

DIAGNÓSTICO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO Y MEDICIÓN DE  
VELOCIDAD A LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE 17 CON CARRERA 15  
DE LA CIUDAD DE PEREIRA

JHONATAN JAVIER ANGULO POSADA  
DIEGO ALEJANDRO GONZÁLEZ BEDOYA  
YOBANI CARDONA MONTOYA

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PEREIRA, RISARALDA  
MAYO 2020

Diagnóstico del volumen de tránsito y medición de velocidad a la Intersección de <sup>ii</sup>  
la Calle 17 con Carrera 15 de la Ciudad de Pereira

Jhonatan Javier Angulo Posada  
Diego Alejandro González Bedoya  
Yobani Cardona Montoya

Trabajo presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil

Director Científico: Henry Martínez Barbosa  
Ingeniero Civil – Especialista en Vías y Transporte

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Civil  
Pereira, Risaralda  
Mayo 2020

## Tabla de Contenidos

iii

INTRODUCCIÓN.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
<i>CAPÍTULO 1</i> .....	4
ESTADO DEL ARTE.....	4
<i>CAPÍTULO 2</i> .....	10
DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
<i>CAPÍTULO 3</i> .....	13
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
<i>CAPÍTULO 4</i> .....	14
MARCOS DE REFERENCIA.....	14
Marco teórico .....	14
Marco Conceptual.....	17
Marco Legal .....	19
Marco Geográfico .....	21
<i>CAPÍTULO 5</i> .....	23
OBJETIVOS .....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
Alcance y limitaciones .....	24
<i>CAPÍTULO 6</i> .....	25
JUSTIFICACIÓN .....	25
<i>CAPITULO 7</i> .....	26
METODOLOGIA.....	26
<i>CAPITULO 8</i> .....	33
RESULTADOS OBTENIDOS.....	33
<i>CAPITULO 9</i> .....	46
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	46
Composición vehicular. ....	47
Análisis de la hora de máxima demanda. (HMD).....	48
Distribución Direccional en la HMD. ....	52
Composición vehicular en la HMD .....	55
Variación horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en la HMD.....	56
ANÁLISIS DE MOVIMIENTO 1.....	58
Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 1 .....	58
Variación horaria del volumen de tránsito del movimiento 1 por tipo de vehículo. ....	60
Composición vehicular en el movimiento 1. ....	61
Hora de Máxima Demanda en el movimiento 1. ....	62
Composición vehicular de la HMD en el movimiento 1. ....	64
ANÁLISIS DE MOVIMIENTO 2.....	67
Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 2.....	67
Variación horaria del volumen de tránsito del movimiento 2 por tipo de vehículo. ....	69
Composición vehicular en el movimiento 2 .....	70

Hora de Máxima Demanda en el movimiento 2 .....	71iv
Composición vehicular de la HMD en el movimiento 2. ....	73
ANÁLISIS DE MOVIMIENTO 3.....	76
Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 3.....	76
Variación horaria del volumen de tránsito del movimiento 3 por tipo de vehículo. ....	78
Composición vehicular en el movimiento 3. ....	79
Hora de Máxima Demanda en el movimiento 3. ....	80
Composición vehicular de la HMD en el movimiento 3. ....	82
CONCLUSIONES.....	85
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</i> .....	92
ANEXOS .....	94

Tabla 1. Diagnóstico del tránsito vehicular de la vía de acceso al municipio de Salento - departamento del Quindío.....	5
Tabla 2. Diagnóstico del estado actual de la vía que comunica el corregimiento de Boquía a la entrada del municipio de Salento en el departamento del Quindío. ....	6
Tabla 3. Diagnóstico para el mejoramiento del tramo de la vía Úmbita – juncal localizado en el departamento de Boyacá, Colombia. ....	7
Tabla 4. Diagnóstico de las vías primarias en Colombia y la intervención de la ingeniería civil para su ejecución y mantenimiento. ....	8
Tabla 5. Descripción metodología primer objetivo específico. ....	31
Tabla 6. Descripción metodología segundo objetivo específico. ....	32
Tabla 7. Descripción metodología tercer objetivo específico. ....	32
Tabla 8. Variación horaria del volumen de tránsito del tramo en estudio .....	34
Tabla 9. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día típico.....	41
Tabla 10. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día atípico. ....	42
Tabla 11. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día típico.....	43
Tabla 12. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día atípico.....	44
Tabla 13. Composición vehicular total la intersección en estudio día típico.....	47
Tabla 14. Composición vehicular total la intersección en estudio día atípico. ....	47
Tabla 15. Volumen en la hora de máxima demanda.....	49
Tabla 16. FHMD de intersección, según conjunto de días en estudio.....	50
Tabla 17. Distribución direccional de la intersección a la HMD.....	52
Tabla 18. Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda para día típico. ....	55
Tabla 19. Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda para día atípico. ....	55
Tabla 20. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día típico. ...	56
Tabla 21. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día atípico. .	56
Tabla 22. Composición vehicular del Movimiento 1 para día típico.....	61
Tabla 23. Composición vehicular del Movimiento 1 para día atípico. ....	61
Tabla 24. Volumen del movimiento 1 en la hora de máxima demanda .....	62
Tabla 25. FHMD del movimiento 1, según conjunto de días en estudio.....	63
Tabla 26. Composición vehicular en HMD del movimiento1 para día típico. ....	64
Tabla 27. Composición vehicular en HMD del movimiento1 para día atípico. ....	65
Tabla 28. Composición vehicular del Movimiento 2 para día típico.....	70
Tabla 29. Composición vehicular del Movimiento 2 para día atípico. ....	70
Tabla 30. Volumen del movimiento 2 en la hora de máxima demanda .....	71
Tabla 31. FHMD del movimiento 2, según conjunto de días en estudio.....	72
Tabla 32. Composición vehicular en HMD del movimiento 2 para día típico. ....	73
Tabla 33. Composición vehicular en HMD del movimiento 2 para día atípico. ....	74
Tabla 34. Composición vehicular del Movimiento 3 para día típico.....	79
Tabla 35. Composición vehicular del Movimiento 3 para día atípico. ....	79
Tabla 36. Volumen del movimiento 3 en la hora de máxima demanda .....	80
Tabla 37. FHMD del movimiento 3, según conjunto de días en estudio.....	81
Tabla 38. Composición vehicular en HMD del movimiento 3 para día típico. ....	82
Tabla 39. Composición vehicular en HMD del movimiento 3 para día atípico. ....	83

Figura 1. Cruce vial y zonas aledañas. Elaboración propia en AutoCAD.....	11
Figura 2. Ubicación satelital del cruce vial en estudio. Tomado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).....	22
Figura 3. Esquematización de movimiento 1. Tomado de Google Earth con modificación propia. ....	29
Figura 4. Esquematización de movimiento 2. Tomado de imagen satelital con elaboración propia. ....	29
Figura 5. Esquematización de movimiento 3. Tomado de imagen satelital con elaboración propia. ....	30
Figura 6. Variación del volumen de tránsito en la vía de estudio día típico. Basados en tabla 8, Variación horaria del volumen de tránsito del tramo en estudio. ....	36
Figura 7. Variación del volumen de tránsito en la vía de estudio día atípico. Basados en tabla 8, Variación horaria del volumen de tránsito del tramo en estudio. ....	37
Figura 8. <i>Variación horaria del volumen de tránsito por movimiento día típico. Basados en datos tomados en campo.</i> .....	38
Figura 9. <i>Variación horaria del volumen de tránsito por movimiento día atípico. Basados en datos tomados en campo.</i> .....	38
Figura 10. Participación de cada movimiento en la intersección. Datos tomados de Figura 8, Variación horaria del volumen de tránsito por movimiento día típico. ....	39
Figura 11. Participación de cada movimiento en la intersección. Basados en datos de la figura 10. ....	39
Figura 12. Participación de cada movimiento en la intersección. Datos tomados de Figura 9, Variación horaria del volumen de tránsito por movimiento día atípico. ....	40
Figura 13. Participación de cada movimiento en la intersección. Basados en datos de la figura 12. ....	40
Figura 14. Composición vehicular de la intersección en estudio día típico. Basados en la tabla 13, Composición vehicular total la intersección en estudio día típico.....	47
Figura 15. Composición vehicular de la intersección en estudio día atípico. Basados en la tabla 14, Composición vehicular total la intersección en estudio día atípico.....	48
Figura 16. Variación del volumen de tránsito a la HMD en día típico. Basados en la tabla 15, Volumen en la hora de máxima demanda.....	51
Figura 17. Variación del volumen de tránsito a la HMD en día atípico. Basados en la tabla 15, Volumen en la hora de máxima demanda.....	51
Figura 18. Distribución direccional en la HMD, día típico por movimiento. (Diagrama de barras). Basados en la tabla 13, Composición vehicular total la intersección en estudio día típico..	53
Figura 19. Distribución direccional en la HMD, día típico por movimiento. (Diagrama circular). Datos tomados de la figura 18.....	53
Figura 20. Distribución direccional en la HMD, día atípico por movimiento. (Diagrama de barras). Basados en la tabla 14, Composición vehicular total la intersección en estudio día atípico.....	54
Figura 21. Distribución direccional en la HMD, día atípico por movimiento. (Diagrama circular). Datos tomados de la figura 20.....	54
Figura 22. Composición vehicular en la HMD para días típicos y atípicos. Basados en las tablas 18 y 19.....	55

Figura 23. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día típico. <span style="float: right;">vii</span> Basados en la tabla 20.....	56
Figura 24. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día atípico. Basados en la tabla 20.....	57
Figura 25. Esquemmatización del movimiento 1. Tomado de imagen modificada de Google Maps. .....	58
Figura 26. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 1, para día típico. Basados en datos tomados en campo. ....	59
Figura 27. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 1, para día atípico. Basados en datos tomados en campo. ....	59
Figura 28. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 1 para día típico. Basados en datos de la figura 27.....	60
Figura 29. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 1 para día atípico. Basados en datos de la figura 28. ....	61
Figura 30. Composición vehicular en el movimiento 1 para los días típicos y atípicos. Basados en las tablas 22 y 23. ....	62
Figura 31. Variación del volumen de tránsito en la HMD del movimiento 1 para día típico. Basados en la tabla 24, Volumen del movimiento 1 en la Hora de Máxima Demanda.....	63
Figura 32. Variación del volumen de tránsito en la HMD del movimiento 1 para día atípico. Basados en la tabla 24, Volumen del movimiento 1 en la Hora de Máxima Demanda.....	64
Figura 33. Composición vehicular a la HMD del movimiento 1 para días típicos y atípicos. Basados en las tablas 26 y 27.....	65
Figura 34. Esquemmatización del movimiento 2. Tomado de imagen modificada de Google Maps. .....	67
Figura 35. Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 2 para día típico. Elaborado con datos recogidos en campo. ....	68
Figura 36. Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 2 para día atípico. Elaborado con datos recogidos en campo. ....	68
Figura 37. Variación Horaria del Volumen de Tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 2 para día típico. Basado de datos recogidos en campo.....	69
Figura 38. Variación Horaria del Volumen de Tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 2 para día atípico. Basado de datos recogidos en campo. ....	70
Figura 39. Composición vehicular en el movimiento 2, para días típicos y atípicos. Basados en tablas 28 y 29. ....	71
Figura 40. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 2 para el día típico. Basados en la tabla 30, Volumen del movimiento 2 en la hora de máxima demanda. ....	72
Figura 41. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 2 para el día atípico. Basados en la tabla 30, Volumen del movimiento 2 en la hora de máxima demanda.....	73
Figura 42. Composición vehicular a la HMD en el movimiento 2, para días típicos y atípicos. Elaborada con los datos de las tablas 32 y 33. ....	74
Figura 43. Esquemmatización del movimiento 3. Tomado de imagen modificada de Google Maps. .....	76
Figura 44. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 3 para el día típico. Elaborada con datos tomados en campo. ....	77
Figura 45. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 3 para el día atípico. Elaborada con datos tomados en campo. ....	77

Figura 46. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 3, para el día típico. Elaborada con datos recogidos en campo. ....	viii 78
Figura 47. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 3, para el día atípico. Elaborada con datos recogidos en campo.....	79
Figura 48. Composición vehicular en el movimiento 3 para los días típicos y atípicos. Basados en las tablas 34 y 35. ....	80
Figura 49. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 3 para el día típico. Basados en la tabla 36, Volumen del movimiento 3 en la hora de máxima demanda.....	81
Figura 50. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 3 para el día atípico. Basados en la tabla 36, Volumen del movimiento 3 en la hora de máxima demanda.....	82
Figura 51. Composición vehicular a la HMD en el movimiento 3, para los días típicos y atípicos. Basados en las tablas 38 y 39.....	83
Figura 52. Diseño actual del separador y el sardinel. Tomado de archivo propio. ....	88
Figura 53. Propuesta de arreglo geométrico sobre el separador y sardinel. ....	89



## **Lista de anexos**

ix

- ANEXO 1. Metodología estudio del volumen de tránsito.
- ANEXO 2. Registro fotográfico estudio del volumen de tránsito
- ANEXO 3. Resumen de datos obtenidos en campo.
- ANEXO 4. Estudio de velocidad.
- ANEXO 5. Propuesta de solución vial.

## INTRODUCCIÓN

Los centros urbanos de ciudades en constante desarrollo, están sujetos a ampliaciones y modificaciones de su malla vial, situación que, obviamente va de la mano con su crecimiento poblacional y número de vehículos que ruedan por sus calles.

Según (Grajales Morales, 2019), basado en un informe suministrado por la Red Pereira cómo vamos, indica que, en 2008 circulaban en Pereira, algo más de 90 mil vehículos y para el año 2017, es decir, 10 años después, el parque automotor en la capital de Risaralda se incrementó en un 80%, pues rodaban por sus calles un estimado de 145.400 vehículos, es decir, 1 por cada 3,2 habitantes.

El sector de la calle 17, entre las carreras 13 y 15, en la ciudad de Pereira – Risaralda, ha sido objeto de modificaciones en el trazado de sus vías; la última reforma data del año 1992, cuando se construyó el paso a desnivel que permitió conectar de norte a sur la avenida Ferrocarril con la calle 17, para lo cual, se acondicionó un cruce semafórico en el punto donde esta vía se conecta con las carreras 14 y 15.

El constante crecimiento en el parque automotor de la ciudad de Pereira, tiene este cruce vial, con represamientos vehiculares y demoras permanentes para los usuarios, situación que se somete a verificación mediante la ejecución de aforos vehiculares; esta técnica de conteo real de automóviles, motocicletas, buses y camiones realizada en dos días típicos y un día atípico de la semana, permite conocer ciertos factores actuales del cruce vehicular en este punto de la ciudad, con miras a ser material de consulta por parte del Instituto de Movilidad de Pereira, quienes están en capacidad de liderar un proceso de modificación, con el auspicio del Municipio de Pereira.

## RESUMEN

Conscientes de que los problemas viales que ha presentado la ciudad de Pereira, pueden ser revisados desde la academia, es que surgió esta propuesta, inmersa en un proyecto de grado de estudiantes de décimo semestre de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Antonio Nariño Sede Pereira, donde, de llevar a cabo actividades técnicas de aforos vehiculares y mediciones de velocidad, que permitió conocer el volumen de vehículos que diariamente soportan estas vías, el tipo y velocidad de los autos que por allí circulan y las horas de máxima demanda, todo ello analizado tanto para días típicos, como para día atípicos de la semana, en un mes típico del año.

Los datos obtenidos mediante estos conteos de vehículos, fueron objeto de estudio, para determinar algunos factores que influyen en el problema de movilidad y para pensar en una posible solución visual que, en principio, se pueda tomar sobre el papel, con el propósito de mejorar la fluidez del tráfico y disminuir los tiempos de recorrido para que sus usuarios tarden menos en llegar a sus destinos.

Por ser este diagnóstico de volumen y velocidad, un estudio técnico que se ejecutó de manera rigurosa bajo parámetros establecidos en un cruce que reporta congestión, se espera, sea consultado por entidades como: Área Metropolitana Centro Occidente AMCO e Instituto de Movilidad de Pereira, en aras de aportar a una solución práctica y económica que, redunde en beneficio para los usuarios de la vía.

## ABSTRACT

Aware that the road problems in the city of Pereira can be diagnosed by the academy, this proposal has been formulated from a group of university students in the last semester of Civil Engineering at Antonio Nariño University campus located in Pereira. The proposal explains a road diagnosis at the traffic light intersection on 17th street between road 14th and 15th in Pereira. There was a technical survey conducted of the amount of vehicles and the speed limit, which by the way, showed the type of vehicle that transit those roads often and the hours of maximum demand, or peak hours, all analyzed both for a typical day and an atypical day of the week, in a typical month of the year.

The data obtained from the survey were used to study the current status of the functionality of this road intersection, but also to determine the factors that influence the mobility problem and to think about one or more solutions that studied and review with the aim to improve traffic flow and reducing travel times so that its users take less time to reach their destinations.

As this road diagnosis is a real and technical study that was carried out rigorously under established parameters at a junction that reports traffic jams and lack of functionality, it is expected to be analyzed by entities such as: Area Metropolitana Centro Occidente AMCO and Instituto de Movilidad de Pereira, with the goal of generating a practical and economic solution that will be beneficial for the roads users.

## **CAPÍTULO 1**

### **ESTADO DEL ARTE**

Como estado del arte para este diagnóstico de volumen y velocidad, se consultaron trabajos escritos por distintos autores nacionales e internacionales, quienes ostentan estudios de pregrado, posgrado y maestrías, los cuales, según la lectura efectuada, hacen referencia a estudios, diagnósticos viales y problemas de movilidad en diferentes ciudades y en espacios viales intermunicipales; entre ellos se eligieron 4 investigaciones que sobresalen por tener similitud con el propósito de la presente investigación.

Luego de analizar el contenido de estos 4 trabajos escritos, encontramos en varios de ellos, semejanzas entre los objetivos y coincidencias entre las conclusiones, motivo por el cual, para mejor ilustración, se describen a continuación estas cuatro investigaciones:

El contenido de la tabla N° 1, se refiere al diagnóstico del tránsito vehicular de la vía de acceso al municipio de Salento - departamento del Quindío:

*Tabla 1. Diagnóstico del tránsito vehicular de la vía de acceso al municipio de Salento - departamento del Quindío*

<b>Detalle</b>	<b>Contenido</b>
Objetivo	Realizar un diagnóstico del tránsito vehicular en la vía de acceso al Municipio de Salento, en el Departamento del Quindío.
Alcance	Pregrado
Origen	Nacional (Colombia – Quindío)
Conclusiones	Este corredor vial presenta un deterioro considerable de su infraestructura, con notorias fallas en la estructura del pavimento, desgaste de la carpeta de rodadura, ausencia total de bermas, escasas de cunetas y alta avería de la existentes, poca señalización vertical y defensas metálicas, presencia de vegetación en las obras transversales (alcantarillas) y en las márgenes de la calzada, situaciones que afectan a la oferta vial e incide notoriamente en la demanda vehicular, la cual se ve reflejada en la movilidad.
Semejanzas	Ambos proyectos están dirigidos a realizar un diagnóstico vial, analizando factores como velocidad de recorrido, volumen vehicular, composición vehicular.
Diferencias	El presente diagnóstico está dirigido hacia una vía rural mientras que el diagnóstico en estudio pertenece a una vía urbana.

Fuente: Esquematización propia, datos tomados de (Diaz Toro , 2017)

El trabajo que se ilustra a continuación, contempla el reciente diagnóstico vehicular que se efectuó a la vía del balneario Termales del municipio de Santa Rosa de Cabal.

*Tabla 2. Diagnostico vehicular desde el hotel Faro Azul hasta la entrada del balneario termales, del municipio de Santa Rosa de Cabal en el año 2019.*

<b>Detalle</b>	<b>Contenido</b>
Objetivo	Desarrollar el diagnostico vehicular desde el Hotel Faro Azul hasta la entrada del balneario Termales, del municipio de Santa Rosa de Cabal en el año 2019, que permitirá determinar cuáles son los problemas que presenta la vía para la congestión vehicular que se presenta y su posible solución.
Alcance	Pregrado
Origen	Nacional (Colombia – Risaralda)
Conclusiones	En la hora de máxima demanda el FHP presenta valores cercanos a la unidad, lo que indica que el flujo es constante a lo largo de toda la hora.
Semejanzas	Ambos proyectos están dirigidos a realizar un diagnóstico, estimando volumen vehicular, velocidad de recorrido y determinar la composición vehicular.
Diferencias	Mientras que el trabajo consultado se hace para una vía rural de la ciudad de Santa Rosa de Cabal, la presente investigación está dirigida al análisis de una vía netamente urbana

Fuente: Esquematización propia, datos tomados (Carmona Poloche, Gil Peña, & Paredes Hernandez, 2019).

A continuación, se ilustra un estudio de tránsito y diseño geométrico para una intersección de la ciudad de Bogotá.

*Tabla 3. Estudio de tránsito y diseño geométrico para la intersección de la calle 26 con carrera 40, como alternativa de trompeta deprimida con todos los movimientos.*

<b>Detalle</b>	<b>Contenido</b>
Objetivo	Realizar el estudio de tránsito y diseño geométrico de la intersección, de la calle 26 con carrera 40, tipo trompeta deprimida con todos los movimientos.
Alcance	Especialización
Origen	Nacional (Colombia – Bogotá)
Conclusiones	Disminución en los tiempos de viaje y costos de operación vehicular, dada la condición homogénea de las especificaciones homogéneas que propenden por la seguridad vial y la comodidad del usuario al permitir todos los movimientos sin restricciones.
Semejanzas	En ambos proyectos se plantea recolectar información del sitio como aforos vehiculares con sus respectivos análisis y establecer la velocidad de diseño.
Diferencias	Mientras que, el estudio de tránsito consultado contempla definir las características geométricas de la vía, el presente proyecto pretende analizar factores viales.

Fuente: Esquematización propia, datos de tomados de (Correa Basto, Forero Sastre, & Martínez Mora, 2015).

En el trabajo de ingeniería civil con nivel de maestría que se muestra a continuación, se propone un análisis con propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la ciudad de Cuenca Ecuador.



*Tabla 4. Análisis y propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la Av. 24 de mayo y Vía al Valle, de la ciudad de Cuenca.*

<b>Detalle</b>	<b>Contenido</b>
Objetivo	Proponer solución integral al congestionamiento vehicular de la intersección de la Av. 24 de Mayo y camino al El Valle.
Alcance	Maestría
Origen	Internacional (Ecuador – Cuenca)
Conclusiones	Se realizaron simulaciones de tráfico vehicular y se determinaron la causas del congestionamiento vial de la intersección en cuestión.
Semejanzas	En ambos proyectos se plantea analizar causas del congestionamiento y proponer posibles soluciones.
Diferencias	Mientras que la investigación consultada se analizó el efecto que tienen las soluciones planteadas, en el presente proyecto este impacto no se estudia.

Fuente: Esquematización propia, datos tomados de (Mejia Regalado, 2017).

El conocimiento previo que se adquiere con la lectura de estos trabajos de pregrado, obtenidos de distintos autores, permite concluir que, los problemas viales están asociados al desarrollo de las ciudades, a la cantidad de vehículos que circulan por sus vías y a los diseños viales que se han ejecutado tiempo atrás bajo otras condiciones viales y que ahora requieren de un replanteamiento, bien sea en la geometría de la vía o en las señales de tránsito, con el propósito de proponer posibles soluciones frente a los problemas que reportan actualmente en movilidad; para ello, se deben cuantificar los flujos vehiculares dependiendo de los horarios o días de la semana y se debe establecer el nivel de velocidad de recorrido de los vehículos en la vía, para proponer posibles

soluciones al cruce en estudio, como la mejor manera de aportar al desarrollo de cada ciudad, región o país.

Se concluye además que, las soluciones a estos problemas de movilidad, sin importar en qué país o continente se realice el estudio, casi siempre están asociadas a la construcción de obras de infraestructura, instalación de semáforos en cruces viales, anulación de semáforos en intersecciones con embotellamientos, entre otros.

## **CAPÍTULO 2**

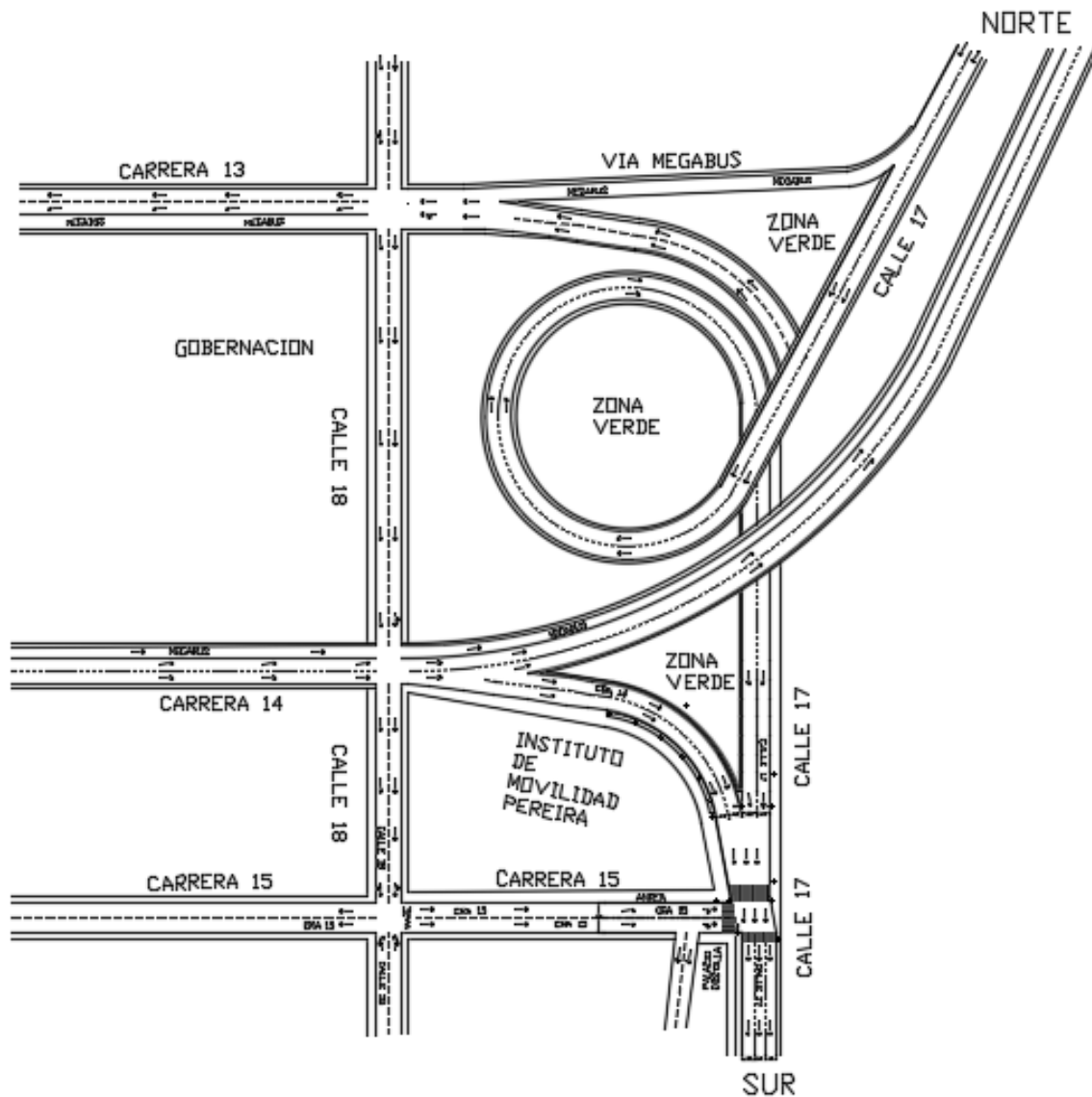
### **DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

El triángulo del Café es una región en progreso constante al occidente de Colombia, está conformada por los Departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, y entre el total de los 53 municipios. Pereira es el eje o polo comercial de esta región, motivo por el cual convergen ciudadanos, visitantes y comerciantes, situación que exige una preparación vial con infraestructura acorde a estas necesidades.

Desde la zona norte de la ciudad de Pereira, ingresan a esta población ocupada por 474.300 habitantes, (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, 2017), vehículos procedentes del municipio de Dosquebradas y a su vez, de municipios como Santa Rosa de Cabal, Chinchiná y Manizales; de este flujo vehicular, quienes requieran ingresar a la zona centro, en su gran mayoría lo hacen a través del Viaducto Cesar Gaviria Trujillo y por consiguiente, utilizan la avenida Ferrocarril en sentido norte – sur, iniciando su recorrido en la carrera 7, hasta llegar al paso a desnivel construido al frente del edificio de la Gobernación de Risaralda, donde encontramos el cruce vial sobre la calle 17 con carrera 15, controlado de manera inteligente por tres unidades semafóricas, cruce vial que se tuvo en estudio al interior del presente proyecto.

En este cruce vial convergen los siguientes tres flujos vehiculares: procedentes de la avenida ferrocarril y en sentido norte-sur, llegan por dos carriles sobre la calle 17, los automotores que debieron circular sobre el paso a desnivel ubicado al frente del edificio de la Gobernación de Risaralda; en segundo lugar, y en doble carril, está el flujo vehicular que, procedente de la avenida ferrocarril y la calle 18, decidieron tomar el

desvío de la calle 17 en sentido hacia el sur de la ciudad de Pereira y por último, se tienen los vehículos que avanzan por dos carriles sobre la carrera 15, procedentes de la avenida Belalcázar o también de la zona centro de la capital risaraldense.



*Figura 1. Cruce vial y zonas aledañas. Elaboración propia en AutoCAD.*

Para que el flujo vehicular sobre esta intersección vial fluya con normalidad, se deben conocer algunos factores que intervienen en el represamiento habitual que se aprecia a diario, tales como: cantidad y tipo de vehículos que circulan, señalización vial, velocidad de recorrido de los usuarios, entre otros, con el propósito de encontrar las posibles soluciones que bien pueden ser individuales o combinadas, para corregir el problema en este sector.

## **CAPÍTULO 3**

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La situación de alto flujo vehicular y baja velocidad que se encontró en este cruce controlado por tres semáforos, hace que actualmente sea objeto de constantes represamientos, no sólo sobre la calle 17 (paso a desnivel que se conecta con la avenida ferrocarril con flujo en sentido norte-sur), sino también, sobre el desvío de la avenida ferrocarril (carrera 14) con vehículos procedentes del occidente y de la zona centro de Pereira, muy especialmente en horas pico, cuando aumenta la presencia de usuarios en este sector aledaño a la zona centro. Ante este hecho, es preciso identificar y diagnosticar mediante la ejecución de aforos vehiculares, uno de los mecanismos de análisis técnico de la movilidad, algunos factores asociados a la congestión vehicular en la intersección vial de la calle 17 con carrera 15, en la ciudad de Pereira, Risaralda, con el propósito de proponer con esta información de volumen de tránsito y velocidad de recorrido, y bajo el criterio de futuros ingenieros civiles, una posible solución al problema vial.

## **CAPÍTULO 4**

### **MARCOS DE REFERENCIA**

#### **Marco teórico**

El tema de diagnóstico de volumen de tránsito y velocidad de recorrido de que trata el presente proyecto, ha sido objeto de estudio por parte distintos autores, información de consulta que se ha podido utilizar para el análisis del problema de congestión objeto de estudio, con el cual se pueden encontrar formas y procesos mediante los cuales sea posible conocer factores que inciden en el presente problema de congestión vial, dando especial relevancia a la aplicación de aforos vehiculares como el método técnico especializado para encontrar los factores más relevantes en la notoria dificultad que tienen los automotores para la movilización que se observó en este cruce vial de la ciudad de Pereira, en un sector aledaño a la zona centro.

El diagnóstico de volumen de tránsito y velocidad de recorrido, es un tema estudiado de manera amplia, en este caso, por tres autores consultados, a continuación, se ilustra la teoría que cada uno de ellos propone sobre diferentes conceptos asociados al tema en estudio:

Según el manual de diseño de vías del departamento de transporte de California la velocidad de diseño de una carretera se puede definir como: “Una velocidad seleccionada para establecer los elementos geométricos mínimos para una sección particular de la carretera”.

Según (Cal & Mayor, 2007), definen el volumen de tránsito como la cantidad de vehículos que circulan por una infraestructura vial.

Según (Diaz Toro , 2017), el Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD), indica la concentración vehicular durante la hora de mayor demanda u hora pico, donde valores cercanos a 1, indican una concentración uniforme de flujos máximos, mientras que valores alejados al mismo, indican que la mayor parte de los vehículos estaría pasando durante periodos cortos durante la hora.

El Instituto Nacional de Vías (Ministerio de Transporte, 2008), clasifica las carreteras de Colombia en su Manual de Diseño Geométrico, usando específicamente los parámetros de funcionalidad y el tipo de terreno; es así que, por su funcionalidad, se subdivide en Primarias, donde se incluyen vías troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste, con los demás países. Secundaria, incluye vías que unen las cabeceras municipales entre sí, o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria; Terciarias, donde se incluyen las vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas, o unen las veredas entre sí. Según el tipo de terreno, está determinada por la topografía que más predomina en el tramo que se estudia, tales como terreno plano, ondulado, montañoso y escarpado; de otra parte, tenemos que, por su funcionalidad a nivel urbano, se clasifican como arteria principal, colectoras y locales; a continuación, su definición.



Vía Arteria Principal: son vías urbanas que deberán tener preferentemente vías de servicio en forma lateral para permitir el acceso de los usuarios a sus propiedades.

Vía Colectora: es una vía urbana que forma parte del sistema vial, permitiendo la integración entre las vías locales y las arterias, su función es permitir de forma preferente la accesibilidad a áreas adyacentes y un bajo nivel de paso y por ello, sirven también a una buena proporción de tránsito de paso.

Vía Local: es la vía urbana que tiene como función, proveer fundamentalmente el acceso a los predios o lotes adyacentes

Entre tanto, (Agudelo, 2002) además de hacer la clasificación de las vías por su funcionalidad y tipo de terreno, las clasifica de la siguiente manera, bajo sus propios criterios.

Por jurisdicción, subdivididas en carreteras nacionales, departamentales, municipales y rurales. Según las características de la vía, pueden ser autopistas, carreteras multicarriles y carreteras de dos carriles. Según su localización pueden ser vías rurales, urbanas y semiurbanas, según la velocidad de diseño.

Velocidad de diseño, conocida también como velocidad de proyecto corresponde a una velocidad de referencia que sirve de guía para definir las especificaciones mínimas para el diseño geométrico. La velocidad de diseño de un proyecto se puede mantener a lo largo de todo su recorrido o puede ser definida por tramos dependiendo de las diferentes condiciones, físicas principalmente, que se vayan presentando. Se trata entonces de la máxima velocidad a la cual se puede transitar de una manera cómoda y segura, bajo condiciones favorables, durante un tramo determinado de vía. (Agudelo, 2002).

## **Marco Conceptual**

Para entender este diagnóstico es necesario en primer lugar dejar claros algunos conceptos que serán de interés para el desarrollo del presente proyecto. En este caso se definen los siguientes:

**Acera o andén:** Es una estructura en forma de franja longitudinal de la vía urbana, destinada exclusivamente para la circulación de peatones, está ubicada a los costados de la vía.

**Adelantamiento:** Se conoce como maniobra mediante la cual un vehículo se pone delante de otro vehículo que lo antecede en el mismo carril de una calzada.

**Accesibilidad:** Es la condición esencial de los servicios públicos, que permite en cualquier espacio o ambiente exterior o interior, el fácil disfrute de dicho servicio por parte de los usuarios.

**Accidente de tránsito:** Es un evento generalmente de ocurrencia involuntaria, generado al menos por un vehículo en movimiento, el cual causa daños a personas y bienes involucrados en él; lo que normalmente sucede, es que afecte la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho.

**Agente de tránsito:** Todo funcionario o persona civil identificada que está investida de autoridad para regular la circulación vehicular y peatonal y vigilar, controlar e intervenir en el cumplimiento de las normas de tránsito y transporte en cada uno de los entes territoriales.

**Autopista:** Es una vía de calzadas separadas, cada una con dos (2) o más carriles, posee control total de accesos y salidas, con intersecciones en desnivel o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras y con control de velocidades mínimas y máximas por carril.

**Calzada:** Es la zona de la vía que se destina de manera específica a la circulación de vehículos.

**Berma:** Es la parte de la estructura de la vía, que está destinada al soporte lateral de la calzada, para permitir el tránsito de peatones, semovientes y ocasionalmente al estacionamiento de vehículos, también es utilizada de manera eventual, para el tránsito de vehículos de emergencia.

**Carreteable:** Es una vía sin pavimentar, que también está destinada a la circulación de vehículos.

**Carretera:** Es una vía cuya finalidad es, permitir la circulación de vehículos, con niveles adecuados de seguridad y comodidad para los usuarios.

**Carril:** Es la parte de la calzada de la vía, que está destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

**Ciclo ruta:** Es la vía o sección de la calzada vial que se destina al tránsito de bicicletas, pero de manera exclusiva.

### **Marco Legal**

La ley 769 de 2002, mediante la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre para Colombia, y se dictan otras disposiciones; el ámbito de aplicación y principios, rige en todo el territorio nacional y regula la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito y vehículos, por las vías públicas y privadas que estén abiertas al público.

De otra parte, tenemos que según (Alcaldía, 2016), para el municipio de Pereira en su plan de ordenamiento territorial, con actualización a 2017, Capítulo II. Componente urbano del plan de ordenamiento territorial, Artículo 15. Definición y constitución, consta que, el componente urbano del plan de ordenamiento territorial, es un instrumento para la administración del suelo urbano y de expansión urbana, integrando políticas establecidas a mediano y corto plazo y está insertado y supeditado al componente general del plan. Artículo 16. Políticas a mediano plazo sobre uso y ocupación del suelo urbano y expansión urbano. Numeral 1. Consolidar el desarrollo del casco urbano, se refiere al aprovechamiento de su capacidad instalada en servicios e infraestructura. 1.1. Estrategias para consolidar el desarrollo del casco urbano.

Allí se propone incentivar los diferentes procesos de renovación urbana y de desarrollo, para aquellas áreas de la ciudad que empezaron a sufrir fuertes procesos de deterioro y obsolescencia física y que por su localización estratégica deben potencializarse e integrarse a la ciudad; también promueve el desarrollo de vacíos urbanos al interior de su perímetro, entre otros.

En su Artículo 121. Características básicas del sistema vial, literal c, se establece una malla vial jerarquizada, definiendo la clasificación tipológica en correspondencia con los modos de transporte y la red de espacios públicos peatonales de la siguiente manera:

1. Vía Arteria Principal (VAP): tiene una sección transversal de mínimo dos calzadas, por ellas viajan flujos intensos de tránsito, compuesto por vehículos livianos y son preferidas para la operación de sistemas de transporte masivo de pasajeros, de alta frecuencia y paradas distantes reguladas.
2. Vías Arterias Secundarias (VAS): casi siempre son de una calzada por cada sentido, permiten un alto porcentaje de vehículos convencionales de transporte público de pasajeros, con baja velocidad de operación y alta rotación de su demanda, estas Vías Arterias Secundarias se subdividen en: Vía Arteria Secundaria Uno (VAS-1), para tránsito interurbano, Vía Arteria Secundaria Dos (VAS-2), para el sistema de transporte en nivel secundario, Vía Arteria Secundaria Especial (VAS-2E), para uso de suelo con actividad múltiple.
3. Vía Colectora Tipo I: son las que unen vías del plan vial con las vías propuestas por el urbanizador.
4. Vía Colectora Tipo II: estas vías se diferencian por tener un carril adicional para el transporte masivo.
5. Vía Colectora Tipo III: corresponde a las vías que integran el desarrollo interno de las urbanizaciones.

6. Vía Paisajística Tipo I: caracterizadas por servir de elementos integradores del gran potencial paisajístico de la ciudad.
7. Vía Paisajística Tipo II: podrán ser parte de las zonas de protección, cumpliendo funciones de aislamiento entre éstas y las destinadas a otros usos.
8. Vía Peatonal: integran la estructura interna de las urbanizaciones.
9. Corredor de transporte masivo metropolitano: está creado para canalizar los flujos de transporte masivo de carácter metropolitano, con paradas fijas preestablecidas y con la utilización de una calzada arterial solo bus.

### **Marco Geográfico**

El área geográfica de Colombia en la cual se realizó el presente diagnóstico, pertenece al departamento de Risaralda, municipio de Pereira, ciudad que se divide en 19 comunas, siendo la más poblada de la zona eje cafetero y la segunda más poblada de la región centro occidente del país, después de Medellín; Pereira conforma el Área Metropolitana de Centro Occidente junto con los municipios de Dosquebradas y La Virginia está ubicada en el valle del río Otún, en la Cordillera Central de los Andes colombianos; la intersección vial objeto de estudio, pertenece a la Comuna Boston y al barrio Mejía Robledo, con ubicación en la calle 17 con carrera 15, sentido norte – sur.



*Figura 2. Ubicación satelital del cruce vial en estudio. Tomado de Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)*

**Coordenadas: 4,807879, -75,693407**

## **CAPÍTULO 5**

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Diagnosticar con aforos vehiculares y mediciones de velocidad, la movilidad de la intersección de la calle 17 con la carrera 15 de la ciudad de Pereira.

#### **Objetivos Específicos**

Estimar el volumen de tránsito y la velocidad de recorrido de la intersección de la calle 17 con la carrera 15 de la ciudad de Pereira.

Determinar la composición vehicular que predomina en este cruce vial.

Plantear soluciones visuales a este problema de movilidad, mediante el análisis de la información recogida en los aforos vehiculares.



## **Alcance y limitaciones**

### **Alcances:**

1. En el presente diagnóstico se utilizaron exclusivamente los aforos vehiculares y las mediciones de velocidad para establecer volúmenes de tránsito, velocidad de recorrido, hora de máxima demanda y composición vehicular.
2. El diagnóstico está basado en el estudio específico de los tres movimientos citados.
3. Con los factores analizados en el presente diagnóstico, este documento se convierte en material de consulta y punto de partida para futuras investigaciones complementarias, que pretendan generar una solución a la movilidad en este sector de la ciudad.

### **Limitaciones:**

1. El presente estudio no contempla análisis de capacidad y nivel de servicio, flujo de saturación, longitud de la cola, semaforización, aforos peatonales, matrices de origen y destino y simulación.

## **CAPÍTULO 6**

### **JUSTIFICACIÓN**

De las observaciones diarias que como residentes de la ciudad de Pereira y usuarios de este cruce vial se ha podido hacer de manera preliminar, se destaca que, en las tres horas pico se reportan represamientos en el flujo vehicular que, procedente de la avenida ferrocarril en sentido norte-sur, avanza sobre el paso a desnivel hasta llegar a la intersección de la calle 17 con carrera 15 así mismo represamiento vial con los automotores que, procedentes del occidente de la ciudad y la zona centro, tomaron el desvío de la avenida ferrocarril para conectarse con la calle 17 hacia el sur de la capital, estos hechos de dificultad en el tránsito, deben ser analizados y estudiados para determinar algunos factores que influyen en dicho problema vial de la mencionada intersección.

Es probable que existan varios factores asociados a esta problemática, como son: tipo y cantidad de vehículos que frecuentan la vía, velocidad de recorrido y composición vehicular.

Entendidos los anteriores argumentos, se hace necesario un estudio técnico sobre la intersección vial en cuestión, que permita conocer algunos factores determinantes de este problema de movilidad y plantear las posibles soluciones.

## **CAPITULO 7**

### **METODOLOGIA**

El propósito del presente diagnóstico fue encontrar posibles factores asociados al problema de movilidad reportado en el tramo vial en estudio, como requisito para identificar una posible solución que pueda ser integrada en un plan vial.

Para ello, se debió subdividir este procedimiento en las siguientes fases metodológicas:

Fase de Planeación: luego de identificar mediante observaciones de campo el problema de movilidad existente en este cruce vehicular de la calle 17 con carrera 15, se adelantaron actividades de campo en distintos frentes de trabajo, llevando a cabo aforos vehiculares que involucraron los tres flujos citados, con el propósito de recoger datos que expliquen las variables establecidas.

Los aforos vehiculares son el principal método de estudio y análisis de las variables a contemplar, por tal motivo, es preciso ejecutarlos de manera cuidadosa y rigurosa en meses típicos del año como febrero, marzo, abril y mayo, en horarios de 6:00 am a 10:00 pm, de días típicos de la semana como martes, miércoles y jueves; por medio de este método práctico, se pudieron conocer datos básicos sobre cantidad y tipo de vehículos que frecuentan este cruce vial, horas pico y horas valle e incidencia de los factores climáticos en la movilidad.

De otra parte, a través de mediciones de espacio y tiempo, se pudo conocer la velocidad de recorrido y su influencia en la movilidad del cruce semafórico de la calle 17 con carrera 15, sin dejar de un lado factores como, la revisión del estado de la superficie

de rodadura, tipo de señalización tanto vertical como horizontal, bahías de estacionamiento, cruce de peatones sobre la vía, entre otros.

Fase exploratoria: a través de consultas directas a la bibliografía existente sobre el tema de estudio que distintos autores nacionales e internacionales ofrecen para quienes pretenden ahondar en problemas de movilidad como el que se reportó en el cruce vial de la calle 17 con carrera 15 de la ciudad de Pereira, se pudo establecer el tipo y cantidad de métodos posibles de implementar, para hacer mediciones de velocidad, cantidad de usuarios en la vía, etc., tomando como referencia identificación de problemas similares que se han estudiado en otras ciudades y los métodos implementados, con los que se ha conseguido entregar una o varias soluciones a los problemas de movilidad detectados.

Fase de ejecución: con el conocimiento previo de los métodos a implementar, fue preciso llevar a cabo la ejecución de aforos vehiculares sobre esta intersección vial, utilizando para ello personal con conocimiento adquirido mediante la experiencia por la práctica de aforos, que estuvo en condiciones de llevar a cabo este procedimiento técnico de conteo vehicular, mediante el cual se obtuvo, además, información relevante sobre distintos factores como volumen de tránsito, composición vehicular y velocidad de recorrido, que permitieron analizar de manera conjunta las variables establecidas.

Para ello, se eligió el mes de febrero de 2020, ya que según el Manual de Estudio de Ingeniería de Tránsito, es un mes típico del año para la realización de aforos en centros urbanos, ya que este mes del año tiene normalidad académica para escuelas, colegios y universidades, así mismo, no es un mes representativo para el turismo en esta ciudad, por lo que existe un alto porcentaje de que estos usuarios aforados, son los que

normalmente transitan por dicho cruce vial; también se establece que los aforos se lleven a cabo durante días claves de la semana, como son martes, miércoles y jueves, involucrando un día de la semana que sea atípico, como por ejemplo el día sábado, para establecer diferencias y comparativos con los días normales, siguiendo las indicaciones del Manual de Estudio de Ingeniería de Tránsito sobre este particular.

En cuanto a los horarios, se debieron ejecutar los aforos desde las 06:00 de la mañana, en forma ininterrumpida hasta las 10:00 de la noche porque es el horario del día con mayor representación en volumen de tránsito para este sector, por tal motivo, fue preciso destinar una persona para cada uno de los tres flujos vehiculares, disponiendo, además, de un cuarto aforador que sirviera de relevo para facilitar jornadas de descanso periódicas a los tres aforadores fijos que, estuvieron recogiendo información permanente en los formatos de aforo establecidos.

### **Movimientos estudiados**

Para la clasificación de los aforos, se tuvieron en cuenta en el sector, los siguientes tres movimientos:

**Movimiento 1.** Vehículos en sentido occidente-sur, se desplazan por la Carrera 14 e ingresan a la calle 17.



*Figura 3. Esquematización de movimiento 1. Tomado de Google Earth con modificación propia.*

**Movimiento 2.** Vehículos en sentido norte-sur, se desplazan por la calle 17.



*Figura 4. Esquematización de movimiento 2. Tomado de imagen satelital con elaboración propia.*

**Movimiento 3.** Vehículos en sentido occidente-sur, se desplazan por la carrera 15 e ingresan a la calle 17.



*Figura 5. Esquematización de movimiento 3. Tomado de imagen satelital con elaboración propia.*

Fase evaluativa: con la información recogida en los formatos de aforo que se diligenciaron durante el tiempo de ejecución nombrado, se pudieron analizar los datos que explican cada variable, para conocer entre otras, cantidad, tipo de vehículos que frecuentan el cruce vial, velocidades, horas pico, horas valle y así mismo, obtener las conclusiones en cada caso que permitieron ir en la dirección correcta de todos los objetivos planteados y disponer de una toma de decisiones con miras a conocer una posible solución.

Con la información obtenida mediante la práctica de los aforos vehiculares ya ejecutados durante el mes de febrero de 2020, se utilizó un método de investigación descriptivo, de tipo cuantitativo.

*Tabla 5. Descripción metodología primer objetivo específico.*

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>FUENTES</b>
Estimar el volumen vehicular y la velocidad de recorrido de la intersección de la calle 17 con la carrera 15 de la ciudad de Pereira.	Horarios	Horas pico Horas valle	Número de vehículos	Aforo vehicular	Primaria
	Usuarios de la vía	Tipo de vehículos	Categorías	Aforo vehicular	Primaria
	Factor climático	Presencia de lluvia	Duración de la lluvia	Cronómetro	Primaria
	Número de semáforos en el cruce vial	Cantidad	Unidades	Conteo	Primaria
	Velocidad	Distancia por unidad de tiempo	Km/hora	Metro Cronómetro	Primaria

Fuente: Esquematización propia



*Tabla 6. Descripción metodología segundo objetivo específico.*

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Fuentes</b>
Determinar la composición vehicular que predomina en este cruce vial.	Tipo de vehículos en el cruce vial	Cantidad	Unidad	Conteo	Primaria

Fuente: Esquematización propia

*Tabla 7. Descripción metodología tercer objetivo específico.*

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Fuentes</b>
Plantear soluciones visuales a este problema de movilidad, mediante el análisis de la información recogida en los aforos vehiculares.	Horarios	Horas pico	Número de vehículos	Aforo vehicular	Primaria
		Horas valle			
	Usuarios de la vía	Tipo de vehículos	Categorías	Aforo vehicular	Primaria
	Factor climático	Presencia de lluvia	Duración de la lluvia	Cronómetro	Primaria
	Numero de semáforos en el cruce vial	Cantidad	Unidad	Conteo	Primaria

Fuente: Esquematización propia

## CAPITULO 8

### RESULTADOS OBTENIDOS

Los parámetros de caracterización como métodos, periodos y horarios de conteo, condiciones climáticas, movimientos estudiados, composición vehicular y factores de equivalencia ADES, utilizados para la realización de los aforos mediante los cuales se recogieron y obtuvieron los datos en campo, se encuentran en su totalidad en el *Anexo I, Metodología estudio del volumen de tránsito*, donde se incluyeron motos, autos, buses y camiones, a continuación, se ilustran los resultados de forma concreta:

Entre los factores que influyen en la congestión vial, se cuentan, el alto número de vehículos que frecuentan este sector de la ciudad, mayoritariamente en días típicos, también el represamiento de autos en la mayor parte del día, especialmente en los movimientos N° 1 y N° 2 del cruce vehicular en estudio, así mismo, las horas de máxima demanda en tres espacios de tiempo, como son mañana, tarde y noche para los días típicos y hora de máxima demanda hacia el mediodía en días atípicos y por último, el bajo nivel de velocidad para los movimientos N° 1 y N° 2, los cuales reportan mayor cantidad de usuarios.

Con el fin de hacer posible la unificación y la facilidad de procesamiento de los datos, todos los vehículos aforados se pasan a un auto de diseño equivalente comúnmente conocido como ADES. Este factor tiene que ver con la ocupación de espacio por el tipo de vehículo y su facilidad de maniobrar, así, por ejemplo, siendo la medida patrón el auto

liviano que equivale a la unidad (1), un bus ocupa el doble de espacio de un vehículo liviano, por lo cual, se asume el valor de Dos (2). La Tabla 1, muestra los valores de equivalencia asumidos para el presente estudio. Una vez se aplican los factores de equivalencia a los diferentes tipos de vehículos, la unidad será Vehículo-Mixto, tal como se ilustra a continuación:

<i>TIPO DE VEHICULO</i>	<i>FACTOR DE EQUIVALENCIA (ADES)</i>
<i>MOTO</i>	<i>0.5</i>
<i>AUTO</i>	<i>1.0</i>
<i>BUS</i>	<i>2.0</i>
<i>CAMION</i>	<i>2.3</i>

La tabla 8, que se ilustra a continuación, presenta los datos obtenidos de variación horaria para los días típicos (martes y jueves) y el día atípico (sábado) estudiados, es decir la suma de cuatro periodos consecutivos de 15 minutos en que fue hecho el estudio, agrupando los resultados de los tres movimientos estudiados, resaltado en amarillo aparece el valor correspondiente a la Hora de Máxima Demanda.

*Tabla 8. Variación horaria del volumen de tránsito en ADES del tramo en estudio*

Día típico		Día atípico	
<b>VOL MAX/HORA</b>			
HORA	CANTIDAD	HORA	CANTIDAD
6:00 - 7:00	1744	6:00 - 7:00	1268
6:15 - 7:15	1945	6:15 - 7:15	1300
6:30 - 7:30	2138	6:30 - 7:30	1352
6:45 - 7:45	2161	6:45 - 7:45	1450
7:00 - 8:00	2188	7:00 - 8:00	1665
7:15 - 8:15	2198	7:15 - 8:15	1764
<b>7:30 - 8:30</b>	<b>2199</b>	7:30 - 8:30	1841
7:45 - 8:45	2126	7:45 - 8:45	1822
8:00 - 9:00	2067	8:00 - 9:00	1683
8:15 - 9:15	1995	8:15 - 9:15	1672
8:30 - 9:30	1915	8:30 - 9:30	1662

8:45 - 9:45	1943	8:45 - 9:45	1679
9:00 - 10:00	1956	9:00 - 10:00	1752
9:15 - 10:15	1974	9:15 - 10:15	1811
9:30 - 10:30	1977	9:30 - 10:30	1840
9:45 - 10:45	1965	9:45 - 10:45	1902
10:00 - 11:00	1951	10:00 - 11:00	1914
10:15 - 11:15	1957	10:15 - 11:15	1970
10:30 - 11:30	1990	10:30 - 11:30	1976
10:45 - 11:45	2122	10:45 - 11:45	2049
11:00 - 12:00	2212	11:00 - 12:00	2139
11:15 - 12:15	2418	11:15 - 12:15	2243
<b>11:30 - 12:30</b>	<b>2640</b>	11:30 - 12:30	2455
11:45 - 12:45	2617	<b>11:45 - 12:45</b>	<b>2543</b>
12:00 - 13:00	2616	12:00 - 13:00	2534
12:15 - 13:15	2441	12:15 - 13:15	2516
12:30 - 13:30	2235	12:30 - 13:30	2489
12:45 - 13:45	2130	12:45 - 13:45	2439
13:00 - 14:00	2061	13:00 - 14:00	2429
13:15 - 14:15	2146	13:15 - 14:15	2534
13:30 - 14:30	2163	13:30 - 14:30	2446
13:45 - 14:45	2230	13:45 - 14:45	2507
14:00 - 15:00	2234	14:00 - 15:00	2507
14:15 - 15:15	2218	14:15 - 15:15	2424
14:30 - 15:30	2257	14:30 - 15:30	2482
14.45 - 15.45	2270	14.45 - 15.45	2406
15:00 - 16:00	2291	15:00 - 16:00	2270
15:15 - 16:15	2289	15:15 - 16:15	1956
15:30 - 16:30	2302	15:30 - 16:30	1804
15.45 - 16.45	2291	15.45 - 16.45	1601
16:00 - 17:00	2337	16:00 - 17:00	1696
16:15 - 17:15	2407	16:15 - 17:15	1924
16:30 - 17:30	2502	16:30 - 17:30	2075
16:45 - 17:45	2738	16:45 - 17:45	2237
17:00 - 18:00	2896	17:00 - 18:00	2272
17:15 - 18:15	2971	17:15 - 18:15	2224
<b>17:30 - 18.30</b>	<b>3027</b>	17:30 - 18.30	2183
17:45 - 18:45	3015	17:45 - 18:45	2184
18.00 - 19.00	2952	18.00 - 19.00	2172
18.15 - 19.15	2822	18.15 - 19.15	2195
18:30 - 19:30	2603	18:30 - 19:30	2189
18:45 - 19.45	2340	18:45 - 19.45	2164
19.00 - 20.00	2081	19.00 - 20.00	2110
19:15 - 20:15	1916	19:15 - 20:15	2061
19:30 - 20:30	1796	19:30 - 20:30	1911
19:45 - 20:45	1662	19:45 - 20:45	1745
20:00 - 21.00	1565	20:00 - 21.00	1666

20:15 - 21:15	1465	20:15 - 21:15	1500
20:30 - 21:30	1370	20:30 - 21:30	1390
20:45 - 21:45	1243	20:45 - 21:45	1326
21:00 - 22:00	1171	21:00 - 22:00	1191

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Las figuras 6 y 7, ilustran la variación horaria de volumen de tránsito a lo largo de las 16 horas aforadas en un día típico y un día atípico, respectivamente para toda la intersección; en ellas se puede apreciar de manera gráfica la forma en que, durante los periodos de tiempo citados, tienen lugar las horas de máxima demanda, es de resaltar que, aquí están involucrados los tres movimientos vehiculares estudiados.

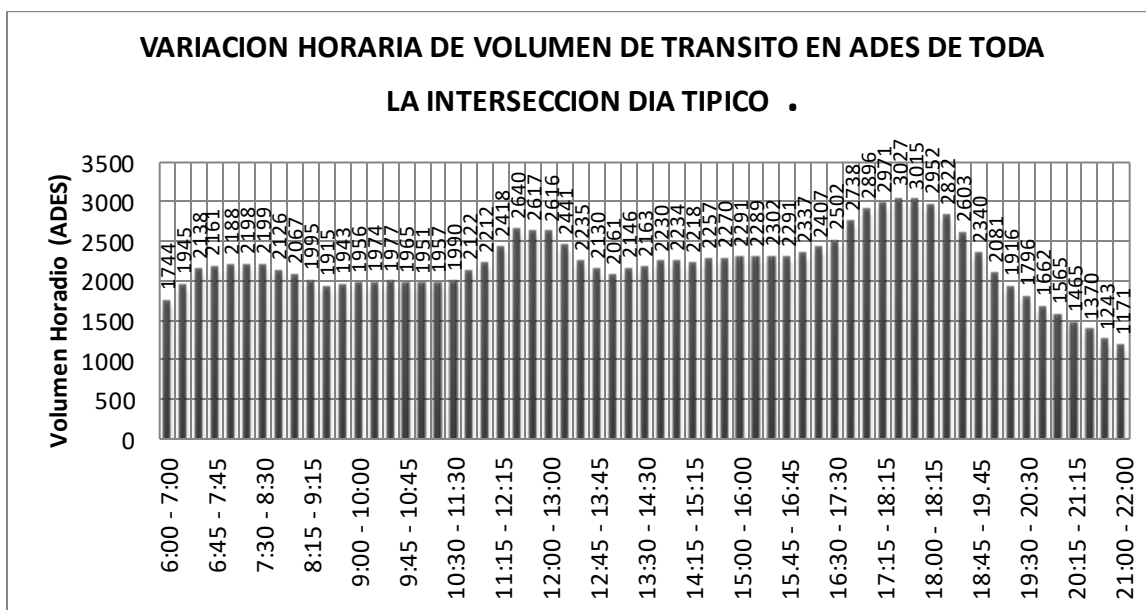
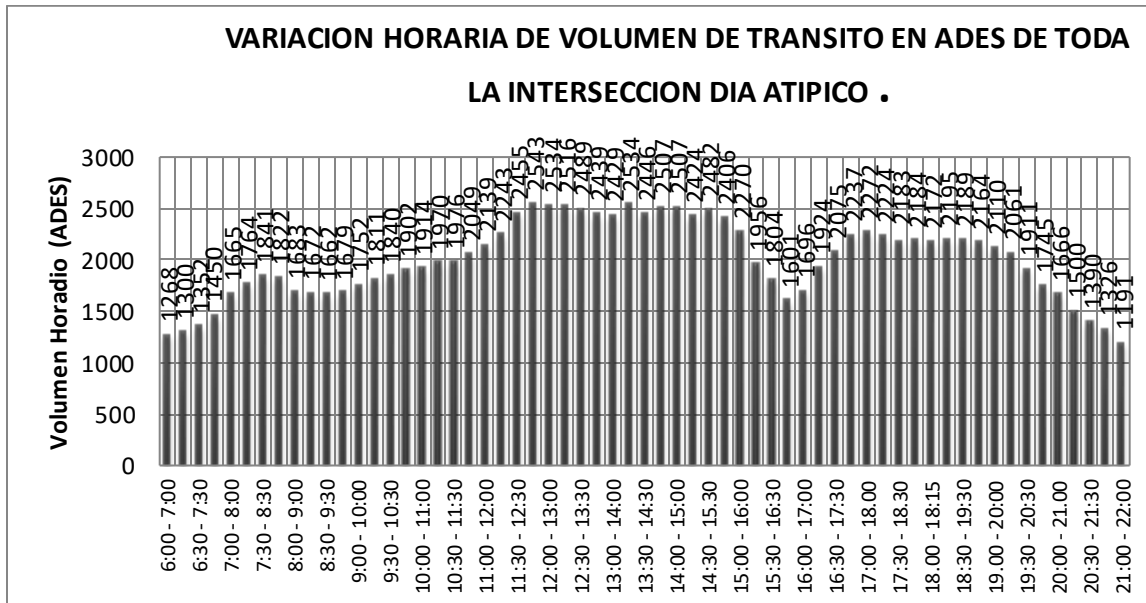


Figura 6. Variación del volumen de tránsito en la vía de estudio día típico. Basados en tabla 8, Variación horaria del volumen de tránsito del tramo en estudio.



*Figura 7. Variación del volumen de tránsito en la vía de estudio día atípico. Basados en tabla 8, Variación horaria del volumen de tránsito del tramo en estudio.*

En las figuras 8 y 9, se muestra la variación horaria del volumen de tránsito para cada uno de los movimientos, se observa que el más cargado en los dos casos es el 2, para el día típico se observa que el flujo vehicular es constante presentándose un incremento en horas de la tarde sobre las 17:30 y 18:30 y para el día atípico el flujo vehicular tiene un comportamiento irregular presentándose incrementos y disminuciones, con una disminución notoria sobre las 15:45 y 16:45.

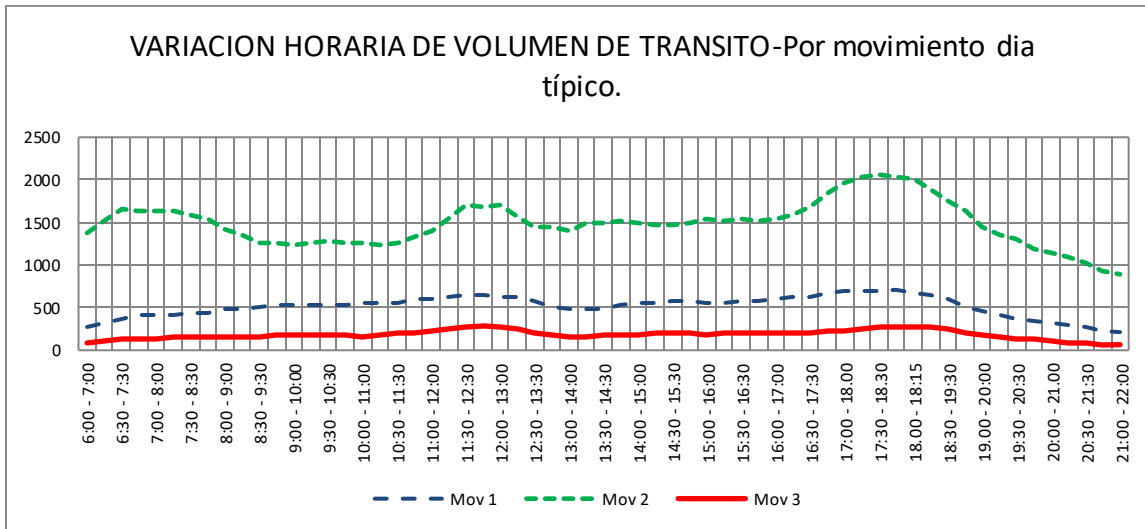


Figura 8. Variación horaria del volumen de tránsito en ADES por movimiento día típico. Basados en datos tomados en campo.

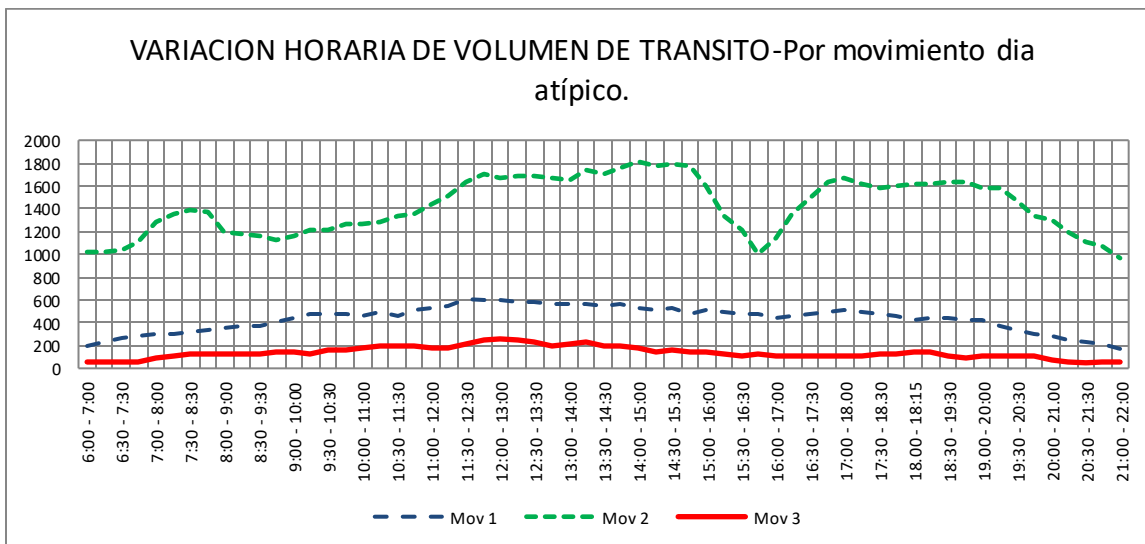


Figura 9. Variación horaria del volumen de tránsito en ADES por movimiento día atípico. Basados en datos tomados en campo.

A continuación, se ilustra la participación de cada movimiento en el volumen total de vehículos según el día aforado.

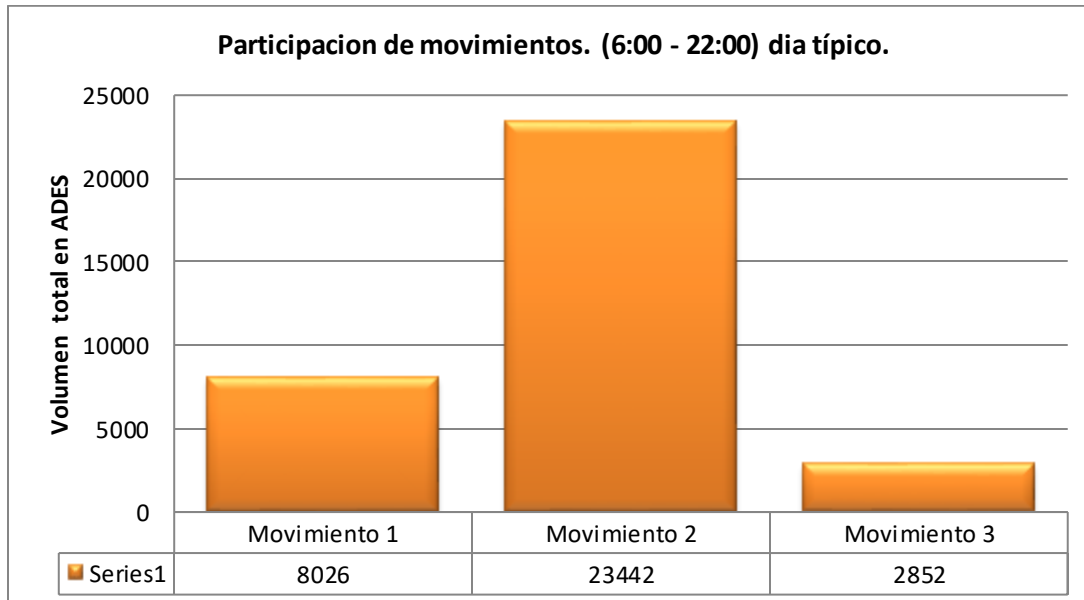


Figura 10. Participación de cada movimiento en la intersección. Datos tomados de Figura 8, Variación horaria del volumen de tránsito por movimiento día típico.

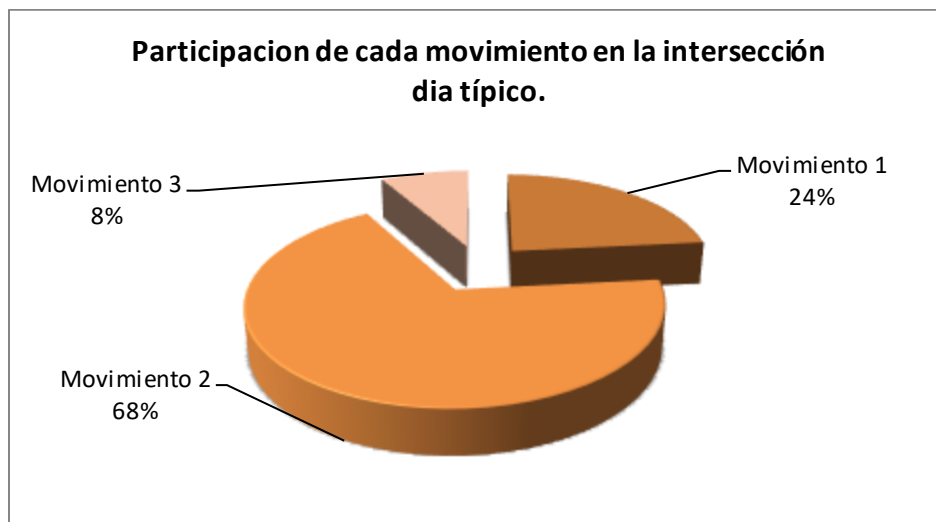


Figura 11. Participación de cada movimiento en la intersección. Basados en datos de la figura 10.



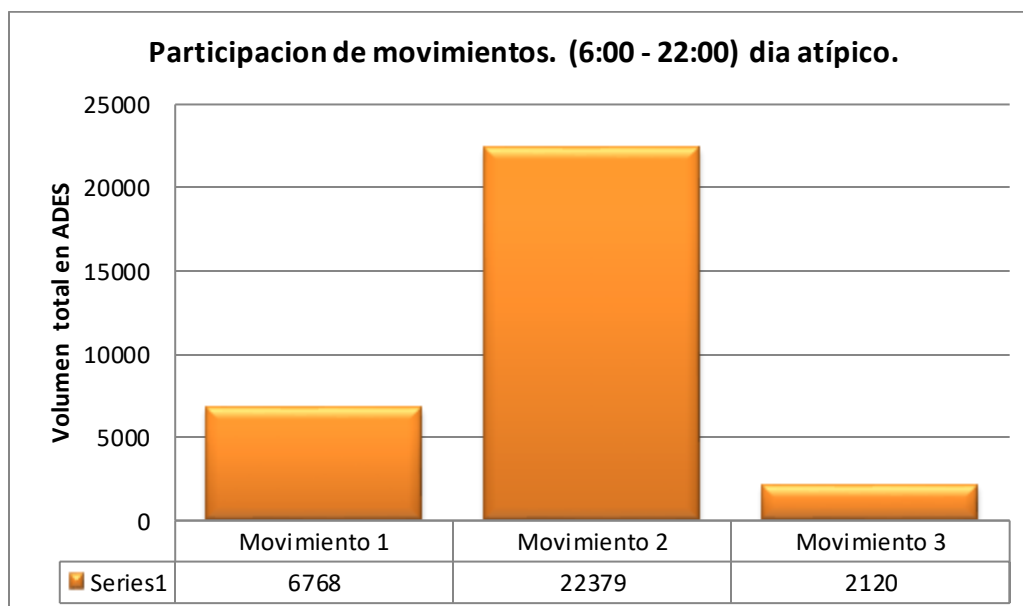


Figura 12. Participación de cada movimiento en la intersección. Datos tomados de Figura 9, Variación horaria del volumen de tránsito por movimiento día atípico.



Figura 13. Participación de cada movimiento en la intersección. Basados en datos de la figura 12.

En el análisis general de velocidad de recorrido en movimiento 1 se calcularon los parámetros para día típico, en la tabla 9 se muestran los resultados obtenidos sin detallar en el procedimiento, para el cual se debe remitir al Anexo 4 del presente informe:

Tabla 9. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día típico.

Grupos de Velocidad		Punto Medio $V_i$ km/h (Marca de clase)	Frecuencia Observada		Frecuencia Observada		$V_i^2$	$f_i * V_i$	$f_i * V_i^2$	$f_i / V_i$
Km/h			Absoluta ( $F_i$ )	Relativa ( $F_i/n * 100$ )	Absoluta acumulada	Relativa acumulada				
2,5	9,49	6	12	16,90	12	16,90	36	72	432	2
9,5	16,49	13	20	28,17	32	45,07	169	260	3380	1,538462
16,5	23,49	20	11	15,49	43	60,56	400	220	4400	0,55
23,5	30,49	27	9	12,68	52	73,24	729	243	6561	0,333333
30,5	37,49	34	12	16,90	64	90,14	1156	408	13872	0,352941
37,5	44,49	41	4	5,63	68	95,77	1681	164	6724	0,097561
44,5	51,49	48	1	1,41	69	97,18	2304	48	2304	0,020833
51,5	58,49	55	2	2,82	71	100,00	3025	110	6050	0,036364
			<b>71</b>	<b>100,00</b>				<b>1525</b>	<b>43723</b>	<b>4,93</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Entre los valores estadísticos representativos para datos agrupados, está la velocidad media temporal, que puede determinarse como sigue:

$$\bar{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^m f_i * V_i}{n} = \frac{1525}{71} = 21,48 \text{ km/h}$$

En un estudio de velocidad, hay tres percentiles importantes, P50, P85 y P98, cada uno de ellos, determina ciertas velocidades que ayudarán al análisis del estudio.

P50	18.73 Km/h	Es una medida de la calidad del flujo vehicular en sitio. Su valor es muy aproximado a la mediana y a la velocidad media temporal calculadas.
P85	35.37 Km/h	Es el límite máximo de velocidad del sitio estudiado, es decir, el 85 % de los conductores eligen viajar a 35.4 Km/h o menos velocidad.
P98	53.53 Km/h	Es la velocidad del proyecto o diseño de la vía.

Así mismo, en el análisis general de velocidad de recorrido en movimiento 1 se calcularon los parámetros para día atípico, en la tabla 10 se muestran los resultados obtenidos sin detallar en el procedimiento:

*Tabla 10. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día atípico.*

Grupos de Velocidad		Punto Medio $V_i$ km/h (Marca de clase)	Frecuencia Observada		Frecuencia Observada		$V_i^2$	$f_i \cdot V_i$	$f_i \cdot V_i^2$	$f_i / V_i$
Km/h		Absoluta ( $F_i$ )	Relativa ( $F_i/n \cdot 100$ )	Absoluta acumulada	Relativa acumulada					
7,5	12,49	10	31	23,13	31	23,13	100	310	3100	3,1
12,5	17,49	15	56	41,79	87	64,93	225	840	12600	3,733333
17,5	22,49	20	15	11,19	102	76,12	400	300	6000	0,75
22,5	27,49	25	11	8,21	113	84,33	625	275	6875	0,44
27,5	32,49	30	4	2,99	117	87,31	900	120	3600	0,133333
32,5	37,49	35	6	4,48	123	91,79	1225	210	7350	0,171429
37,5	42,49	40	5	3,73	128	95,52	1600	200	8000	0,125
42,5	47,49	45	4	2,99	132	98,51	2025	180	8100	0,088889
47,5	52,49	50	2	1,49	134	100,00	2500	100	5000	0,04
52,5	57,49	55	0	0,00	134	100,00	3025	0	0	0
			<b>134</b>	<b>100,00</b>				<b>2535</b>	<b>60625</b>	<b>8,58</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Entre los valores estadísticos representativos para datos agrupados, está la velocidad media temporal, que puede determinarse como sigue:

$$V_t = 18,92 \text{ km/h}$$

- P50 15.71 Km/h Es una medida de la calidad del flujo vehicular en sitio. Su valor es muy aproximado a la mediana y a la velocidad media temporal calculadas
- P85 28.63 Km/h Es el límite máximo de velocidad del sitio estudiado, es decir, el 85 % de los conductores eligen viajar a **28.6 Km/h** o menos de velocidad.

Así mismo, en el análisis general de velocidad de recorrido en movimiento 2 se calcularon los parámetros para día típico, en la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos sin detallar en el procedimiento:

*Tabla 11. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día típico.*

Grupos de Velocidad		Punto Medio $V_i$ km/h (Marca de clase)	Frecuencia Observada		Frecuencia Observada		$V_i^2$	$f_i \cdot V_i$	$f_i \cdot V_i^2$	$f_i / V_i$
Km/h			Absoluta ( $F_i$ )	Relativa ( $F_i/n \cdot 100$ )	Absoluta acumulada	Relativa acumulada				
3,5	5,49	4	45	42,86	45	42,86	16	180	720	11,25
5,5	7,49	6	43	40,95	88	83,81	36	258	1548	7,166667
7,5	9,49	8	10	9,52	98	93,33	64	80	640	1,25
9,5	11,49	10	4	3,81	102	97,14	100	40	400	0,4
11,5	13,49	12	2	1,90	104	99,05	144	24	288	0,166667
13,5	15,49	14	0	0,00	104	99,05	196	0	0	0
15,5	17,49	16	1	0,95	105	100,00	256	16	256	0,0625
17,5	19,49	18	0	0,00	105	100,00	324	0	0	0
19,5	21,49	20	0	0,00	105	100,00	400	0	0	0
21,5	23,49	22	0	0,00	105	100,00	484	0	0	0
			<b>105</b>	<b>100,00</b>				<b>598</b>	<b>3852</b>	<b>20,30</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Entre los valores estadísticos representativos para datos agrupados, está la velocidad media temporal o aritmética, que puede determinarse como sigue:

$$V_t = 5,70 \text{ km/h}$$

- P50 5.85 Km/h Es una medida de la calidad del flujo vehicular en sitio. Su valor es muy aproximado a la mediana y a la velocidad media temporal calculadas.
- P85 7.75 Km/h Es el límite máximo de velocidad del sitio estudiado, es decir, el 85 % de los conductores eligen viajar a **7.78 Km/h** o menos de velocidad.

En el análisis general de velocidad de recorrido en movimiento 2 se calcularon los parámetros para día atípico, en la tabla 12 se muestran los resultados obtenidos sin detallar en el procedimiento:

*Tabla 12. Distribución de frecuencias de velocidad de recorrido, día atípico.*

Grupos de Velocidad	Punto Medio $V_i$ km/h	Frecuencia Observada	Frecuencia Observada								
			Absoluta (Fi)	Relativa (Fi/n*100)	Absoluta acumulada	Relativa acumulada	$V_i^2$	$f_i \cdot V_i$	$f_i \cdot V_i^2$	$f_i / V_i$	
9,5	13,49	11	7	5,51	7	5,51	121	77	847	0,636364	
13,5	17,49	15	33	25,98	40	31,50	225	495	7425	2,2	
17,5	21,49	19	39	30,71	79	62,20	361	741	14079	2,052632	
21,5	25,49	23	12	9,45	91	71,65	529	276	6348	0,521739	
25,5	29,49	27	7	5,51	98	77,17	729	189	5103	0,259259	
29,5	33,49	31	10	7,87	108	85,04	961	310	9610	0,322581	
33,5	37,49	35	7	5,51	115	90,55	1225	245	8575	0,2	
37,5	41,49	39	5	3,94	120	94,49	1521	195	7605	0,128205	
41,5	45,49	43	5	3,94	125	98,43	1849	215	9245	0,116279	
45,5	49,49	47	2	1,57	127	100,00	2209	94	4418	0,042553	
			<b>127</b>	<b>100,00</b>				<b>2837</b>	<b>73255</b>	<b>6,48</b>	

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Entre los valores estadísticos representativos para datos agrupados, está la velocidad media temporal o aritmética, que puede determinarse como sigue:

$$V_t = 22,34 \text{ km/h}$$

- P15 14.96 Km/h Es el límite mínimo de velocidad del sitio estudiado, es decir, solo el 15% de los conductores lleva una velocidad igual o inferior a **15 Km/h**.
- P50 19.91 Km/h Es una medida de la calidad del flujo vehicular en sitio. Su valor es muy aproximado a la mediana y a la velocidad media temporal calculadas.
- P85 33.48 Km/h Es el límite máximo de velocidad del sitio estudiado, es decir, el 85 % de

los conductores eligen viajar a **33.5 Km/h** o menos velocidad.

P98 45.07 Km/h Es la velocidad del proyecto o diseño de la vía.

## CAPITULO 9

### ANALISIS DE RESULTADOS

De un análisis a la información de campo obtenida en la ejecución de los aforos vehiculares, se determinaron factores como volúmenes de tránsito por cada movimiento, velocidades límites, medias y de diseño, composición vehicular, factor de máxima demanda.

Se observa que, para el día hábil típico, el volumen vehicular es constante a lo largo de la jornada, teniendo picos entre las 11:30 y las 13:00, y en la tarde entre las 17:00 y 19:15 el flujo vehicular es alto durante la mayor parte del día. Para el día hábil típico en horas de la tarde se produce un incremento, llegando a un máximo de 3027 vehículos/mixtos en el periodo comprendido entre las 17:30 y las 18:30 (Hora de Máxima Demanda) y para el día atípico se produce un incremento en horas de la mañana, llegando a un máximo de 2543 vehículos/mixtos en el periodo comprendido entre las 11:45 y las 12:45. Se observa además que el volumen vehicular para días típicos y atípicos disminuye gradualmente cuando llegan las horas de la noche.

En las figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13, se muestra que el movimiento con mayor volumen de tránsito es el número 2 tanto para el día típico como para el día atípico; para el día típico se presenta para el movimiento 2 un total de 23442 vehículos/mixtos y para el día atípico un total de 22379 vehículos/mixtos, cifras en las cuales se aprecia una leve diferencia.

### Composición vehicular.

Tabla 13. Composición vehicular total la intersección en estudio día típico.

COMPOSICIÓN VEHICULAR			
MOTO	AUTO	BUS	CAMION
15944	21206	1613	833

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

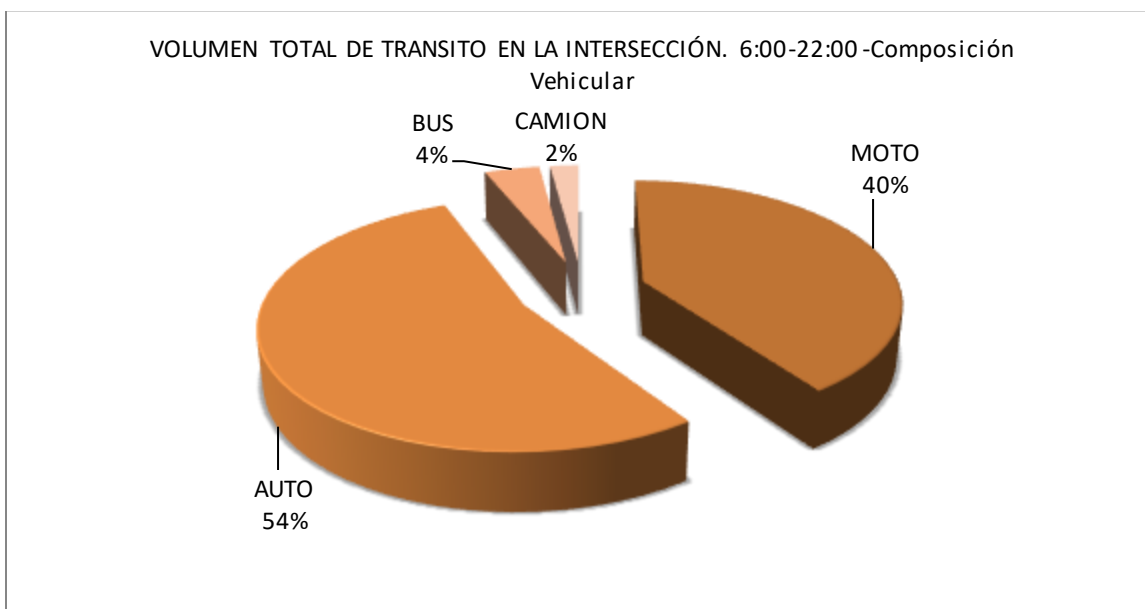


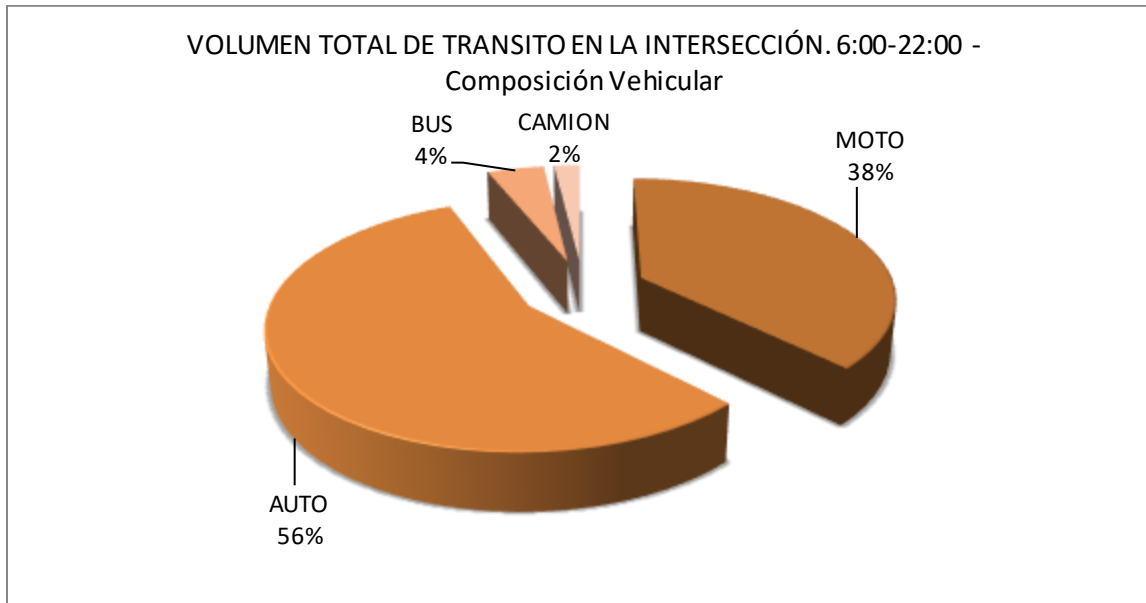
Figura 14. Composición vehicular de la intersección en estudio día típico. Basados en la tabla 13, Composición vehicular total la intersección en estudio día típico.

Tabla 14. Composición vehicular total la intersección en estudio día atípico.

COMPOSICIÓN VEHICULAR			
MOTO	AUTO	BUS	CAMION
13307	20022	1510	683

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.





*Figura 15. Composición vehicular de la intersección en estudio día atípico. Basados en la tabla 14, Composición vehicular total la intersección en estudio día atípico.*

Para la composición vehicular, se tuvieron en cuenta los vehículos, sin la afectación del factor de equivalencia, es decir, aquí se muestran los totales de vehículos aforados según su tipo. (Tabla 13, Tabla 14).

Para el día típico y el día atípico, el vehículo que más tuvo presencia fue el auto, con una participación de 54% y 56%, siguiendo la moto con un 40% y 38%, el bus 4% y el camión con un 2%, respectivamente.

#### **Análisis de la hora de máxima demanda. (HMD).**

La hora de máxima demanda constituye el lapso de tiempo en el cual se presenta mayor flujo vehicular observado durante toda la jornada, se calcula con la suma consecutiva de 4 periodos de 15 minutos escogidos para la realización del aforo vehicular.

La Tabla 15, representa el valor de la HMD que en este caso se encuentra entre las 17:30 y las 18:30 para el día típico y entre las 12:00 y las 13:00 para el día atípico, cada periodo de 15 minutos corresponde a una tasa de flujo.

*Tabla 15. Volumen en la hora de máxima demanda*

HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA TIPICO			HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA ATIPICO		
HORA	TASA DE FLUJO	UNIDAD	HORA	TASA DE FLUJO	UNIDAD
17:30 -17:45	791	Veh. mixtos	12:00 -12:15	67	Veh. mixtos
17:45 -18:00	752	Veh. mixtos	12:15 -12:30	74	Veh. mixtos
18:00 -18:15	734	Veh. mixtos	12:30 -12:45	65	Veh. mixtos
18:15 -18:30	750	Veh. mixtos	12:45 -13:00	53	Veh. mixtos

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Al hacer un análisis de las variaciones de volumen de tránsito en la hora de máxima demanda, se utiliza el FHMD (Factor Horario de Máxima Demanda), que relaciona el volumen horario de máxima demanda con el flujo máximo en un periodo contenido en la misma hora. Su fórmula matemática es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{max})}$$

Dónde:

FHMD=Factor Horario de Máxima Demanda.

VHMD = Volumen Horario de Máxima Demanda.

N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda.

qmáx = Flujo máximo.

Los periodos de tiempo dentro de la hora de máxima demanda pueden ser 5, 10, 15 minutos. Para este caso el periodo es de 15 minutos y su fórmula matemática es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

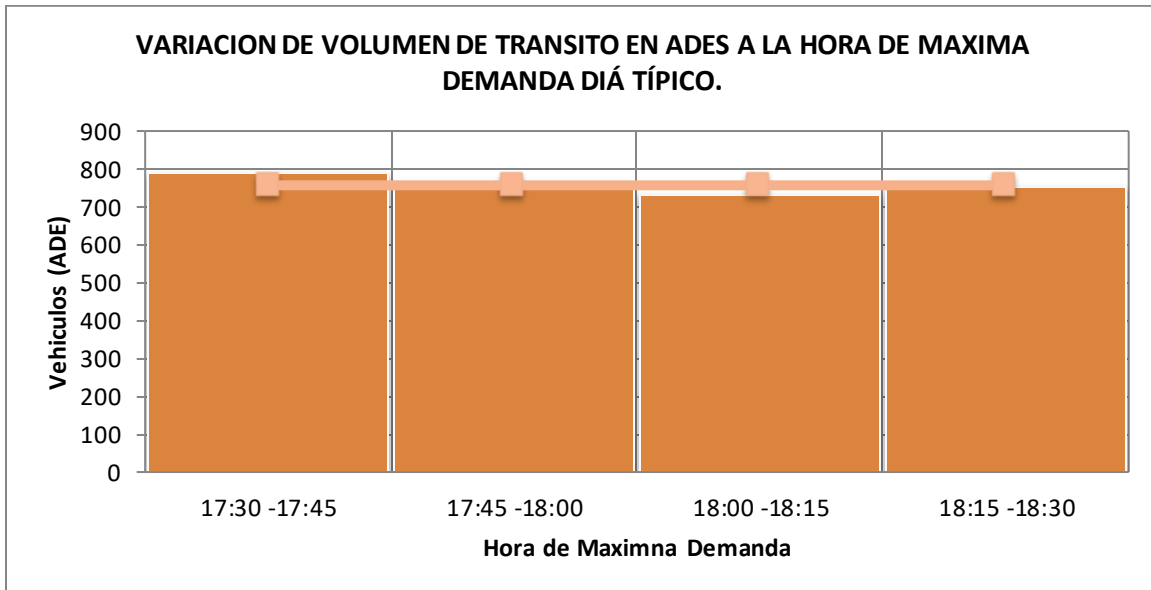
El máximo valor que puede alcanzar el FHMD es la unidad, que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos dentro de la hora, cuanto más inferior a la unidad sea el valor de éste, indica que existen concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora. Para este caso se tiene:

*Tabla 16. FHMD de intersección, según conjunto de días en estudio.*

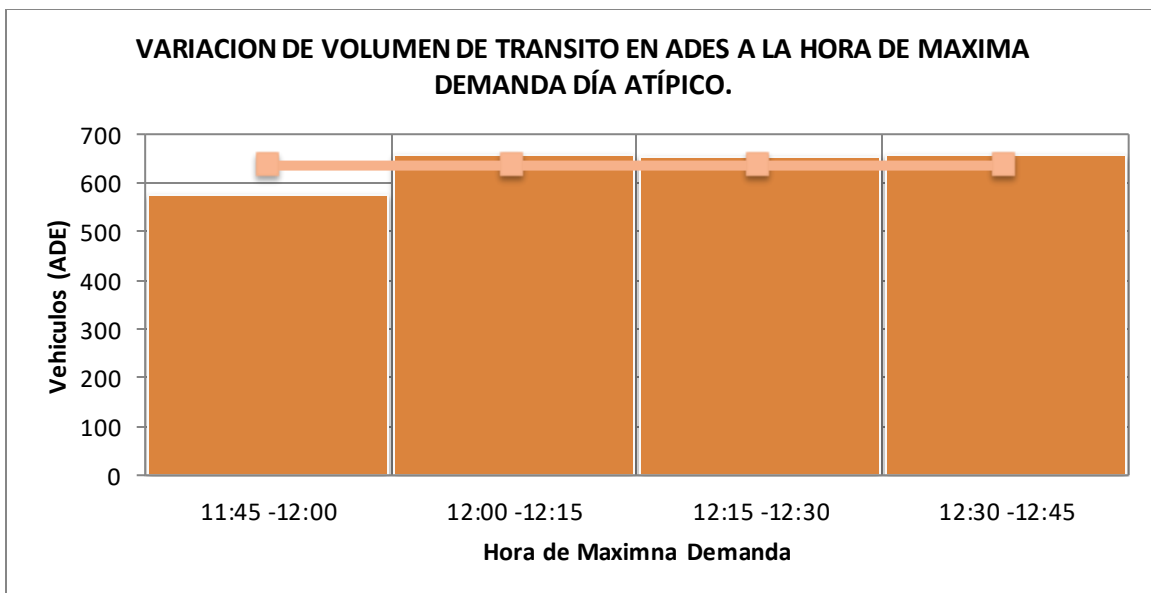
Día típico		Día atípico	
<b>VHMD =</b>	<b>3027 Veh. mixtos</b>	<b>VHMD =</b>	<b>2543 veh. mixtos</b>
Qmax =	791	Qmax =	658
N =	4	N =	4
<b>FHMD =</b>	<b>0,96</b>	<b>FHMD =</b>	<b>0,97</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

El valor obtenido tanto para el día típico como para el día atípico 0,96 y 0,97 respectivamente, es cercano a 1, lo que significa que existe una distribución uniforme durante la hora de máxima demanda. La Figura 16, ilustra el comportamiento de las tasas de flujo en la HMD. La línea representa el volumen de la hora de máxima demanda para un periodo de 15 minutos, es decir, un promedio de tasa de flujo en la HMD. Su valor corresponde a 757 y 636 vehículos/mixtos, respectivamente.



*Figura 16. Variación del volumen de tránsito a la HMD en día típico. Basados en la tabla 15, Volumen en la hora de máxima demanda*



*Figura 17. Variación del volumen de tránsito a la HMD en día atípico. Basados en la tabla 15, Volumen en la hora de máxima demanda.*

### Distribución Direccional en la HMD.

En el periodo en que ocurre la Hora de Máxima Demanda, el movimiento 2, aporta un 68% de vehículos, esto corresponde a 2060 vehículos/mixtos. Para este periodo, el movimiento 1 representa un 23% con una carga vehicular de 710 vehículos/mixtos y para el movimiento 3, que aporta un 9% con 285 vehículos /mixtos; para el día atípico, los movimientos tienen la misma participación que el día típico, en cuanto a porcentaje se refiere, el movimiento 1, aporta una carga vehicular de 607 vehículos/mixtos, el movimiento 2, 1813 vehículos/ mixtos y el movimiento 3, 258 vehículos/ mixtos. Se evidencia que la participación del flujo vehicular es mayor en los días típicos. (Figuras 14, 15, 16 y 17).

*Tabla 17. Distribución direccional de la intersección a la HMD.*

HORA	Día típico			HORA	Día atípico		
	Mov 1	Mov 2	Mov 3		Mov 1	Mov 2	Mov 3
17:30 - 18.30	710 veh. mixtos	2060 veh. mixtos	285 veh. mixtos	17:30 - 18.30	607 veh. mixtos	1813 veh. mixtos	258 veh. mixtos

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

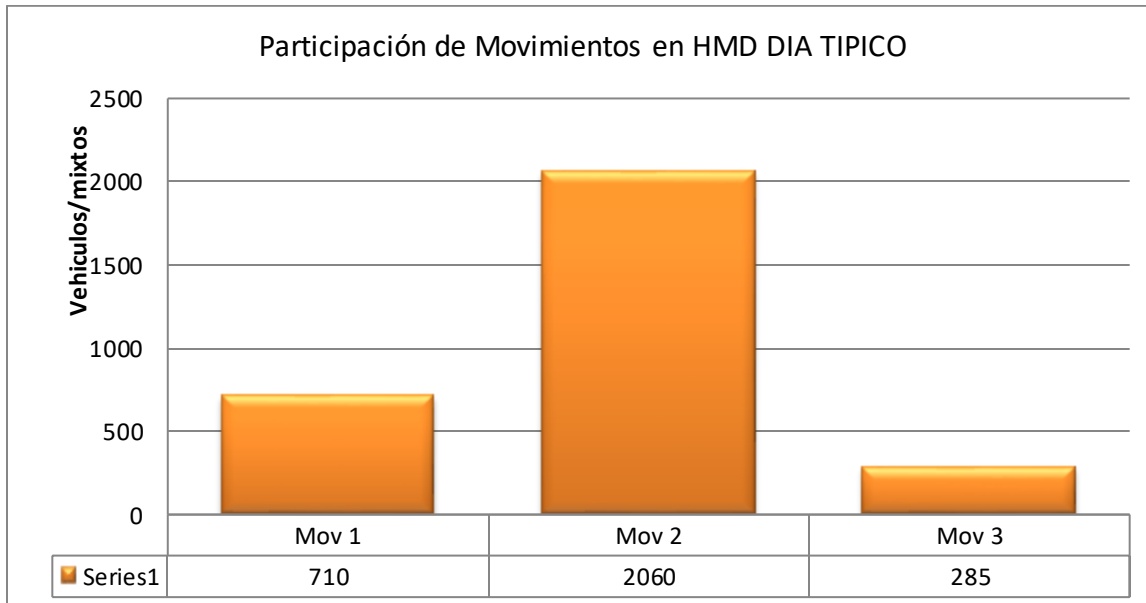


Figura 18. Distribución direccional en la HMD, día típico por movimiento. (Diagrama de barras). Basados en la tabla 13, Composición vehicular total la intersección en estudio día típico.

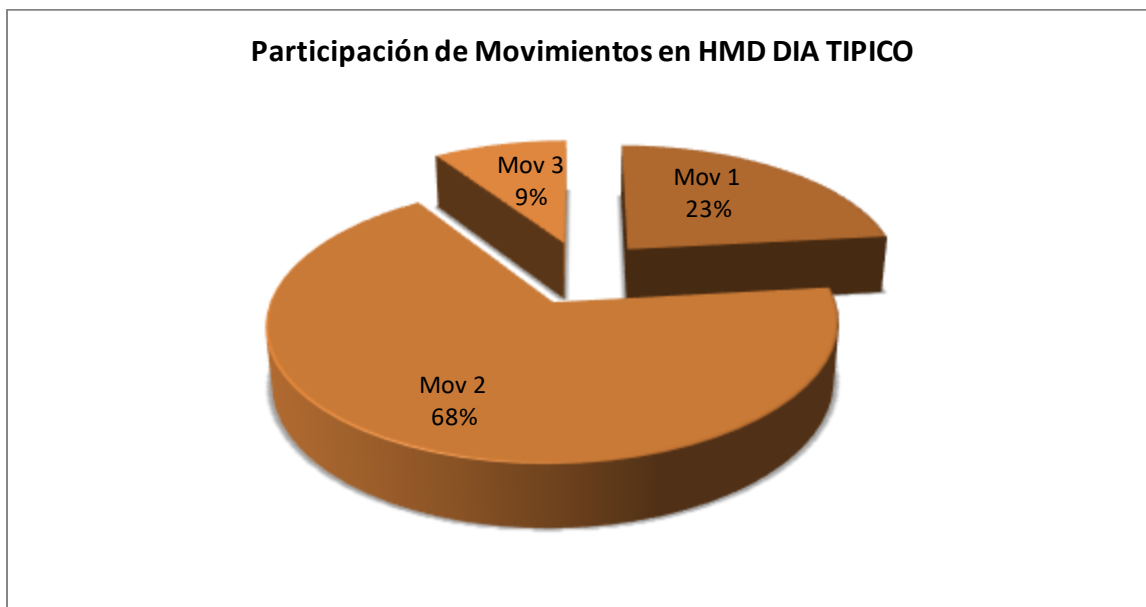
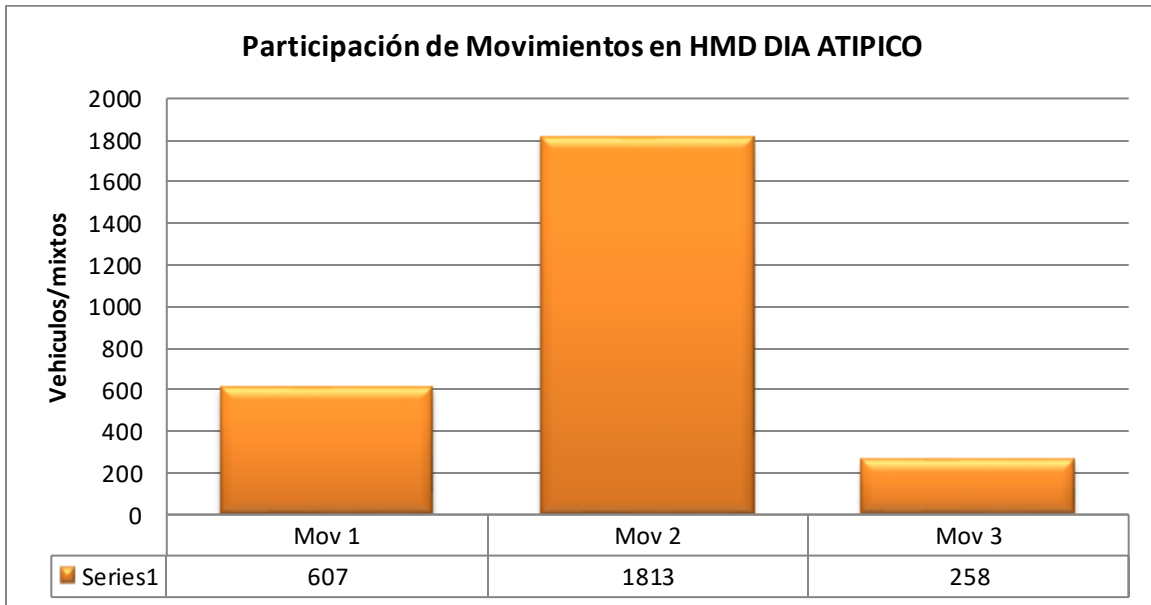
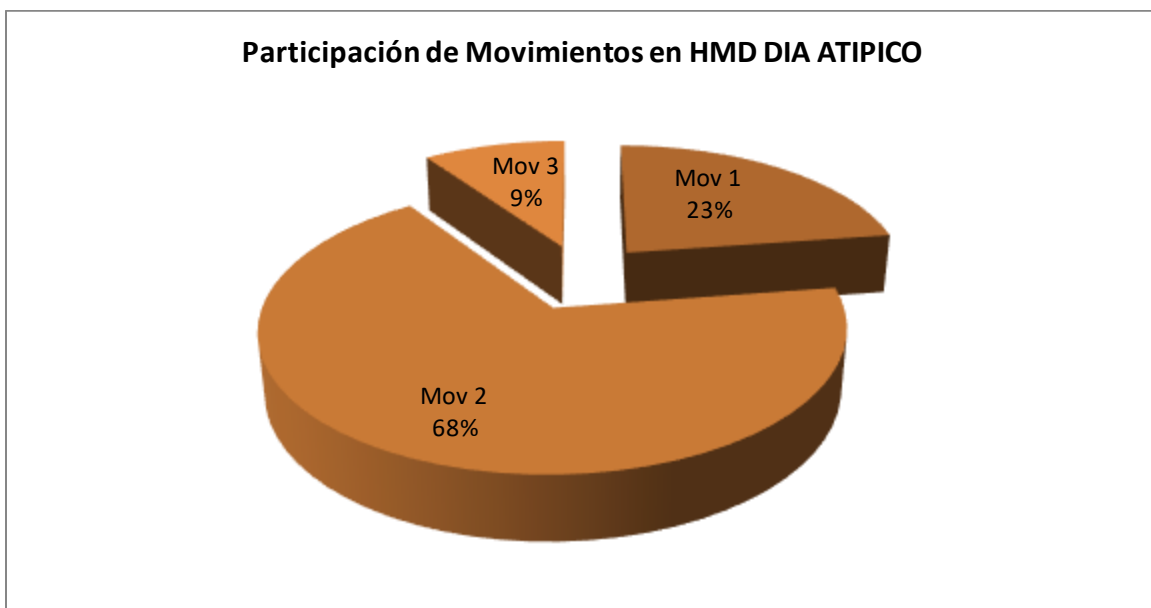


Figura 19. Distribución direccional en la HMD, día típico por movimiento. (Diagrama circular). Datos tomados de la figura 18.



*Figura 20. Distribución direccional en la HMD, día atípico por movimiento. (Diagrama de barras). Basados en la tabla 14, Composición vehicular total la intersección en estudio día atípico.*



*Figura 21. Distribución direccional en la HMD, día atípico por movimiento. (Diagrama circular). Datos tomados de la figura 20.*

### Composición vehicular en la HMD

Las Tablas 18 y 19, muestran cifras del número de vehículos según su tipo y sin factor de equivalencia, para los días típicos y atípicos.

*Tabla 18. Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda para día típico.*

Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda día típico	MOTO	AUTO	BUS	CAMION
	1730	1858	99	46

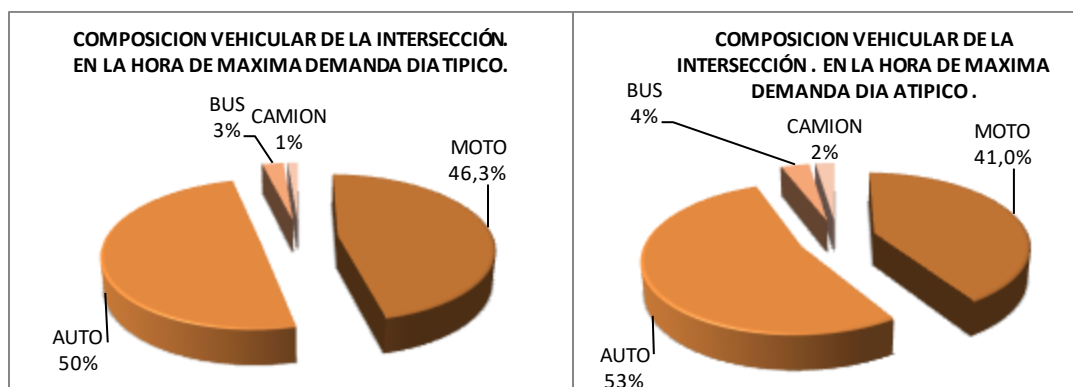
Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

*Tabla 19. Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda para día atípico.*

Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda día atípico	MOTO	AUTO	BUS	CAMION
	1211	1568	104	70

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

En la Figura 22, se observa que, para el día típico, el 50% de los vehículos que transitaron por la intersección fueron autos y el 46,3 % fueron motos, nuevamente el día típico tiene mayor flujo vehicular en cuanto a autos y motos se refiere, pero para el día atípico, el flujo de camiones y buses supera al día típico.



*Figura 22. Composición vehicular en la HMD para días típicos y atípicos. Basados en las tablas 18 y 19.*



### Variación horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en la HMD.

Tabla 20. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día típico.

HORA	MOTO	AUTO	BUS	CAMION
17:30 -17:45	449	483	27	13
17:45 -18:00	406	484	21	10
18:00 -18:15	454	431	24	12
18:15 -18:30	421	460	27	11

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 21. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día atípico.

HORA	MOTO	AUTO	BUS	CAMION
11:45 -12:00	214	370	32	15
12:00 -12:15	316	397	31	17
12:15 -12:30	354	394	17	21
12:30 -12:45	327	407	24	17

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

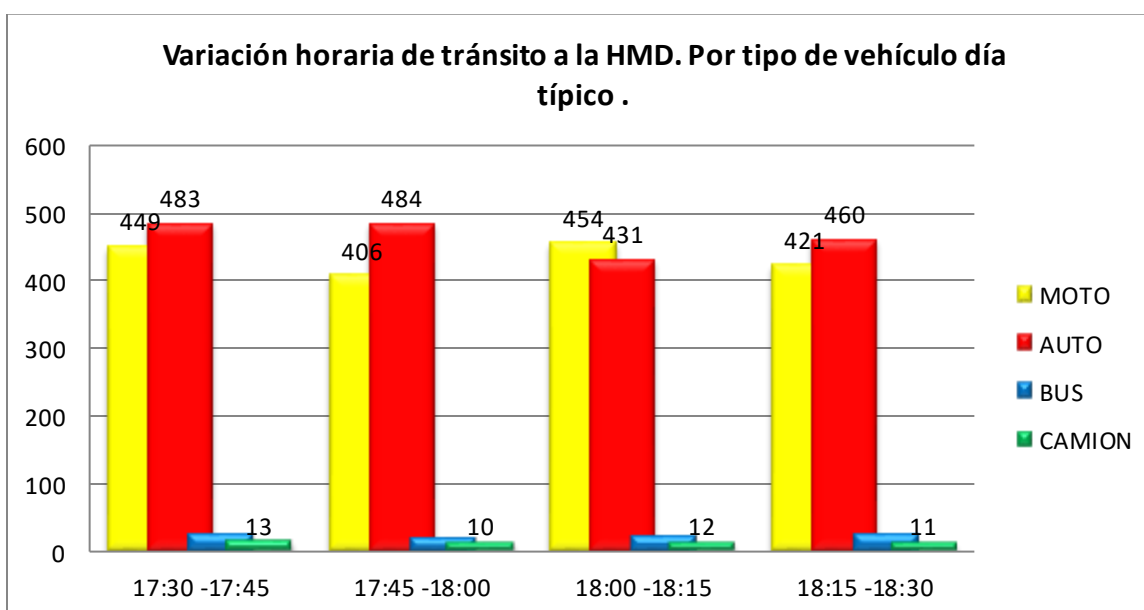
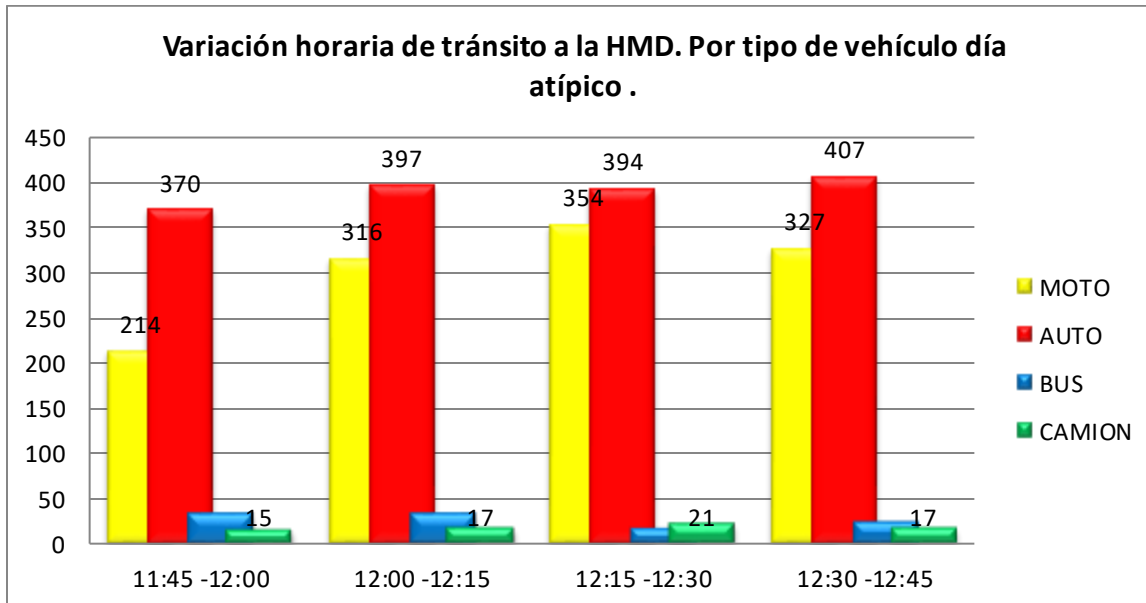


Figura 23. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día típico. Basados en la tabla 20.



*Figura 24. Variación del volumen de tránsito en la HMD por tipo de vehículo para día atípico. Basados en la tabla 20.*

Para la Hora de Máxima Demanda, se muestra en las Tablas 16 y 17, y las figuras 20 y 21; la circulación de cada tipo de vehículos por cada periodo de 15 minutos, nuevamente los autos predominan en esta intersección durante este intervalo de tiempo, seguidos por las motos y en menor cantidad, por camiones y buses.

## ANÁLISIS DE MOVIMIENTO 1

*Movimiento 1. Vehículos con sentido de flujo occidente – sur. (Ver figura 25).*



*Figura 25. Esquematación del movimiento 1. Tomado de imagen modificada de Google Maps.*

### **Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 1**

El movimiento 1, para el día típico presenta un aumento importante de flujo vehicular durante el periodo de tiempo aforado que se produce en horas de la mañana y en horas de la tarde se encuentra la Hora de Máxima Demanda de este movimiento (17:45 – 18:45); a partir de las 19:00 empieza a disminuir notablemente el flujo vehicular. Para el día atípico, el comportamiento de los vehículos durante la jornada

tiende a ser constante, presentándose picos no tan notorios en horas de la mañana, siendo la hora de máxima demanda (11:30 -12:30). (Figuras 27 y 28).

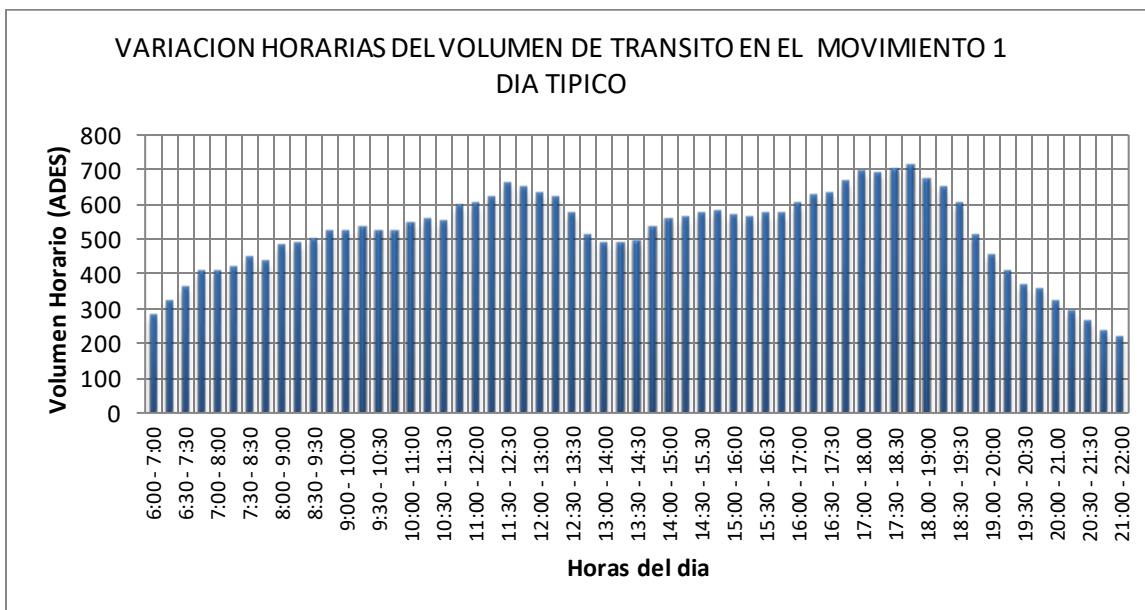


Figura 26. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 1, para día típico. Basados en datos tomados en campo.

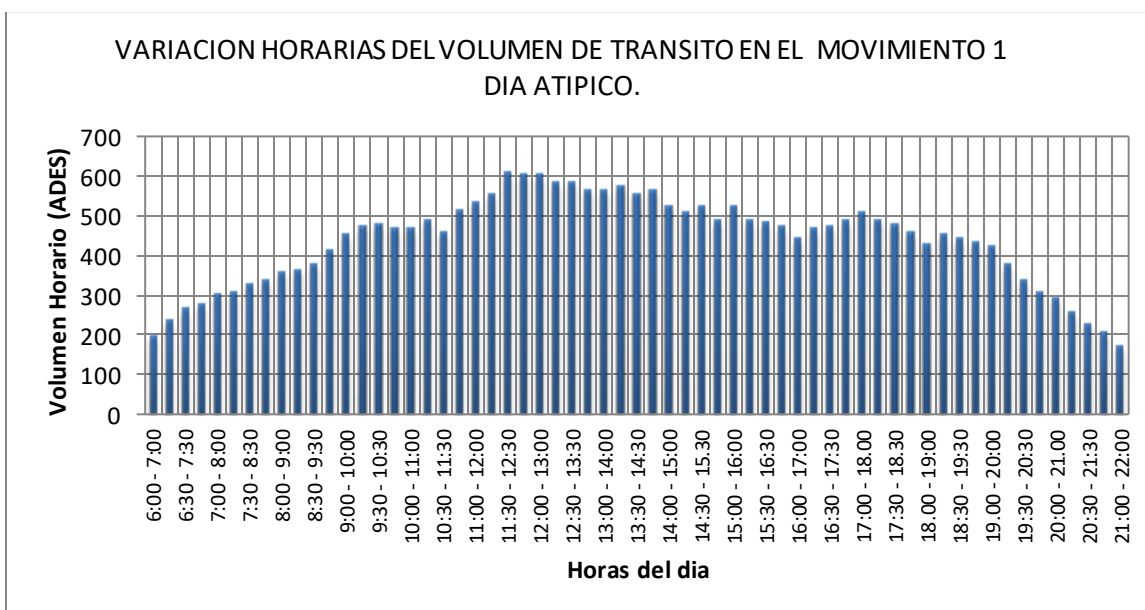


Figura 27. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 1, para día atípico. Basados en datos tomados en campo.

### Variación horaria del volumen de tránsito del movimiento 1 por tipo de vehículo.

El movimiento 1, sigue teniendo la tendencia de los apartados anteriores, donde predominan notablemente los autos sobre el resto de vehículos, los camiones y buses tienen una participación mínima. (Figuras 29 y 30).

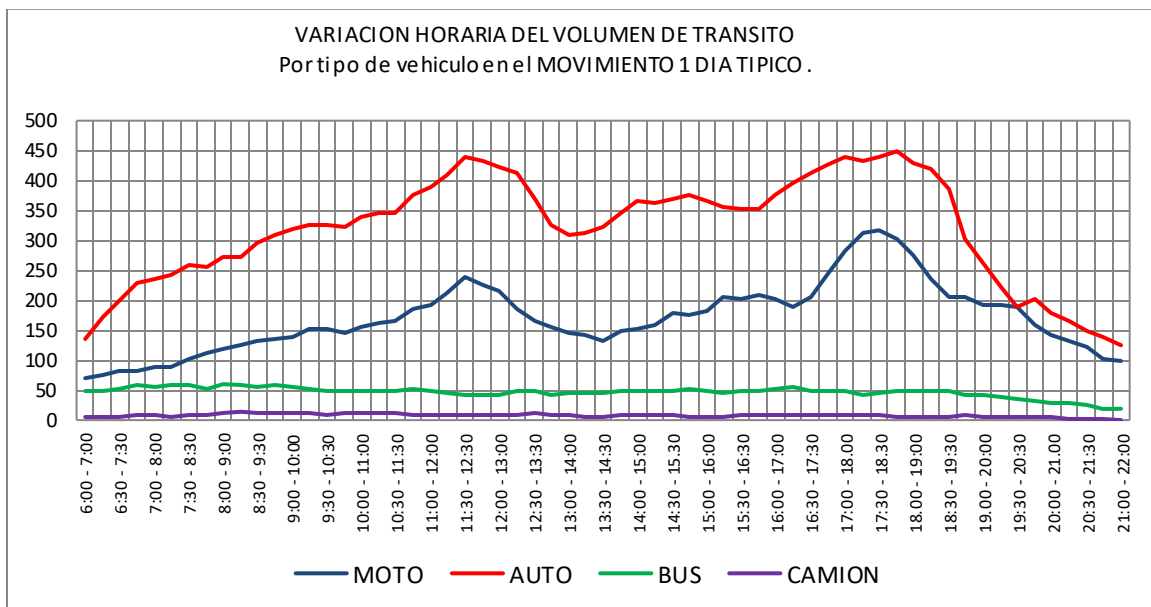


Figura 28. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 1 para día típico. Basados en datos de la figura 27.

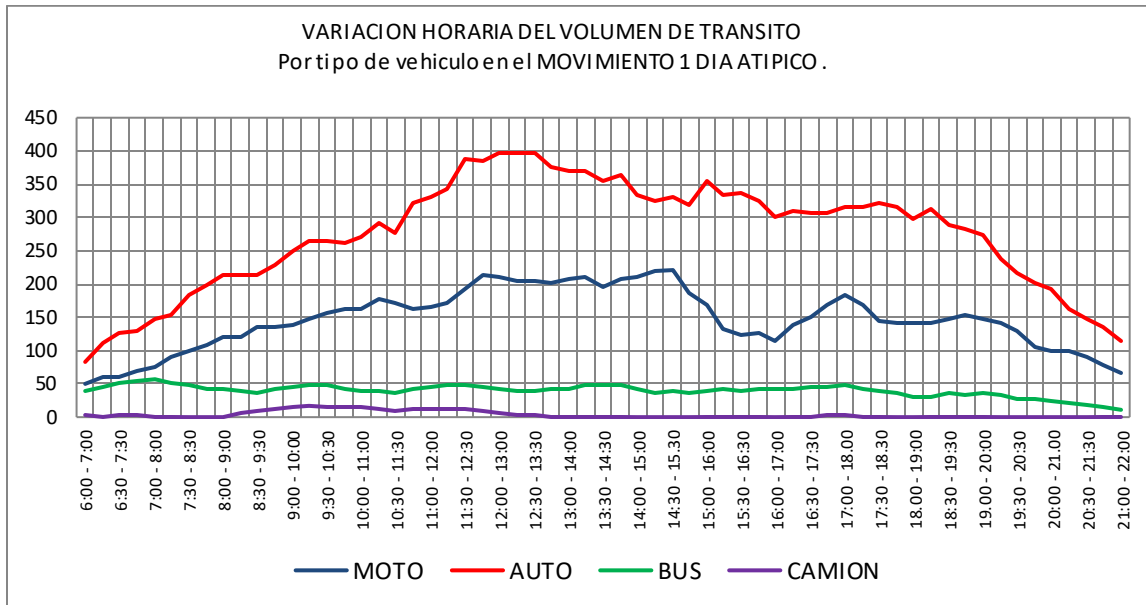


Figura 29. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 1 para día atípico. Basados en datos de la figura 28.

### Composición vehicular en el movimiento 1.

Tabla 22. Composición vehicular del Movimiento 1 para día típico.

MOTO	AUTO	BUS	CAMION
2657	4962	732	118

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 23. Composición vehicular del Movimiento 1 para día atípico.

MOTO	AUTO	BUS	CAMION
2269	4249	623	60

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

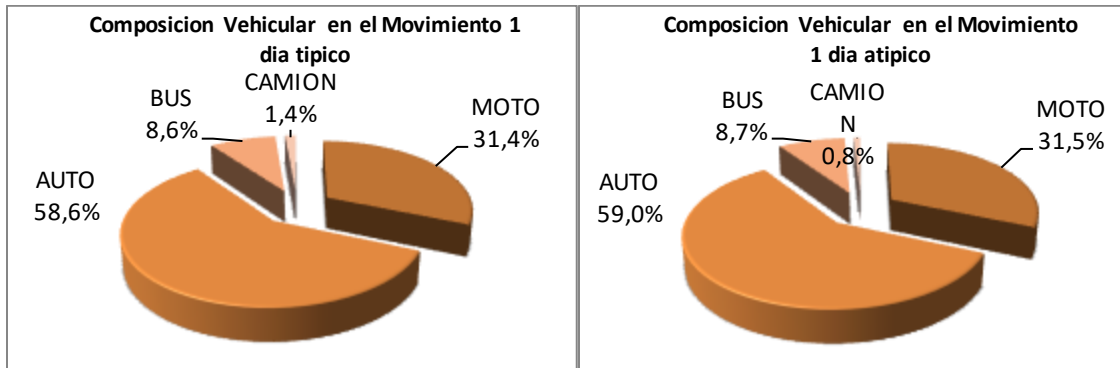


Figura 30. Composición vehicular en el movimiento 1 para los días típicos y atípicos. Basados en las tablas 22 y 23.

En la Figura 31, se observa que predominan los autos, tanto para el día típico como para el día atípico; representando el 58.6% y el 59% respectivamente del total de vehículos durante el periodo de tiempo aforado; le siguen las motos, con el 31.4% y el 31.5% del flujo del sector y por último, se encuentran los camiones y buses en menor cantidad.

#### Hora de Máxima Demanda en el movimiento 1.

Tabla 24. Volumen del movimiento 1 en la hora de máxima demanda

HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA TIPICO		HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA ATIPICO	
PERIODO	ADES	PERIODO	ADES
17:45 -18:00	190	11:30 -11:45	165
18:00 -18:15	165	11:45 -12:00	150
18:15 -18:30	174	12:00 -12:15	156
18:30 -18:45	181	12:15 -12:30	136
Total	710	Total	607

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 25. FHMD del movimiento 1, según conjunto de días en estudio.

Día típico		Día atípico	
VHMD =	710	VHMD =	607
Qmax =	190	Qmax =	165
N =	4	N =	4
<b>FHMD =</b>	<b>0,93</b>	<b>FHMD =</b>	<b>0,92</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

El valor obtenido cercano a uno (1), indica que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Quiere decir que, dentro de la HMD, no se presentan periodos de 15 minutos con resultados lejanos a los otros tres periodos. Las Figuras 32 y 33, muestran el comportamiento de las tasas de flujo en la HMD. La línea representa el volumen de la hora de máxima demanda para un periodo de 15 minutos, es decir un promedio de tasa de flujo en la HMD. Su valor corresponde a 178 y 152 vehículos/mixtos respectivamente.

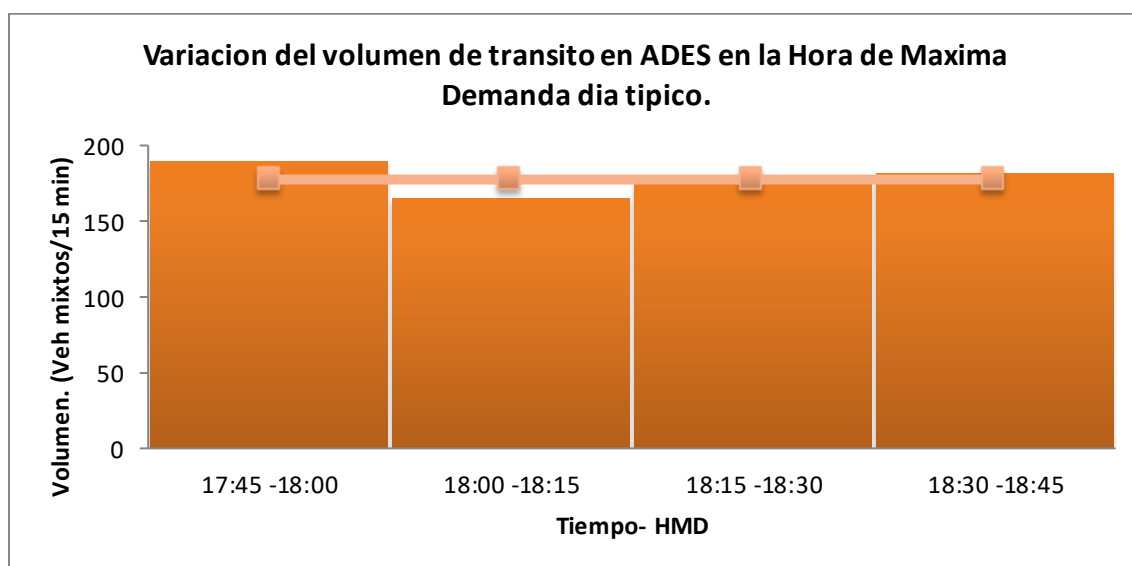
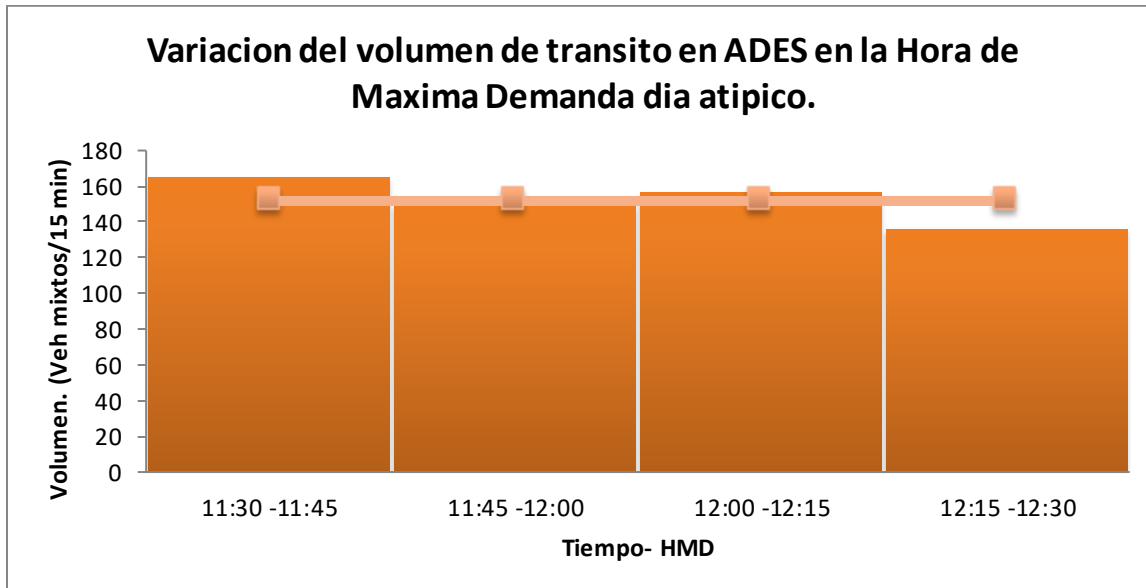


Figura 31. Variación del volumen de tránsito en la HMD del movimiento 1 para día típico. Basados en la tabla 24, Volumen del movimiento 1 en la Hora de Máxima Demanda.





*Figura 32. Variación del volumen de tránsito en la HMD del movimiento 1 para día atípico. Basados en la tabla 24, Volumen del movimiento 1 en la Hora de Máxima Demanda.*

### Composición vehicular de la HMD en el movimiento 1.

Las Tablas 26 y 27, muestran cifras del número de vehículos según su tipo. En la Figura 34 se observa que la tendencia se mantiene, la mayoría de vehículos que recorrieron este movimiento son autos tanto para el día típico como para el día atípico; el movimiento 1 para el día típico, tiene una mayor circulación de autos y motos, la presencia de camiones para el día atípico también supera en este movimiento, al día típico.

*Tabla 26. Composición vehicular en HMD del movimiento 1 para día típico.*

Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda día típico	<b>MOTO</b>	<b>AUTO</b>	<b>BUS</b>	<b>CAMION</b>
	303	449	49	5

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 27. Composición vehicular en HMD del movimiento 1 para día atípico.

Composición vehicular en Hora de Máxima demanda día atípico	MOTO	AUTO	BUS	CAMION
	193	389	47	12

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

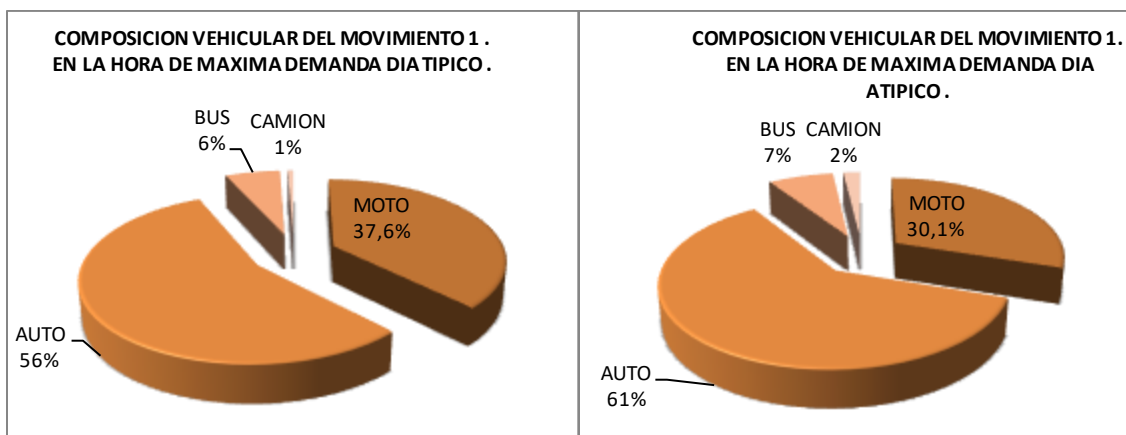


Figura 33. Composición vehicular a la HMD del movimiento 1 para días típicos y atípicos. Basados en las tablas 26 y 27.

Para el movimiento 1 día típico, la velocidad media temporal dio como resultado 21.48 km/h.

La velocidad media espacial es de 14.40 km/h, y resulta ser menor que la velocidad media temporal.

EL 68.3% de todas las velocidades, se encuentran entre 9.05 Km/h y 33.91 Km/h.

Puede suponerse con un 95,5% de confianza que, la velocidad media real de todo el tránsito, se encuentra comprendida entre 18.53 y 24.43 Km/h, es decir, hay una probabilidad del 4,5%, que al estimar la velocidad media real del tránsito como 21.48 Km/h, se tenga un error máximo de  $\pm 2,95$  Km/h.

El límite PERCENTIL 85 de velocidad en el movimiento, es de 35.37 km/h, es decir, el 85% de los conductores pueden viajar a esta velocidad o menos.

Para el movimiento 1 día atípico, la velocidad media temporal que corresponde a la media aritmética de las velocidades, dio como resultado 18.92 km/h.

La velocidad media espacial es de 15.62 km/h, y resulta ser menor que la velocidad media temporal.

EL 68.3% de todas las velocidades, se encuentran entre 9.19 Km/h y 28.64 Km/h. puede suponerse con un 95,5% de confianza que, la velocidad media real de todo el tránsito se encuentra comprendida entre 17.24 y 20.60 Km/h, es decir que, hay una probabilidad del 4,5%, que al estimar la velocidad media real del tránsito como 18.92 Km/h, se tenga un error máximo de  $\pm 1,68$ Km/h.

El límite percentil 85 de velocidad en el movimiento es de 28.63 km/h, es decir, el 85% de los conductores pueden viajar a esta velocidad o menos.

Como resultado del estudio, la velocidad que adopta el 50% de los conductores para el movimiento 1, en el día típico, es de 18,73 km/h y para el día atípico, es de 15,71 km/h; se observa que para el día atípico la velocidad se reduce en un 16.02%.

## ANÁLISIS DE MOVIMIENTO 2

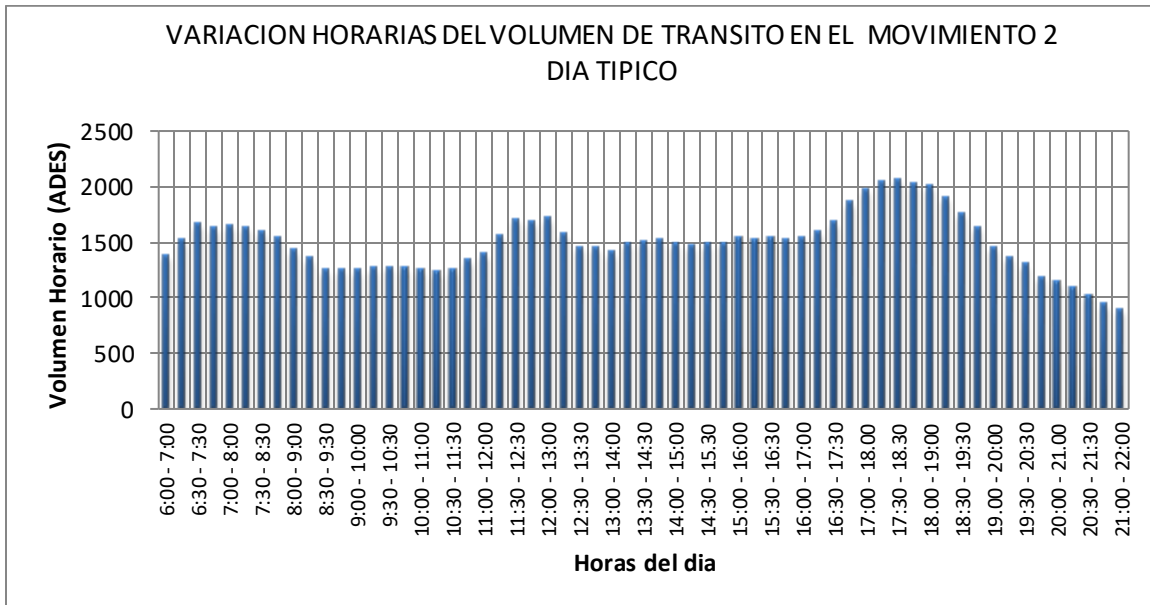
*Movimiento 2.* Vehículos con sentido de flujo Norte-Sur, vehículos procedentes de la avenida Ferrocarril y que toman la calle 17. (Ver figura 35).



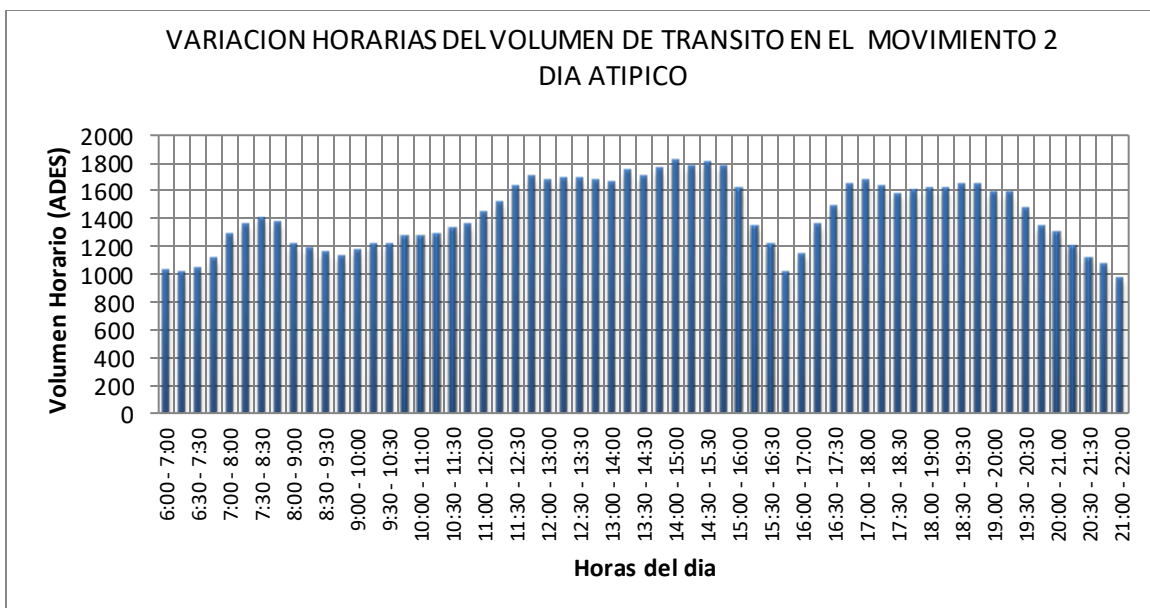
*Figura 34. Esquemática del movimiento 2. Tomado de imagen modificada de Google Maps.*

### **Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 2.**

El movimiento 2 para el día típico, presenta un flujo vehicular constante a lo largo de la jornada, se presenta un pico en horas de la tarde que corresponde a la Hora de Máxima Demanda entre (17:30 - 18:30); para el día atípico, presenta durante la jornada un flujo vehicular irregular, ya que se presentan picos en diferentes horarios, la Hora de Máxima Demanda para este movimiento se da entre (14:00 - 15:00), a partir de las 19:00, empieza a disminuir considerablemente el flujo vehicular, Figuras 36 y 37.



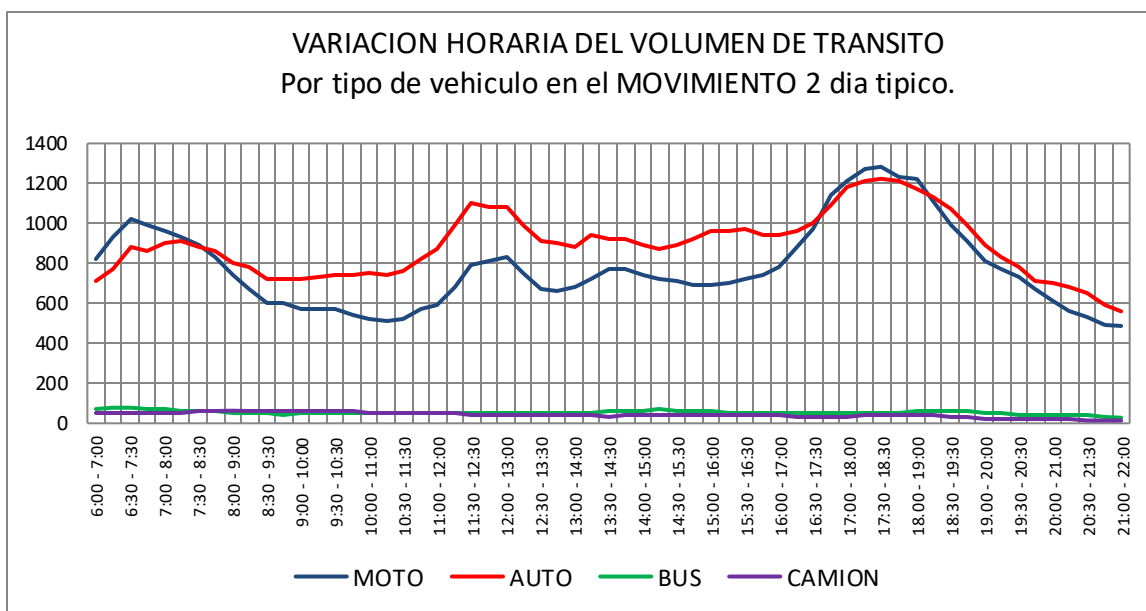
*Figura 35. Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 2 para día típico. Elaborado con datos recogidos en campo.*



*Figura 36. Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 2 para día atípico. Elaborado con datos recogidos en campo.*

### Variación horaria del volumen de tránsito del movimiento 2 por tipo de vehículo.

Para el movimiento 2, tanto en el día típico como en el día atípico, las motos al inicio de la jornada son las que tienen mayor participación entre (6:00 – 8:00), después de esta hora los autos empiezan a incrementar su flujo vehicular teniendo mayor participación a lo largo de la jornada, los buses y los camiones tienen una participación mínima en la intersección, (Figuras 38 y 39).



*Figura 37. Variación Horaria del Volumen de Tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 2 para día típico. Basado de datos recogidos en campo.*

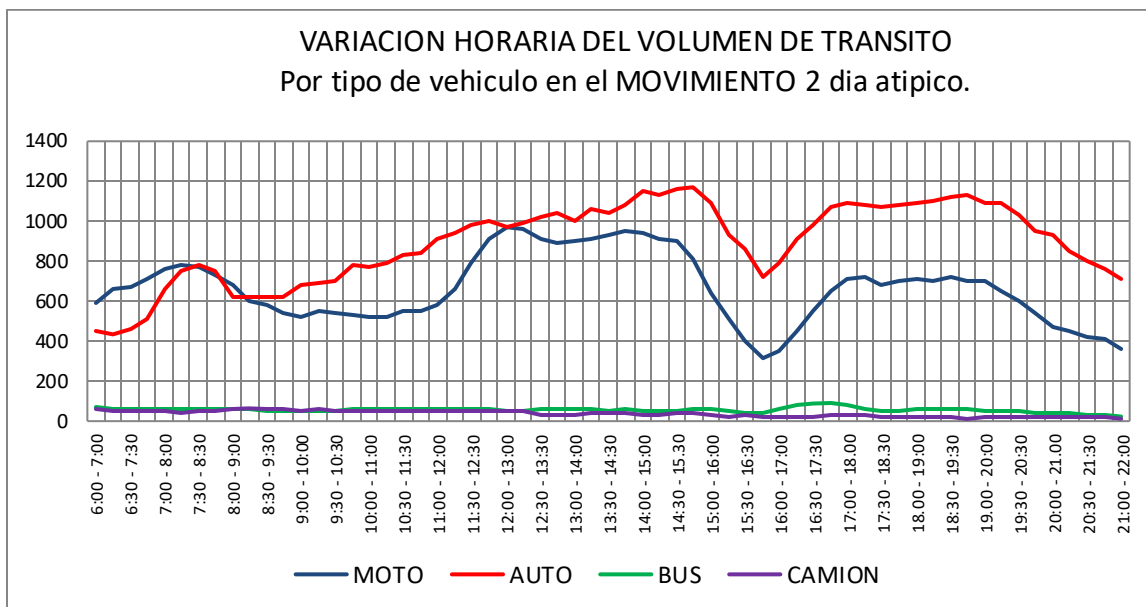


Figura 38. Variación Horaria del Volumen de Tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 2 para día atípico. Basado de datos recogidos en campo.

### Composición vehicular en el movimiento 2.

Tabla 28. Composición vehicular del Movimiento 2 para día típico.

MOTO	AUTO	BUS	CAMION
12286	14021	871	668

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 29. Composición vehicular del Movimiento 2 para día atípico.

MOTO	AUTO	BUS	CAMION
10414	14031	886	595

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

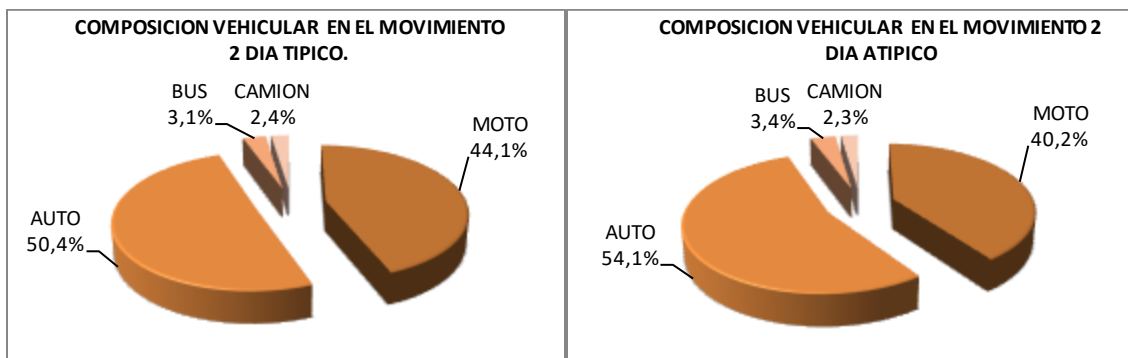


Figura 39. Composición vehicular en el movimiento 2, para días típicos y atípicos. Basados en tablas 28 y 29.

En la Figura 40, se observa que, en el día atípico, los autos y los buses tienen mayor participación que en el día típico, para los dos casos los autos tienen mayor participación sobre los otros vehículos a lo largo de la jornada, con un porcentaje para el día típico de 50,4% y para el día atípico del 54,1%.

### Hora de Máxima Demanda en el movimiento 2

Tabla 30. Volumen del movimiento 2 en la hora de máxima demanda

HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA TIPICO		HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA ATIPICO	
PERIODO	ADES	PERIODO	ADES
17:30 -17:45	556	14:00 -14:15	523
17:45 -18:00	501	14:15 -14:30	401
18:00 -18:15	503	14:30 -14:45	479
18:15 -18:30	501	14:45 -15:00	410
TOTAL	2060	TOTAL	1813

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.



Tabla 31. FHMD del movimiento 2, según conjunto de días en estudio.

Día típico		Día atípico	
VHMD =	2060	VHMD =	1813
qmax =	556	qmax =	523
N =	4	N =	4
<b>FHMD =</b>	<b>0.92</b>	<b>FHMD =</b>	<b>0.86</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Para el día típico, el valor obtenido de FHMD es cercano a 1 el cual indica que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la Hora de Máxima Demanda para el día atípico, el valor se aleja de la unidad donde se presenta una distribución de flujos máximos durante toda la Hora de Máxima Demanda. En las Figuras 41 y 42, se muestra el comportamiento de las tasas de flujo en la HMD. La línea representa el volumen de la Hora de Máxima Demanda para un periodo de 15 minutos, es decir, un promedio de tasa de flujo en la HMD.

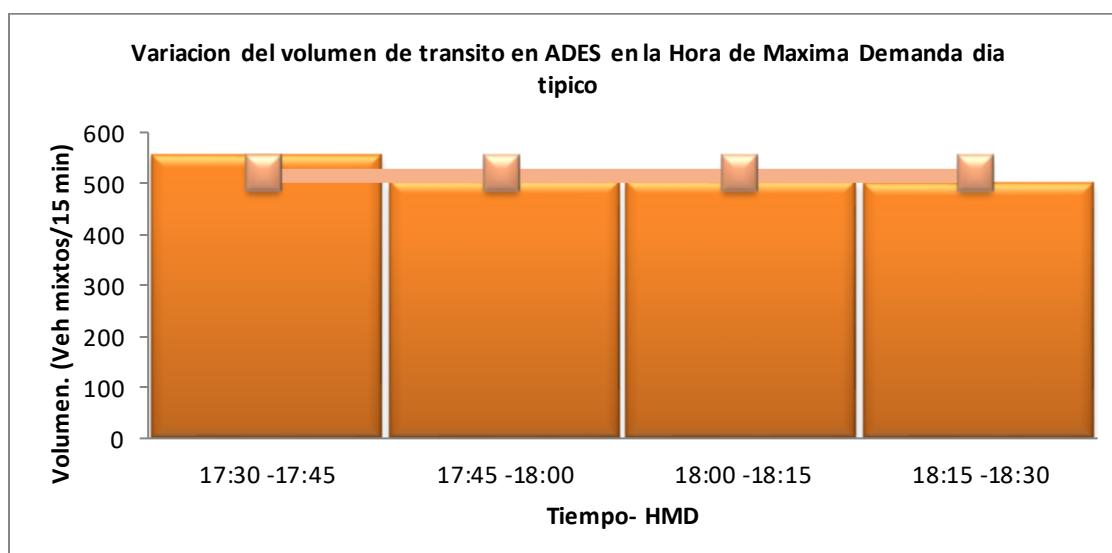


Figura 40. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 2 para el día típico. Basados en la tabla 30, Volumen del movimiento 2 en la hora de máxima demanda.

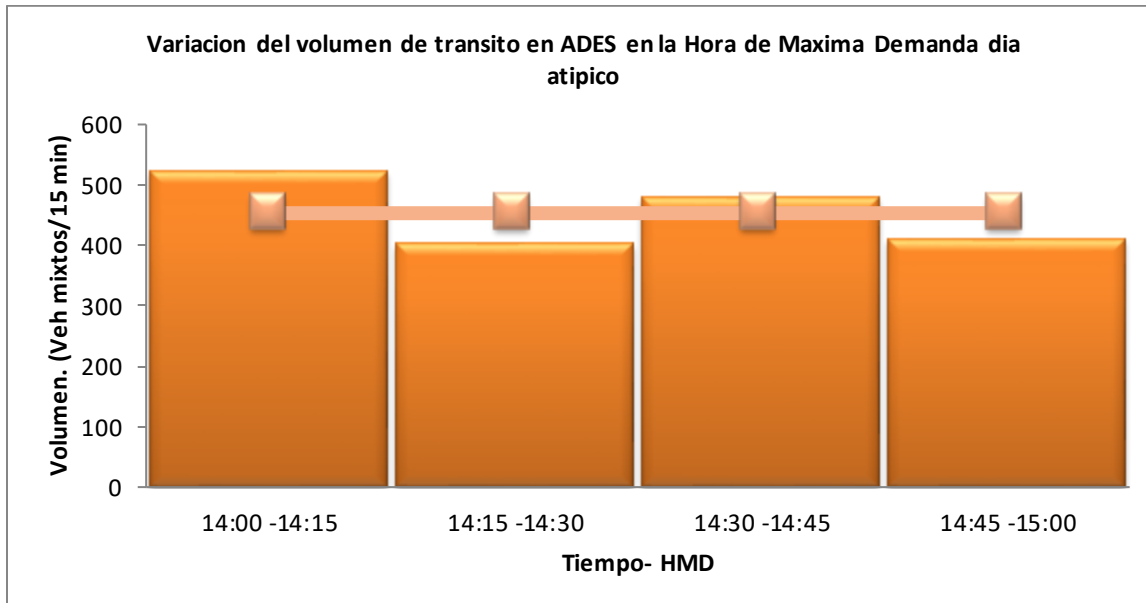


Figura 41. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 2 para el día atípico. Basados en la tabla 30, Volumen del movimiento 2 en la hora de máxima demanda.

### Composición vehicular de la HMD en el movimiento 2.

Las Tablas 32 y 33, muestran cifras del número de vehículos, según su tipo y sin factor de equivalencia. En la Figura 43, se observa que, para el día típico, las motos tienen mayor participación, y para el día atípico los autos tienen mayor participación sobre el resto de los vehículos con un porcentaje del 49.4% y del 53 % respectivamente, los buses y los camiones son minoría en la dinámica del flujo vehicular de este movimiento.

Tabla 32. Composición vehicular en HMD del movimiento 2 para día típico.

Composición vehicular en	<b>MOTO</b>	<b>AUTO</b>	<b>BUS</b>	<b>CAMION</b>
Hora de Máxima demanda día típico	1283	1223	55	37

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 33. Composición vehicular en HMD del movimiento 2 para día atípico.

Composición vehicular en Hora de Máxima demanda día atípico	MOTO	AUTO	BUS	CAMION
	946	1156	54	33

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

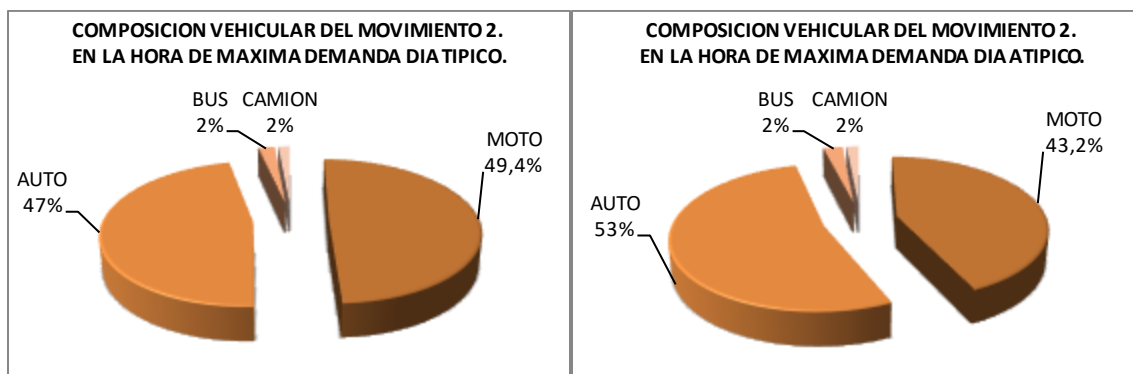


Figura 42. Composición vehicular a la HMD en el movimiento 2, para días típicos y atípicos. Elaborada con los datos de las tablas 32 y 33.

Para el movimiento 2 día típico, la velocidad media temporal es de 5.70 km/h.

La velocidad media espacial es de 5.17 km/h, y resulta menor que la velocidad media temporal.

EL 68.3% de todas las velocidades, se encuentran entre 3.63 Km/h y 7.76 Km/h.

puede suponerse con un 95,5% de confianza que, la velocidad media real de todo el tránsito se encuentra comprendida entre 5.29 y 6.10 Km/h, es decir, hay una probabilidad del 4,5%, que, al estimar la velocidad media real del tránsito como 5.70 Km/h, se tenga un error máximo de  $\pm 0.40$  Km/h.

El límite percentil 85 de velocidad en el movimiento es de 7.75 km/h, es decir, el 85% de los conductores pueden viajar a esta velocidad o menos.

Para el movimiento 2 día atípico, la velocidad media temporal que corresponde a la media aritmética de las velocidades, dio como resultado 22,34 km/h.

La velocidad media espacial es de 19,60 km/h, y resulta menor que la velocidad media temporal.

EL 68.3% de todas las velocidades se encuentran entre 13,52 Km/h y 31,16 Km/h.

Puede suponerse con un 95,5% de confianza que, la velocidad media real de todo el tránsito se encuentra comprendida entre 20,77 y 23,90 Km/h, es decir que, hay una probabilidad del 4,5%, que al estimar la velocidad media real del tránsito como 22,34 Km/h, se tenga un error máximo de  $\pm 1.57$  Km/h.

El límite percentil 85 de velocidad en el movimiento, es de 33,48 km/h, es decir, el 85% de los conductores pueden viajar a esta velocidad o menos.

La velocidad a la que se desplazan los vehículos en el día típico en hora pico, se reduce aproximadamente a la cuarta parte de la habitual para horas de menor flujo. Para este movimiento en el día típico (hora pico), se presentan disminuciones de velocidad de operación y represamientos viales, debido al aumento de volumen vehicular.

En la calle 17, no hay presencia de señalización reglamentaria, la velocidad aceptable para el tránsito vehicular es de 30 km/h, por ser vía urbana.

### ANÁLISIS DE MOVIMIENTO 3

*Movimiento 3.* Vehículos con sentido de flujo Occidente-Sur, vehículos procedentes de la avenida Belalcázar, que toman el desvío a la derecha por la calle 18 hasta la carrera 15, para conectar con la calle 17 y continuar hacia el sur. (Ver figura 44).



*Figura 43. Esquematización del movimiento 3. Tomado de imagen modificada de Google Maps.*

#### **Variación horaria del volumen de tránsito en el movimiento 3.**

Para el movimiento 3, en los dos casos se observa un flujo vehicular con picos altos a lo largo de la jornada, para el día típico se presentan dos picos importantes que se producen en horas de la mañana entre (11:45 – 12:45) que corresponde a la HMD, y en

horas de la tarde entre (17:45-18:45), para el día atípico en cuanto al comportamiento del flujo vehicular es mucho menor que en el primer caso, se presenta un pico considerable que corresponde a la Hora de Máxima Demanda entre (12:00-13:00). (Figuras 45 y 46).

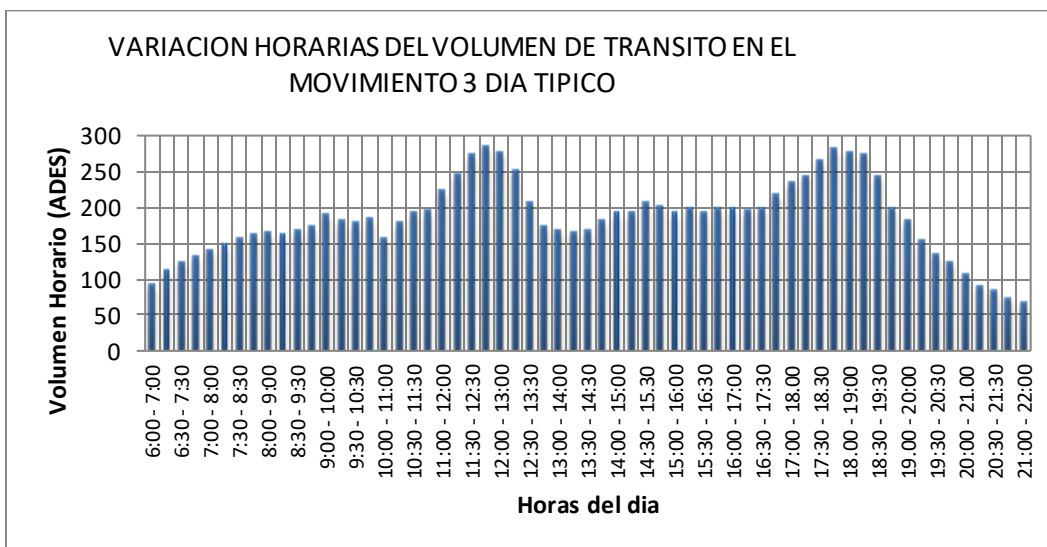


Figura 44. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 3 para el día típico. Elaborada con datos tomados en campo.

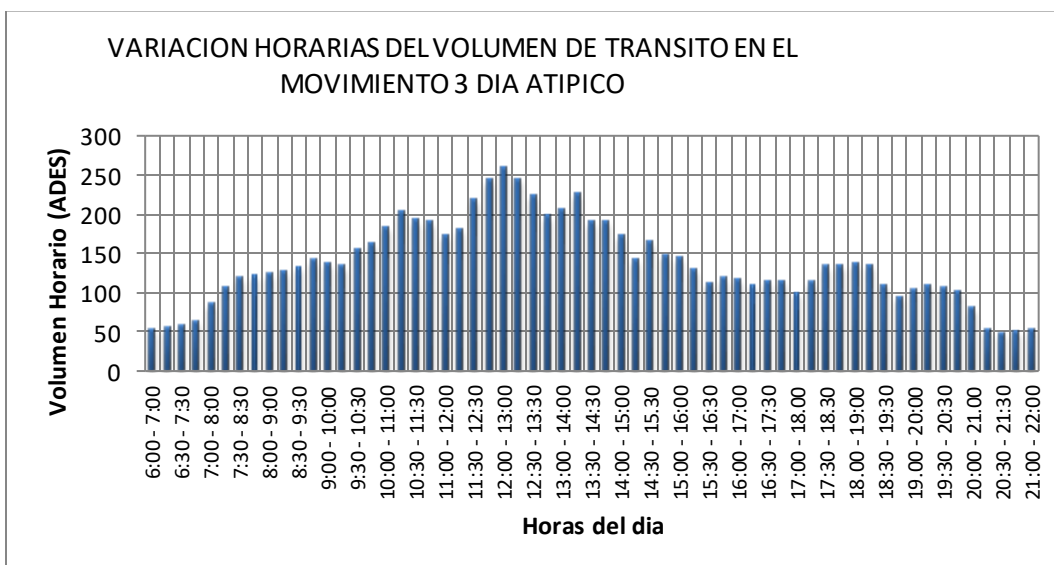


Figura 45. Variación horaria del volumen de tránsito en el Movimiento 3 para el día atípico. Elaborada con datos tomados en campo.

### Variación horaria del volumen de tránsito del movimiento 3 por tipo de vehículo.

Para el movimiento 3, tanto en el día típico como en el día atípico, los autos son los que tienen mayor participación, seguido de las motos y en una menor cantidad buses y camiones. (Figuras 47 y 48).

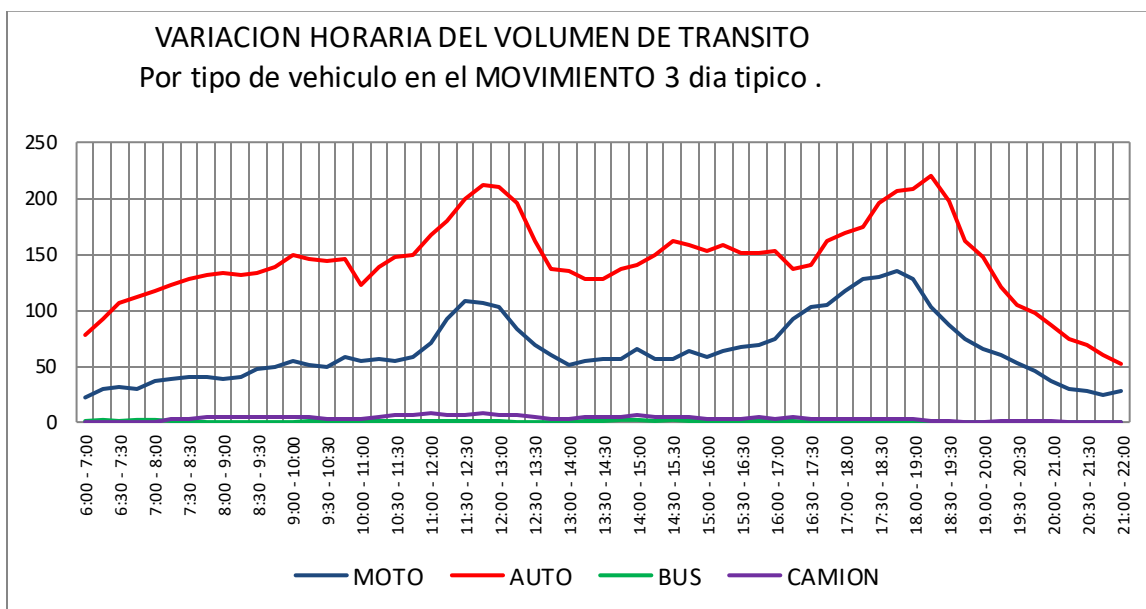


Figura 46. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 3, para el día típico. Elaborada con datos recogidos en campo.

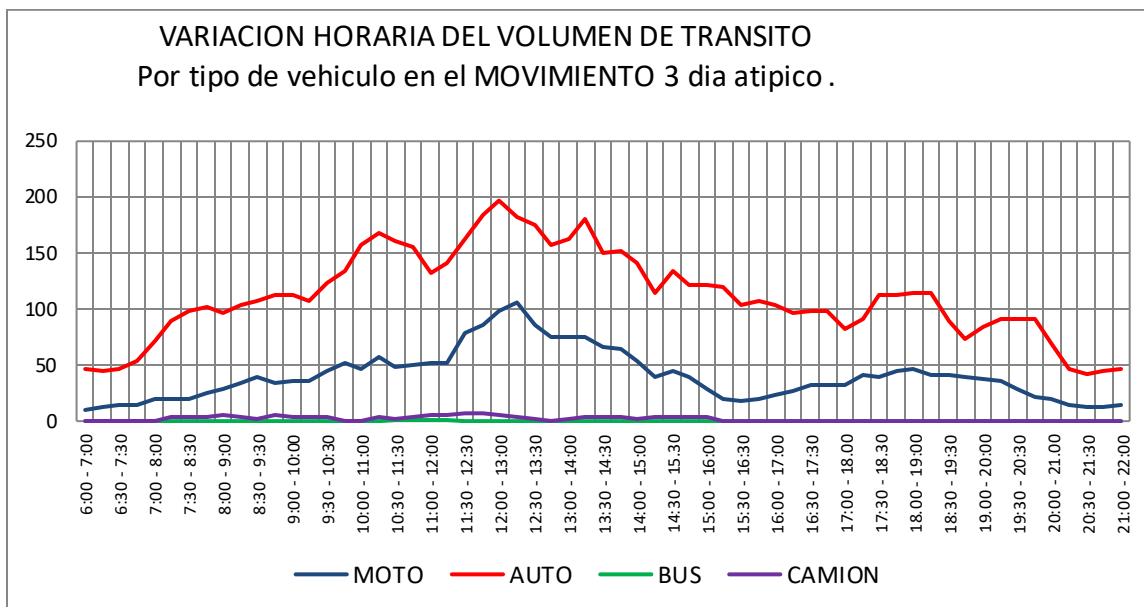


Figura 47. Variación Horaria del volumen de tránsito por tipo de vehículo en el movimiento 3, para el día atípico. Elaborada con datos recogidos en campo.

### Composición vehicular en el movimiento 3.

Tabla 34. Composición vehicular del Movimiento 3 para día típico.

MOTO	AUTO	BUS	CAMION
1001	2223	10	47

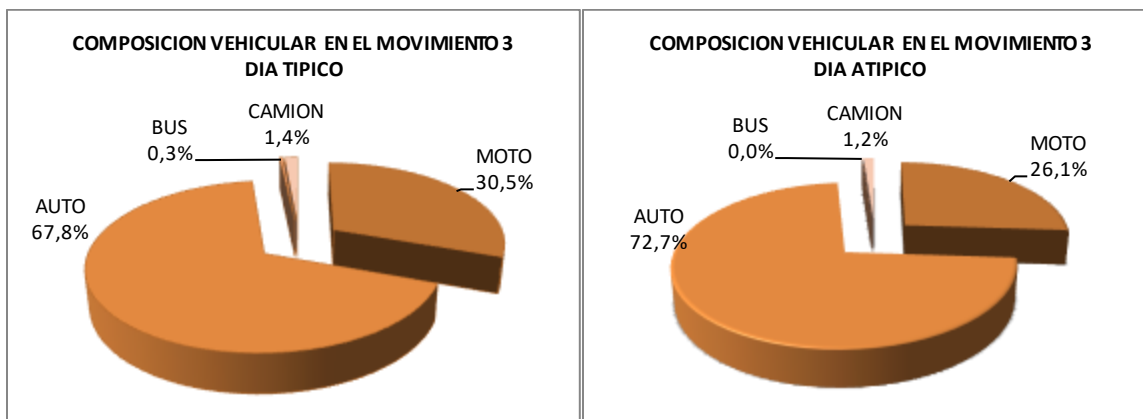
Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 35. Composición vehicular del Movimiento 3 para día atípico.

MOTO	AUTO	BUS	CAMION
624	1742	1	28

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.





*Figura 48. Composición vehicular en el movimiento 3 para los días típicos y atípicos. Basados en las tablas 34 y 35.*

En la Figura 49, se observa que, para los dos casos, el vehículo que tiene mayor participación corresponde a los autos con un porcentaje del 67,8 % y 72,7 % respectivamente, seguido de las motos con un 30,5% y 26,1%; los camiones tienen una participación mínima, los buses para el día atípico no tienen ninguna participación.

### **Hora de Máxima Demanda en el movimiento 3.**

*Tabla 36. Volumen del movimiento 3 en la hora de máxima demanda*

<b>HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA TIPICO</b>		<b>HORA DE MAXIMA DEMANDA DIA ATIPICO</b>	
PERIODO	ADES	PERIODO	ADES
11:45 -12:00	59	12:00 -12:15	67
12:00 -12:15	80	12:15 -12:30	74
12:15 -12:30	83	12:30 -12:45	65
12:30 -12:45	63	12:45 -13:00	53
<b>TOTAL</b>	<b>285</b>	<b>TOTAL</b>	<b>258</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 37. FHMD del movimiento 3, según conjunto de días en estudio.

Día típico		Día atípico	
VHMD =	285	VHMD =	258
qmax =	83	qmax =	74
N =	4	N =	4
<b>FHMD =</b>	<b>0.86</b>	<b>FHMD =</b>	<b>0.87</b>

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Para los dos casos, el valor obtenido de FHMD se aleja de uno, lo cual indica que hay concentraciones de flujos máximos en periodos cortos durante toda la Hora de Máxima Demanda. En las Figuras 50 y 51, se muestra el comportamiento de las tasas de flujo en la HMD. La línea representa el volumen de la Hora de Máxima Demanda para un periodo de 15 minutos, es decir, un promedio de tasa de flujo en la HMD.

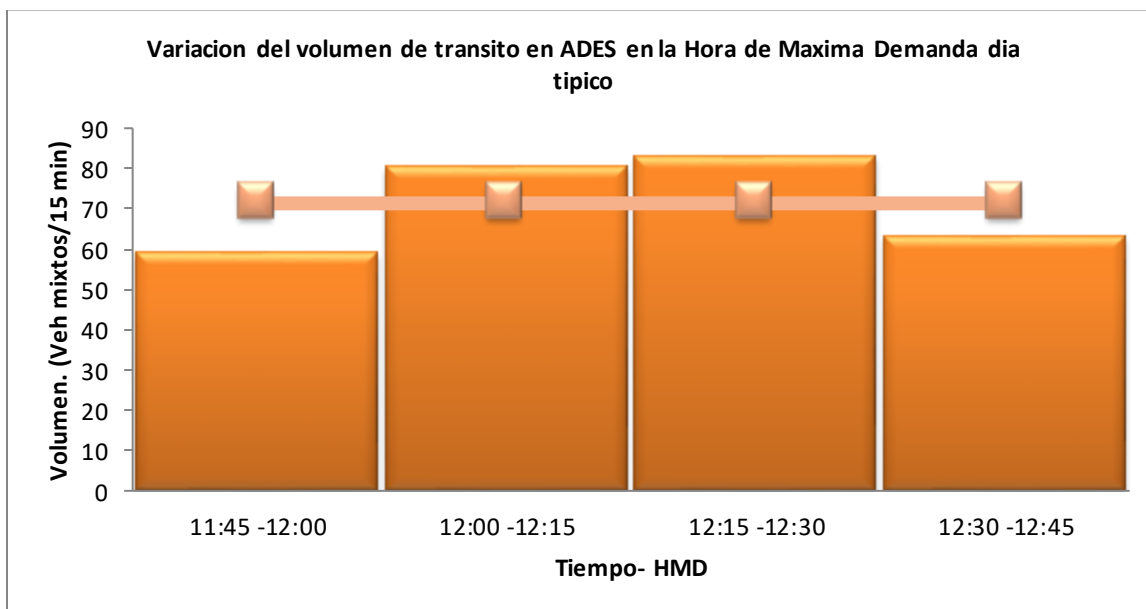
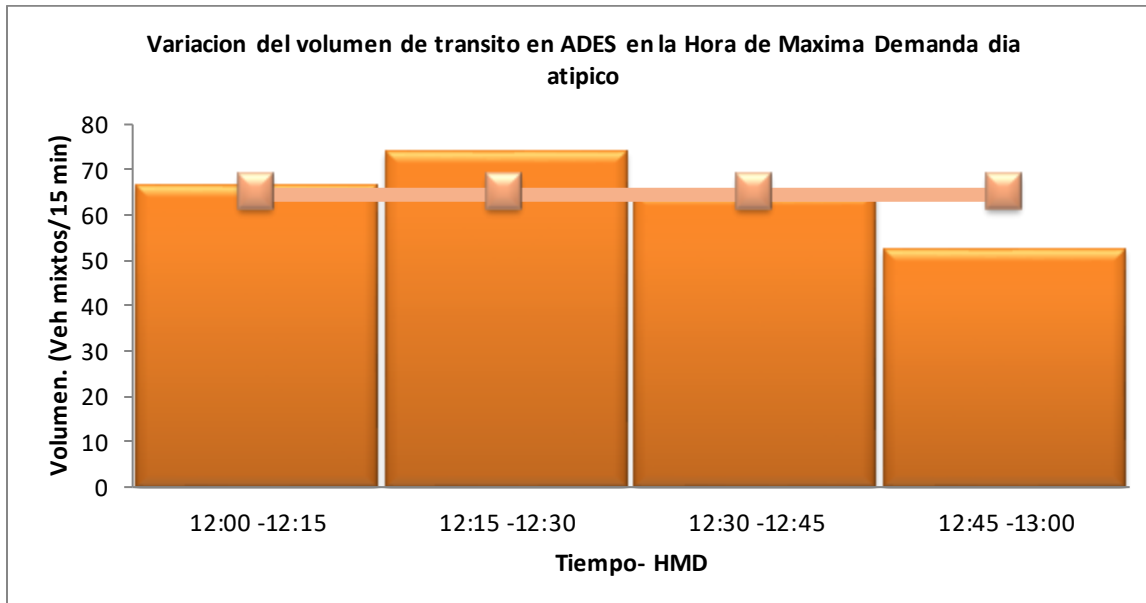


Figura 49. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 3 para el día típico. Basados en la tabla 36, Volumen del movimiento 3 en la hora de máxima demanda.



*Figura 50. Variación del volumen de tránsito en la HMD en el movimiento 3 para el día atípico. Basados en la tabla 36, Volumen del movimiento 3 en la hora de máxima demanda.*

### **Composición vehicular de la HMD en el movimiento 3.**

Las Tablas 38 y 39, muestran cifras del número de vehículos, según su tipo y sin factor de equivalencia. En la Figura 52 se observa que, para los dos casos, el auto es el vehículo que tiene mayor participación con un porcentaje de 65%, seguido de las motos con un 32,4 % y 32,9%, los camiones con un 3% y 2% respectivamente y los buses no tienen participación en la HMD.

*Tabla 38. Composición vehicular en HMD del movimiento 3 para día típico.*

Composición vehicular en	<b>MOTO</b>	<b>AUTO</b>	<b>BUS</b>	<b>CAMION</b>
Hora de Máxima Demanda día típico	106	212	1	8

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

Tabla 39. Composición vehicular en HMD del movimiento 3 para día atípico.

Composición vehicular en Hora de Máxima Demanda día atípico	MOTO	AUTO	BUS	CAMION
	99	197	0	5

Fuente: Esquematización propia, datos recogidos en campo.

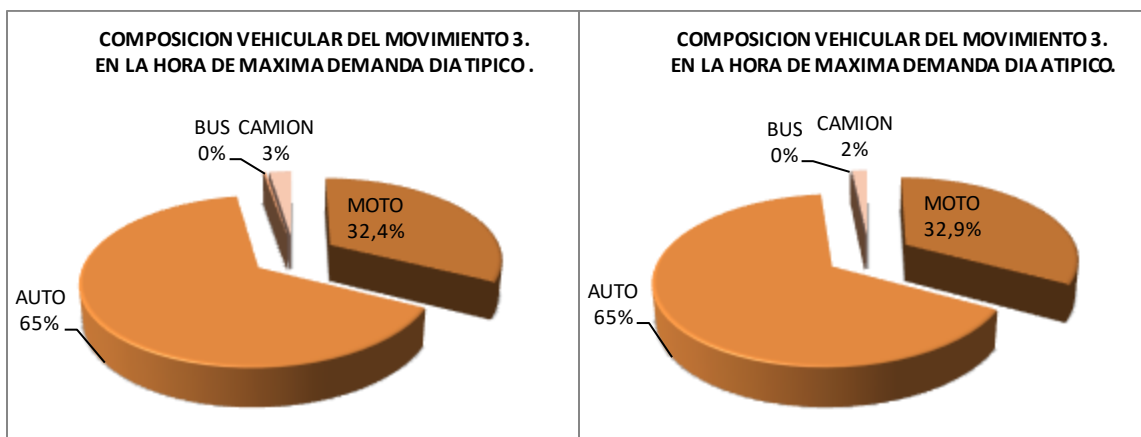


Figura 51. Composición vehicular a la HMD en el movimiento 3, para los días típicos y atípicos. Basados en las tablas 38 y 39.

Como consideración del procedimiento de aforos de volúmenes de tránsito, tenemos que, el movimiento número 2 (Norte - Sur), es el que tiene a lo largo del día, más participación en cuanto al volumen vehicular del sector. Dicho movimiento corresponde a los vehículos provenientes de la avenida Ferrocarril y que siguen el paso a desnivel, para tomar hacia el sur la calle 17.

Durante el día en el movimiento 2 se mantiene un flujo vehicular bastante alto, con descenso significativo a partir de las 19:00.

Se evidencia que los autos son el tipo de vehículo liviano que más frecuenta la intersección estudiada.

En la Hora de Máxima Demanda, el movimiento predominante, según la Distribución Direccional, es el número 2.

En la Hora de Máxima Demanda el FHP indica que, existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

La presencia de buses y camiones en este sector es baja, según información de datos recogidos en campo.

## CONCLUSIONES

A través de los aforos vehiculares implementados de forma técnica en este cruce vial, se pudieron conocer algunos factores que confluyen allí y que están relacionados con el problema de movilidad reportado, entre ellos tenemos, el alto volumen de tránsito con su respectiva composición vehicular, especialmente por los movimientos N° 1 y N° 2, llegan a la intersección generando represamiento vehicular en el sector; para un día típico, el movimiento N° 1 reporta un volumen de 8.026 vehículos mixtos, mientras que el movimiento N° 2 reporta 23.442; también tenemos que, en este sector rigen tres (3) horas pico por día, como son mañana (de 7:30 a 8:30), tarde (de 11:30 a 12:30) y noche (de 17:30 a 18:30), para los días típicos y una (1) hora pico para días atípicos (de 11:45 a 12:45); de las horas mencionadas en los días típicos, se destaca la última de ellas por ser la hora de máxima demanda. Por último, tenemos que, influye en el tránsito, el bajo nivel de velocidad a la que deben circular los autos por estas vías, los cuales reportan en el movimiento N° 1, para un día típico, una velocidad media de 18,73 km/h, mientras que, para el movimiento N° 2, se conoció que transitan a una velocidad media de 5,85 km/h.

Mediante la ejecución de los aforos vehiculares en cada uno de los tres movimientos reportados, se pudo establecer que, el movimiento N°3, reporta un volumen mínimo de 2.852 vehículos mixtos para un día típico, adicionalmente, los movimientos N°1 y N°2, reportan represamiento vehicular y bajo nivel de velocidad tal como se pudo apreciar en las visitas de campo y mediciones de velocidad.

Luego de detectar la necesidad de evitar que, los dos mayores flujos de vehículos que avanzan por la carrera 14 y la calle 17, deban detenerse en esta intersección, es que surgen las siguientes ideas prácticas y económicas desde el punto de vista de la modificación vial que, se propone como, una posible solución visual al problema de represamiento vehicular; veamos en detalle las decisiones y procedimientos que involucra.

Se destaca de manera especial, la incidencia que tienen sobre el represamiento vial, los tres (3) semáforos existentes en este cruce, porque, cada flujo debe esperar en la luz roja del semáforo a que los vehículos que transitan por los dos movimientos adicionales de este cruce, avancen en la luz verde de su respectivo semáforo, espacio de tiempo suficiente para que, la congestión vial prevalezca, especialmente en horas pico, donde la cola se forma en una distancia que supera los 400 metros, para un semáforo que en luz verde no alcanza a evacuar los vehículos en cola.

En primer lugar, el propósito inmediato es desmontar los tres semáforos que controlan cada uno de los movimientos de este cruce vial de la ciudad, el cual, a partir de modificaciones que se plantean a continuación, no requerirá de estas señales de tránsito luminosas que regulen el tráfico de forma inteligente.

Se propone entonces que, dadas las actuales condiciones de bajo flujo vehicular que aporta a la intersección la carrera 15, según aforos realizados, esta vía, identificada como movimiento N°3, deba invertir el sentido del flujo desde la calle 17, hasta la calle 18, punto a partir de la cual, actualmente el sentido ya avanza en esa misma dirección hacia el occidente de la ciudad, eso sí, instalando la debida señalización del nuevo sentido

de la vía, es decir que, esta decisión no afectará de manera representativa a quienes actualmente la usan ni altos costos porque no se requiere de una nueva infraestructura.

Para que los usuarios que utilizan actualmente esta vía, puedan tomar la calle 17 hacia el sur de la ciudad, se propone que los vehículos continúen su marcha sobre la avenida Belalcázar, para que en vez de tomar la calle 18, doblen a la derecha en la calle 19, avanzando hasta la carrera 14 donde podrán girar nuevamente a la derecha para llegar al cruce vial a través del movimiento identificado como N° 1.

Ahora bien, teniendo en cuenta que, con esta medida de invertir el movimiento N° 3, el cruce vehicular en estudio se reduce a dos flujos, es preciso proponer en principio, una modificación para el separador de la calle 17, disminuyendo la medida actual de su ancho, justo cuando recibe el flujo de vehículos provenientes del paso a desnivel, dicha modificación consiste en instalar un separador tipo New Jersey, hasta generar un empalme con el existente después del cruce peatonal sobre la calle 17, de tal forma que este espacio pueda ser ocupado por los dos carriles de la calle 17, para conectarlos de forma directa con los dos carriles (izquierdo y central) ya existentes sobre la calle 17, después del cruce peatonal y así, mantener este flujo vehicular del movimiento N°2, ya que, según aforos realizados, es el que más aporta vehículos a la intersección.

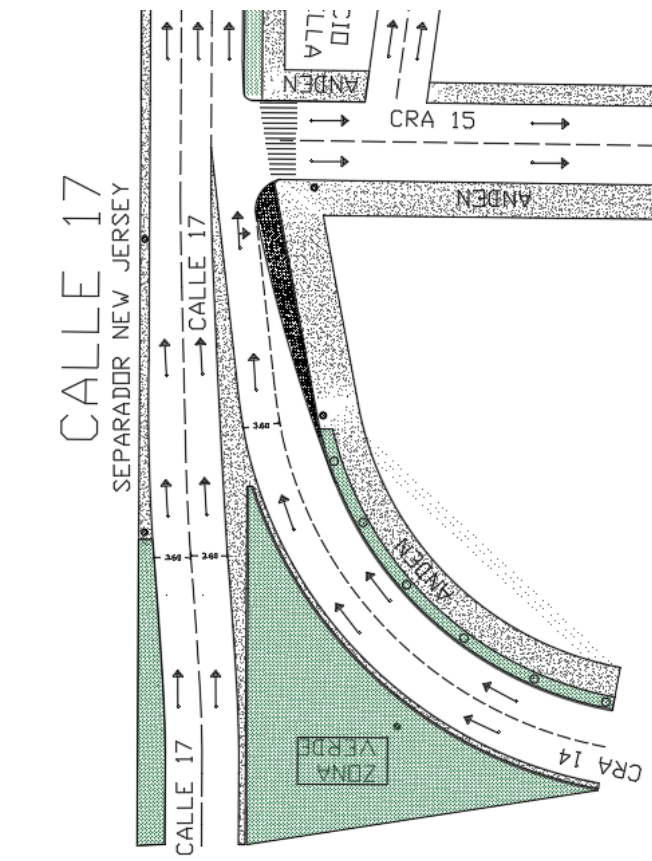




*Figura 52. Diseño actual del separador y el sardinel. Tomado de archivo propio.*

Con la anterior medida se consigue generar un espacio sobre el costado derecho de la calle 17, hecho que facilita la modificación del sardinel que divide actualmente los flujos de la calle 17 y la carrera 14, para permitir que, los usuarios que descienden por la carrera 14, se conecten con el carril derecho o tercer carril que ya existe después del paso peatonal sobre la calle 17, disminuyendo la posibilidad de generar obstrucción o amenaza de accidente entre los dos flujos, destacando que, de manera previa, se deberán implementar señales de tránsito sobre la superficie de la vía en la carrera 14, para reducir los dos carriles existentes a uno sólo, y así permitir que ingrese un vehículo a la vez a la calle 17; esta decisión no causará mayores traumatismos porque, según el aforo vehicular realizado en este lugar, la carrera 14, es el segundo movimiento en aportar cantidad de

flujo vehicular a la intersección y adicional a la reducción de carril, se contará con el beneficio de que, con la eliminación del semáforo, el flujo de vehículos no tendrá que detenerse en este sitio.



*Figura 53. Propuesta de arreglo geométrico sobre el separador y sardinel.*

*Elaboración en AutoCAD.*

Se estima que estas cuatro modificaciones planteadas en este cruce vial, generarán las siguientes ventajas, en primer lugar, permitirán que los usuarios de estas vías puedan transitar de manera segura, cómoda y sin la necesidad de detener la marcha en este cruce, donde se plantea el desmonte de los semáforos, invertir el flujo del movimiento N° 3 y

hacer los arreglos geométricos propuestos sobre la vía, los cuales facilitarán las condiciones de flujo constante y a pesar de que, es muy probable que el problema se estará trasladando a la siguiente intersección, es preferible generar la solución propuesta porque ésta redundará en beneficio inmediato no sólo para la congestión vial de la calle 17, sino también para mejorar la movilidad de los vehículos procedentes del centro de la ciudad que llegan a través de la carrera 14 a la intersección en estudio.

Estos cambios propuestos para mejorar la movilidad en este cruce, también generarán desventajas, ya que, el problema de congestión vial se estará trasladando a la siguiente intersección, y se hará necesario otro tipo de decisiones viales en el entorno, necesarias para no perturbar la movilidad de los conductores que frecuentan esta zona de la ciudad, especialmente cuando a través de la calle 17, se llega al cruce vial con la carrera 17, a partir del cual, la calle 17 posee sólo dos carriles, los cuales generarán un cuello de botella al pasar de tres carriles a una reducción de dos; en tal sentido, este cruce vial requerirá de un estudio futuro y un análisis detallado para generar sus propias soluciones. A continuación, se muestran las siguientes soluciones complementarias:

**Puente peatonal:** considerando que, la eliminación de los tres semáforos, generará la ventaja de tener un flujo constante en esta intersección, también se reconoce que traerá consigo la suspensión del cruce peatonal sobre la vía, por lo que se deberá contemplar la posibilidad de construir un puente para peatones en este lugar, o apoyarse en la solución de tránsito peatonal que ofrecerá el puente San José II que se tiene proyectado en este sector para que, las personas crucen a pie desde el sector de la Gobernación hasta la zona cercana a la iglesia San José y al Hotel Movich.

Podemos observar que, en los tres flujos, la presencia de buses y camiones durante el día, es especialmente baja, y si a futuro llegara a aumentar por algún motivo en este cruce, la frecuencia de este tipo de vehículos pesados, se convertiría en un factor que podría llevar al colapso vial.

La anterior propuesta debe ser complementada con el análisis de otros factores importantes en el diagnóstico de la movilidad de tránsito y sometida a un software de simulación vehicular para que se pueda conocer la veracidad de los resultados que se obtengan con esta.

Por último, tenemos que se cumple de manera satisfactoria, con el procedimiento de aforos vehiculares y mediciones de velocidad, el haber diagnosticado volumen de tránsito y la velocidad de recorrido de la intersección de la calle 17 con la carrera 15 de la ciudad de Pereira.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (s.f.).
- Agudelo, J. J. (2002). *Diseño Geométrico de Vías*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Alcaldía. (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Pereira: Alcaldía.
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de Carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*. ALICANTE: Ortiz e Hijos, Constratista de Obras, S.A.
- Berry, D. S., & Green, F. H. (1949). Techniques for measuring over-all speeds in urban areas. . En N. R. Board., *Highway research abstracts*. Washington: Washington, National Academy of Sciences, Highway Research Board.
- Box, P. C. (1985). *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. Mexico D.F.: Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Cal, R., & Mayor, R. (2007). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V. .
- Carmona Poloche, C. H., Gil Peña, D. A., & Paredes Hernandez, R. A. (2019). *Diagnostico vehicular desde el hotel Faro Azul hasta la entrada del balneario termales, del municipio de Santa Rosa de Cabal en el año 2019*. Pereira: Universidad Antonio Nariño.
- Castaño Patiño, J. F., & Varela Giraldo, M. (2015). *Diagnóstico del estado actual de la vía que comunica el corregimiento de Boquía a la entrada del municipio de Salento en el departamento del Quindío*. Pereira: Universidad Libre de Seccional Pereira.
- Correa Basto, E., Forero Sastre, J. A., & Martínez Mora, P. A. (2015). *Estudio de tránsito y diseño geométrico para la intersección de la calle 26 con carrera 40, como alternativa de trompeta deprimida con todos los movimientos*. Bogota: Universidad distrital Francisco Jose de Caldas.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2017). *www.dane.gov.co*. Obtenido de *www.dane.gov.co*.
- Diaz Toro , L. L. (2017). *diagnóstico del tránsito vehicular de la vía de acceso al municipio de Salento - departamento del Quindío*. Pereira: UAN.
- Galarraga, J., Herz, M., & Albrieu, L. (2005). *CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN CALLES URBANAS*. CORDOBA: Universidad Nacional de Cordoba.
- Grajales Morales, S. (07 de Marzo de 2019). *CARACOL RADIO*. Obtenido de [http://www.google.com/amp/s/caracol.com.co/emisora/2019/03/07/pereira/1551960439\\_316294.amp.html](http://www.google.com/amp/s/caracol.com.co/emisora/2019/03/07/pereira/1551960439_316294.amp.html)
- Guerrero Peña, A., & Buitrago, M. V. (2007). *Estadística Basica*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Jerez Hernández, Á. A., & Morales Santos, O. E. (2015). *"ANÁLISIS DEL NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD VEHICULAR DE LAS INTERSECCIONES CON MAYOR DEMANDA EN LA CIUDAD DE AZOGUES"*. AZOGUES: Universidad Politécnica Salesiana.

- Martínez Aldeán, D. F. (2014). *"Análisis de la capacidad y nivel de servicio de la vía Loja - Vilcabamba (tramo de estudio Loja - Landangui) aplicando la metodología del HCM 2000."*. LOJA, ECUADOR: UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA.
- Mejía Regalado, I. A. (2017). *Análisis y propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la Av. 24 de Mayo y Vía al Valle, de la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ministerio de Transporte, I. (2008). *Manual de Diseño Geométrico*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte, INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Bogotá.
- Riaño Velasquez, B. A., & Ramirez Hernandez, S. F. (2019). *Diagnóstico de las vías primarias en Colombia y la intervención de la ingeniería civil para su ejecución y mantenimiento*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Romana, M., Nuñez, M., Martínez, J. M., & de Arizaleta, R. D. (2000). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Madrid: FC EDITORIAL.
- Schwar, J., & Puy Huarte, J. (1975). *Métodos estadísticos en ingeniería de tránsito*. Mexico D.F.: Asociación Mexicana de Caminos.
- Valero Bernal, L. V., & Malagon Garzon, L. A. (2018). *Diagnóstico para el mejoramiento del tramo de la vía Úmbita – juncal localizado en el departamento de Boyacá, Colombia*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Vargas Vargas, W. E. (2015). *Ingeniería de Tránsito Conceptos Básicos*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Vega Cuevas, Z. Y. (2018). *"Análisis de la Capacidad y Niveles de Servicio de las vías de ingreso a la ciudad de Cajamarca pertenecientes a la Red Vial Nacional."*. CAJAMARCA: Universidad Nacional de Cajamarca.

# **ANEXOS**