normativa de diseño geométrico de carreteras MTOP 2003. Para el desarrollo de este proyecto se necesita conocer la evaluación del problema en cuanto al análisis de Infraestructura lo que abarca la señalización, semáforos y geometría vial, así como la visibilidad y accesibilidad. Además, se utilizará modelos de

Simulación en cuanto al software Syncro 8.0 y a la extracción de datos el software Metrocount Traffic Executive proporcionado por el equipo de ROADPOT VT4-5904 especializado para simulación del flujo de tráfico y evaluación el impacto de las intervenciones propuestas en diferentes intersecciones.

Este proceso técnico busca optimizar la movilidad vehicular en intersecciones, mejorando la seguridad y reduciendo la congestión mediante un enfoque basado en datos y normativas de diseño.

### 3.5. Estudios previos

La necesidad inherente del ser humano de desplazarse constituye el principal impulso para el uso del transporte terrestre, ya sea a través de medios públicos o privados. La ciudad de Quito ubicada en el Ecuador, al ser una de las ciudades más pobladas en términos de densidad demográfica, enfrenta una alta demanda vehicular, lo que genera demoras, congestión, accidentes y un impacto negativo en el medio ambiente. Estas problemáticas relacionadas con la infraestructura vial requieren atención para implementar soluciones que mejoren la movilidad de los ciudadanos en las intersecciones demandasen el sur de Quito.

### 3.6. Obtención de datos de campos

La obtención de datos de campo para este análisis de intersección se basó en el registro de volúmenes vehiculares y la capacidad de cada avenida de acceso y salida durante las horas pico, cuando se registra la mayor demanda de flujo vehicular. Se utilizó el método de conteo automático, dado que permite mayor precisión en la identificación de los tipos de vehículos y las fases de mayor congestión a lo largo del día lo que resulta crucial para desarrollar estrategias de mejora en la movilidad de la intersección

empleando soluciones alternas. Este método también facilita un análisis detallado de patrones y comportamientos específicos del tráfico en el área de estudio.

Además, para obtener una representación del problema de la intersección, se realizó un conteo peatonal que incluyó la obtención de tiempos de semaforización y volumen de peatones. Este conteo se llevó a cabo de manera manual detallados cada intersección y tiempo de mayor congestión. Estos datos son fundamentales para desarrollar propuestas de diseño y optimización de la infraestructura vial que respondan a las necesidades específicas de la intersección y su entorno.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE TRÁNSITO**

#### **4.1 Alcance**

El presente análisis tiene como alcance la evaluación del flujo de tránsito en las intersecciones de la Maldonado Sur-Norte, Miguel Carrión y Maldonado Norte-Sur, Puente Lauro identificando variaciones significativas en los volúmenes de tránsito, especialmente en los vehículos livianos, buses, y vehículos pesados. Este análisis considera también el crecimiento urbano y poblacional que influye en la demanda de transporte.

#### **4.2. Diagnóstico de la Infraestructura Vial**

Las intersecciones de la Av. Pedro Vicente Maldonado presentan una infraestructura vial con alta demanda vehicular y peatonal debido al centro comercial el Recreo como a la estación de buses el Recreo, caracterizada por un flujo significativo de automóviles particulares, transporte público y peatones, lo que genera una elevada densidad de tránsito y probables congestiones en horas pico. Se observan problemas como la ausencia de carriles exclusivos para buses y bicicletas, así como la ausencia de un carril exclusivo para la intersección, falta de pasos elevados y el no cumplimiento de las normas de tránsito por parte de los peatones., quienes cruzan fuera de las zonas señalizadas, incrementando el riesgo de accidentes. Las señalizaciones existentes parecen no ser suficiente para garantizar el respeto de las normas de tránsito y el estado del pavimento parece aceptable. Este escenario evidencia la necesidad de medidas integrales como la mejora de la infraestructura peatonal como vial.

#### **4.3. Recolección de información vehicular**

Para el desarrollo del análisis de tránsito, se inició con la recolección de datos relacionados con los volúmenes vehiculares, análisis de flujo peatonal y tiempos de

semaforización por cada vehículo en la intersección estudiada. Esta tarea se llevó a cabo mediante un conteo automático utilizando el equipo METROCOUNT VT4-5904, garantizando alta precisión y confiabilidad en los datos. El conteo se realizó durante 15 horas diarias a lo largo de 4 días en las avenidas Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero, cubriendo diferentes horarios y permitiendo analizar las dinámicas de tránsito.

El equipo fue inspeccionado cada 2 horas para asegurar su correcto funcionamiento y evitar interrupciones o daños al equipo causado por los vehículos como por los peatones. La información se registró y clasificó los vehículos en las siguientes categorías: livianos, buses, pesados y motocicletas. Este enfoque permitió identificar las fases de mayor demanda vehicular y los patrones de flujo a lo largo de los días de monitoreo.

**Figura 10**

Formato de conteo automático según MetroCount.

```

*conteo informacion.txt: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
MetroCount Traffic Executive
Individual Report

Individual-61 -- español (EST)

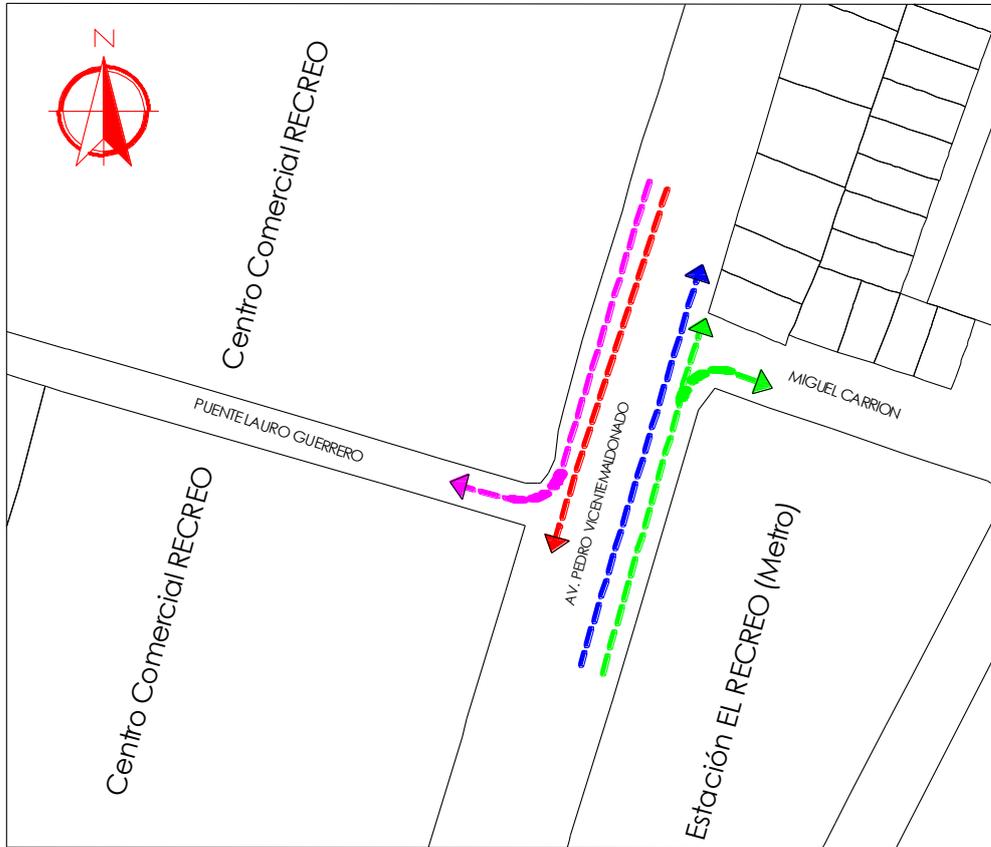
Datasets:
Site: [RECREO] ESTACION RECREO
Attribute: conteo diario
Direction: 7 - North/South. Lane: 1
Survey Duration: 12:06 martes, noviembre 12, 2024 => 14:22 jueves, noviembre 21, 2024,
Zone:
File: RECREO 0 2024-11-21 1422.EC1 (Plus )
Identifier: VQ12MGSY MC5904-X01 (c)MetroCount 08Aug18
Algorithm: Factory default axle (v5.08)
Data type: Short/Long (Channel 0 is short tube)

Profile:
Filter time: 12:07 martes, noviembre 12, 2024 => 14:22 jueves, noviembre 21, 2024 (9.09377)
Included Classes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15
Speed range: 10 - 160 km/h.
Direction: North, East, South, West (bound), P = North, Lane = 0-16
Separation: Headway > 0 sec, Span 0 - 100 metre
Name: Default Profile
Scheme: Vehicle classification (VRX)
Units: Metric (metre, kilometre, m/s, km/h, kg, tonne)
*
DS Trig Num Ht YYYY-MM-DD hh:mm:ss Dr Speed Wb Hdwy Gap Ax Gp Rho Cl Nm Vehicle
00 00000051 04 2024-11-13 07:10:18 S2 35.42 2.54 68609 68609 2 2 1.00 1 00020042 SV 0 0
00 00000055 04 2024-11-13 07:10:20 S2 35.03 2.17 1.5 1.3 2 2 1.00 1 00000020 SV 0 0
00 00000059 04 2024-11-13 07:10:22 S2 34.27 2.44 2.3 2.0 2 2 1.00 1 00000020 SV 0 0
00 0000005d 04 2024-11-13 07:10:24 S2 34.24 2.55 1.7 1.5 2 2 1.00 1 00020042 SV 0 0
00 00000061 04 2024-11-13 07:10:25 S2 34.61 2.50 1.4 1.1 2 2 1.00 1 00000020 SV 0 0
00 00000065 04 2024-11-13 07:10:27 S2 32.78 2.39 2.1 1.9 2 2 1.00 1 00020042 SV 0 0
00 00000069 04 2024-11-13 07:10:29 S2 35.50 2.57 1.5 1.2 2 2 1.00 1 00000020 SV 0 0
00 0000006f 10 2024-11-13 07:11:07 S2 34.31 5.09 38.6 38.4 2 2 0.33 1 000071ca SV 0 0 - Coerced sequence 2 *
00 00000079 08 2024-11-13 07:11:12 S2 16.35 2.50 4.4 2.3 2 2 0.67 1 0000414a SV 0 0 - Coerced sequence 2
00 00000079 08 2024-11-13 07:11:12 N3 16.35 2.50 0.0 0.0 2 2 0.67 1 0000414a SV 0 0 1
00 00000081 04 2024-11-13 07:11:14 S2 19.66 2.44 2.2 1.0 2 2 1.00 1 00004142 SV 0 0
00 00000085 06 2024-11-13 07:11:15 S2 16.37 2.27 1.3 0.8 2 2 1.00 1 00004142 SV 0 0
00 0000008b 04 2024-11-13 07:11:17 S2 22.82 2.36 1.5 1.0 2 2 1.00 1 00004042 SV 0 0
00 0000008f 04 2024-11-13 07:11:18 S2 17.06 2.39 1.1 0.8 2 2 1.00 1 0000404e SV 0 0
00 00000093 04 2024-11-13 07:11:19 S2 25.64 2.42 1.1 0.6 2 2 1.00 1 0002004e SV 0 0
00 00000097 04 2024-11-13 07:11:20 S2 16.27 2.38 0.9 0.5 2 2 1.00 1 00004042 SV 0 0
00 0000009b 04 2024-11-13 07:11:21 S2 25.77 2.39 1.2 0.6 2 2 1.00 1 00008042 SV 0 0
00 0000009f 04 2024-11-13 07:11:23 S2 18.31 2.42 1.7 1.3 2 2 1.00 1 00020042 SV 0 0
00 000000a3 04 2024-11-13 07:11:25 S2 20.43 3.09 1.9 1.4 2 2 0.50 1 0000306a SV 0 0 - Coerced sequence 1 *
00 000000d2 04 2024-11-13 09:00:12 S2 34.15 2.41 6527.1 6526.5 2 2 1.00 1 00020042 SV 0 0
00 000000d6 04 2024-11-13 09:00:13 S2 34.90 1.32 1.3 1.0 2 1 1.00 14 00000020 M/C 00
00 000000da 04 2024-11-13 09:00:16 S2 33.91 2.43 3.6 3.4 2 2 1.00 1 00000020 SV 0 0
  
```

*Nota.* Se muestra un formato de conteo automático para cada sentido en un de block de notas proporcionado por Metrocount Traffic Executive. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 11**

*Giros de los automóviles en las intersecciones.*

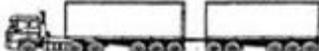


*Nota.* La figura muestra la dirección que realizan los vehículos en las intersecciones.

Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 1**

Clasificación vehicular según MetroCount.

CLASE	EJE	DESCRIPCION	REFERENCIA GRÁFICA	
1	SV	2	Short- Car, Light Van	
2	SVT	3, 4 OR 5	Short Towing-Trailer, Caravan, Boat, etc.	
3	TB2	2	Two axle truck or Bus	
4	TB3	3	Three axle truck or Bus	
5	T4	>3	Four axle truck	
6	ART3	3	Three axle articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	
7	ART4	4	Four axle articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	
8	ART5	5	Five axle articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	
9	ART6	>=6	Six (or more) axle articulated vehicle or Rigid vehicle and Trailer	
10	BD	>6	B-Double or Heavy truck and Trailer	
11	DRT	>6	Double road train or Heavy truck and two trailers	
12	TRT	>6	Triple road train or Heavy truck and three (or more) trailers	
14	M/C	2	Motocycle	
15	BICYCLE	2	Bicycle	

*Nota.* Es importante considerar que la clasificación proporcionada por el equipo no coincide con la clasificación del MTOP. Elaborado por: Los autores.

#### 4.4 Significado de abreviaturas según MetroCount:

**SV:** Vehículo liviano – Camioneta Ligera

**SVT:** Remolque ligero, Caravana, Bote, etc.

**TB2:** Camión o bus de dos ejes

**TB3:** Camión o bus de tres ejes

**T4:** Camión o bus de cuatro ejes

**ART3:** Vehículo Articulado de tres ejes o Vehículo Rígido y Remolque

**ART4:** Vehículo Articulado de cuatro ejes o Vehículo Rígido y Remolque

**ART5:** Vehículo Articulado de cinco ejes o Vehículo Rígido y Remolque

**ART6:** Vehículo Articulado de seis (o más) ejes o Vehículo Rígido y Remolque

**BD:** Camión Pesado y Remolque

**DRT:** Tren de carretera doble o Camión pesado y dos remolques.

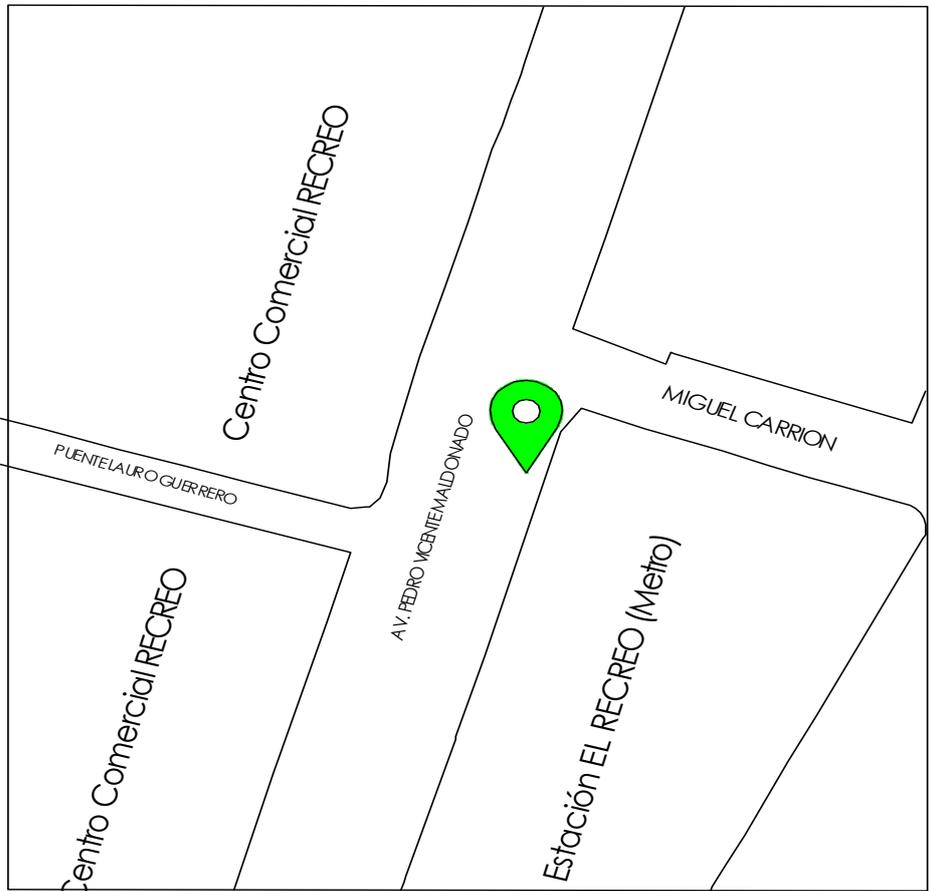
**TRT:** Tren de carretera triple o camión pesado y tres (o más) remolques

**M/C:** Motocicleta

**BICYCLE:** Bicicleta

**Figura 12**

*Ubicación de la estación miércoles 13 de noviembre del 2024.*



*Nota.* Se muestra la ubicación del contador automático en los puntos de intersección.

Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 2**

Datos día miércoles obtenidos y clasificados según MetroCount.

<b>CONTEO AUTOMATICO - MIERCOLES 09H00 A 24H00</b>														
<b>Ubicación</b>	<b>Av. Pedro Vicente Maldonado</b>													
<b>Sector</b>	<b>Estación EL RECREO</b>													
<b>Sentido</b>	<b>Sur-Norte</b>													
<b>Fecha</b>	<b>Miércoles 13 de noviembre del 2024</b>													
<b>HORA</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(15)
	<b>SV</b>	<b>SVT</b>	<b>TB2</b>	<b>TB3</b>	<b>T4</b>	<b>ART3</b>	<b>ART4</b>	<b>ART5</b>	<b>ART6</b>	<b>BD</b>	<b>DRT</b>	<b>TRT</b>	<b>M/C</b>	<b>CYCLE</b>
<b>9:00-10:00</b>	708	15	80	10	4	3	3	7	4	0	0	0	68	5
<b>10:00-11:00</b>	974	19	127	7	5	4	8	0	5	1	0	1	64	6
<b>11:00-12:00</b>	860	19	109	10	8	7	1	0	2	1	0	0	74	3
<b>12:00-13:00</b>	851	25	169	8	8	3	4	0	6	0	1	0	47	8
<b>13:00-14:00</b>	762	14	93	12	7	6	2	2	1	0	1	1	62	6
<b>14:00-15:00</b>	776	14	83	3	8	3	5	1	3	0	1	0	58	4
<b>15:00-16:00</b>	764	12	85	8	5	6	3	0	2	0	1	1	50	5
<b>16:00-17:00</b>	781	19	109	9	3	2	3	3	5	0	1	0	53	5
<b>17:00-18:00</b>	811	14	82	10	4	2	6	3	1	0	0	0	45	1
<b>18:00-19:00</b>	646	12	55	9	8	4	2	0	3	0	0	0	44	4
<b>19:00-20:00</b>	599	11	53	12	6	4	3	0	0	0	1	0	44	4
<b>20:00-21:00</b>	535	17	32	0	2	3	1	0	2	0	0	0	29	1
<b>21:00-22:00</b>	384	9	20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28	0
<b>22:00-23:00</b>	280	0	20	0	1	0	1	0	1	0	0	0	14	0
<b>23:00-24:00</b>	182	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	16	2

*Nota.* Se recopilaron datos durante cuatro días para el conteo automático en un periodo de 15 horas diarias. Elaborado por: Los Autores.

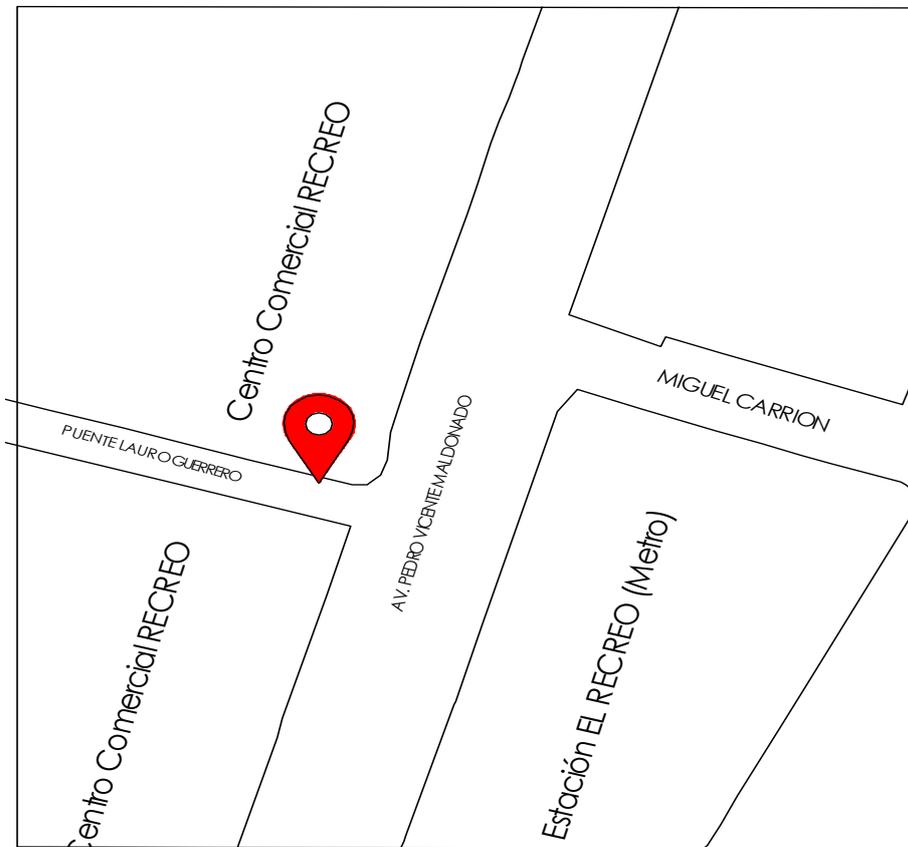
**Tabla 3***Datos día Miércoles obtenidos y clasificados según la MTOP.*

<b>CONTEO AUTOMATICO - MIERCOLES 09H00 A 24H00</b>									
<b>Ubicación</b>	<b>Av. Pedro Vicente Maldonado</b>								
<b>Sector</b>	<b>Estación EL RECREO</b>								
<b>Sentido</b>	<b>Sur-Norte</b>								
<b>Fecha</b>	<b>Miércoles 13 de noviembre del 2024</b>								
<b>HORA</b>	<b>2D</b>	<b>2DB</b>	<b>3A</b>	<b>4O</b>	<b>2S1</b>	<b>2S2</b>	<b>3S2</b>	<b>*3S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>9:00-10:00</b>	768	80	16	11	3	3	7	4	<b>892</b>
<b>10:00-11:00</b>	974	127	11	18	4	8	1	5	<b>1148</b>
<b>11:00-12:00</b>	860	109	14	19	7	1	0	2	<b>1012</b>
<b>12:00-13:00</b>	851	169	13	27	3	4	0	6	<b>1073</b>
<b>13:00-14:00</b>	762	93	14	14	6	2	3	1	<b>895</b>
<b>14:00-15:00</b>	776	83	8	15	3	5	2	3	<b>895</b>
<b>15:00-16:00</b>	764	85	14	8	6	3	2	2	<b>884</b>
<b>16:00-17:00</b>	781	109	13	12	2	3	6	5	<b>931</b>
<b>17:00-18:00</b>	811	82	17	9	2	6	4	1	<b>932</b>
<b>18:00-19:00</b>	646	55	9	8	4	2	0	3	<b>727</b>
<b>19:00-20:00</b>	599	53	12	6	4	3	0	0	<b>677</b>
<b>20:00-21:00</b>	535	32	0	18	3	1	1	2	<b>592</b>
<b>21:00-22:00</b>	384	20	1	10	0	0	0	0	<b>415</b>
<b>22:00-23:00</b>	280	20	0	1	0	1	0	1	<b>303</b>
<b>23:00-24:00</b>	182	5	0	1	0	0	0	0	<b>188</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9973</b>	<b>1122</b>	<b>142</b>	<b>107</b>	<b>47</b>	<b>42</b>	<b>26</b>	<b>35</b>	<b>11564</b>

*Nota.* Se clasificaron datos durante cuatro días del conteo automático en un periodo de 15 horas diarias. Elaborado por: Los Autores.

### Figura 13

Ubicación de la estación viernes 15 de noviembre del 2024.



*Nota.* Se muestra la ubicación del contador automático en los puntos de intersección.

Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 4**

Datos día Viernes obtenidos y clasificados según MetroCount.

<b>CONTEO AUTOMATICO - VIERNES 06H00 A 21H00</b>														
<b>Ubicación Puente Lauro Guerrero</b>														
<b>Sentido Este-Oeste</b>														
<b>Sector Centro Comercial EL RECREO</b>														
<b>Fecha Viernes 15 de noviembre del 2024</b>														
<b>HORA</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(15)
	<b>SV</b>	<b>SVT</b>	<b>TB2</b>	<b>TB3</b>	<b>T4</b>	<b>ART3</b>	<b>ART4</b>	<b>ART5</b>	<b>ART6</b>	<b>BD</b>	<b>DRT</b>	<b>TRT</b>	<b>M/C</b>	<b>CYCLE</b>
<b>6:00-7:00</b>	88	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	0
<b>7:00-8:00</b>	219	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17	0
<b>8:00-9:00</b>	207	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	1
<b>9:00-10:00</b>	248	1	6	0	2	1	0	0	1	0	0	0	49	1
<b>10:00-11:00</b>	247	1	7	4	0	0	0	0	0	0	0	0	69	0
<b>11:00-12:00</b>	229	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	67	3
<b>12:00-13:00</b>	245	3	7	3	1	2	0	0	0	0	0	0	68	1
<b>13:00-14:00</b>	244	4	9	0	2	0	0	0	0	0	0	0	72	1
<b>14:00-15:00</b>	247	2	6	1	3	0	1	0	0	0	0	0	71	3
<b>15:00-16:00</b>	199	2	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	69	1
<b>16:00-17:00</b>	189	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	49	3
<b>17:00-18:00</b>	189	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	61	1
<b>18:00-19:00</b>	196	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	60	4
<b>19:00-20:00</b>	170	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	57	7
<b>20:00-21:00</b>	187	0	3	1	3	1	0	0	0	0	0	0	40	2

*Nota.* Se recopilaron datos durante cuatro días para el conteo automático en un periodo

de 15 horas diarias. Elaborado por los Autores.

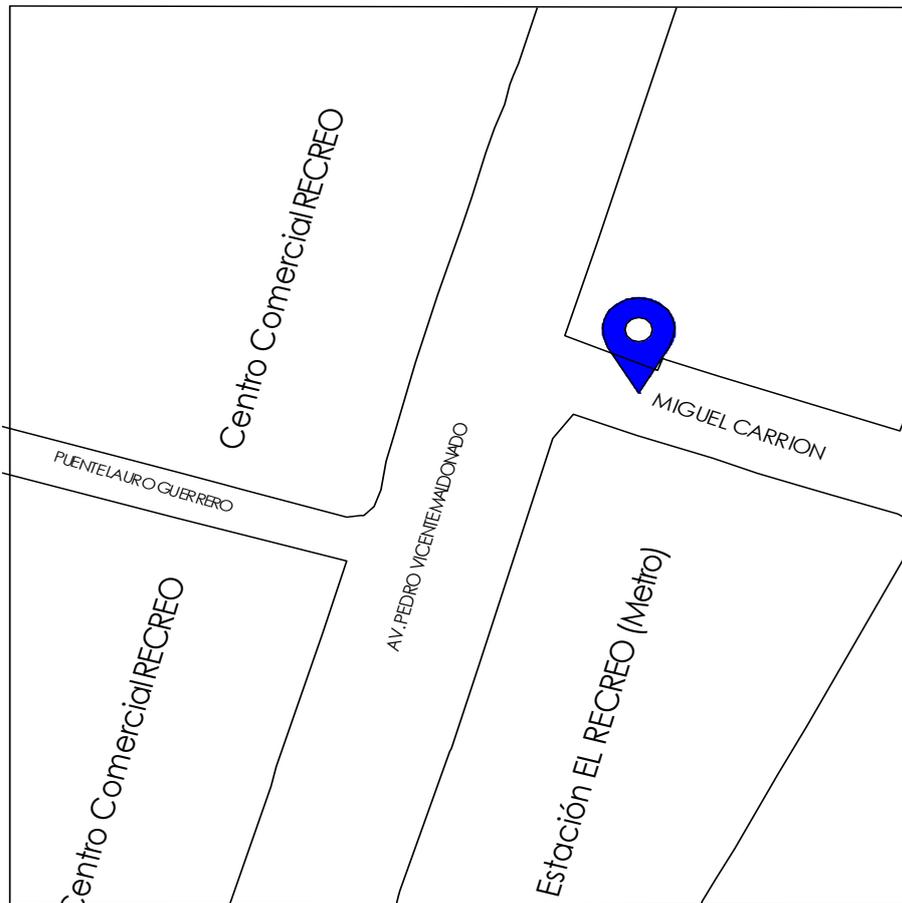
**Tabla 5***Datos día Viernes obtenidos y clasificados según la MTOP.*

<b>CONTEO AUTOMATICO - VIERNES 06H00 A 21H00</b>									
<b>Ubicación</b>	<b>Puente Lauro Guerrero</b>								
<b>Sector</b>	<b>Centro Comercial EL RECREO</b>								
<b>Sentido</b>	<b>Este-Oeste</b>								
<b>Fecha</b>	<b>15 de noviembre del 2024</b>								
<b>HORA</b>	<b>2D</b>	<b>2DB</b>	<b>3A</b>	<b>4O</b>	<b>2S1</b>	<b>2S2</b>	<b>3S2</b>	<b>*3S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>6:00-7:00</b>	88	0	0	0	1	0	0	0	<b>89</b>
<b>7:00-8:00</b>	219	8	0	1	0	0	0	0	<b>228</b>
<b>8:00-9:00</b>	207	2	0	0	0	0	0	0	<b>209</b>
<b>9:00-10:00</b>	248	6	0	2	1	0	0	1	<b>258</b>
<b>10:00-11:00</b>	247	7	4	1	0	0	0	0	<b>259</b>
<b>11:00-12:00</b>	229	2	0	1	0	0	0	0	<b>232</b>
<b>12:00-13:00</b>	245	7	3	3	2	0	0	0	<b>260</b>
<b>13:00-14:00</b>	244	9	0	5	0	0	0	0	<b>258</b>
<b>14:00-15:00</b>	247	6	1	4	0	1	0	0	<b>259</b>
<b>15:00-16:00</b>	199	5	0	3	0	0	0	0	<b>207</b>
<b>16:00-17:00</b>	189	2	1	1	0	1	0	0	<b>194</b>
<b>17:00-18:00</b>	189	1	0	3	1	0	0	0	<b>194</b>
<b>18:00-19:00</b>	196	0	0	2	0	0	0	2	<b>200</b>
<b>19:00-20:00</b>	170	3	0	4	0	0	0	0	<b>177</b>
<b>20:00-21:00</b>	187	3	1	3	1	0	0	0	<b>195</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3104</b>	<b>61</b>	<b>10</b>	<b>33</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>3219</b>

*Nota.* Se clasificaron datos durante cuatro días del conteo automático en un periodo de 15 horas diarias. Elaborado por: Los Autores.

## Figura 14

Ubicación de la estación martes 19 de noviembre del 2024.



*Nota.* Se muestra la ubicación del contador automático en los puntos de intersección.

Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 6***Datos día Martes obtenidos y clasificados según MetroCount.*

<b>CONTEO AUTOMATICO MARTES 05H00 A 20H00</b>														
<b>Ubicación</b>	<b>Miguel Carrión</b>													
<b>Sector</b>	<b>Estación EL RECREO</b>													
<b>Sentido</b>	<b>Oeste-Este</b>													
<b>Fecha</b>	<b>Martes 19 de noviembre del 2024</b>													
<b>HORA</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(15)
	SV	SVT	TB2	TB3	T4	ART3	ART4	ART5	ART6	BD	DRT	TRT	M/C	CYCLE
<b>5:00-6:00</b>	23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10
<b>6:00-7:00</b>	26	0	10	0	1	3	0	0	0	0	0	0	9	18
<b>7:00-8:00</b>	37	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14
<b>8:00-9:00</b>	38	0	15	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	14
<b>9:00-10:00</b>	36	1	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10
<b>10:00-11:00</b>	35	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	13
<b>11:00-12:00</b>	42	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14
<b>12:00-13:00</b>	45	0	12	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3	16
<b>13:00-14:00</b>	42	0	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	12
<b>14:00-15:00</b>	41	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	15
<b>15:00-16:00</b>	51	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	15
<b>16:00-17:00</b>	48	0	14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	7
<b>17:00-18:00</b>	53	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4
<b>18:00-19:00</b>	70	0	13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	7
<b>19:00-20:00</b>	96	1	17	0	0	0	1	0	0	0	0	0	19	8

*Nota.* Se recopilaron datos durante cuatro días para el conteo automático en un periodo de 15 horas diarias. Elaborado por los Autores.

**Tabla 7***Datos día Martes obtenidos y clasificados según la MTOP.*

<b>CONTEO AUTOMATICO MARTES 05H00 A 20H00</b>									
<b>Ubicación</b>	<b>Miguel Carrión</b>								
<b>Sector</b>	<b>Estación EL RECREO</b>								
<b>Sentido</b>	<b>Oeste-Este</b>								
<b>Fecha</b>	<b>Martes 19 de noviembre del 2024</b>								
<b>HORA</b>	<b>2D</b>	<b>2DB</b>	<b>3A</b>	<b>4O</b>	<b>2S1</b>	<b>2S2</b>	<b>3S2</b>	<b>*3S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>5:00-6:00</b>	23	1	0	0	0	0	0	0	<b>24</b>
<b>6:00-7:00</b>	26	10	0	1	3	0	0	0	<b>40</b>
<b>7:00-8:00</b>	37	13	0	0	0	0	0	0	<b>50</b>
<b>8:00-9:00</b>	38	15	0	0	1	0	0	0	<b>54</b>
<b>9:00-10:00</b>	36	18	0	1	0	0	0	0	<b>55</b>
<b>10:00-11:00</b>	35	14	0	0	0	0	0	0	<b>49</b>
<b>11:00-12:00</b>	42	10	0	0	0	0	0	0	<b>52</b>
<b>12:00-13:00</b>	45	12	1	0	1	0	1	0	<b>60</b>
<b>13:00-14:00</b>	42	15	0	1	0	0	0	0	<b>58</b>
<b>14:00-15:00</b>	41	11	0	0	0	0	0	0	<b>52</b>
<b>15:00-16:00</b>	51	11	0	0	0	0	0	0	<b>62</b>
<b>16:00-17:00</b>	48	14	0	0	1	0	0	0	<b>63</b>
<b>17:00-18:00</b>	53	12	0	0	0	0	0	0	<b>65</b>
<b>18:00-19:00</b>	70	13	0	1	0	0	0	0	<b>84</b>
<b>19:00-20:00</b>	96	17	0	1	0	1	0	0	<b>115</b>
<b>TOTAL</b>	<b>683</b>	<b>186</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>883</b>

*Nota. Nota.* Se clasificaron datos durante cuatro días del conteo automático en un periodo de 15 horas diarias. Elaborado por: Los Autores.

### Figura 15

*Ubicación de la estación miércoles 12 de noviembre del 2024.*



*Nota.* Se muestra la ubicación del contador automático en los puntos de intersección.

Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 8***Datos día Miércoles obtenidos y clasificados según MetroCount.*

<b>CONTEO AUTOMATICO MIERCOLES 05H00 A 20H00</b>														
<b>Ubicación</b>	<b>Av. Pedro Vicente Maldonado</b>													
<b>Sector</b>	<b>Centro Comercial EL RECREO</b>													
<b>Sentido</b>	<b>Norte-Sur</b>													
<b>Fecha</b>	<b>Miércoles 20 de noviembre del 2024</b>													
<b>HORA</b>	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(15)
	SV	SVT	TB2	TB3	T4	ART3	ART4	ART5	ART6	BD	DRT	TRT	M/C	CYCLE
<b>5:00-6:00</b>	138	0	30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1
<b>6:00-7:00</b>	239	1	35	2	0	1	0	0	0	0	0	0	15	2
<b>7:00-8:00</b>	341	3	26	4	0	1	0	0	0	0	0	0	19	3
<b>8:00-9:00</b>	257	3	29	3	0	4	0	0	1	0	0	0	17	3
<b>9:00-10:00</b>	220	1	32	6	1	0	0	0	0	0	0	0	17	0
<b>10:00-11:00</b>	236	0	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	12	1
<b>11:00-12:00</b>	182	2	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0
<b>12:00-13:00</b>	225	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
<b>13:00-14:00</b>	191	2	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	5	0
<b>14:00-15:00</b>	180	0	7	2	1	1	0	0	0	0	0	0	6	2
<b>15:00-16:00</b>	185	3	12	6	0	1	0	0	0	0	0	0	8	4
<b>16:00-17:00</b>	174	2	7	2	1	1	0	0	0	0	0	0	8	0
<b>17:00-18:00</b>	243	2	5	4	0	0	0	1	1	0	0	0	9	4
<b>18:00-19:00</b>	243	0	6	3	2	1	0	0	0	0	0	0	7	2
<b>19:00-20:00</b>	131	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	3	3

*Nota.* Se recopilaron datos durante cuatro días para el conteo automático en un periodo de 15 horas diarias. Elaborado por los Autores.

**Tabla 9***Datos día Miércoles obtenidos y clasificados según la MTOP.*

<b>CONTEO AUTOMATICO - MIERCOLES 05H00 A 20H00</b>									
<b>Ubicación</b>	<b>Av. Pedro Vicente Maldonado</b>								
<b>Sector</b>	<b>Centro Comercial EL RECREO</b>								
<b>Sentido</b>	<b>Norte-Sur</b>								
<b>Fecha</b>	<b>Miércoles 20 de noviembre del 2024</b>								
<b>hora</b>	<b>2D</b>	<b>2DB</b>	<b>3A</b>	<b>4O</b>	<b>2S1</b>	<b>2S2</b>	<b>3S2</b>	<b>*3S3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>5:00-6:00</b>	138	30	2	0	0	0	0	0	<b>170</b>
<b>6:00-7:00</b>	239	35	2	0	1	0	0	0	<b>277</b>
<b>7:00-8:00</b>	341	26	4	0	1	0	0	0	<b>372</b>
<b>8:00-9:00</b>	257	29	3	0	4	0	0	1	<b>294</b>
<b>9:00-10:00</b>	220	32	6	1	0	0	0	0	<b>259</b>
<b>10:00-11:00</b>	236	6	5	3	0	0	0	0	<b>250</b>
<b>11:00-12:00</b>	182	8	4	1	0	0	0	0	<b>195</b>
<b>12:00-13:00</b>	225	4	3	1	0	0	0	0	<b>233</b>
<b>13:00-14:00</b>	191	3	2	2	1	0	0	0	<b>199</b>
<b>14:00-15:00</b>	180	7	2	1	1	0	0	0	<b>191</b>
<b>15:00-16:00</b>	185	12	6	0	1	0	0	0	<b>204</b>
<b>16:00-17:00</b>	174	7	2	1	1	0	0	0	<b>185</b>
<b>17:00-18:00</b>	243	5	4	0	0	0	1	1	<b>254</b>
<b>18:00-19:00</b>	243	6	3	2	1	0	0	0	<b>255</b>
<b>19:00-20:00</b>	131	0	2	1	1	0	0	0	<b>135</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3185</b>	<b>210</b>	<b>50</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3473</b>

*Nota. Nota.* Se clasificaron datos durante cuatro días del conteo automático en un periodo de 15 horas diarias. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 10**

*Clasificación de vehículos de acuerdo a sus pesos y dimensiones.*

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB			CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A			CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C			CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10
4-0 OCTOPUS			CAMIÓN CON TAMDEN DIRECCIONAL Y TAMDEN POSTERIOR	32	12,20	2,60	4,10
V2DB			VOLQUETA DE DOS EJES 8 m³	18	12,20	2,60	4,10
V3A			VOLQUETA DE TRES EJES 10-14 m³	27	12,20	2,60	4,10
VZS			VOLQUETA ZS DE 3 EJES 16 m³	27	12,20	2,60	4,10
T2			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES	18	8,50	2,60	4,10
T3			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES	27	8,50	2,60	4,10
S3			SEMIREMOLOQUE DE 3 EJES	24	13,00	2,60	4,10
S2			SEMIREMOLOQUE DE 2 EJES	20	13,00	2,60	4,10
S1			SEMIREMOLOQUE DE 1 EJE	11	13,00	2,60	4,10
R2			REMOLOQUE DE 2 EJES	22	10,00	2,60	4,10
R3			REMOLOQUE DE 3 EJES	31	10,00	2,60	4,10
B1			REMOLOQUE BALANCEADO DE 1 EJE	11	10,00	2,60	4,10
B2			REMOLOQUE BALANCEADO DE 2 EJES	20	10,00	2,60	4,10
B3			REMOLOQUE BALANCEADO DE 3 EJES	24	10,00	2,60	4,10

TABLA NACIONAL DE PESO BRUTO VEHICULAR Y DIMENSIONES MÁXIMAS PERMISIBLES E II COMBINACIONES							
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO COMBINADO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
				Largo	Ancho	Alto	
2S1			29	20,50	2,60	4,30	
2S2			38	20,50	2,60	4,30	
2S3			42	20,50	2,60	4,30	
3S1			38	20,50	2,60	4,30	
3S2			47	20,50	2,60	4,30	
*3S3			48	20,50	2,60	4,30	
2R2			32	20,50	2,60	4,30	
**2R3			39	20,50	2,60	4,30	
*3R3			48	20,50	2,60	4,30	
**3R2			41	20,50	2,60	4,30	
2B1			25	20,50	2,60	4,30	
2B2			32	20,50	2,60	4,30	
2B3			39	20,50	2,60	4,30	
3B1			34	20,50	2,60	4,30	
3B2			41	20,50	2,60	4,30	
3B3			48	20,50	2,60	4,30	

Nota. Se muestra la tabla de pesos y las dimensiones de los vehículos pesados. Fuente:

(Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003).

#### 4.5. Análisis de la información recolectada.

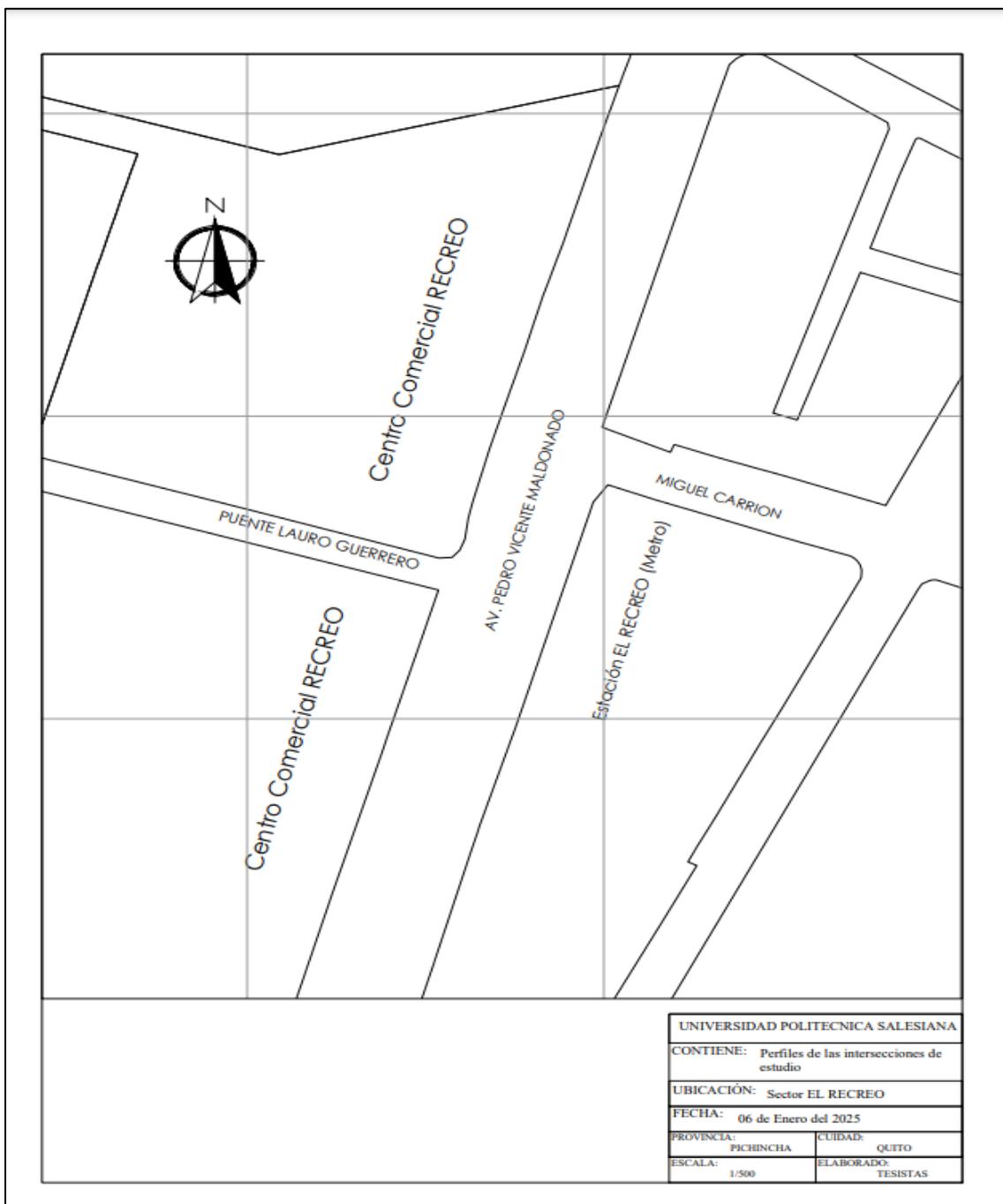
##### **Topografía de la intersección.**

El análisis topográfico de la intersección de estudio está conformado por las Av. Pedro Vicente Maldonado, Miguel Carrión y Puente Lauro Guerrero fue clave para comprender la disposición de espacio distribuido y los elementos viales presentes en la zona. Para ello, se realizó una inspección previa visual para identificar puntos estratégicos que permitirán detallar los elementos de la infraestructura vial actuales, tales como bordillos, aceras, parterres, semáforos y señalización. Este levantamiento se complementó con datos obtenidos mediante el equipo METROCOUNT VT4-5904, utilizado para registrar volúmenes vehiculares en las principales vías de acceso y salida durante cuatro días, lo que permitió la topografía de la intersección con los patrones de tránsito registrados.

Con los datos recolectados, se elaboró un plano topográfico detallado que incluyó la ubicación de los elementos mencionados, así como la geometría y las características de las vías. Este análisis topográfico permitió identificar posibles limitaciones en la infraestructura existente y establecer puntos clave para proponer mejoras. El trabajo coordinado entre la información vehicular y topográfica garantiza una base sólida para desarrollar estrategias que optimicen tanto la movilidad vehicular como la seguridad peatonal en las intersecciones estudiadas.

**Figura 16**

*Planimetría topográfica (UTM, WGS84 Datum Zona 17M).*



*Nota.* Se presenta la planimetría topográfica del área de estudio. Elaborado por: Los Autores.

#### 4.5.1 Variabilidad del Tráfico

En el proyecto, los datos recolectados en el capítulo IV, relacionados con los volúmenes horarios y diarios, se utilizan la información para crear los gráficos de cada uno de los sentidos de la intersección, los cuales muestran las variaciones del tráfico a lo largo de las horas y días durante los 4 días de la semana.

#### 4.6. Desarrollo urbano y poblacional

El sector El Recreo, ubicado en el sur de Quito, está situada a una altitud aproximada de 2.800 metros sobre el nivel del mar (msnm), ya que forma parte de la topografía andina característica de la ciudad.

Según el último censo de población y vivienda de 2022 llevado a cabo por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), Quito tenía una población total de 2.239.191 habitantes, con una densidad más alta en el sur de la ciudad, incluida la zona de El Recreo. Aunque no se desglosan datos específicos por sector en ese censo, se reconoce que El Recreo es una de las áreas más densamente pobladas de Quito debido a su desarrollo urbano y comercial.

El desarrollo del sector ha estado influenciado por la presencia de infraestructura clave, como el Centro Comercial El Recreo, uno de los principales polos económicos de la zona, y la estación multimodal de transporte público que conecta a diversos puntos de la ciudad. Estas instalaciones han dinamizado el comercio y mejorado la accesibilidad, atrayendo a más habitantes.

Sin embargo, el rápido crecimiento poblacional ha traído consigo desafíos en términos de planificación urbana, como la congestión vehicular, la presión sobre los servicios básicos y la necesidad de espacios públicos adecuados. A pesar de estos retos,

El Recreo sigue siendo un área de relevancia estratégica dentro de la estructura urbana del sur de Quito.

#### 4.7. Transporte

La movilización diaria de personas hacia sus lugares de trabajo, negocios, instituciones educativas y entidades bancarias genera un significativo volumen de desplazamientos desde las zonas periféricas hacia las áreas centrales en diversos horarios del día, incluyendo su posterior retorno a los puntos de origen.

#### 4.8. Sistema Vial

El sistema vial en el sector de El Recreo, en Quito en las intersecciones en Av. Pedro Vicente Maldonado, Miguel Carrión y Puente Lauro Guerrero., se caracteriza por ser una zona de alta actividad comercial y residencial, con conexiones importantes que facilitan la movilidad en el sur de la ciudad. Este sector cuenta con accesos estratégicos hacia avenidas principales y rutas de transporte público, como la Ecovía, que incluye un carril exclusivo que facilita la circulación de buses entre el centro y el sur de la ciudad. Sin embargo, también enfrenta retos significativos relacionados con la congestión vehicular y el uso indebido de zonas de estacionamiento.

Según el análisis de TPDA desarrollado en el Capítulo IV, el TPDA actual en la intersección más transitada asciende a 11584 vehículos/día. En función de esta cifra, y conforme a la clasificación del MTOP, estas avenidas se categorizan como Autovía o Carretera Multicarril.

#### 4.9. Factores internos a la intersección

##### 4.9.1 Parada de buses

Los principales factores clave que influye en la circulación vehicular en la intersección es la ubicación de las paradas de buses urbanos en la Av. Pedro Vicente

Maldonado en ambos sentidos sur – norte y norte-sur, que cuenta con dos carriles, se encuentra una parada destinada a la subida y bajada de pasajeros debido a que el sector es comercial y se encuentra el terminal Terrestre El Recreo.

Adicionalmente, en la entrada del mismo acceso, existe otra parada exclusiva para taxis en el horario de 8:00 pm a 12:00 pm incrementado de manera significativa la reducción de la capacidad vial por la ocupación parcial de un carril por los taxis estacionados o esperando pasajeros disminuye así el espacio disponible para el flujo vehicular provocando mayor congestión

La presencia de estas paradas genera un impacto significativo en la fluidez del tráfico, ya que obstruyen el carril derecho de cada acceso, ocasionando interrupciones y afectando la continuidad del flujo vehicular.

#### 4.9.2 Semáforos Peatonales

El semáforo peatonal ubicado en la Av. Pedro Vicente Maldonado y Miguel Carrión, diseñado para garantizar la seguridad de los transeúntes y prevenir atropellamientos, se ha convertido en un factor que contribuye a la congestión vehicular. Este impacto es especialmente notable durante las horas pico de la mañana 7:00 a 9:00 am, el mediodía 12:00 a 2:00 pm y la tarde 4:00 a 6:00 pm, cuando se registra una alta densidad de peatones, incluidos estudiantes, trabajadores y otros usuarios. Adicionalmente, la presencia de comerciantes informales en la zona intensifica la problemática al generar mayor actividad en el entorno del semáforo.

#### 4.10. Factores externos a la intersección

##### 4.10.1. Zonas Comerciales

En las inmediaciones de la intersección se identificó una predominancia de zonas con usos altamente comerciales, residenciales y mixtos, donde coexisten viviendas y actividades comerciales, tal como Centro Comercial en Recreo y la Estación Terminal El Recreo. Esta característica genera una elevada afluencia de personas y vehículos, muchos de los cuales se estacionan en áreas no autorizadas, contribuyendo significativamente a la congestión vehicular durante todo el día.

## CAPÍTULO V

### ESTUDIO DE TRÁFICO

#### 5.1. Conteo automático vehicular

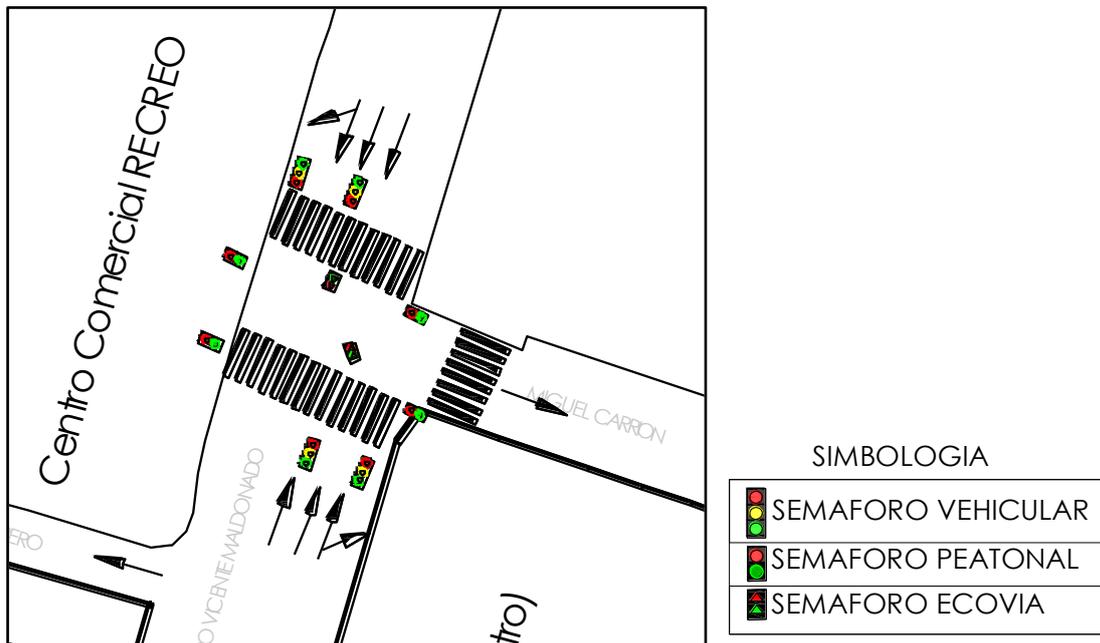
El conteo automático vehicular se realizó utilizando el dispositivo METROCOUNT VT4-5904, diseñado para registrar de forma precisa y continua el flujo vehicular. Este equipo fue programado para contabilizar los volúmenes de tránsito durante 15 horas diarias en cada una de las avenidas Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero. El sistema utiliza sensores que detectan el paso de los vehículos al cruzar con mangueras instaladas en la calzada, los autos al pasar sobre ello permiten la clasificación de vehículos, la velocidad y el registro detallado de datos por intervalos de tiempo. Este método garantiza la obtención de información confiable y uniforme.

##### 5.1.1. Variación de los ciclos en los semáforos

En la Av. Pedro Vicente Maldonado se observa que los semáforos que regulan los flujos vehiculares en las direcciones sur-norte y norte-sur, así como el semáforo correspondiente al sistema de transporte Ecovía no presentaron modificaciones en las fases de operación durante las horas pico, comprendidas entre las **(6:00 a.m. y 9:00 a.m., 12:00 p.m. y 2:00 p.m., y 6:00 p.m. y 8:00 p.m.)**. Este comportamiento uniforme en las fases semaforicas se mantiene de forma constante durante las 24 horas del día, lo cual podría afectar la capacidad de adaptación del sistema semaforico ante variaciones en las demandas de tránsito vehicular y peatonal, incrementando potencialmente la congestión en períodos de mayor afluencia.

**Figura 17**

*Ubicación de semáforos y señalización horizontal.*



*Nota.* En el gráfico se puede apreciar la ubicación y señalización en cada una de las intersecciones. Elaborado por: Los Autores.

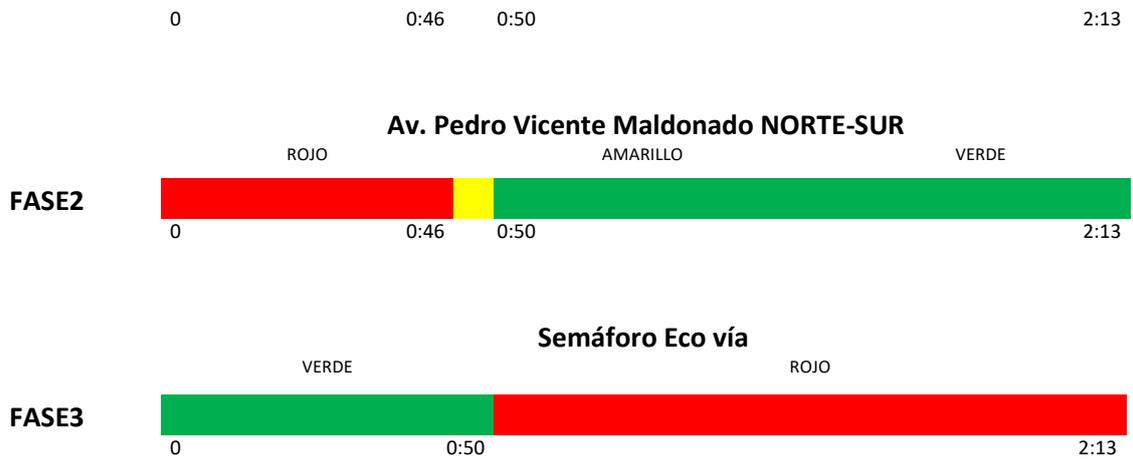
Los semáforos destinados al tránsito vehicular se clasifican en diferentes tipos según su funcionamiento y características:

- **Semáforos fijos:** Mantienen un único color sin realizar cambios.
- **Semáforos variables:** Alternan entre diferentes colores.
- **Semáforos simples:** Están compuestos por tres luces: rojo, ámbar y verde.
- **Semáforos compuestos:** Además de las tres luces básicas, incorporan flechas direccionales para guiar el flujo vehicular.

**Figura 18**

*Fases de los semáforos vehiculares de la zona estudiada.*



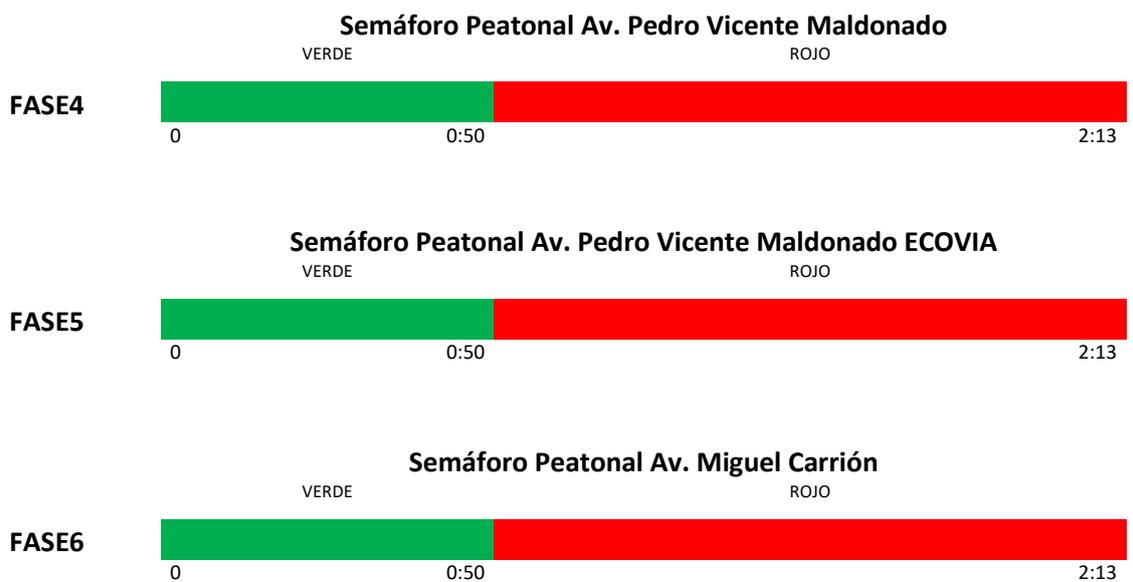


*Nota.* Fases de los semáforos vehiculares en la Av. Pedro Vicente Maldonado en ambos sentidos. Elaborado por: los Autores.

Mientras que los semáforos para peatones están diseñados específicamente para regular el cruce peatonal y consisten en dos señales luminosas: roja y verde.

**Figura 19**

*Fases de los semáforos peatonal de la zona estudiada.*



*Nota.* Fases de los semáforos peatonal en la Av. Pedro Vicente Maldonado en ambos sentidos. Elaborado por: los Autores.

### 5.1.2 Análisis y resultados

Se realizó un conteo automático durante cuatro días, obteniendo un volumen total de 19,185 vehículos en las 15 horas diarias.

**Tabla 11**

*Datos generales de los días del conteo automático en las intersecciones en base al TPDA.*

<b>HORAS DEL CONTEO AUTOMATICOS EN LAS VIAS EN BASE AL TPDA</b>					
<b>HORA</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>VIERNES</b>	<b>MIERCOLES</b>	<b>MARTES</b>	<b>TOTAL</b>
<b>5:00-6:00</b>	-	-	24	170	194
<b>6:00-7:00</b>	-	89	40	277	406
<b>7:00-8:00</b>	-	228	50	372	650
<b>8:00-9:00</b>	-	209	54	294	557
<b>9:00-10:00</b>	892	258	55	259	1464
<b>10:00-11:00</b>	1148	259	49	250	1706
<b>11:00-12:00</b>	1012	232	52	195	1491
<b>12:00-13:00</b>	1073	260	60	233	1626
<b>13:00-14:00</b>	895	258	58	199	1410
<b>14:00-15:00</b>	895	259	52	191	1397
<b>15:00-16:00</b>	884	207	62	204	1357
<b>16:00-17:00</b>	931	194	63	185	1373
<b>17:00-18:00</b>	932	194	65	254	1445
<b>18:00-19:00</b>	727	200	84	255	1266
<b>19:00-20:00</b>	677	177	115	135	1104
<b>20:00-21:00</b>	592	195	-	-	787
<b>21:00-22:00</b>	415	-	-	-	415
<b>22:00-23:00</b>	303	-	-	-	303
<b>23:00-24:00</b>	188	-	-	-	188
	<b>11564</b>	<b>3219</b>	<b>883</b>	<b>3473</b>	<b>19185</b>

*Nota.* Se muestra una tabla general de la recopilación del conteo automático. Elaborado por: Los Autores.

## 5.2. Determinación del factor de ajuste de horario (TPD)

Teniendo los siguientes datos por medio de reportes generados en el programa MetroCount diarios, se calcula un factor noche es decir de 15 horas registradas. Mediante la siguiente expresión se obtiene el Factor noche.

$$TPD = Volumen\ Total\ 15h * Factor\ Noche$$

$$TPD = Volumen\ Total\ 15h * 1.3$$

## 5.3. Proyección del tráfico

La proyección del tráfico se llevó a cabo considerando los datos obtenidos durante el conteo vehicular realizado por 15 horas diarias durante 4 días consecutivos, utilizando el equipo METROCOUNT VT4-5904. Para obtener una estimación más completa del flujo vehicular, se aplicó un factor de ajuste para el período nocturno, permitiendo incluir las horas no contempladas en el conteo directo. Este factor considera las características del tráfico nocturno en la zona de estudio, lo que permite calcular el volumen total de tránsito diario y proyectarlo de manera precisa hacia futuros horizontes de planificación, tomando en cuenta el crecimiento vehicular estimado y los patrones de movilidad propios del área.

**Tabla 12**

*Volumen total diario ajustado por el factor noche.*

VOLUMEN TOTAL DIARIO AJUSTADO POR EL FACTOR NOCHE	
<b>Ubicación</b>	Av. Pedro Vicente Maldonado
<b>Sentido</b>	Sur - Norte
<b>Día</b>	Miércoles 13 de noviembre de 2024

HORA	VEHICULOS
9:00-10:00	894
10:00-11:00	1149
11:00-12:00	1016
12:00-13:00	1074
13:00-14:00	899
14:00-15:00	896
15:00-16:00	885
16:00-17:00	934
17:00-18:00	933
18:00-19:00	728
19:00-20:00	678
20:00-21:00	592
21:00-22:00	415
22:00-23:00	303
23:00-24:00	188
<b>TOTAL</b>	<b>11584</b>
<b>TOTAL*FN</b>	<b>15059</b>

*Nota.* Se muestra los resultados ajustados con el factor noche. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 13**

*Volumen total diario ajustado por el factor noche.*

<b>VOLUMEN TOTAL DIARIO AJUSTADO POR EL FACTOR NOCHE</b>	
<b>Ubicación</b>	Puente Lauro Guerrero
<b>Sentido</b>	Este - Oeste
<b>Día</b>	Viernes 15 de noviembre del 2024
<b>HORA</b>	<b>VEHICULOS</b>
<b>6:00-7:00</b>	89
<b>7:00-8:00</b>	228
<b>8:00-9:00</b>	209
<b>9:00-10:00</b>	259
<b>10:00-11:00</b>	259
<b>11:00-12:00</b>	232
<b>12:00-13:00</b>	261
<b>13:00-14:00</b>	259
<b>14:00-15:00</b>	260
<b>15:00-16:00</b>	208
<b>16:00-17:00</b>	194
<b>17:00-18:00</b>	194
<b>18:00-19:00</b>	200
<b>19:00-20:00</b>	178
<b>20:00-21:00</b>	195
<b>TOTAL</b>	<b>3225</b>
<b>TOTAL*FN</b>	<b>4193</b>

*Nota.* Se muestra los resultados ajustados con el factor noche. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 14**

*Volumen total diario ajustado por el factor noche.*

VOLUMEN TOTAL DIARIO AJUSTADO POR EL FACTOR NOCHE	
HORA	VEHICULOS
5:00-6:00	24
6:00-7:00	40
7:00-8:00	50
8:00-9:00	54
9:00-10:00	55
10:00-11:00	49
11:00-12:00	52
12:00-13:00	60
13:00-14:00	58
14:00-15:00	52
15:00-16:00	62
16:00-17:00	63
17:00-18:00	65
18:00-19:00	84
19:00-20:00	115
<b>TOTAL</b>	<b>883</b>
<b>TOTAL*FN</b>	<b>1148</b>

*Nota.* Se muestra los resultados ajustados con el factor noche. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 15**

*Fases de los semáforos vehiculares de la zona estudiada.*

<b>VOLUMEN TOTAL DIARIO AJUSTADO POR EL FACTOR NOCHE</b>	
<b>Ubicación</b>	Av. Pedro Vicente Maldonado
<b>Sentido</b>	Norte - Sur
<b>Día</b>	Miércoles 20 de noviembre del 2024
<b>HORA</b>	<b>VEHICULOS</b>
5:00-6:00	170
6:00-7:00	278
7:00-8:00	375
8:00-9:00	297
9:00-10:00	260
10:00-11:00	250
11:00-12:00	197
12:00-13:00	233
13:00-14:00	201
14:00-15:00	191
15:00-16:00	207
16:00-17:00	187
17:00-18:00	256
18:00-19:00	255
19:00-20:00	136
<b>TOTAL</b>	<b>3493</b>
<b>TOTAL*FN</b>	<b>4541</b>

*Nota.* Se muestra los resultados ajustados con el factor noche. Elaborado por: Los Autores.

#### 5.4. Volúmenes de tránsito

Se define al volumen de tráfico medido durante un número específico de horas diarias a lo largo de los siete días de la semana, obteniendo como resultado un promedio representativo para toda la semana.

**Figura 20**

*Clasificación vehicular según la MTOP.*

TIPO	DESCRIPCION	DISTANCIA ENTRE EJES
LIVIANOS		1.60 m - 3.10 m
2DA		3.11 m - 4.40 m
BUS		4.41 m - 4.90 m
2DB		> 4.91 m

*Nota.* Clasificación vehicular según la MTOP. Fuente: Dayana Acuña (2024).

##### 5.4.1. Demanda

Se define a la cantidad de vehículos que intentan utilizar una red vial en un momento dado, superando la capacidad máxima de la infraestructura para atenderlos de manera eficiente. En otras palabras, es el número de automóviles, motocicletas, camiones, autobuses, y otros medios de transporte que necesitan transitar por una avenida o intersección específica y que, al exceder la capacidad de la vía, generan congestión.

La demanda es “el número de vehículos o personas que desean viajar y pasan por un punto durante un tiempo específico” *Cal y Mayor & Cárdenas (2018)*

#### 5.4.2. Capacidad

De acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas de Ecuador (2003), “la capacidad es la máxima cantidad de vehículos que puede pasar por un punto dado de una vía o sección transversal en un período de tiempo específico bajo condiciones ideales de operación” (Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12)

#### 5.4.3. Especificaciones de la Capacidad

La MOP 2003 considera la capacidad dependiendo de diversos factores, como el tipo de vía, el número de carriles, el flujo vehicular y las condiciones de operación. Estos factores determinan la cantidad máxima de vehículos que puede manejar una vía de forma eficiente antes de que se produzcan condiciones de congestión.

#### **Parámetros para el cálculo de la capacidad:**

##### **1. Tipo de vía:**

- Carreteras de dos carriles bidireccionales.
- Autopistas o vías multicarril.
- Calles urbanas o avenidas.

##### **2. Ancho de carril:**

- La capacidad aumenta con un ancho de carril adecuado (generalmente 3.6 m para condiciones ideales). Carriles más angostos reducen la capacidad vial.

##### **3. Espacio lateral (hombros o bordillos):**

- Espacios laterales amplios permiten una mayor capacidad al reducir interferencias.

##### **4. Condiciones de operación ideales:**

- Buen estado de la vía (sin baches o daños).
- Sin intersecciones, accesos o conflictos laterales significativos.

- Flujos vehiculares homogéneos (sin mezcla de transporte pesado, por ejemplo).

#### **5. Tránsito pesado (camiones, buses):**

- Estos vehículos consumen más espacio y reducen la capacidad efectiva debido a su menor velocidad y mayores dimensiones.

#### **Valores de referencia de capacidad según MOP 2003:**

- **Autopistas o vías multicarril**

Carril en una dirección (condiciones ideales): Hasta 2,200 vehículos por hora (vph).

- **Vías de dos carriles bidireccionales**

Capacidad total hasta 2,800 vehículos por hora (vph) (1,400 vph por sentido) en condiciones ideales.

#### **Calles urbanas:**

Depende del control de intersecciones, la presencia de estacionamientos y el transporte público. Generalmente, la capacidad es menor debido a los conflictos laterales.

#### **5.5. Variación horaria**

La variación horaria según la MOP 2003 se refiere a los cambios en el volumen de tránsito vehicular que ocurren a lo largo del día. Es una medición utilizada para analizar cómo fluctúa el flujo vehicular en diferentes periodos del día en una vía o intersección.

#### **Horarios de análisis durante el día**

El tránsito vehicular no es uniforme durante el día, por lo que se divide en periodos específicos:

- **Horas pico:** Momentos de máxima demanda vehicular. Generalmente coinciden con los horarios de inicio y finalización de actividades laborales, escolares o comerciales.
- **Horas valle:** Períodos de menor demanda vehicular.

**Tránsito horario máximo (THM):**

El volumen de tránsito más alto registrado en una hora específica durante el día. Este valor es fundamental para diseñar la capacidad de una vía, ya que representa el nivel de demanda máxima que la infraestructura debe soportar.

- **Índice de variación horaria:**

Es la proporción entre el flujo vehicular por hora máximo y el flujo vehicular promedio diario (TPD). Se calcula como:

$$IVH = \frac{THM}{TPD}$$

Este índice indica cuántos vehículos se concentra el tránsito en las horas pico en comparación con el promedio diario. Valores altos muestran una gran variación horaria (por ejemplo, en vías con mucho tráfico durante horarios laborales pero poco flujo en otros horarios).

- **En la Av. Maldonado sentido sur-norte**

Si el TPD es de 11584 vehículos y el THM es de 1506 vehículos durante la hora pico de la mañana (7:00-8:00 AM), el **Índice de variación horaria** sería:

$$IVH = \frac{THM}{TPD} = \frac{1506}{11584} = 0.13$$

Este valor indica que el 13% del tráfico diario ocurre en la hora de mayor demanda. Este dato es crucial para dimensionar los carriles, planificar soluciones al congestionamiento o definir estrategias de transporte público.

- **En la Av. Maldonado sentido norte-sur**

Si el TPD es de 4541 vehículos y el THM es de 454 vehículos durante la hora pico de la mañana (7:00-8:00 AM), el **Índice de variación horaria** sería:

$$IVH = \frac{THM}{TPD} = \frac{454}{4541} = 0.09$$

Este valor indica que el 9% del tráfico diario ocurre en la hora de mayor demanda. Este dato es crucial para dimensionar los carriles, planificar soluciones al congestionamiento o definir estrategias de transporte público.

- **En la calle Lauro Guerrero**

Si el TPD es de 4193 vehículos y el THM es de 419 vehículos durante la hora pico de la mañana (7:00-8:00 AM), el **Índice de variación horaria** sería:

$$IVH = \frac{THM}{TPD} = \frac{419}{4193} = 0.09$$

Este valor indica que el 9% del tráfico diario ocurre en la hora de mayor demanda. Este dato es crucial para dimensionar los carriles, planificar soluciones al congestionamiento o definir estrategias de transporte público.

- **En la calle Miguel Carrión**

Si el TPD es de 1148 vehículos y el THM es de 115 vehículos durante la hora pico de la mañana (7:00-8:00 AM), el **Índice de variación horaria** sería:

$$IVH = \frac{THM}{TPD} = \frac{115}{1148} = 0.10$$

Este valor indica que el 10% del tráfico diario ocurre en la hora de mayor demanda. Este dato es crucial para dimensionar los carriles, planificar soluciones al congestionamiento o definir estrategias de transporte público.

## 5.6. Congestión

Se define como el estado de saturación en una vía específica, caracterizado por un lapso de tiempo, disminución de la velocidad promedio y alta densidad de vehículos. Ocurre cuando la demanda de tránsito supera la capacidad de la infraestructura vial para la que fue diseñada, lo que genera retrasos y un aumento en el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

Para la zona de estudio sus causas principales se encuentran el diseño inadecuado de las vías, el crecimiento descontrolado vehicular y eventos como accidentes o interrupciones en el flujo normal del tráfico.

**Tabla 16**

*Datos vehiculares en la hora pico.*

<b>DATOS VEHICULARES EN LA HORA PICO</b>	
<b>Ubicación</b>	Av. Pedro Vicente Maldonado
<b>Sentido</b>	Sur - Norte
<b>Día</b>	Miércoles 13 de noviembre de 2024
<b>HORA</b>	<b>VEHICULOS</b>
<b>9:00-10:00</b>	834
<b>10:00-11:00</b>	1151
<b>12:00-13:00</b>	1075
<b>13:00-14:00</b>	901
<b>17:00-18:00</b>	933
<b>18:00-19:00</b>	739

*Nota.* Fases de vehículos con mayor influencia en los siguientes intervalos. Elaborado por: Los Autores

**Tabla 17***Datos vehiculares en la hora pico.*

<b>DATOS VEHICULARES EN LA HORA PICO</b>	
<b>Ubicación</b>	Puente Lauro Guerrero
<b>Sentido</b>	Este-Oeste
<b>Día</b>	Viernes 15 de noviembre del 2024
<b>HORA</b>	<b>VEHICULOS</b>
<b>8:00-9:00</b>	209
<b>9:00-10:00</b>	259
<b>12:00-13:00</b>	261
<b>13:00-14:00</b>	259
<b>17:00-18:00</b>	194
<b>18:00-19:00</b>	200

*Nota.* Fases de vehículos con mayor influencia en los siguientes intervalos. Elaborado por: Los Autores

**Tabla 18***Datos vehiculares en la hora pico.*

<b>DATOS VEHICULARES EN LA HORA PICO</b>	
<b>Ubicación</b>	Miguel Carrión
<b>Sentido</b>	Oeste - Este
<b>Día</b>	Martes 19 de noviembre de 2024
<b>HORA</b>	<b>VEHICULOS</b>
<b>8:00-9:00</b>	54
<b>9:00-10:00</b>	55
<b>12:00-13:00</b>	60
<b>13:00-14:00</b>	58
<b>18:00-19:00</b>	84
<b>19:00-20:00</b>	115

*Nota.* Fases de vehículos con mayor influencia en los siguientes intervalos. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 19**

*Datos vehiculares en la hora pico.*

<b>DATOS VEHICULARES EN LA HORA PICO</b>	
<b>Ubicación</b>	Av. Pedro Vicente Maldonado
<b>Sentido</b>	Norte-Sur
<b>Día</b>	Miércoles 20 de noviembre de 2024
<b>HORA</b>	<b>VEHICULOS</b>
<b>8:00-9:00</b>	375
<b>9:00-10:00</b>	297
<b>12:00-13:00</b>	233
<b>13:00-14:00</b>	201
<b>18:00-19:00</b>	256
<b>19:00-20:00</b>	255

*Nota.* Fases de vehículos con mayor influencia en los siguientes intervalos. Elaborado por: Los Autores.

## CAPÍTULO VI

### CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VIA

#### 6.1. Anchos de carriles

El análisis de las características geométricas de la vía incluye la evaluación de los anchos de carriles en la intersección de estudio. Los anchos de los carriles son un factor clave en la seguridad vial y en la eficiencia del tráfico, debido a que influyen directamente en la comodidad y maniobrabilidad de los vehículos. En la intersección analizada, se llevará a cabo una medición detallada de cada carril, verificando su compatibilidad con el tipo de tránsito predominante, incluyendo vehículos livianos, transporte público y camiones.

#### Figura 21

*Ancho de carriles (UTM 17M).*



*Nota.* Se muestra los anchos de carriles de las intersecciones de estudio. Elaborado por: Los Autores a través de Google Earth.

#### 6.2. Velocidad de circulación

El análisis de la velocidad de circulación en la intersección se realizó utilizando el equipo METROCOUNT VT4-5904, el cual registra en un lapso de tiempo exacto

cuando cada vehículo pasa por las mangueras los cuales al presionar envía una señal a los sensores permitiendo calcular con precisión la velocidad individual de los vehículos. Este equipo utiliza la fórmula básica de la velocidad, definida como la relación entre la distancia recorrida y el tiempo utilizado para recorrerla, representada como  $V = d/t$ , donde  $d$  corresponde a la distancia medida entre los sensores y  $t$  al tiempo registrado por el equipo.

Los datos obtenidos proporcionan información detallada sobre las velocidades máximas y mínimas, y la distribución de velocidades de los vehículos que transitan por la intersección, lo que es fundamental para evaluar el comportamiento del tráfico y establecer medidas de control o ajustes en la geometría vial.

## Figura 22

*Velocidades promedio de los vehículos (UTM 17M).*



*Nota.* Se muestra las velocidades vehiculares de las intersecciones de estudio. Elaborado por: Los Autores a través de Google Earth.

## CAPÍTULO VII

### PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS

#### 7.1. Modelación de la situación de la intersección mediante el software SYNCHRO 8

La intersección vial de las Av. Pedro Vicente Maldonado y calle Miguel Carrión presenta actualmente condiciones de saturación debido al alto volumen de tránsito vehicular, especialmente durante las horas pico. Uno de los problemas más relevantes identificados es la ausencia de una vía alterna que permita el giro directo a la derecha sobre la Av. Pedro Vicente Maldonado, lo que genera una congestión significativo real entizando el flujo vehicular en esta zona. Esta situación no solo incrementa los tiempos de viaje, sino que también afecta la seguridad y comodidad de los usuarios. Para evaluar y proponer soluciones a esta problemática, se utilizará el software SYNCHRO 8 que permitirá modelar el comportamiento actual de la intersección y simular alternativas de mejora para optimizar su funcionamiento.

Para iniciar con la modelación, se utilizaron los siguientes datos:

- Imágenes satelitales de las intersecciones obtenidas de Google Earth.
- El trazado de la intersección y la configuración de los sentidos de cada carril con sus respectivas dimensiones.
- Los volúmenes vehiculares por hora, extraídos del conteo automático.
- La velocidad de circulación.

**Figura 23**

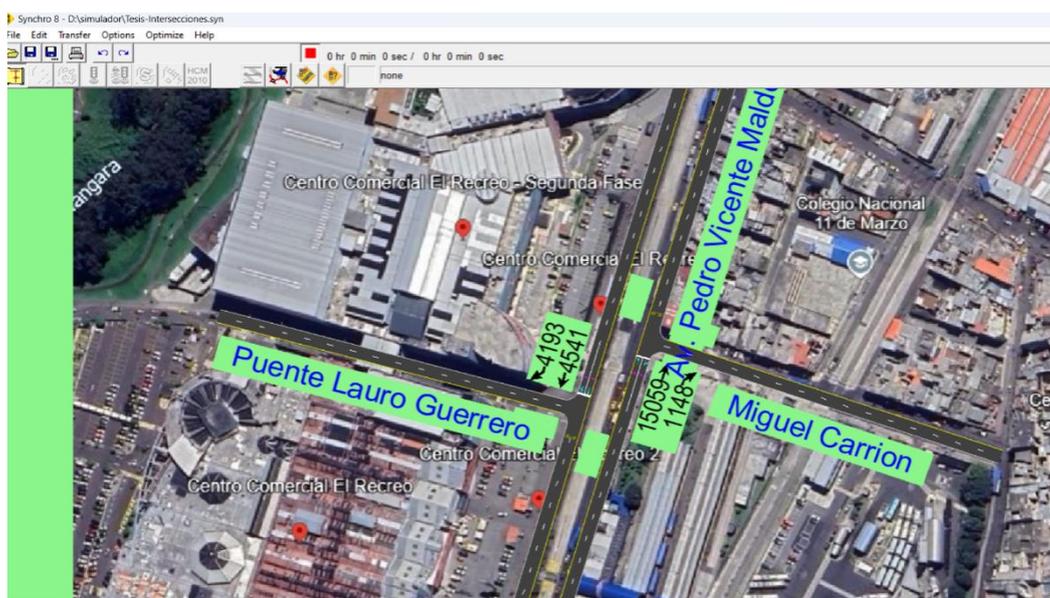
*Configuración Synchro 8.*



*Nota.* Se muestra las condiciones actuales de la Av. Pedro Vicente Maldonado y la calle Miguel Carrión. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 24**

*Volumen vehicular para la situación actual.*



*Nota.* Se presentan los volúmenes vehiculares correspondientes a cada intersección.

Elaborado por: Los Autores.

- Peatones y ciclistas
- Factor hora máxima demanda FHMD
- Porcentajes de vehículos pesados

**Figura 25**

*Configuración de volumen para la modelación de la condición actual.*



*Nota.* Se muestran la simulación los volúmenes vehiculares por cada intersección.

Elaborado por: Los Autores.

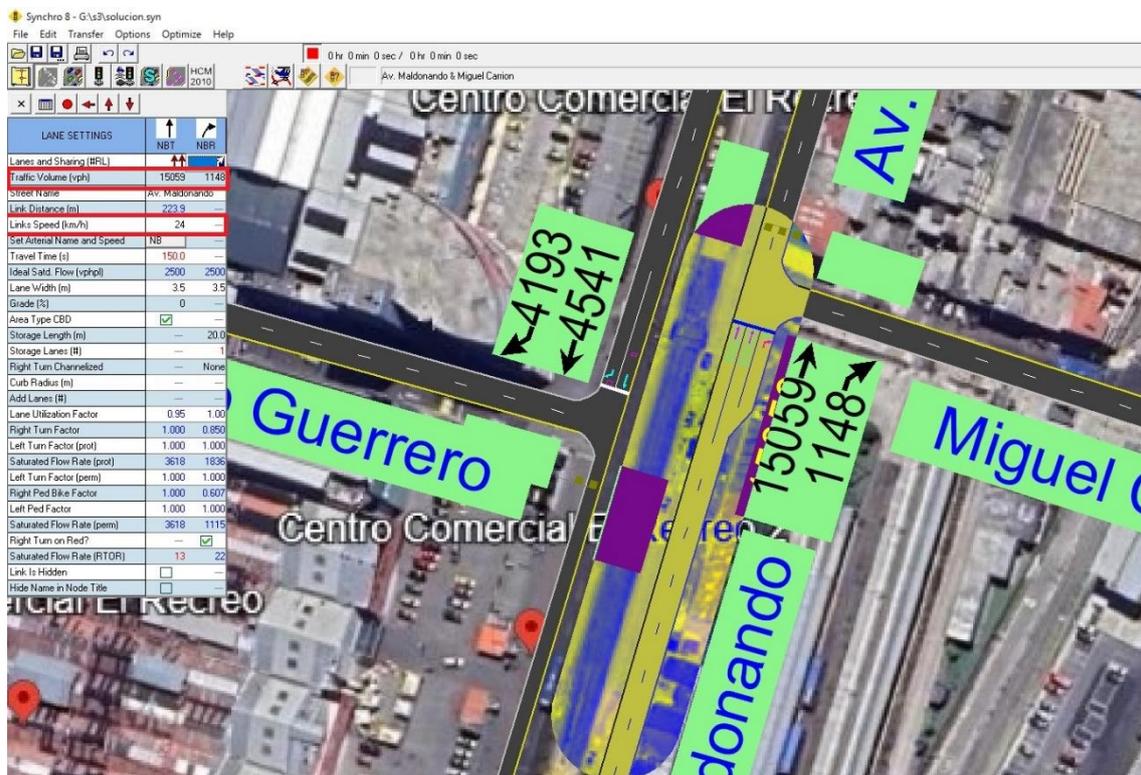
## 7.2. Velocidad Promedio y Flujo de Saturación en Synchro 8

En el análisis de intersecciones mediante Synchro 8, es crucial introducir datos precisos sobre la velocidad promedio para modelar correctamente el flujo vehicular. En este caso, se toma en cuenta una velocidad promedio de **24 km/h** en la Av. Pedro Vicente Maldonado y al llegar a la intersección es de **16 km/h** al tomar la curva en la calle Miguel

Carrión. Estos valores permiten al simulador calcular con mayor precisión el flujo de saturación protegida y el flujo de saturación permisible, que son indicadores clave para evaluar la capacidad y el rendimiento de la intersección bajo diferentes condiciones de control de tráfico.

**Figura 26**

*Número de vehículos y Velocidad promedio que transitan por la Av. Pedro Vicente Maldonado.*



*Nota.* Se muestra los datos correspondientes. Elaborado por: Los Autores.

### 7.2.1 Factores de Horas Pico (PHF) y su Relación con el Volumen de Tráfico

El Factor de Hora Pico (PHF) mide la variación en la intensidad de tráfico durante la hora más congestionada del día. La tabla muestra valores sugeridos de PHF en función del volumen total de aproximación (vph). Este dato es fundamental para calibrar modelos

en herramientas como Synchro 8, permitiendo una planificación más precisa y eficiente de las intersecciones.

**Tabla 20**

*Valores sugeridos para horas pico.*

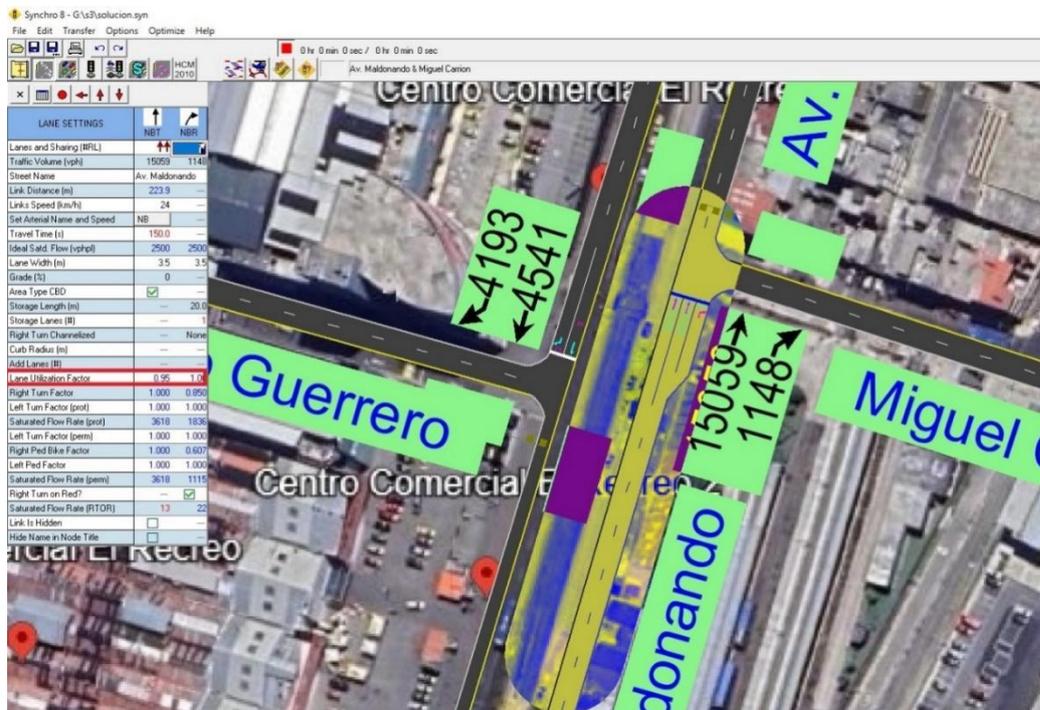
Total Approach Volume	PHF
2000 vph	0.95
1000	0.93
500	0.92
200	0.87
100	0.83
50	0.78

*Nota.* Se muestra la tabla de factores de horas pico en función del volumen de tráfico.

Fuente: Guía Traffic Signal Software-User Guide

**Figura 27**

*Factor horas pico en función de vehículos por hora.*



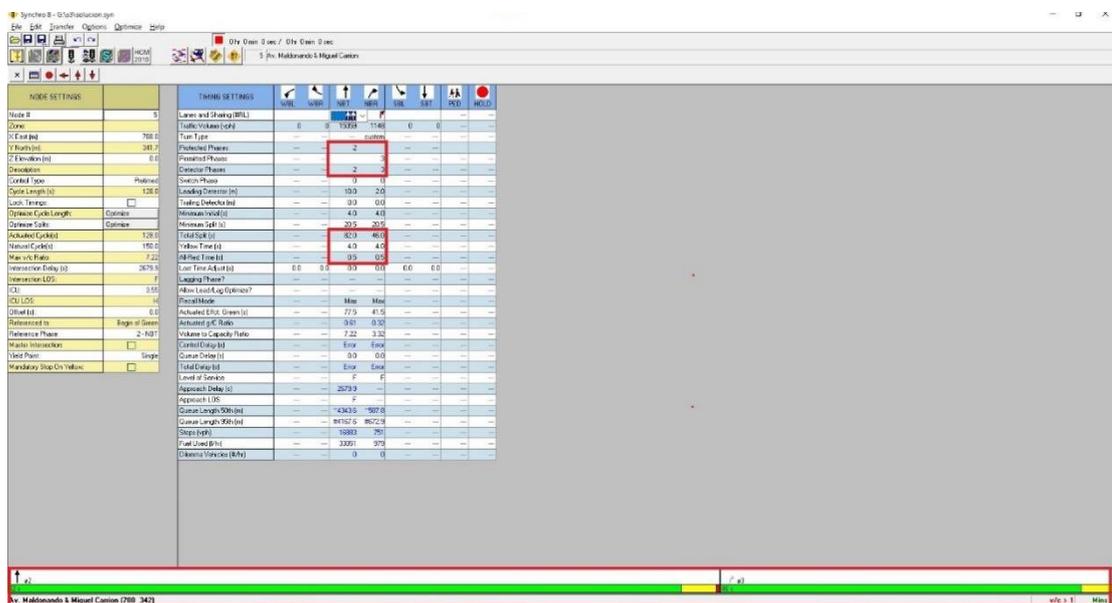
*Nota.* Se muestra el valor de 0.95 tomando en cuenta que por la vía transitan más de 15 mil autos. Elaborado por: Los Autores.

### 7.3. Configuración de los Ciclos Semafóricos

La configuración de los ciclos semafóricos en Synchro 8 es una parte crucial ya que ayuda a la optimización del flujo vehicular en intersecciones. Este proceso permite definir la duración y distribución de las fases de los semáforos, ajustándose a las condiciones específicas de tráfico y garantizando una operación eficiente. Los gráficos y parámetros relacionados con los ciclos semafóricos se detallan en el capítulo V correspondiente, donde se explican los tiempos de duración de cada luz. En este apartado, se aborda cómo implementar estos valores en Synchro 8 para una simulación más acorde a la realidad.

**Figura 28**

*Configuración de los ciclos semafóricos.*



*Nota.* Se muestra el detalle del ciclo semafórico, mostrando la distribución de fases, tiempos asignados a cada movimiento y parámetros ajustados para optimizar el flujo vehicular. Elaborado por: Los Autores.

#### 7.4. Implementación de una vía exclusiva para optimización del flujo vehicular.

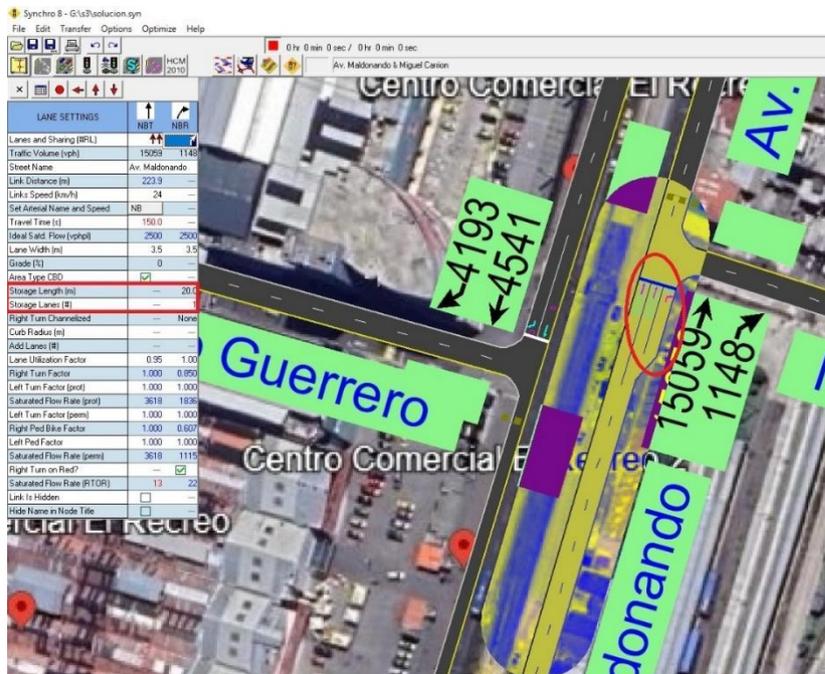
Con el fin de optimizar la congestión vehicular presente en la intersección de la Av. Pedro Vicente Maldonado y la calle Miguel Carrión, se implementó una solución basada en la construcción de una vía alterna destinada exclusivamente para maniobras de giro a la derecha. Esta intervención fue diseñada a partir del análisis de datos obtenidos por el equipo MetroCount para ello se tomó los siguientes datos.

- Estudios de tránsito
- Flujos vehiculares con sus patrones de movilidad.
- Velocidad de circulación.
- Clasificación de vehículos pesados.
- Estudio de espacio para la alterna y el diseño de los sentidos de cada carril con sus dimensiones correspondientes.

Para el análisis del incremento del acceso exclusivo a la derecha según la NEVI-12 las características de las corrientes vehiculares, se propone que el tramo tenga un volumen igual o superior a 1000 vehículos/día y una velocidad menor a 50 km/h debe tener una distancia de 40 a 60 metros, pero según Norma 3.1-IC Trazado para una vía urbana con una velocidad de menor a 50km/h la longitud de este tramo será de al menos 20 metros. Se llevará a cabo un estudio de tráfico que evalúe las intensidades horarias de las vías conectadas por la intersección, y se estimará el tamaño de la vía necesario para permitir el flujo de tráfico requerido. Este análisis también tendrá en cuenta las demoras causadas por la maniobra de giro a la derecha, lo que afectará el dimensionamiento del tramo destinado a la espera y el giro. Dicho tramo debe ser suficiente para albergar a los vehículos antes de realizar la maniobra de giro a la derecha o izquierda hacia la intersección, así como después de haberse incorporado tras el giro.

**Figura 29**

*Ramal de acceso a la calle Miguel Carrión.*



*Nota:* Se muestra la configuración del ramal de acceso a la calle Miguel Carrión, con una longitud total de 20 metros, mostrando los parámetros de diseño y su integración en el modelo vial vehicular. Elaborado por: Los Autores a través de la Norma 3.1- IC Trazado.

### 7.5. Configuración de las maniobras de parqueo.

Para las simulaciones de tráfico, el término "sin almacenamiento" se refiere a la falta de espacio dedicado o reservado para que los vehículos livianos o buses puedan esperar o acumularse mientras realizan ciertas maniobras, como giros a la derecha, a la izquierda o incluso para estacionarse.

Mientras que para el termino de almacenamiento en el diseño de carriles se refiere a un área adicional de la vía (generalmente un carril separado o una sección ampliada) destinada a:

- Retener vehículos que esperan realizar una maniobra, como un giro a la izquierda o derecha.
- Evitar interferencias con el flujo de tráfico principal, permitiendo que los vehículos que van directo (thru) continúen sin obstruccion

**Tabla 21**

*Valores sugeridos para maniobras de parqueo.*

**Table 6-2 Parking Maneuver Coding Examples**

Parking	Lanes	Left Parking	Thru Parking	Right Parking
20 right side	1 Th, 1 Rt (no storage)	0	0	20
20 right side	1 Th, 1 Rt (yes storage)	0	20	20
20 right side	2 Th	0	20	0
20 right, 10 left	1 Lt, 1Th, 1 Rt (no storage)	10	0	20
20 right, 10 left	1 Lt, 1 Th, 1 Rt (yes storage)	10	30	20
20 right, 10 left	2 Th	0	30	0

*Nota.* Se muestra la tabla maniobras en parqueo tanto a la derecha como la izquierda.

Fuente: Guía Traffic Signal Software-User Guide

Donde:

**1 Th, 1 Rt (no storage):**

- Hay un carril para tráfico directo (**Th**) y un carril para giros a la derecha (**Rt**), pero no hay una sección separada (ni bahía) para que los vehículos que giran a la derecha esperen. Esto significa que los vehículos que quieren girar a la derecha lo hacen desde el carril principal, posiblemente bloqueando a otros.

**1 Th, 1 Rt (yes storage):**

- En este caso, hay un carril exclusivo para giros a la derecha, y también **un espacio reservado (bahía o carril separado)** donde los vehículos pueden acumularse sin interferir con los demás.

**Figura 30**

*Resultados de flujo de saturación.*

Left Turn Factor (prot)	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	1863	1583
Left Turn Factor (perm)	1.000	1.000
Right Ped Bike Factor	1.000	1.000
Left Ped Factor	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	1863	1583
Right Turn on Red?	—	<input checked="" type="checkbox"/>

Left Turn Factor (prot)	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (prot)	3618	1836
Left Turn Factor (perm)	1.000	1.000
Right Ped Bike Factor	1.000	0.607
Left Ped Factor	1.000	1.000
Saturated Flow Rate (perm)	3618	1115
Right Turn on Red?	—	<input checked="" type="checkbox"/>

*Nota:* Se observa que al aumentar el número de autos en maniobra se observa que el número de flujo final disminuye. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 31**

*Resultados de flujo de saturación.*



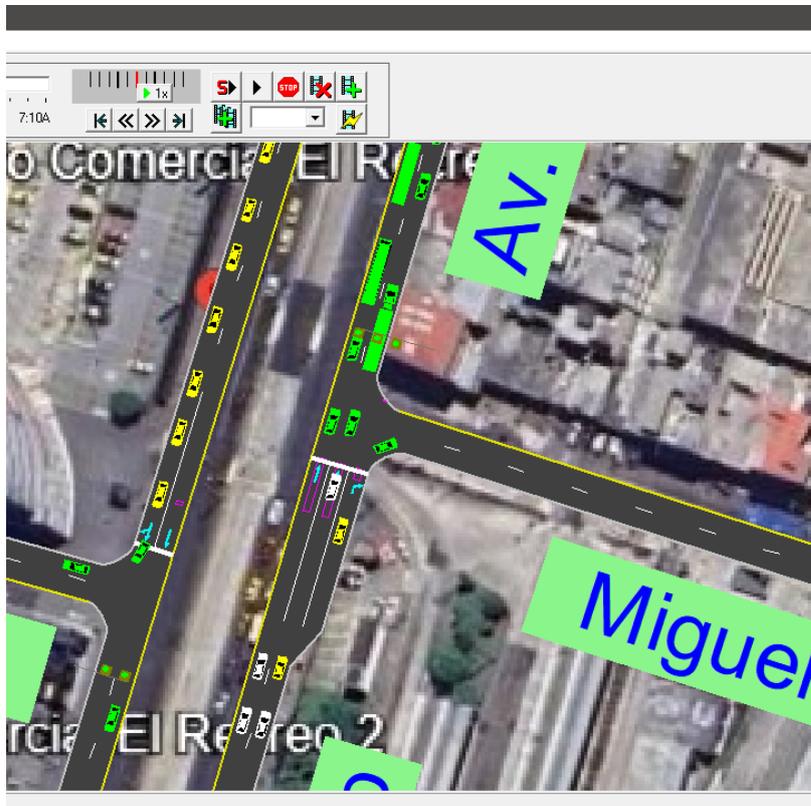
*Nota:* Flujo vehicular final. Elaborado por: Los Autores.

La implementación de una vía alterna exclusiva para giros a la derecha en la intersección influye de manera compleja en la congestión vehicular, de acuerdo a la configuración del programa Synchro 8 los resultados obtenidos en el análisis. El ramal de giro adicional aumentaría la capacidad de flujo disminuyendo gradualmente la congestión decir el flujo saturado, pasando a 3,618 veh/hr este valor representa la cantidad de vehículos que puede pasar por una intersección o tramo sin que se generen congestiones extremas que afecten la fluidez del tráfico.

Este valor representa la cantidad de vehículos que puede pasar por una intersección o tramo sin que se generen congestiones extremas o que afecten la fluidez del tráfico. El caudal saturado permisible ayuda a identificar el punto en el que se debe mejorar la infraestructura o ajustar los tiempos de los semáforos para evitar que el tráfico se vuelva ineficiente.

**Figura 32**

*Configuración de la vía alterna exclusiva para giro a la derecha.*



*Nota:* Se muestra el incremento de la vía con una longitud de 20 metros. Elaborado por: Los Autores a través de la Norma 3.1- IC Trazado.

El incremento de una vía alterna exclusiva para giros a la derecha en una intersección previamente congestionada presenta varios beneficios clave. En primer lugar, la creación de esta vía permite una mayor fluidez en el tránsito, al separar los vehículos que giran a la derecha del resto de los vehículos que continúan rectos, reduciendo los puntos de conflicto y mejorando la eficiencia del flujo vehicular.

La comparación de los datos obtenidos en el simulador Synchro 8 revela una mejora en el flujo vehicular permanente cuando se implementa una calle exclusiva para giros a la derecha, pasando de **3536 veh/h** a **3458 veh/h**. Este incremento de **78 veh/h**

sugiere que la vía exclusiva reduce los conflictos entre los vehículos que realizan en la derecha y los que siguen de manera lineal su trayectoria.

Esto no solo disminuye los tiempos de espera para los conductores que giran a la derecha, sino que también contribuye a reducir la congestión general en la intersección al evitar que los vehículos en espera de un giro bloqueen los carriles principales. Además, la vía alterna exclusiva incrementa la seguridad vial al minimizar las maniobras riesgosas y la posibilidad de colisiones, facilitando un tránsito más organizado y predecible.

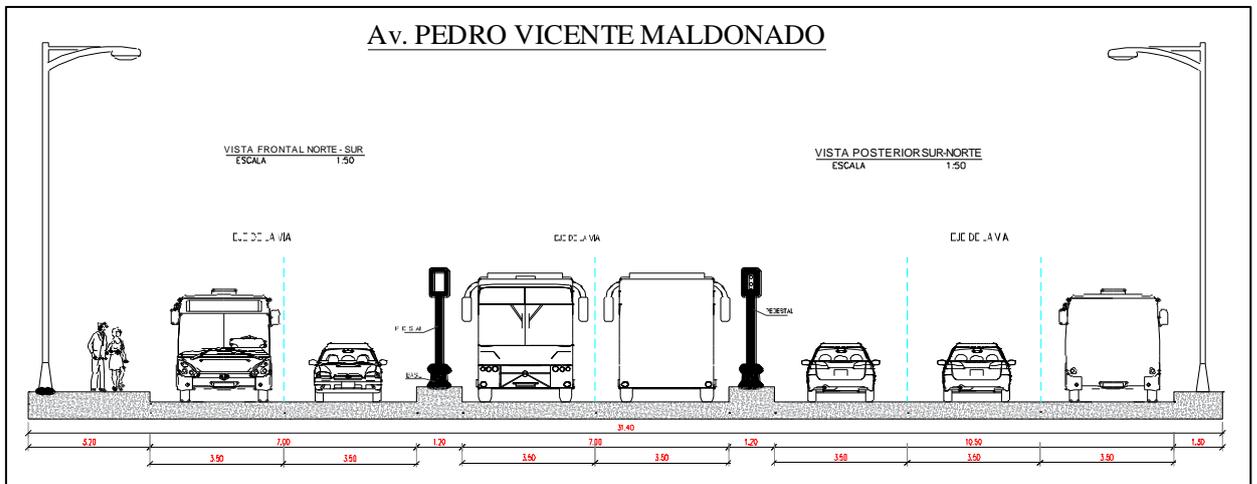
#### 7.6. Eliminación de la infraestructura peatonal.

La demolición de la calzada es una intervención necesaria para el rediseño de la vía que busca mejorar la movilidad y la seguridad en las intersecciones urbanas. En este caso, la creación de una vía exclusiva para el giro a la derecha tiene como objetivo optimizar los flujos vehiculares, reducir tiempos de espera y minimizar conflictos entre los diferentes modos de transporte.

Esta medida implica la remoción de infraestructura existente, como pavimento, bordillos o áreas peatonales, para habilitar un espacio que permita el tránsito continuo de vehículos que realizan el giro. Este tipo de intervenciones debe ser cuidadosamente planificado para garantizar que los beneficios esperados, como la descongestión de la intersección y la mejora en la capacidad vial, se logren sin comprometer la seguridad de los peatones y otros usuarios de la vía.

**Figura 33**

*Configuración de la vía alterna exclusiva para giro a la derecha.*



*Nota.* Se muestra el incremento de la vía. Elaborado por: Los Autores.

### 7.7. Incremento de señales preventivas

Las señales preventivas, estas señales tienen como objetivo advertir a los conductores sobre posibles riesgos más adelante. Su función es señalar la necesidad de adoptar precauciones adicionales, como disminuir la velocidad o realizar maniobras específicas. Se colocan a una distancia mínima de 100 metros en áreas urbanas y a 150 metros en carreteras rurales, antes de llegar al área de peligro.

Según Ingeniería de Transito (2018): Los criterios técnicos que pueden respaldar la implementación de señales preventivas son los siguientes:

- Alteraciones en el trazado horizontal y vertical debido a la presencia de curvas.
- Intersecciones con otras vías o calles, así como cruces de ferrocarril.
- Variaciones en el número de carriles y modificaciones en el ancho de la calzada.
- Pendientes que representan un peligro para los conductores.

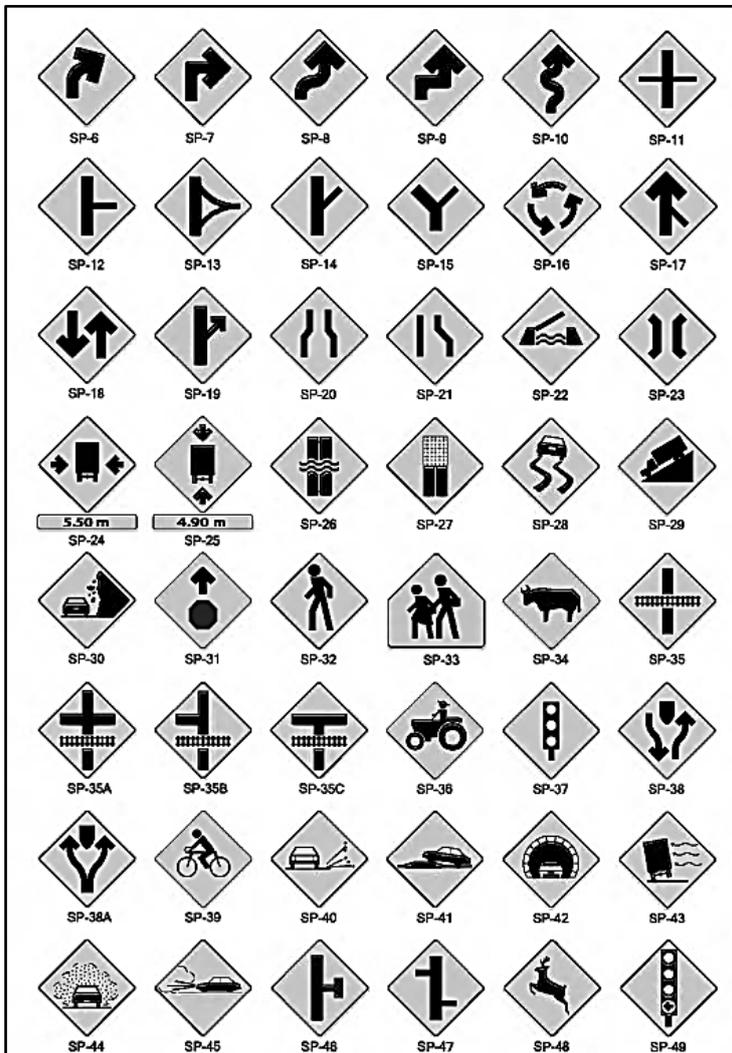
- Cercanía a cruces con semáforo o lugares donde se debe detener el vehículo.
- Zonas de paso para peatones, cruces escolares y rutas para bicicletas.
- Deficiencias en la superficie de la carretera o calle, como baches o irregularidades.
- Existencia de deslizamientos de tierra, grava suelta, entre otros peligros.
- Señales previas sobre dispositivos de control debido a trabajos en la vía.

Las señales preventivas se clasifican en los siguientes grupos o series:

- P1 Conjunto de alineamientos
- P2 Conjunto de cruces y enlaces
- P3 Conjunto de acercamientos a dispositivos de regulación de tráfico
- P4 Conjunto de dimensiones, alturas, longitudes y cargas permitidas
- P5 Conjunto de distribución de carriles
- P6 Conjunto de obstáculos y condiciones especiales en la carretera
- P7 Conjunto relacionado con el tránsito peatonal
- P8 Conjunto adicional o complementario

**Figura 34**

*Señales Preventivas.*



*Nota.* La figura muestra los diferentes tipos de señales preventivas en carreteras. Fuente: Ingeniería de Transito (2018)

### 7.7.1 Especificaciones técnicas para el control de intersecciones

Existen algunas especificaciones técnicas según la norma INEN correspondientes o, en su defecto con las de la norma ASTM D 4956.

### 7.7.2. Color.

Los colores estándar para las señales son los siguientes y deben ajustarse a las especificaciones establecidas.

- **NEGRO:** Se emplea para los símbolos, textos y flechas en señales con fondo blanco, amarillo, verde limón y naranja, especialmente en señales de advertencia. También se usa para el texto y el fondo en señales de orientación vial.
- **AMARILLO:** Se utiliza para los símbolos, textos y flechas en señales con fondo blanco, amarillo, verde limón y naranja, en marcas de advertencia, así como para los textos y el fondo en señales de dirección vial.

### 7.7.3. Tipos de letras.

Los alfabetos normalizados empleados en los mensajes de las señales descritas en este Reglamento deben ajustarse a lo establecido en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004: “Señalización vial. Parte 4. Alfabetos normalizados”. Estos alfabetos incluyen seis series de letras mayúsculas y números, identificadas como series A a F, en variantes angosta, media y ancha. Adicionalmente, se contempla una serie especial denominada "E modificada", caracterizada por letras más gruesas que las de la serie E estándar, así como una serie de letras minúsculas "Lm", diseñadas para su uso conjunto y exclusivo con las mayúsculas de la serie E modificada. (RTE INEN 004, 2021)

Las letras minúsculas se emplean en señales informativas relacionadas con direcciones, distancias y abreviaciones, como "m" (metro), "km" (kilómetros) y "t" (toneladas).

**Tabla 22**

*Distancia de señales normalizadas.*

<b>SERIE DE LETRAS</b>	<b>DISTANCIA DE LEGIBILIDAD EN METROS POR 10 mm DE TAMAÑO DE LETRA</b>
C	5 m
D	6 m
E	7 m
E modificada	7,5 m*

*Nota.* Distancia de señales normalizadas. Fuente: RTE INEN 004: “Señalización vial.

Parte 4 Elaborado por: Los autores.

#### 7.7.4. Uniformidad de ubicación

Las señales deben colocarse principalmente en el lado derecho de las carreteras. No obstante, en casos específicos establecidos en este Reglamento, es posible duplicarlas en el lado izquierdo o colocarlas en una posición elevada sobre la vía. Al proceder con su instalación, se deben tomar precauciones para asegurarse de que las señales no se bloqueen entre sí ni se vea comprometida su visibilidad, especialmente en las zonas de intersección.

#### 7.7.5. Colocación lateral y altura

Las reglas para la ubicación lateral de señales al costado de las vías, soportes de estructuras para señales aéreas y, altura de montajes de estas señales son las siguientes:

- a) La colocación lateral se mide desde el filo de la vía al borde de la señal más cercano a la vía; y
- b) La altura, debe ser desde la proyección de la superficie de la calzada al lado inferior de la señal, o del filo inferior de la señal más baja en poste con varias señales.

- **Ubicación lateral en zonas urbanas:**

En las calles urbanas que disponen de aceras, las señales deben colocarse a una distancia mínima de 300 mm y máxima de 1,00 m del borde del bordillo. En aquellos casos donde se encuentren bordillos montables o semi-montables, como los ubicados en parterres o islas de tránsito, la separación mínima debe ser de 500 mm.

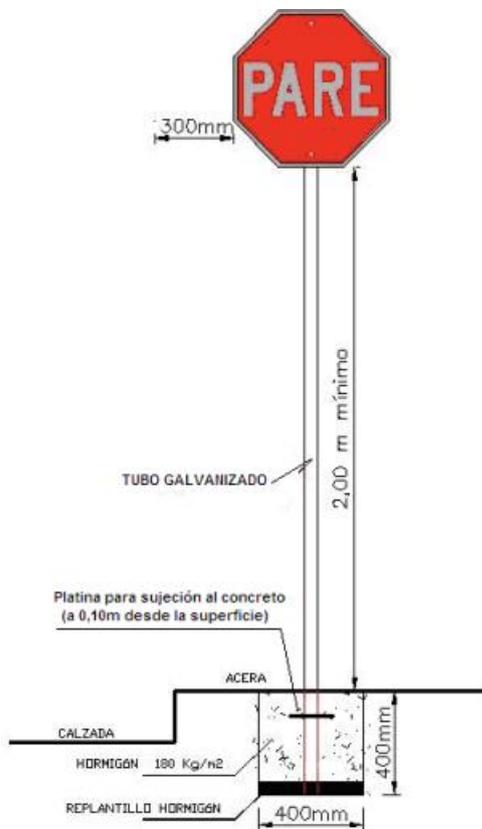
Para las vías urbanas sin aceras o en arterias diseñadas para tránsito rápido, se recomienda seguir las distancias mencionadas, ajustándolas conforme a las características del diseño y el entorno vial.

- **Altura en zonas urbanas:**

En las calles urbanas con aceras, para asegurar que los peatones puedan transitar sin obstáculos, la altura mínima para la instalación de las señales debe ser de 2,00 m desde la superficie de la acera hasta la parte inferior de la señal. No obstante, para reducir las posibles obstrucciones causadas por vehículos estacionados, se sugiere elevar esta altura a 2,20 m. En zonas donde ni los peatones ni los vehículos estacionados se vean afectados, como en islas de tránsito o parterres, estas recomendaciones de altura podrían no ser necesarias.

**Figura 35**

*Altura reglamentaria de la señalización vial en zona urbana.*



*Nota.* Se presentan los valores mínimos de altura reglamentaria de la señalización vial.

Fuente: RTE INEN 004-1 (2011),

### 7.8. Cruce peatonal con prioridad (P3-4)

Informa al conductor sobre la presencia más adelante de un paso peatonal marcado con señales (P6-1). Requiere que el vehículo reduzca su velocidad y esté preparado para detenerse, otorgando prioridad a los peatones que crucen por esa zona. Debe emplearse siempre que haya un paso peatonal indicado tanto por señales verticales (P6-1) como por marcas horizontales (cruce cebra), y cuando se cumplan las condiciones establecidas en la normativa.

**Tabla 23**

*Dimensiones de señales normalizadas.*

Código No.	Dimensiones (mm)
	600 x 600
P3-5B	750 x 750
P3-5C	900 x 900

*Nota.* Se presenta la tabla de las dimensiones normalizadas. Elaborada por: Los Autores.

**Figura 36**

*Señalización Preventiva.*



*Nota.* Se presentan la señalización preventiva. Fuente: RTE INEN 004-1 (2011)

#### 7.9. Propuesta de Implementación de la Señalización Preventiva

Con el objetivo de mejorar la seguridad vial y regular el flujo vehicular en la intersección de la Calle Puente Luro Guerrero y Av. Pedro Vicente Maldonado, se propone la instalación de una señal de tránsito reglamentaria de "Cruce peatonal con prioridad".

Promoviendo un entorno que priorice la protección de los peatones en puntos de cruce identificados como críticos por su flujo de usuarios vulnerables y la intensidad del tráfico vehicular.

Esta señal, debe ser reflectiva para garantizar su visibilidad tanto de día como de noche, será colocada a una distancia adecuada (entre 30 y 50 metros antes del cruce

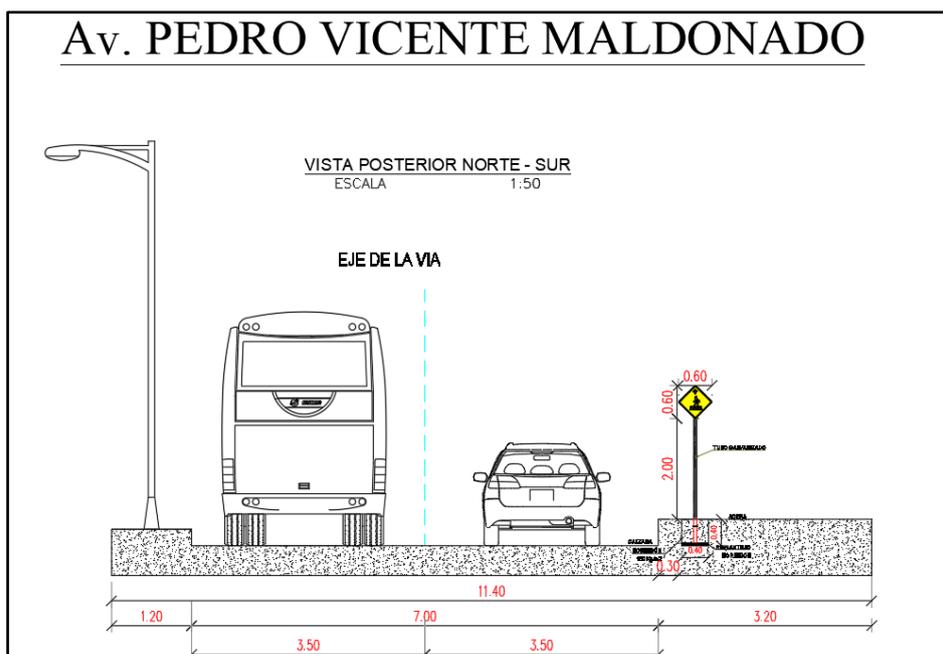
peatonal en áreas urbanas) dependiendo de la velocidad permitida en la vía para garantizar su visibilidad a los conductores que se aproximan.

La altura de instalación de la señal será de entre 2 metros desde el nivel del suelo, asegurando su correcta visualización. Además, se debe instalar en vías de alta velocidad ( $\geq 60$  km/h), la distancia puede extenderse hasta 150 metros, garantizando un tiempo adecuado de reacción para los conductores.

Esta medida busca reducir conductas inapropiadas de los conductores, como el exceso de velocidad o la falta de respeto al derecho de paso de los peatones y mejorar la comunicación visual entre conductores y peatones, permitiendo una mayor previsibilidad en los movimientos de ambos. Con esta intervención, se espera mejorar el flujo vehicular, incrementar la seguridad de los usuarios de la vía y garantizar el cumplimiento de las normativas de tránsito, contribuyendo a un entorno vial más seguro y ordenado.

### Figura 37

*Instalación de la señalización.*



*Nota.* Se aprecia la señalización instalada en la Av. Pedro Vicente Maldonado.

## 7.10. Plan de Manejo Ambiental

El plan de manejo ambiental contempla las medidas necesarias para corregir o mitigar los impactos ambientales negativos derivados de las actividades, con el fin de alcanzar un equilibrio ecológico según la normativa ambiental vigente. Este plan abarca tanto el área de influencia directa como indirecta de la intersección, y se enfoca en la prevención de la contaminación, garantizando un desarrollo sostenible y en armonía con la comunidad circundante.

- **Construcciones viales**

Las infraestructuras viales se planifican para facilitar el tránsito de personas, mercancías y en vehículos y su principal propósito es el traslado de productos, bienes materiales, alimentos, entre otros. Estas infraestructuras incluyen obras como ferrocarriles, carreteras, autopistas, puentes y túneles.

- **Demolición y remoción**

En los procesos de construcción, como la ampliación de una vía adicional, puede ser necesario realizar demoliciones parciales o totales en las áreas específicas de las estructuras existentes. Además, se lleva a cabo la remoción de materiales, así como las labores de carga y descarga resultantes de la demolición. Durante estas actividades, se debe garantizar la protección de las infraestructuras de servicios públicos y privados, como el suministro de agua potable o los cables de telefonía subterráneos, que podrían verse impactados por la realización de la obra.

- **Excavación y retiro**

Esta fase implica nivelar la rasante según los estudios previos y los planos constructivos, así como la remoción de los materiales necesarios para la construcción de una vía adicional. Los materiales excavados serán transportados

por vehículos pesados, como volquetas, y depositados en los sitios destinados para su disposición. Es importante gestionar adecuadamente los desechos generados durante las excavaciones para evitar la contaminación del suelo, como el taponamiento de alcantarillas o las obstrucciones viales.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) tiene como propósito evaluar, identificar y analizar los posibles efectos ambientales que puedan derivarse de un proyecto o actividad y mejorar las acciones que puedan afectar negativamente la calidad del entorno ecológico, tanto de los elementos bióticos como abióticos. Este estudio busca minimizar los impactos en la vida de los seres vivos, considerando el efecto de los nuevos proyectos sobre los ecosistemas. La información recolectada durante el proceso es clave para llevar a cabo la Evaluación de Impacto Ambiental.

Se destaca la importancia de la línea base ambiental, que proporciona una descripción detallada del entorno del proyecto en un momento determinado, permitiendo así evaluar los posibles cambios en el área después de la ejecución del proyecto. El proceso de evaluación se divide en tres etapas:

- ✓ Evaluación del estado actual del sector.
- ✓ Análisis durante la ejecución del proyecto.
- ✓ Evaluación de los efectos posteriores a la ejecución del proyecto.

Áreas de influencia: Región geográfica donde se concentrarán los impactos ambientales más significativos ocasionados por la construcción del proyecto.

**Figura 38**

*Delimitación de área directa y área indirecta.*



Área de influencia directa (AID) —————

Área de influencia indirecta (AII) —————

*Nota.* Se área de influencia se delimita en función de los aspectos ambientales. Elaborado por: Los Autores a través de Google Earth Pro.

- **Producción de Dióxido de Carbono en la Construcción de una Vía**

La construcción de una vía genera emisiones significativas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) debido al uso de maquinaria pesada, transporte de materiales, actividades de construcción y producción de insumos como el cemento y el asfalto. Para mitigar estos impactos, el Plan de Manejo Ambiental (PMA) propone las siguientes medidas:

- **Optimización del uso de maquinaria**

Implementar un mantenimiento preventivo de la maquinaria para garantizar su eficiencia y reducir las emisiones. Promover el uso de equipos modernos con tecnologías de bajas emisiones.

- **Planificación eficiente de transporte**

Reducir los desplazamientos innecesarios optimizando las rutas de transporte de materiales. Utilizar vehículos de carga con mayor capacidad para minimizar viajes.

- **Uso de materiales sostenibles**

Priorizar el uso de materiales locales y reciclados, disminuyendo las emisiones asociadas al transporte y producción. Fomentar el uso de cemento ecológico y mezclas de pavimento con menor huella de carbono.

El cumplimiento de estas medidas garantizará una disminución considerable de las emisiones de dióxido de carbono, contribuyendo a un desarrollo vial sostenible y responsable con el medio ambiente.

- **Compensación:**

Promover el uso de transporte público y bicicletas para reducir la cantidad de vehículos particulares en la zona. Considerar incentivos para reducir el impacto, como descuentos en transporte público durante el periodo de construcción.

El crecimiento de la infraestructura vial y el aumento vehicular han generado una creciente complejidad en la planificación y operación del tránsito urbano. Entre los diversos tipos de vehículos que transitan por las vías, los vehículos pesados (como camiones, autobuses y tráileres) tienen un impacto significativo debido a

su mayor peso y dimensiones, lo que afecta tanto la capacidad estructural de la vía como la dinámica del flujo vehicular.

El porcentaje de vehículos pesados en una intersección es un parámetro crítico en el diseño y análisis vial, ya que influye directamente en aspectos como la capacidad de la vía, los tiempos de espera, la vida útil del pavimento y la seguridad vial. Estos vehículos imponen mayores cargas sobre el pavimento, acelerando su deterioro, y suelen requerir más tiempo para maniobrar, lo que afecta la fluidez del tránsito y puede generar congestiones en puntos estratégicos como intersecciones.

## CAPÍTULO VIII

### ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

#### 8.1. Determinación de los Beneficios

La implementación de un nuevo carril en la Av. Pedro Vicente Maldonado (sentido sur-norte) y la colocación de señalización horizontal y vertical en el mismo corredor vial (sentido norte-sur) presentan beneficios específicos que impactan positivamente en la funcionalidad, seguridad y eficiencia de la intersección. Estos beneficios se desglosan a continuación:

- **Mayor Capacidad Vial:**

La construcción de un carril adicional en el sentido sur-norte incrementa la capacidad de la vía, permitiendo el paso de un mayor volumen vehicular y reduciendo los niveles de congestión, especialmente durante horas pico.

- **Facilitación del Tránsito Peatonal y Vehicular:**

La incorporación de señalización horizontal y vertical en el sentido norte-sur mejora la orientación para conductores y peatones, reduciendo incertidumbres y mejorando la experiencia de desplazamiento por la intersección.

- **Mayor Seguridad Vial:**

La señalización clara y bien ubicada disminuye la probabilidad de accidentes, delimitando zonas de cruce, estableciendo límites de velocidad y priorizando los flujos vehiculares y peatonales.

- **Reducción de Costos por Retrasos:**

El aumento de capacidad vial minimiza tiempos de espera y congestión, reduciendo costos asociados al consumo de combustible y al desgaste vehicular por detenciones prolongadas.

- **Incentivo para el Comercio Local:**

La mejora en la movilidad vehicular fomenta el acceso a negocios y servicios en la zona, impulsando el desarrollo económico de las áreas circundantes.

- **Optimización de Recursos Públicos:**

La señalización es una solución de bajo costo y rápida implementación que mejora significativamente la operatividad y funcionalidad de la intersección sin requerir inversiones desproporcionadas.

- **Menor Consumo de Combustible:**

La ampliación de la vía, junto con un flujo vehicular más eficiente, reduce el tiempo que los vehículos permanecen detenidos o en ralentí, optimizando el consumo de combustible.

- **Disminución de Emisiones Contaminantes:**

La menor duración de las detenciones en la intersección contribuye a una disminución en la emisión de gases contaminantes como CO<sub>2</sub>, reduciendo el impacto ambiental del tránsito vehicular.

- **Optimización del Diseño Geométrico:**

La ampliación de la vía y la incorporación de señalización técnica mejoran la distribución del tránsito, disminuyendo los puntos de conflicto y el desgaste de la infraestructura vial existente.

- **Estandarización de la Señalización:**

La señalización horizontal y vertical implementada cumple con normativas técnicas y estándares viales, promoviendo la uniformidad en la conducción y aumentando la seguridad para los usuarios.

- **Fluidez en el Tránsito:**

La incorporación del carril adicional en el sentido sur-norte favorece el flujo continuo de vehículos, descongestionando la intersección y mejorando la conectividad entre sectores urbanos.

- **Ordenamiento Vial:**

La señalización horizontal y vertical organiza de manera eficiente los movimientos vehiculares y peatonales, reduciendo conflictos y asegurando una operación vial más ordenada y segura.

## 8.2. Presupuesto General del Proyecto

**Tabla 24**

*Presupuesto del Proyecto.*

<b>PRESUPUESTOS VIALES</b>					
<b>UBICACIÓN: AV. PEDRO VICENTE MALDONADO</b>					
<b>SENTIDO SUR - NORTE</b>					
<b>No.</b>	<b>Rubro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Precio Total (USD)</b>
<b>1</b>	<b>RUBROS VIALES</b>				
1,1	REMOCIÓN DE HORMIGÓN (ACERAS, BORDILLOS, PAVIMENTO)	M3	60,00	31,85	1911,00
1,2	EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA ESTRUCTURAS	M3	16,00	5,00	80,00
1,3	SUB-BASE CLASE3	M3	180,00	11,71	2107,80
1,4	BASE CLASE 2	M3	120,00	15,5	1860,00
1,5	ASFALTO RC PARA IMPRIMACIÓN	LT	57480,00	0,86	49432,80
1,6	CAPA DE RODADURA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO MEZCLADO EN PLANTA	M2	300,00	7,92	2376,00
1,7	BORDILLOS DE HORMIGÓN (f'c=210kg/cm2)	M3	60,00	16,28	976,80
<b>SUBTOTAL</b>					<b>59009,60</b>
<b>UBICACIÓN: PUENTE LAURO GUERRERO</b>					
<b>SENTIDO ESTE - OESTE</b>					
<b>2</b>	<b>ACABADOS</b>				
2,1	SEÑALES REGULATORIAS	U	1	250,18	250,18
2,2	PINTURA PARA LA SEÑALIZACIÓN	M2	6	4,37	26,22
2,3	PINTURA DE TRÁFICO	M2	70,00	1,20	144000,00
2,4	POSTES Y ANCLAJES	U	2	50	100,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>144376,40</b>
<b>TOTAL</b>					<b>203386,00</b>

*Nota. Se determina el Presupuesto General del Proyecto. Elaborado por: Los Autores.*

## CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido realizar un análisis y técnico de los diversos aspectos relacionados con la intersección vial de las avenidas Miguel Carrión, Pedro Vicente Maldonado y Puente Lauro Guerrero, ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito.

Con la realización del conteo automático el diagnóstico de la evaluación de los flujos vehiculares en las horas pico revela una congestión significativa, especialmente en los accesos al centro comercial y la estación de metro, lo cual genera demoras considerables y reduce la capacidad operativa de la intersección.

Identificación de puntos críticos se evidenció que los giros hacia la derecha y la izquierda en las intersecciones presentan alta densidad vehicular, ocasionando demoras significativas y aumentando el riesgo de accidentes debido a la falta de infraestructura adecuada y señalización deficiente.

En base a estos datos se implementó las siguientes soluciones como parte de las propuestas de mejoramiento, se diseñó y ejecutó un incremento en el ancho de la vía para el giro a la derecha, lo que permitió un flujo más continuo de vehículos, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la capacidad de la intersección. Además, para la intersección de giro a la izquierda, se incrementó la señalización horizontal y vertical, logrando una mejor orientación para los conductores y disminuyendo los conflictos vehiculares en los puntos de mayor cruce.

El impacto de las actividades comerciales y de transporte público era alta la afluencia de personas debido al comercio y el transporte masivo contribuye a la saturación de la infraestructura, evidenciando la necesidad de soluciones integrales que contemplen estas variables. Con las soluciones implementadas han mostrado resultados positivos en la

redistribución del tráfico vehicular y una mejora en la seguridad vial. Estas acciones también han reducido los tiempos de espera en las intersecciones y fomentado una circulación más ordenada en la zona de estudio.

Con respecto a la importancia de la señalización la mejora de la señalización ha demostrado ser un factor clave en la organización y seguridad del flujo vehicular, contribuyendo a minimizar la confusión entre los conductores y a prevenir accidentes.

## RECOMENDACIONES

Es recomendable para la optimización de la señalización vial realizar una evaluación periódica de la señalización instalada, tanto vertical como horizontal, para asegurar su correcto mantenimiento y visibilidad. Adicionalmente, es fundamental instalar señalética informativa y preventiva en puntos críticos de la intersección, especialmente en áreas con giros a la izquierda, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las normas de tránsito y mejorar la percepción de seguridad de los usuarios.

La funcionalidad de ampliación de carriles en puntos estratégicos en futuras intervenciones, se sugiere considerar la ampliación de carriles adicionales en zonas donde se identifiquen altos volúmenes de giros, particularmente en giros a la derecha, para evitar cuellos de botella y mejorar el flujo vehicular en horas pico. Esta medida contribuirá a la reducción de tiempos de espera y a un tránsito más eficiente.

Para mejorar educación vial para los usuarios se debe realizar campañas de concienciación dirigidas a los conductores y peatones que frecuentan la intersección, enfatizando la importancia de respetar la señalización y los cambios implementados en la infraestructura. Esto facilitará la adaptación de los usuarios a las nuevas configuraciones y fomentará una cultura de respeto y seguridad vial.

Para una evaluación de los cambios implementados se recomienda establecer un plan de monitoreo continuo de las modificaciones realizadas, como la ampliación del carril de giro a la derecha y la señalización mejorada para giros a la izquierda, para evaluar su efectividad a lo largo del tiempo. Este seguimiento permitirá identificar posibles ajustes necesarios y garantizar el éxito a largo plazo de las soluciones adoptadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, D. (2023). *Validación de los resultados para la obtención del tráfico promedio diario anual (TPDA) mediante el conteo automático y conteo manual, en la vía “Camino a la Rincinada”, Barrio “Jardines Del Occidente”, en la parroquia Chillogallo, Cantón Quito, Provincia Pichincha* [Proyecto de Titulación de grado, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28367>

Adolph, R. (2016). *Ingeniería de tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. 9no Edición.  
Editor Grupo Alfaomega.

Caiza, J., Tiga, A. (2022). *Análisis de tráfico y propuesta de mejoramiento de la movilidad vehicular en la intersección Av. Cardenal de la Torre y Av. Ajaví del Distrito Metropolitano de Quito*. [Proyecto de Titulación de grado, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23984>

Carpino, J., Mejia, I., (2023). *Estudio de tráfico y soluciones al congestionamiento vehicular (Intersección Av. 24 de mayo y Av. Gapal)*. [Proyecto de Titulación de grado, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25421>

Gualotuña, N., Quispe, A. (2022). *Análisis de tráfico y propuesta de mejoramiento de la movilidad vehicular en la intersección av. cardenal de la torre y av. ajaví del distrito metropolitano de quito*. [Proyecto de Titulación de grado, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23984>

Instituto Ecuatoriano de Normalización (2012). Normas para la señalización vial en carreteras y ciudades Quito Ecuador.

[https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/LOT\\_AIP2015\\_reglamento-tecnico-ecuadoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/LOT_AIP2015_reglamento-tecnico-ecuadoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf)

Jiménez, A. (2018). *Impacto de la movilidad urbana en la seguridad vial: Caso de estudio en Quito*. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional de Quito].

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/19517?mode=full>

Ministerio de Transporte y Obras Publicas (2018). Política nacional de movilidad y transporte sostenible Quito Ecuador.

<https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2023/10/Politica-Nacional-de-Movilidad-Urbana-Sostenible-del-Ecuador-2023.pdf>

Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. DG de Carreteras. (2020).

Trazado. Norma 3.1-IC de la Instrucción de Carreteras. 235.

<https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=ICW050>

Ministerio de Transporte y Obras Publicas (2023). Guía técnica de señalización para intersecciones urbanas Quito Ecuador.

[https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/LOTA\\_IP201\\_reglamento-tecnico-ecuadoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/04/LOTA_IP201_reglamento-tecnico-ecuadoriano-rte-inen-004-1-2011.pdf)

M, F. (2015). Estudio de tráfico y planteamiento de una alternativa de solución en las intersecciones Av. Universitaria 18 de septiembre y 18 de septiembre Av. América, en la Ciudad de Quito. [Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador].

<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/7fa26f2b-5a1d-4aad-a64f-d8636edf96e0>

Miramontes, E., Osiris, J., Bencomo, V., Alberto, M., & Esparza, R. (2015). Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica, ISSN-e 2007-0411, Vol. 12, No. 56, 2015, Págs. 51-60, 12(56), 51–60.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7129024&info=resumen&idoma=SPA%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7129024>

Pérez, R. (2018). *Aplicación de software de simulación para optimizar intersecciones en Quito* [Tesis de grado, Universidad Técnica Particular de Loja].

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/19517?mode=full>

Ramírez, L. (2020). *Evaluación del tránsito en intersecciones del sur de Quito* [Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador].

<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/7fa26f2b-5a1d-4aad-a64f-d8636edf96e0>

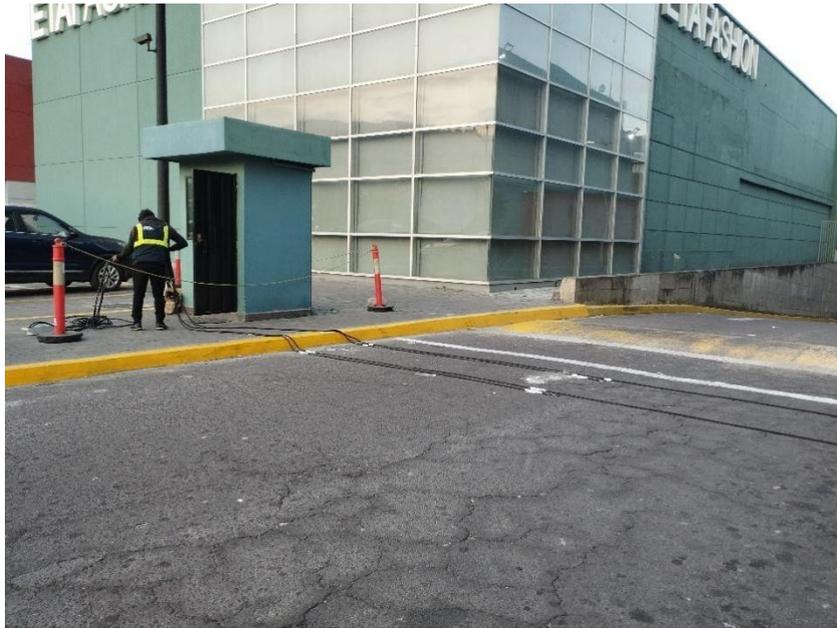
Ramón, G., Saquinanga, L. (2023). *Análisis y solución al congestionamiento vehicular producido en la intersección av. 24 de mayo y Max Uhle de la ciudad de Cuenca*. [Proyecto de Titulación de grado, Universidad Politécnica Salesiana].

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23984>

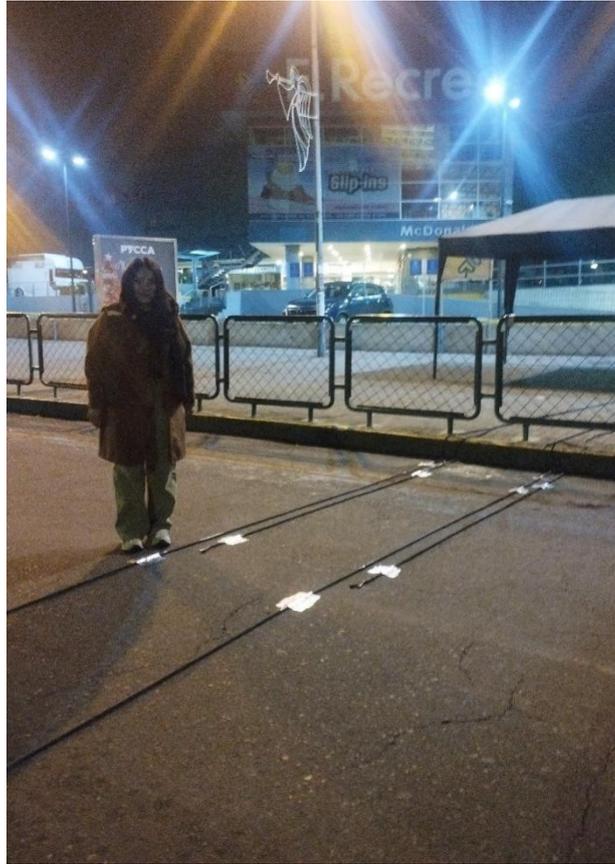
ANEXOS.

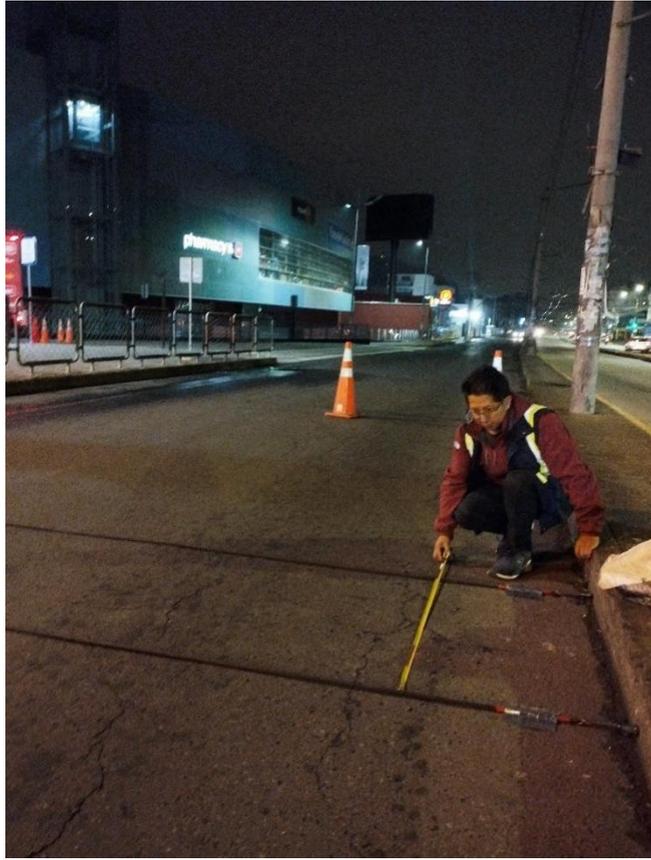






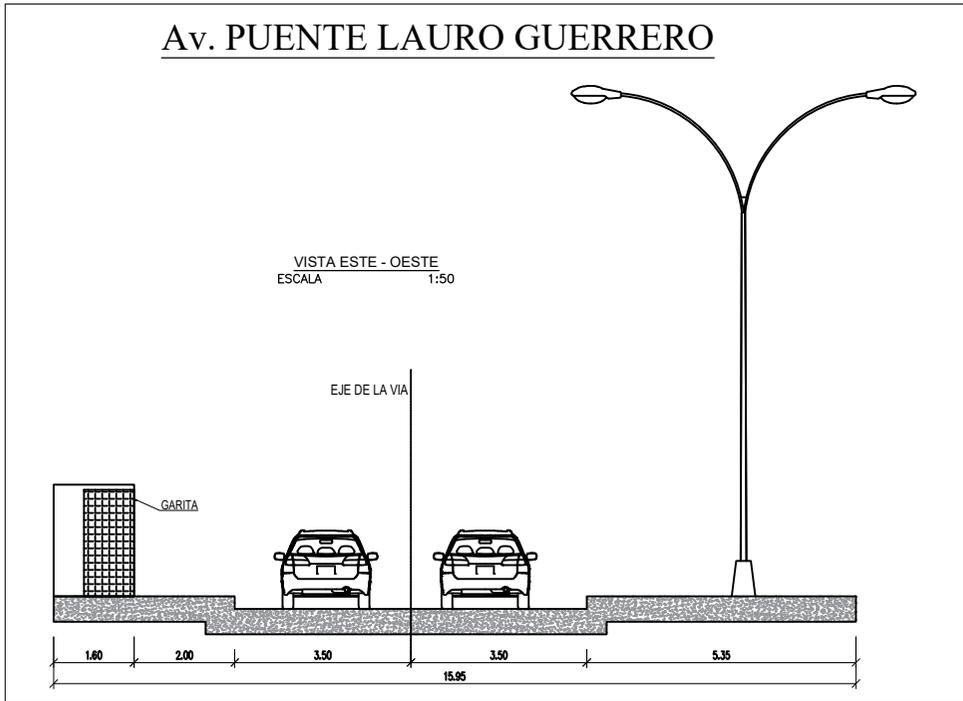




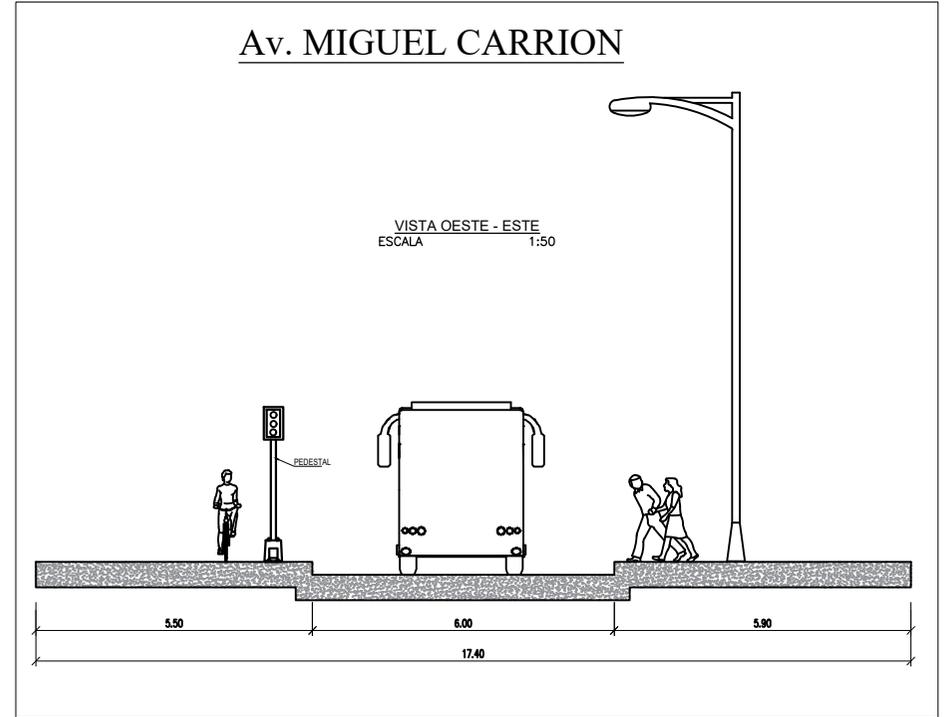




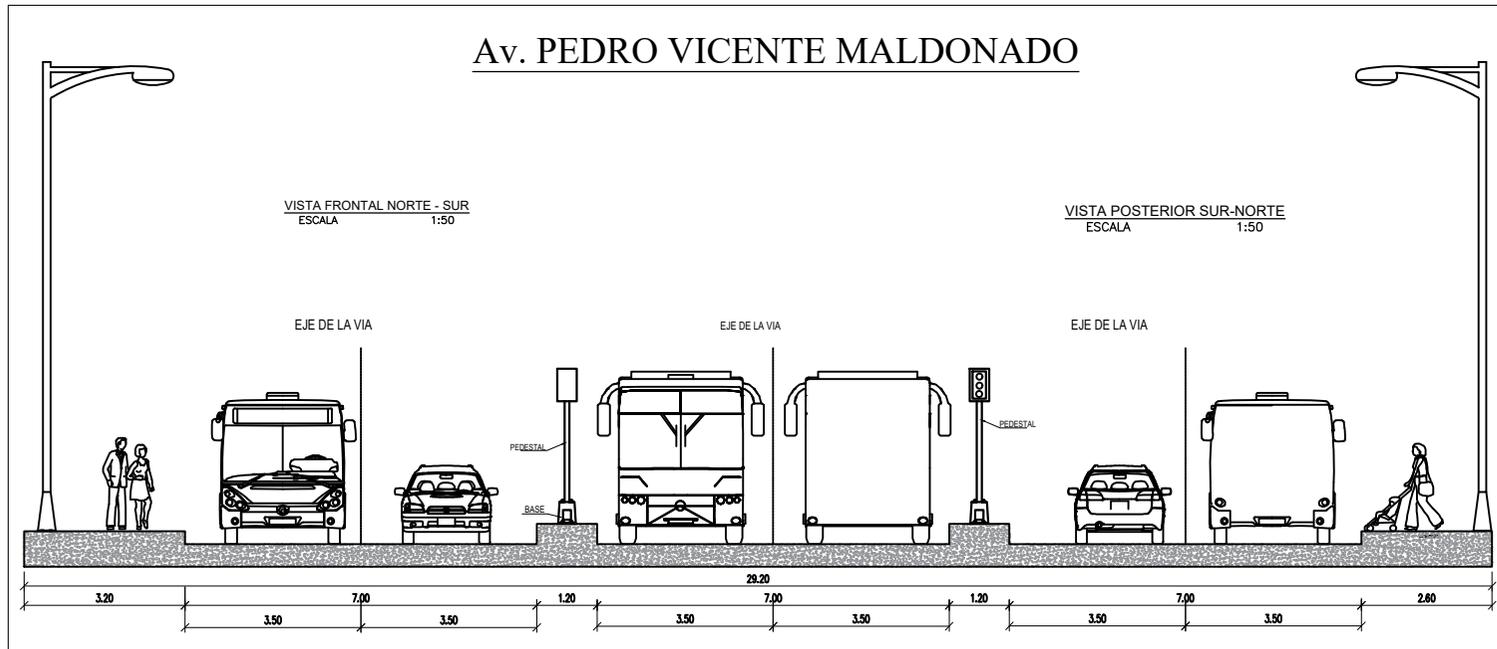
## Av. PUENTE LAURO GUERRERO



## Av. MIGUEL CARRION



## Av. PEDRO VICENTE MALDONADO



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

TEMA:

ESTUDIO DE TRÁNSITO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA INTERSECCIÓN VIAL URBANA DE LAS AVENIDAS "MIGUEL CARRION, AV. PEDRO VICENTE MALDONADO Y PUENTE LAURO GUERRERO", DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO PROVINCIA DE PICHINCHA

CONTIENE: Perfiles de las intersecciones de estudio

UBICACIÓN: Sector EL RECREO

FECHA: 06 de Enero del 2025

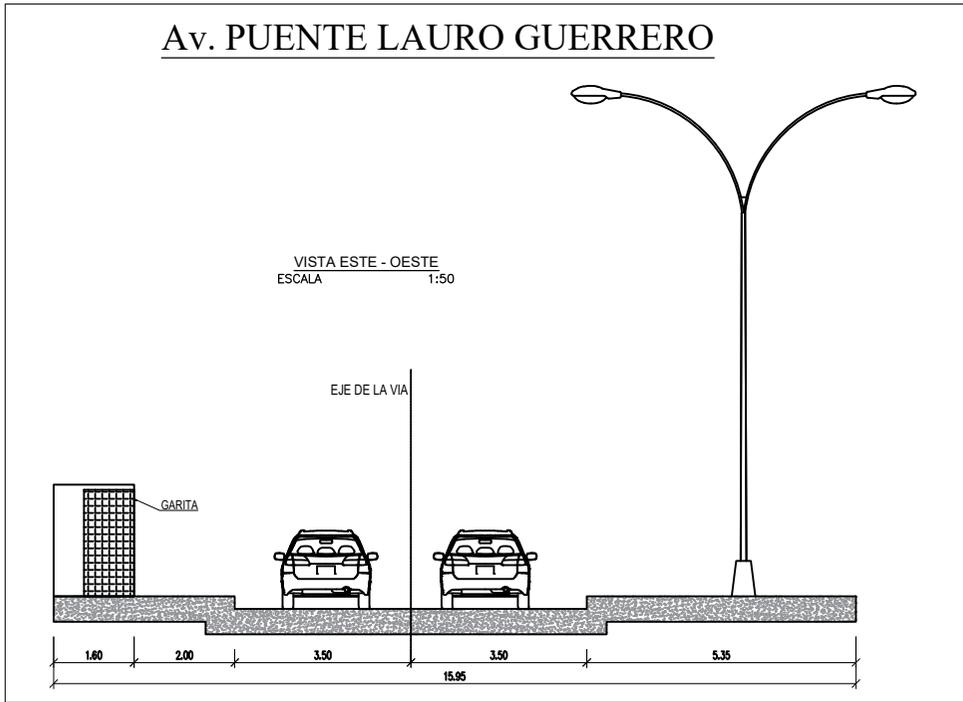
PROVINCIA: PICHINCHA

CUIDAD: QUITO

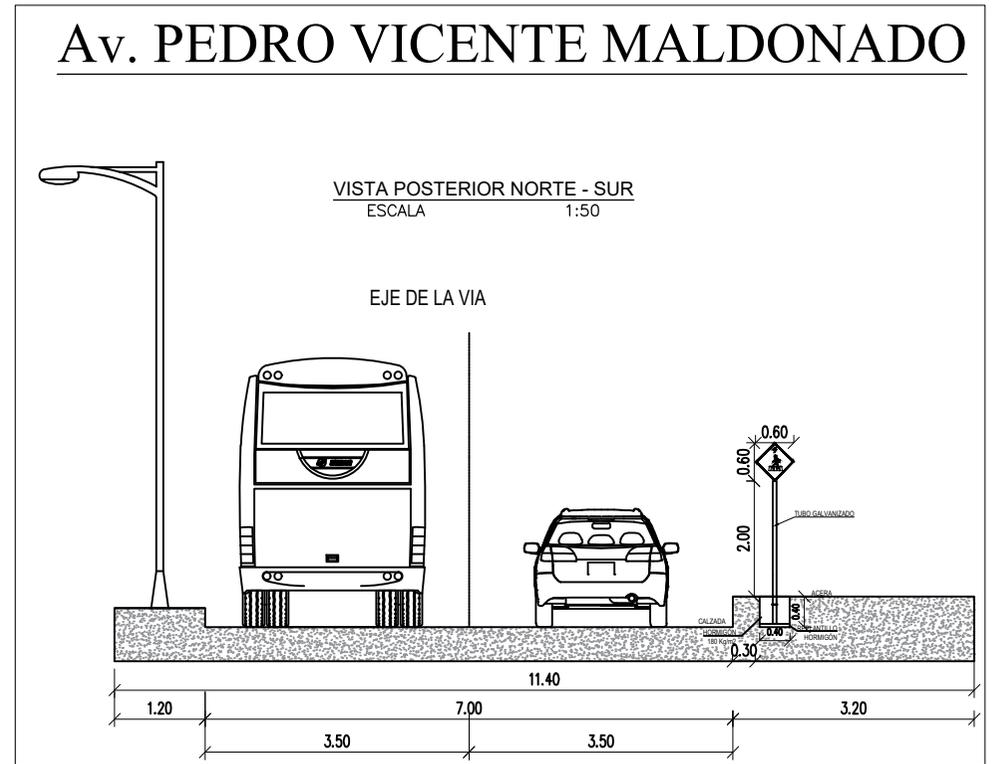
ESCALA: 1/150

ELABORADO: TESISTAS

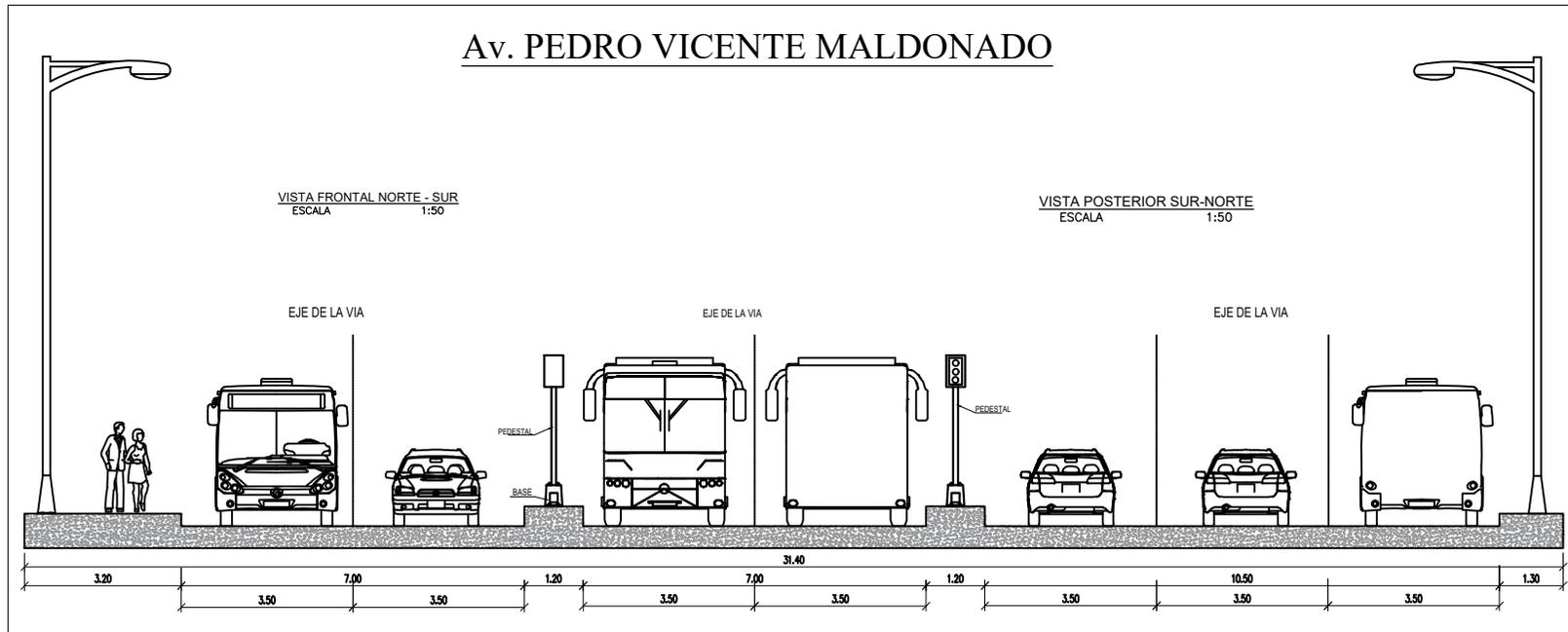
# Av. PUENTE LAURO GUERRERO



# Av. PEDRO VICENTE MALDONADO



# Av. PEDRO VICENTE MALDONADO



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

TEMA:

ESTUDIO DE TRÁNSITO Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LA INTERSECCIÓN VIAL URBANA DE LAS AVENIDAS "MIGUEL CARRION, AV. PEDRO VICENTE MALDONADO Y PUENTE LAURO GUERRERO", DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO PROVINCIA DE PICHINCHA

CONTIENE: Perfiles de las intersecciones de estudio proyeccion alternativa futuro

UBICACIÓN: Sector EL RECREO

FECHA: 06 de Enero del 2025

PROVINCIA: PICHINCHA CUIDAD: QUITO

ESCALA: 1/150 ELABORADO: TESISTAS