

**EVALUACION DE MEDIDAS DE GESTION DEL TRANSITO A TRAVES
DE MODELOS DE SIMULACION VEHICULAR: CASO APLICADO SOBRE EL
CORREDOR URBANO DE LA CALLE 72- BARRANQUILLA**

BRIGITTE PAOLA DE LA TORRE TREJOS

JUAN CARLOS HENRIQUEZ MONTALVO

UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

2019

**EVALUACION DE MEDIDAS DE GESTION DEL TRANSITO A TRAVES
DE MODELOS DE SIMULACION VEHICULAR: CASO APLICADO SOBRE EL
CORREDOR URBANO DE LA CALLE 72- BARRANQUILLA**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD DE LA
COSTA (CUC) POR:**

BRIGITTE PAOLA DE LA TORRE TREJOS

JUAN CARLOS HENRÍQUEZ MONTALVO

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERIO CIVIL**

**REALIZADO CON LA ASESORÍA DEL:
ING. IVÁN DARÍO SERRANO ARRIETA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
BARRANQUILLA – COLOMBIA**

2019

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Nota Obtenida

Resumen

La tasa de población aumenta constantemente y con ella la demanda en el transporte, el uso de vehículos particulares se ha convertido en la elección por excelencia debido al mal servicio que presta el transporte público, esto se refleja en el aforo vehicular donde los datos arrojan una composición en el tráfico del 75% para vehículos particulares lo que representa el mayor volumen aumentando los tiempos de demora y viaje congestionando la red vial. Como objeto de estudio se eligió un corredor urbano emblemático de la ciudad que presenta estas condiciones negativas que es la Calle 72 lo cual mediante la simulación microscópica se va representar las condiciones reales del flujo a través un software llamado Transmodeler para evaluar medidas de gestión del tránsito y así proponer una solución y proyectándola a 5, 10 y 20 años para ver que niveles de servicio la vía ofrece durante el transcurso del tiempo evaluando la efectividad de la solución que en este caso fue ampliar el corredor urbano.

Palabras clave: Simulación, Microscópica, heterogéneo, corredor, aforo, gestión, niveles, demoras, congestión, red

Abstract

The population rate increases constantly and with it the demand in transport, the use of private vehicles has become the election par excellence due to the poor service provided by public transport, this is reflected in the vehicle capacity where the data show a composition in traffic of 75% for private vehicles, which represents the greatest volume, increasing the delay and travel times, congesting the road network. As an object of study, an emblematic urban corridor of the city was selected that presents these negative conditions, which is Calle 72, which, through microscopy simulation, will represent the real flow conditions through a software called Transmodeler to evaluate traffic management measures. and so propose a solution and projecting it to 5, 10 and 20 years to see what levels of service the road offers over the course of time evaluating the effectiveness of the solution that in this case was to expand the urban corridor

Keywords: Simulation, Microscopic, heterogeneous, corridor, capacity, management, levels, delays, congestion, network

Contenido

1	Introducción.....	14
2	Justificación.....	15
3	Planteamiento del problema.	16
4	Objetivos.....	17
4.1	Objetivos generales.....	17
4.2	Objetivos específicos.....	17
5	Estado del arte.	18
6	Toma de información.....	21
6.1	Información del área de estudio	21
6.2	Tránsito vehicular	23
7	Análisis de la información.....	26
7.1	Caracterización de la malla vial circundante.....	26
7.1.1	Condiciones de operación actuales del tránsito en la red vial del corredor.....	26
7.1.2	Inventario vial.....	26
7.1.3	Características del sistema del sector aforado.....	44
7.1.4	Características del sistema de transporte.....	44
8	Presentación de los resultados	47
8.1	Análisis de los volúmenes de tráfico en el corredor.....	47

8.2	Aforos vehiculares realizados en el área de influencia.....	47
8.3	Procesamiento de los cálculos y análisis grafico del aforo realizado.....	47
8.3.1	Estación v1: calle 72 con carrera 46.....	48
8.3.2	Estación v2: calle 72 con carrera 47.....	52
8.3.3	Estación v3: calle 72 con carrera 48.....	55
8.3.4	Estación v4: calle 72 con carrera 49.....	58
8.3.5	Estación v5: calle 72 con carrera 50.....	61
8.3.6	Estación v6: calle 72 con carrera 52.....	64
8.3.7	Estación v7: calle 72 con carrera 53.....	67
8.3.8	Estación v8: calle 72 con carrera 54.....	70
9	Velocidad por método de placas.....	74
9.1	Planeación y ejecución	74
10	Simulación de la red	77
10.1	Niveles de modelación.....	77
10.2	Modelo de simulación	79
10.2.1	Calibración y validación del modelo.....	80
10.3	Parámetros de entrada.....	80
10.3.1	Condiciones geométricas.....	81
10.3.2	Condición de tránsito.....	81
10.3.3	Condiciones de dispositivo de control.....	82
10.4	El software.....	82

11	Presentación de los resultados obtenido de la simulación.....	84
11.1	Modelación con transmodeler: alternativa 1	84
11.1.1	Demoras.....	86
11.2	Estudio de demoras y longitud de colas	93
11.3	Estudio de velocidad.....	96
12	Conclusión.....	98
13	Referencias	99
14	Anexos.....	100

Lista de tablas y figura**Tablas**

Tabla 1 Vías principales dentro del sector aforado.....	21
Tabla 2 Características de las intercepciones aforada.....	22
Tabla 3 Asignación de la nomenclatura a cada intercepción.	23
Tabla 4 Datos que por obligación se deben diligenciar en el formato de aforo.....	25
Tabla 5 Servicio público de transporte Transmetro.....	45
Tabla 6 Ruta que circula por la zona de estudio.....	45
Tabla 7 Características generales de las intersecciones en estudio.....	46
Tabla 8 Intercepción de estudio.....	47
Tabla 9 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.	50
Tabla 10 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.	54
Tabla 11 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.	57
Tabla 12 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.	60
Tabla 13 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.	63
Tabla 14 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.	65

Tabla 15 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.	69
Tabla 16 Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.....	72
Tabla 17 Estudio de velocidades.....	81
Tabla 18 Nodos según Transmodeler por Intersección.....	85
Tabla 19 Disminución de demoras Alternativa 2 (%).....	92
Tabla 20 Estadísticas del estudio de demoras en intersecciones.....	95

Figuras

Figura 1 Localización de la zona de aforo.....	22
Figura 2 Codificación de movimientos dentro de la intercepción.	24
Figura 3 Formato empleado para la toma de información.....	24
Figura 4 Sección transversal de la carrera 46.	27
Figura 5 Estado del pavimento y demarcación horizontal de la carrera 46.	28
Figura 6 Sección transversal de la carrera 47.	29
Figura 7 Estado del pavimento y demarcación horizontal de la carrera 47.....	30
Figura 8 Sección transversal de la carrera 48.....	31
Figura 9 Estado del pavimento y la demarcación horizontal de la carrera 48.....	32
Figura 10 Sección transversal de la carrera 49.	33
Figura 11 Estado del pavimento y la demarcación horizontal de la carrera 49.....	34
Figura 12 Sección transversal de la carrera 50.	35
Figura 13 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 50.....	36

Figura 14 Sección transversal de la carrera 52.....	37
Figura 15 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 52.....	38
Figura 16 Sección transversal de la carrera 53.	39
Figura 17 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 53.....	40
Figura 18 Sección transversal de la carrera 54.	41
Figura 19 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 54.....	42
Figura 20 Sección transversal de la calle 72.	43
Figura 21 Estado del pavimento y la demarcación horizontal de la calle 72.....	44
Figura 22 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 46.....	49
Figura 23 Composición vehicular calle 72 con carrera 46	49
Figura 24 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 47.	53
Figura 25 Composición vehicular calle 72 con carrera 47.....	53
Figura 26 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 48.	56
Figura 27 Composición vehicular calle 72 carrera 48.....	56
Figura 28 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 49.....	59
Figura 29 Composición vehicular calle 72 con carrera 49.....	59
Figura 30 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 50.	62
Figura 31 Composición vehicular calle 72 carrera 50.....	62
Figura 32 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 52.....	64
Figura 33 Composición vehicular calle 72 carrera 52.....	65
Figura 34 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 53.....	68
Figura 35 Composición vehicular calle 72 con carrera 53.....	69
Figura 36 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 54.....	71

Figura 37 Composición vehicular calle 72 con carrera 53.....	72
Figura 38 Velocidades entre carrera 46 y 47.....	75
Figura 39 Análisis de Datos del estudio de velocidad realizado entre la carrera 46 y 47.	76
Figura 40 Esquema de los diferentes niveles de simulación.	78
Figura 41 Localización del sector de estudio.....	78
Figura 42 Modelo de simulación.....	79
Figura 43 Interfaz Transmodeler.....	83
Figura 44 Nomenclatura de Transmodeler.....	84
Figura 45 Ubicación de la zona de estudio.....	85
Figura 46 diferencia en las demoras con mejoras y sin mejoras.....	87
Figura 47 Clasificación del nivel de servicio.....	88
Figura 49 Demoras promedio intersecciones Cl 72 entre Cra 46 y 54 con mejora.....	89
Figura 48 Demoras promedio intersecciones Cl 72 entre Cra 46 y 54 sin mejora.....	89
Figura 50 Calle 72 tramo a intervenir.....	90
Figura 51 Demora promedio de la proyección a 20 años de las intersecciones en estudio	91
Figura 52 Demora promedio de la proyección a 10 años de las intersecciones en estudio	91
Figura 53 Demora promedio de la situación actual de las intersecciones en estudio.....	91
Figura 54 Demora promedio de la proyección a 5 años de las intersecciones en estudio.	91
Figura 55 Demoras en intersección Carrera 46 con Calle 72.....	94
Figura 56 Velocidad de recorrido.....	97
Figura 57 Intersección calle 72 con carrera 46.....	100
Figura 58 Intersección calle 72 con carrera 47.....	101
Figura 59 Intersección Calle 72 con carrera 48.....	101

Figura 60 Intersección calle 72 con carrera 49.....	101
Figura 61 Intersección Calle 72 con carrera 50.....	101
Figura 62 Intersección calle 72 con carrera 52	101
Figura 63 Intersección calle 72 con carrera 53	101
Figura 64 Intersección calle 72 con carrera 54	101

1 Introducción.

Debido al crecimiento exponencial de las poblaciones urbanas, los cambios en la economía y el constante sistema de transporte público que no mejora, ha llevado al incremento del uso de los automóviles particulares como medio de transporte, estos presentan variabilidad en sus características físicas, mecánicas, dinámicas y capacidad de transporte, conllevando a cambios en el comportamiento de los conductores. La infraestructura vial disponible, no se ha ajustado en el tiempo y se ha dejado que llegue a su máxima capacidad lo cual hoy en día se refleja en los altos índices de congestión y accidentalidad, representando esto en malos niveles de servicio y una percepción de inseguridad e incomodidad en los usuarios.

Este panorama hace relevante la importancia del uso de la ingeniería de tránsito y transporte; en los últimos años con el avance y desarrollo de la tecnología se crearon softwares de computadora utilizados por la ingeniería de tránsito como herramienta de sistema para probar soluciones propuestas, de ahí nace el uso de la simulación de redes de transporte, los cuales representan el comportamiento de modelos apropiados de los flujos de tráfico que existen en una vía.

2 Justificación.

Debido a la violencia vial que se presenta en los corredores de las ciudades es imprescindible destacar que esto se debe primero a la alta demanda en el volumen del tráfico que sobre pasa la capacidad que ofrece la vía generando congestión, y segundo a la gran variedad de medios de transporte utilizados que conlleva a una diferencia en el flujo de tráfico, generando desigualdad en el espacio ofrecido por la vía, lo cual dificulta las maniobras de adelantamiento y maniobras de cruces que empeora en horas pico donde los niveles de servicio ofrecidos por las vías son casi nulos, la problemática se vuelve tan complicada que el nivel de servicio de la vía disminuye drásticamente en los periodos de hora pico, y las alternativas de señalización, optimización de tiempos de ciclos en los semáforos, no son suficientes para lograr ofrecer un mejor nivel de servicio.

Es aquí donde juega un papel importante la simulación para representar el flujo mixto (heterogéneo), para evaluar el impacto y la influencia que genera la diversidad de transporte sobre los corredores urbanos que presenten estas condiciones, buscando implementar una solución, brindando un ajuste en la gestión del tráfico heterogéneo, en el ciclo de los semáforos para garantizar el flujo continuo y eficiente del tráfico.

3 Planteamiento del problema.

Según la Secretaria de Movilidad en Barranquilla cada vez se matriculan menos vehículos, mientras que los carros con placas foráneas aumentan, tendencia que preocupa, debido incremento de vehículos circulando en las vías de la ciudad ocasionando problemas de congestión y movilidad. Según información de la secretaria de movilidad de barranquilla cerca de un 20% de los carros que circulan en Barranquilla tendrían placa de otra ciudad. En el último año debido al creciente dinamismo económico que experimenta la ciudad que trae consigo un incremento en la población y con ella el uso del transporte público y privado, generando así problemas de tránsito. Estos problemas se agravan por las obras publicas que se ejecutan en la ciudad que ocasionan desvíos en la corriente de tráfico debido al cierre de las vías, lo que sobre carga a otros corredores. La mayor proporción de los flujos se presenta en la Calle 72, 79, la Carrera 53, 49C.

Este aumento no imprevisto por las condiciones de diseño de las vías se queda corto y no alcanza a suplir la demanda vehicular, lo que conlleva a un aumento en los tiempos de viaje, desorden y descontrol en el tráfico incrementando la probabilidad de que ocurran accidentes. Debido a esto es importante dar una solución al problema de la mala circulación, por eso se implementó un estudio de tránsito en la calle 72 (corredor urbano) para brindar una solución a través de la simulación y así para mitigar o disminuir los impactos negativos generados por la alta demanda en el tráfico mixto.

4 Objetivos.

4.1 Objetivos generales.

- Evaluar el impacto a través de modelos computacionales de simulación de tráfico heterogéneo por medio de un caso de estudio aplicado sobre el corredor urbano de la Calle 72.

4.2 Objetivos específicos.

- Realizar los estudios de tránsito como aforos, toma de velocidades, ciclo de semáforo, para caracterizar la magnitud, distribución direccional y horaria de las variables que definen la calidad del flujo vehicular en el corredor piloto.
- Evaluar las condiciones geométricas y física de la infraestructura vial existente (realizar Inventario de la red, las intersecciones de prioridad críticas y las intersecciones semaforizadas) en el corredor piloto estudiado.
- Hacer uso de un modelo de simulación (Transmodeler) para el estudio.
- Evaluar indicadores del nivel de servicio en el corredor piloto bajo diferentes condiciones de flujo heterogéneo mediante herramientas de simulación.
- Proponer y simular medidas de gestión de tráfico para mejorar el nivel de servicio del corredor piloto atendiendo las consideraciones de heterogeneidad del flujo.

5 Estado del arte.

El tráfico es un fenómeno relevante en la sociedad debido al factor fundamental que es en la economía global, de ahí la importancia de su estudio. Las relaciones entre todas las personas que se ven involucradas en el entorno tienden a ser compleja, debido que todos interactúan en la vía, junto a la cantidad, variedad y parámetros que le afectan, hacen que su análisis en un entorno real sea muy complejo y costoso.

La simulación de tránsito es una herramienta importante cuando se requiere evaluar proyectos de intervención vial y de gestión de tráfico, su importancia radica en la posibilidad de obtener resultados y analizar sistemas para lo que no es posible encontrar soluciones analíticas.

En Chile (Didier, Juan Carlos Muñoz, Ricardo Giesen, Cristián E. Cortés, 2010) plantearon por medio de la simulación microscópica calibrar y ajustar los parámetros de tráfico de un corredor urbano segregado al transporte público, para así obtener una red que emule el funcionamiento diario de dicho corredor evaluando medidas de gestión, obteniendo como resultado una mayor participación en el transporte público a lo largo del día en el corredor urbano, en las horas pico la velocidad máxima no se ve afectada a comparación del transporte privado, debido a que este dispone de una infraestructura segregada que privilegia el cumplimiento de metas, por lo tanto el transporte público no tienen que circular más rápido para ofrecer un mayor nivel de oferta.

En Vietnam los investigadores (Vo Hong Thanh & Tran Van Hoai, 2010) describieron un modelo para simular el tráfico mixto dentro de las intercepciones, para comprender los movimientos complejos que se presentan dentro de estas, y así explicar la

razón del atasco en el tráfico especialmente en grandes ciudades. La investigación utilizó el modelo matemático para sistemas dinámicos Cellular Automata (CA).

La universidad de Beijing Jiaotong en enero de 2015 los investigadores (Yongji Luo, Bin Jia, Jun Liu, William H. K. Lam, Xingang Li, Ziyou Gao) realizaron una publicación proponiendo un nuevo modelo de autómatas celulares para simular el tráfico heterogéneo de vehículos y bicicletas en vías urbanas. De tal forma lograr obtener las complejas interacciones entre estos dos tipos de vehículos, basados en simulaciones masivas, diseñaron una serie de diagramas microscópicos para poder reflejar la interferencia de una bicicleta en un automóvil.

En Colombia profesores de la Universidad Del Quindío Uniquindío (Evelio Astaiza, Héctor Bermúdez, Diego Méndez) plantean un modelo de tráfico el cual se realizó en tres etapas. En la primera etapa, se obtienen las características estadísticas del tráfico real que cursa en la red. En la segunda etapa, se realiza la selección del modelo de tráfico que más se ajustó a las características reales de operación. En la tercera etapa, se definió una medida de desempeño la cual se aplica tanto a los datos reales obtenidos como al modelo evaluado para verificar el ajuste del desempeño del modelo al desempeño real de la red a través de simulación y cálculo de la correlación existente entre los desempeños real y propuesto por el modelo. Obteniéndose como resultado aportes significativos para el diseño, planificación y dimensionamiento de la capacidad y tipo de red.

Moisés Agustín Alcalá presento en el año 2016 su investigación en la Pontificia Universidad Católica de Perú realizando una micro simulación del tráfico en las intercepciones empleando el Software VISSIM 6, evaluando las condiciones de los usuarios dentro de ellas mediante un modelo microscópico para presentar propuestas de mejoras.

Las cuales fueron optimizar tiempos de semáforo o redistribuir el flujo de los vehículos en las intercepciones mediante el cierre de uno de sus accesos. Con respecto a estas dos propuestas se eligió implementar la primera debido a que ambas logran un escenario con mejores parámetros, pero no es necesario llegar al límite de realizar una distribución vehicular, obteniendo de tal manera una disminución en la tasa de demora y un incremento en la velocidad con la que transitan los vehículos cuando el ciclo del semáforo es el óptimo, concluyendo que un correcto estudio del diseño vial evita potenciales rediseños geométricos y congestiónamiento.

La universidad de Cartagena en diciembre del 2017 los investigadores (Juan Pablo Terán y Carlos Turizo) simularon y analizaron el estado actual del tránsito vehicular en tres puntos críticos en Cartagena los cuales fueron el sector de la Castellana, Bazurto y el sector India Catalina, estos hacen parte de la Avenida Pedro de Heredia donde circula un sistema integrado de transporte, donde se busca dar una solución para que este preste buenas condiciones de servicio proyectado a 10 años. Para la información tomaron todos los datos correspondientes en campo; estudios de tránsito, dentro de los cuales se incluyen aforos vehiculares y estudio de velocidades, los cuales fueron información principal para alimentar al software utilizado (VISSIM), también se tomó el ciclo de los semáforos, tiempo de demora y longitudes de cola como información complementaria para la simulación. El análisis de estos datos arrojado por el software les permitió a los investigadores concluir que las intercepciones presentaran niveles de servicio moderados evaluado como nivel D, por esto se planteó la alternativa de solución de disminuir en un 90% las motos y retirar totalmente las rutas pertenecientes a transporte público colectivo.

6 Toma de información

6.1 Información del área de estudio

El presente proyecto pretende profundizar la teoría de los modelos de Micro simulación en vías uniformes con tráfico de diferentes condiciones, evaluando de manera especial el flujo heterogéneo, haciendo una aplicación en una vía principal del casco urbano de la ciudad de Barranquilla, la vía a estudiada es la denominada Avenida John F. Kennedy (calle 72) entre la carrera 46 y 54, la cual son ejes que generan movimientos norte, sur, este y oeste. En su plan de crecimiento el corredor estudiado tiene aproximadamente un área de 14.700 metros cuadrados, 5 intersecciones de prioridad operadas con señales de pare y semaforizadas, geométricamente tiene dos calzadas cada una con dos carriles, en la cual transita tráfico mixto.

Tabla 1
Vías principales dentro del sector aforado.

	<i>Nombre</i>	<i>Tipo de transito</i>
<i>Norte</i>	<i>Calle 72-54</i>	<i>Urbano</i>
<i>Sur</i>	<i>Calle 72-46</i>	<i>Urbano</i>
<i>Este</i>	<i>Calle 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54</i>	<i>Urbano</i>
<i>Oeste</i>	<i>Calle 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54</i>	<i>Urbano</i>

Nota: Las variables de la tabla demuestran el sentido y el nombre de las principales vías que se encuentra dentro del sector aforado clasificando el tipo de tránsito que circula en ellas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2
Características de las intercepciones aforadas.

<i>Intersecciones</i>	<i>Señalización</i>	<i>Tipo de intercepción</i>	<i>Semaforización</i>
<i>Carrera 46</i>	<i>Si</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>
<i>Carrera 47</i>	<i>Si (Se encuentra en mal estado)</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>
<i>Carrera 48</i>	<i>Si</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>
<i>Carrera 49</i>	<i>Si (Hay que mejorar la demarcación)</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>
<i>Carrera 50</i>	<i>Si (Se encuentra en mal estado)</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>
<i>Carrera 52</i>	<i>Si</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>
<i>Carrera 53</i>	<i>Si</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>
<i>Carrera 54</i>	<i>Si</i>	<i>Cruz</i>	<i>Con semáforo</i>

Nota: En esta tabla se observa las carreras que interceptan el corredor urbano a estudiar, formando intercepciones las cuales se aforaron para conocer las características del tráfico.

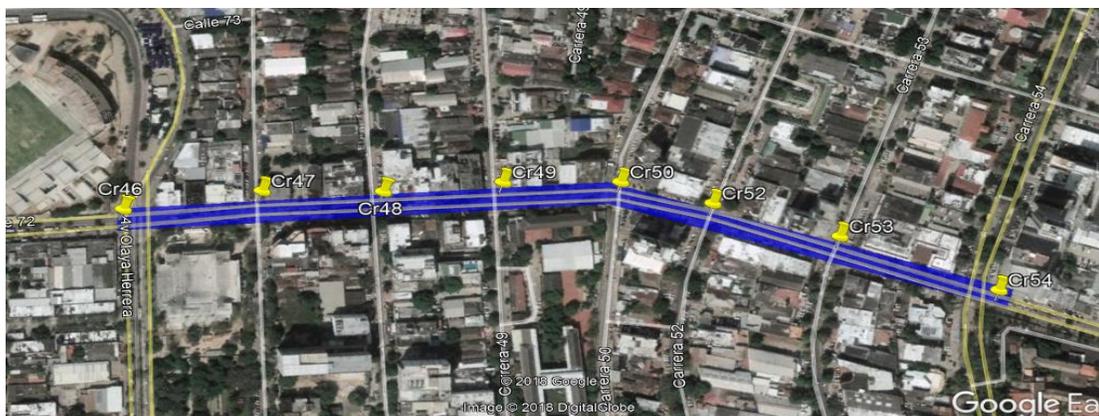


Figura 1 Localización de la zona de aforo.

Fuente: Google Earth.

Tabla 3**Asignación de la nomenclatura a cada intercepción.**

<i>Nomenclatura</i>	<i>Intercepción</i>
V1	Calle 72- Carrera 46
V2	Calle 72- Carrera 47
V3	Calle 72- Carrera 48
V4	Calle 72- Carrera 49
V5	Calle 72- Carrera 50
V6	Calle 72- Carrera 52
V7	Calle 72- Carrera 53
V8	Calle 72- Carrera 54

*Nota: Como podemos apreciar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se le asignó a las intercepciones las siguientes nomenclaturas V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8. Cada una representa una intercepción aforada en la zona de estudio a lo largo del corredor urbano.
Elaboración: Fuente propia.*

6.2 Tránsito vehicular

La caracterización del tránsito vehicular se realiza siguiendo la metodología establecida por la norma RILSA, para la codificación de cada uno de los posibles movimientos que estarían presentes en las intersecciones evaluadas. En la Figura 2 se observa la codificación sugerida. Nótese que se tomó información bastante desagregada en cuanto a tipo de vehículo, incluyendo motocicletas, de alta circulación en la ciudad.

El personal seleccionado para la toma de volúmenes fue capacitado previamente, informándolo en detalle sobre el alcance del estudio y la importancia de la información de

La información de campo se registró en los respectivos formatos como se aprecia en la Figura 3, en períodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el tipo de movimiento y de acuerdo con el tipo de vehículo. Los registros se realizan en forma individual anotando rayas o números para cada vehículo.

En los formatos de campo que se diseñaron para la toma de la información se observa de manera gráfica cada uno de los tipos de vehículos que se aforaron. Este debe ser diligenciado integralmente con la siguiente información:

Tabla 4

Datos que por obligación se deben diligenciar en el formato de aforo.

<i>Datos</i>	<i>Información</i>
Estación:	<i>Se registra la nomenclatura de las vías donde se hace el aforo, con precisión de calle y carrera.</i>
Aforador:	<i>Nombre completo del aforador.</i>
Fecha:	<i>Se anota el día, el mes y el año del aforo.</i>
Hoja ____ De ____:	<i>Corresponde al control secuencial comenzando en uno, del número de formatos diligenciados por turno, anotándose el total de los mismos.</i>
Coordinador:	<i>Nombre completo del coordinador.</i>
Condición climática	<i>Se registra el estado del tiempo.</i>
Movimiento aforador:	<i>Movimientos aforados, identificados con los códigos asignados de acuerdo con el formato personal.</i>
Periodo:	<i>Se observan los vehículos que realizan el movimiento indicado; Se registra la hora en período de aforo de 15min.</i>

Nota: En el formato de aforo por obligación se debe diligenciar todos los datos que aparecen en esta tabla, la proporción íntegra de estos conlleva a un mejor entendimiento y ejecución al momento de tabular y realizar los cálculos. Fuente: Elaboración Propia.

7 Análisis de la información

7.1 Caracterización de la malla vial circundante

La caracterización de las condiciones actuales de operación del tránsito en la red vial del área de influencia del proyecto, se define a partir de tres componentes: El inventario vial con sus características, el servicio de transporte y las condiciones de operación.

7.1.1 Condiciones de operación actuales del tránsito en la red vial del corredor.

Las condiciones con las cuales operan la red vial que es afectada en el proyecto son definidas por medio de las características del sistema vial y de transporte se han determinado a través de los trabajos de campo e inspección al área de influencia del estudio. Las medidas de las calzadas se tomaron en terreno con un levantamiento con cinta métrica. Las demás características por observación directa y registro fotográfico de cada intersección.

7.1.2 Inventario vial.

Con el fin de identificar las condiciones de operación actuales del tránsito en la red vial de influencia, es necesario caracterizar el sistema vial. Para esto, se llevó a cabo un inventario vial en el corredor urbano de cada intersección a partir de una inspección visual y toma de medidas.

7.1.2.1 Carrera 46.

Según el decreto 949 de 2013 la carrera 46 se encuentra clasificada en la categoría I, donde se indica que se caracteriza por tener volúmenes alto. El corredor inicia desde vía

circunvalar hasta la calle 30 y se encuentra conformado por cuatro carriles, los carriles tienen 3.45 metros, y el exclusivo para Transmetro que tiene una longitud de 3.47 metros como se puede apreciar en la Figura 4, también cuenta con dos sentidos de circulación y un separador central de 1,7 metros.

El corredor está ubicado entre la carrera 46 y carrera 54, hace parte de la zona de estudio, cuenta con andén peatonal en ambos lados de la carrera del lado derecho tiene 2,6 metros, del lado izquierdo de 2,3 metros y cuenta con zonas verdes al lado derecho de 2,2 metros y del lado izquierdo de 1,5 metros. Se observa que el estado del pavimento es aceptable. En cuanto a la demarcación se aprecia que se encuentra en condiciones aceptables, ver

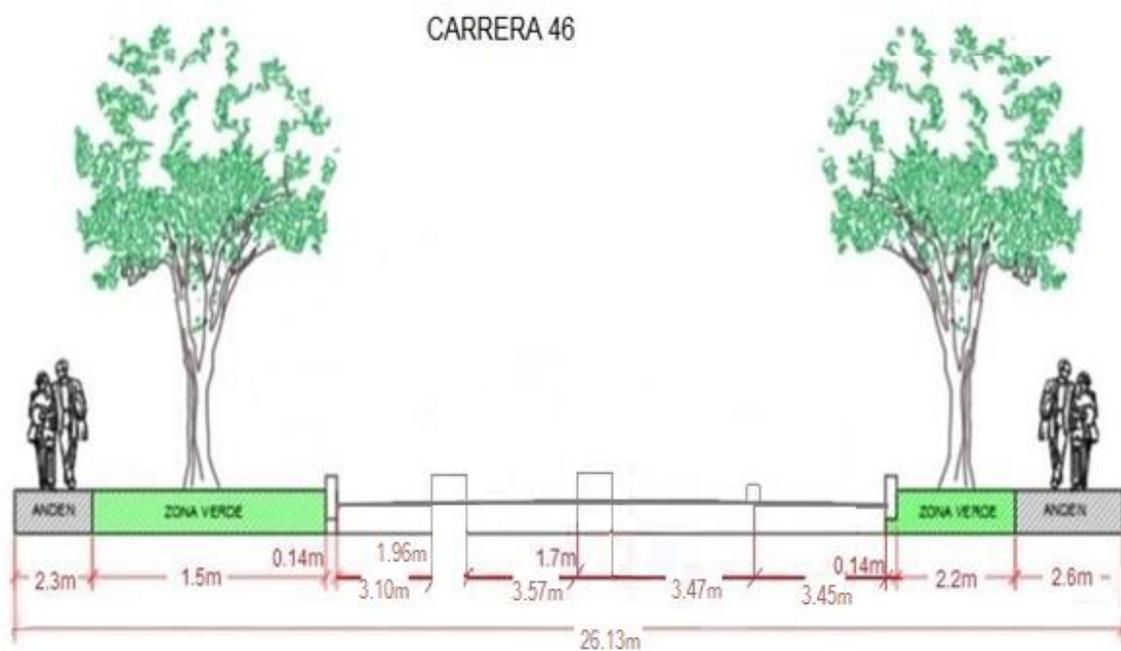


Figura 4 Sección transversal de la carrera 46.

Figura 5.

Fuente: Elaboración propia.

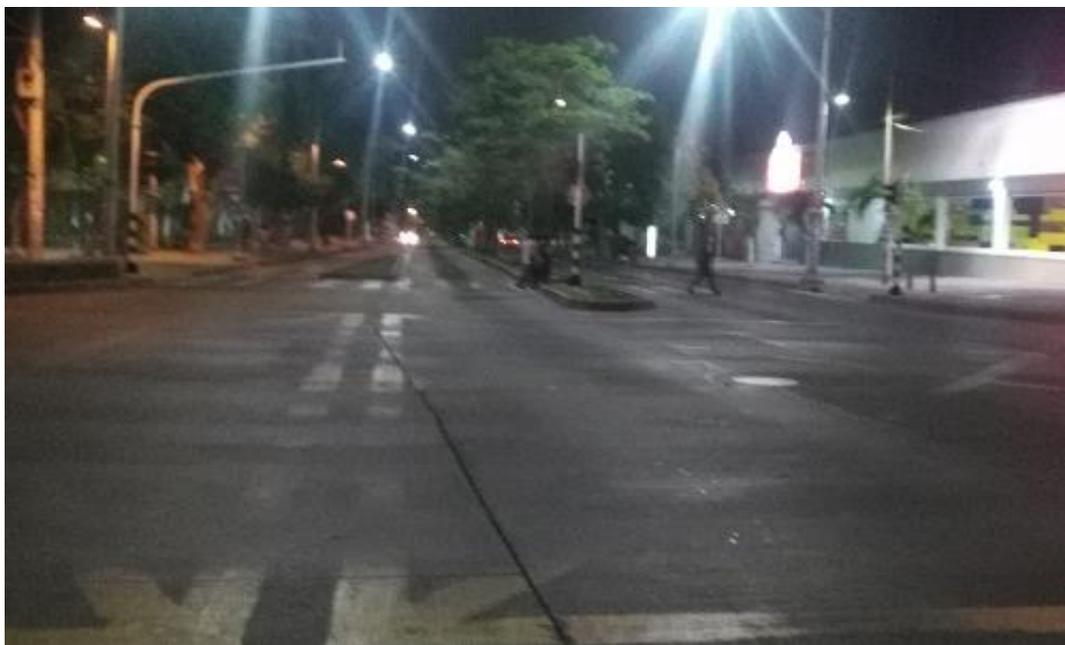


Figura 5 Estado del pavimento y demarcación horizontal de la carrera 46.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2.2 Carrera 47.

Según el decreto 949 de 2013 la carrera 47 se encuentra clasificada en la categoría III, donde se indica que presenta volúmenes moderados, la carrera 47 va desde la calle 55 hasta la calle 88 con una sección transversal conformada por dos carriles de 4 metros de ancho cada uno, andenes peatonales de 1.30 metros, zona verde de 1.45 metros y separadores de 0,14 metros de ambos lados como se aprecia en la Figura 6.

La carrera 47 no cuenta con separador central y funciona en un solo sentido para circular, la demarcación horizontal se encuentra deteriorada, no es visible y el estado del pavimento está en buenas condiciones ver Figura 7.

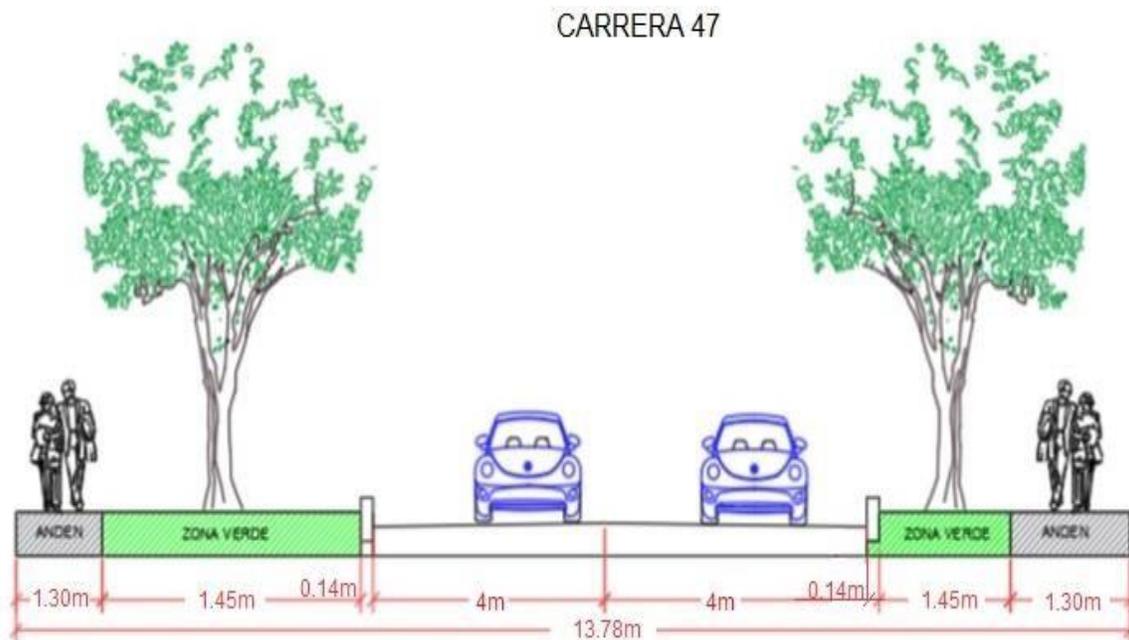


Figura 6 Sección transversal de la carrera 47.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7 Estado del pavimento y demarcación horizontal de la carrera 47.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2.3 Carrera 48.

Según el decreto 949 de 2013 la carrera 48 se encuentra clasificada en la categoría III, donde se indica que presenta volúmenes moderados al igual que la carrera 47.

Esta carrera inicia desde la calle 79 y termina en la calle 69, la sección transversal está conformada por dos carriles de 4.4 metros en un solo sentido sin separador central.

Además cuenta con andenes en ambos lados con una longitud de 1.20 metros, ver Figura 8.

En algunas secciones de la calle la zona peatonal se convierte en parqueadero público donde se encuentra adecuada y pavimentado para dicho propósito. En la zona aforada se encuentra en óptimas condiciones el pavimento y la demarcación horizontal está en mal estado debido a que es poco visible, ver Figura 9.

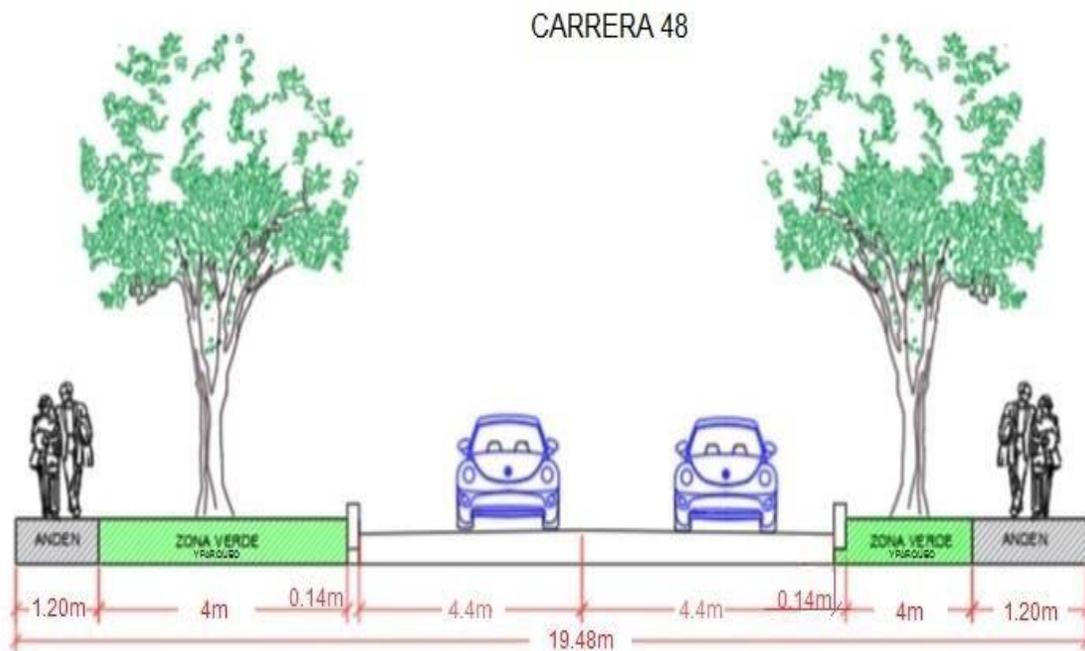


Figura 8 Sección transversal de la carrera 48

Fuente: Elaboración propia.

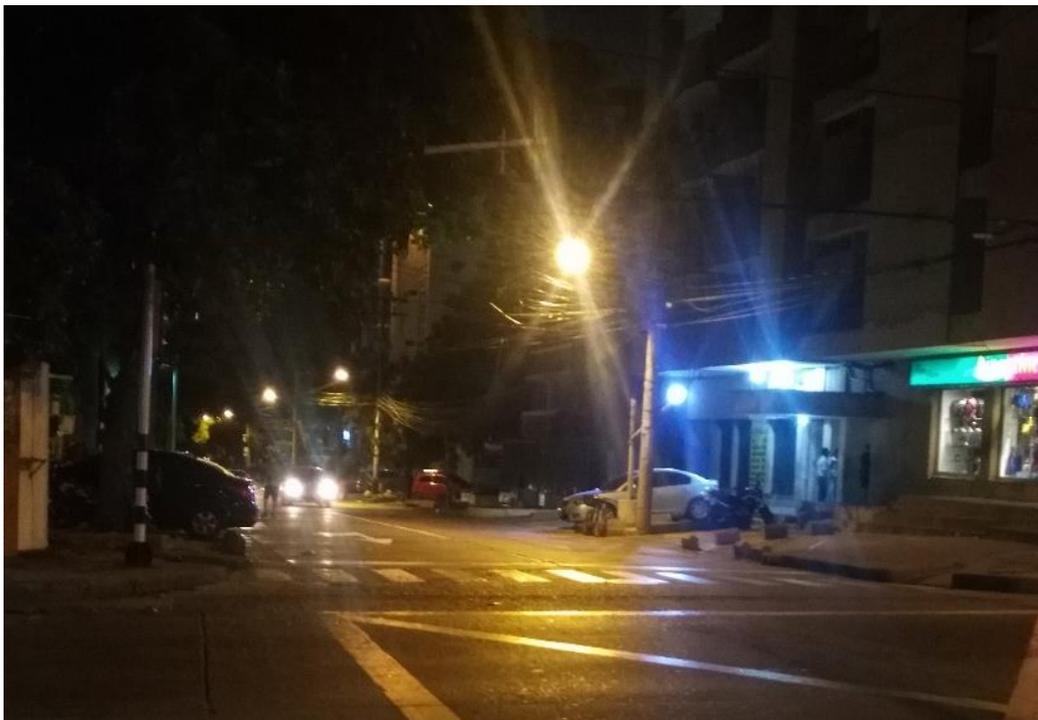


Figura 9 Estado del pavimento y la demarcación horizontal de la carrera 48.

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.4 Carrera 49.

Según el decreto 949 de 2013 la carrera 49 se encuentra clasificada en la categoría III, donde se indica que presenta volúmenes moderados, inicia en la calle 76 y finaliza en la calle 64. En la zona de influencia tiene una sección típica conformada por dos carriles en sentidos opuestos de circulación, cada uno de 3.87 metros promediados, sin separador central. Para el tránsito peatonal cuenta con andenes a cada lado de la carretera en el lado izquierdo con dimensiones de 1.9 metros y en el lado derecho con 1.3 metros, también cuenta con zonas verdes de 1.3 metros en el sector izquierdo y de 1.25 metros en el sector derecho de la vía. Ver Figura 10.

El estado del pavimento es bueno y su demarcación horizontal se encuentra parcialmente deteriorada. Ver Figura 11.

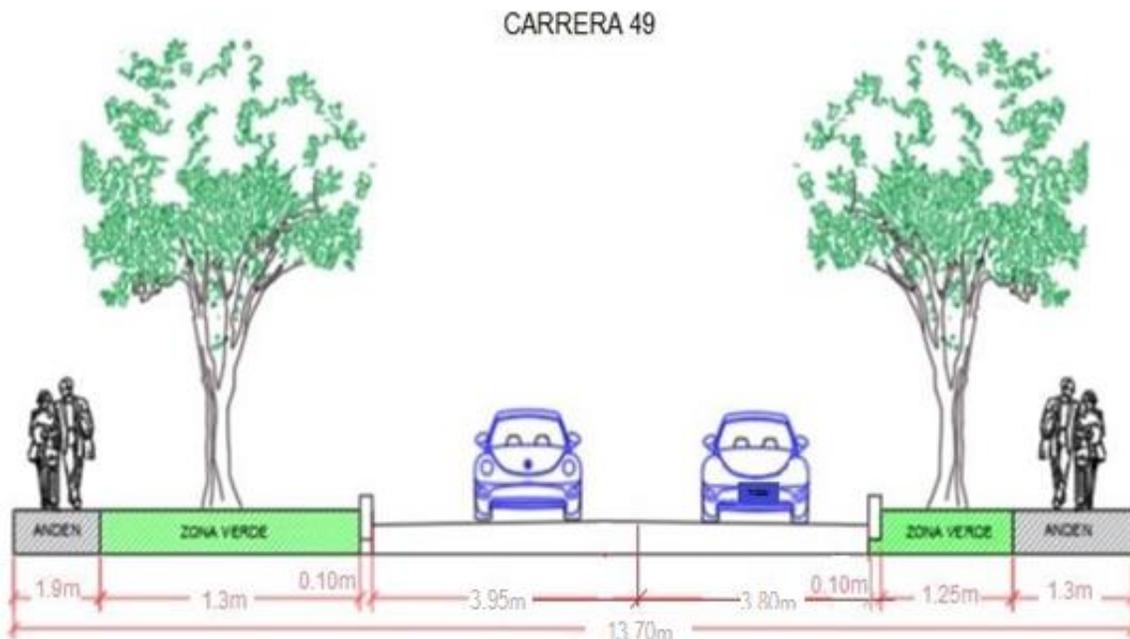


Figura 10 Sección transversal de la carrera 49.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 11 Estado del pavimento y la demarcación horizontal de la carrera 49.

Fuente: Elaboración propia

7.1.2.5 Carrera 50.

Clasificada como Categoría II en el decreto 949 de 2013, la carrera 50 va desde la calle 75 hasta la calle 36 con una sección transversal conformada por dos carriles de 4 metros de ancho cada uno, andenes peatonales de 1,75 metros al lado izquierdo y 1,2 metros al lado derecho. En ciertos tramos de la calle, la sección se vuelve parqueadero público para ambos lados de la vía de 6m en ambos lados aproximadamente. La carrera 50 al igual que las anteriores no presenta separador central y funciona en ambos sentidos de circulación ver Figura 12.

La carrera 50 tiene una demarcación desgastada, en cuanto al estado del pavimento se considera aceptable para el tráfico vehicular.

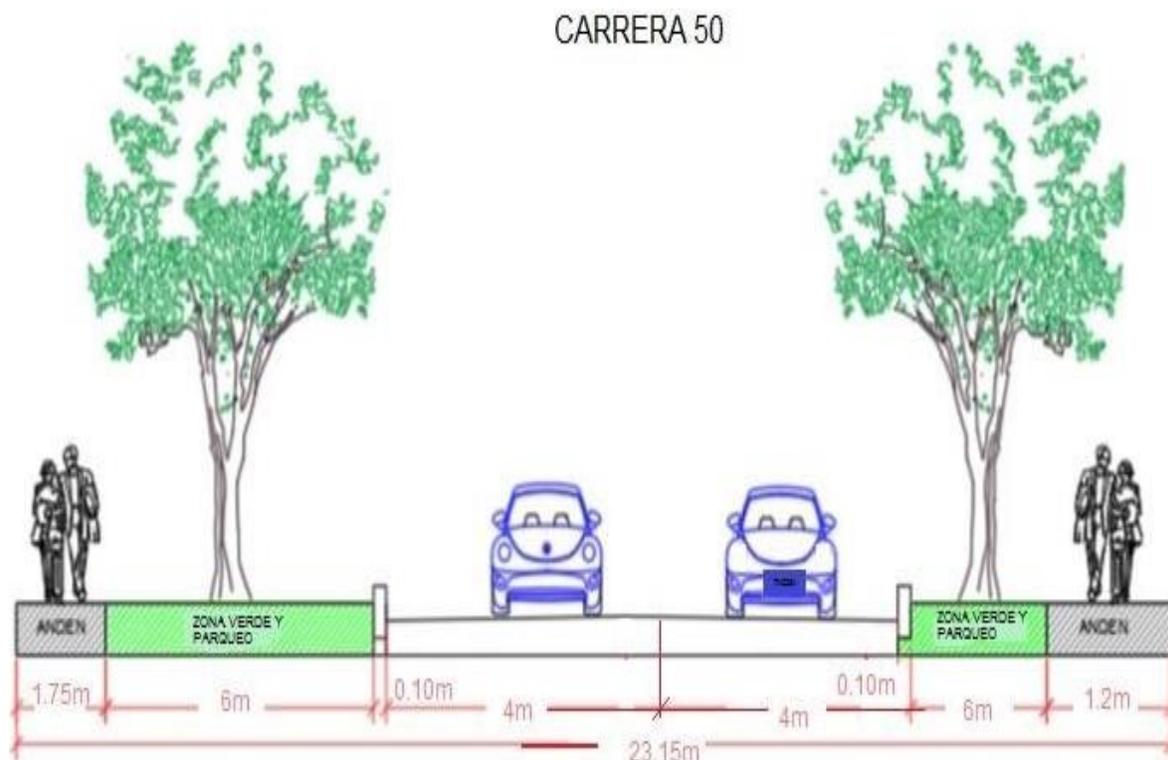


Figura 12 Sección transversal de la carrera 50.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 50.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2.6 Carrera 52.

Clasificada como Categoría II en el decreto 949 de 2013, la carrera 52 va desde la calle 40 hasta la calle 110 con avenida circunvalar con una sección transversal conformada por dos carriles de 3.96 metros de ancho cada uno, andenes peatonales de 1.20 metros y zonas verdes de 2.0 metros al lado izquierdo y 2.5 metros al lado derecho. En ciertos tramos de la calle, la sección se vuelve parqueadero público para ambos lados de la vía de 4m en ambos lados aproximadamente. La carrera 52 al igual que las anteriores no presenta separador central y funciona en un solo sentidos de circulación.

La carrera 52 tiene una demarcación desgastada, en cuanto al estado del pavimento se considera aceptable para el tráfico vehicular.

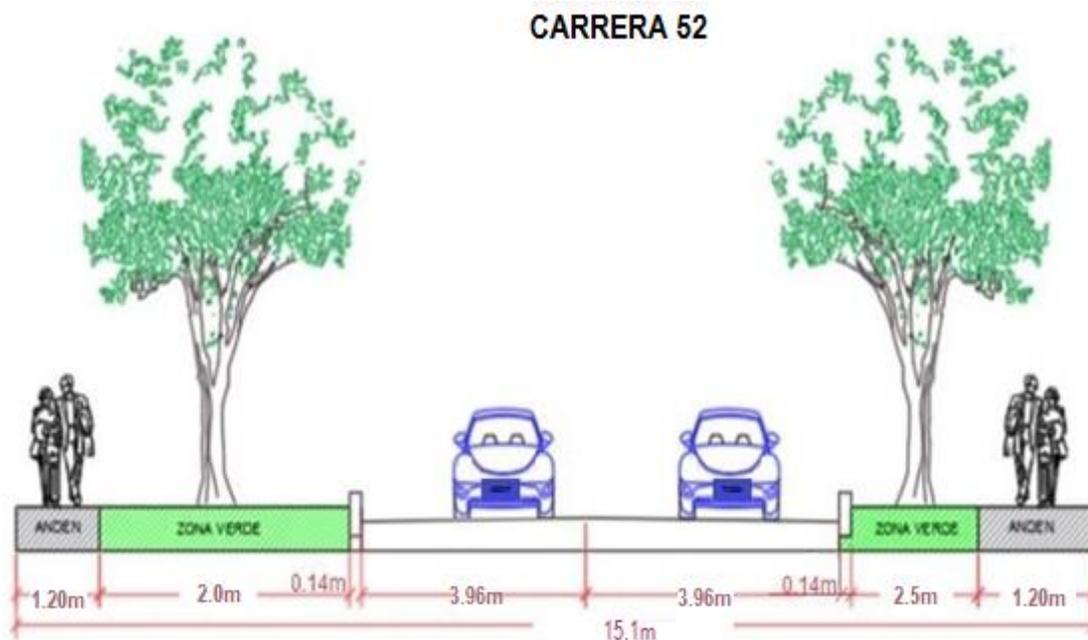


Figura 14 Sección transversal de la carrera 52.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 52.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2.7 Carrera 53.

Según el decreto 949 de 2013 la carrera 53 se encuentra clasificada en la categoría III, donde se indica que presenta volúmenes moderados, inicia en la calle 41 y finaliza en la calle 112. En la zona de influencia tiene una sección típica conformada por dos carriles con el mismo sentido de circulación, cada uno de 4.51 metros promediados, sin separador central. Para el tránsito peatonal cuenta con andenes a cada lado de la carretera en el lado izquierdo con dimensiones de 1.5 metros y en el lado derecho con 1.2 metros, también cuenta con zonas verdes de 2.5 metros en el sector izquierdo y de 2.0 metros en el sector derecho de la vía.

El estado del pavimento es aceptable y su demarcación horizontal se encuentra parcialmente deteriorada.

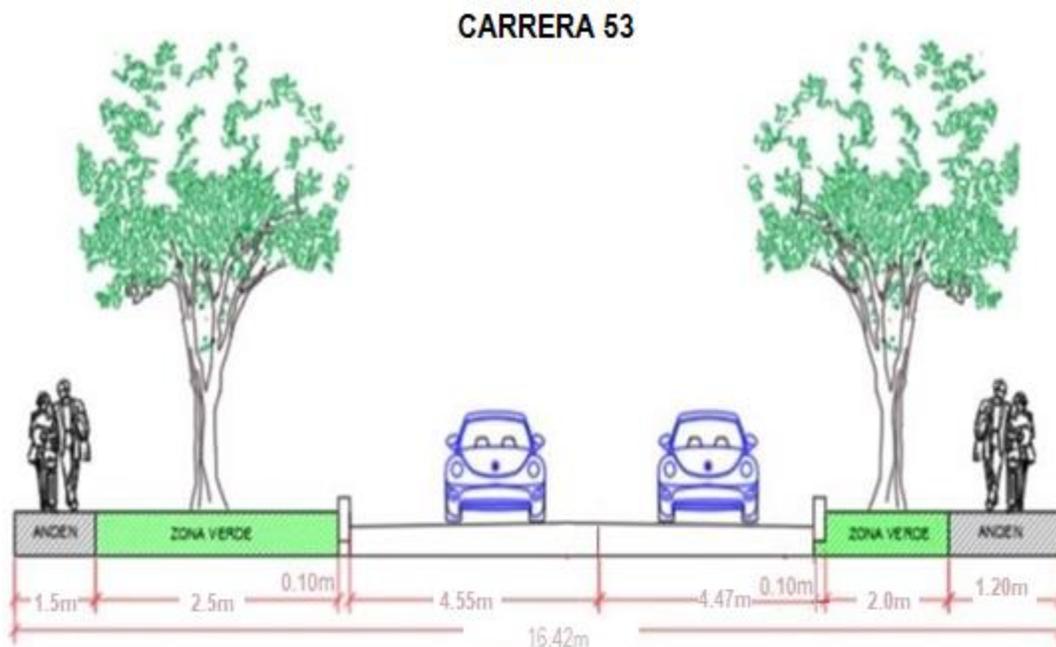


Figura 16 Sección transversal de la carrera 53.

Fuente: Elaboración propia.

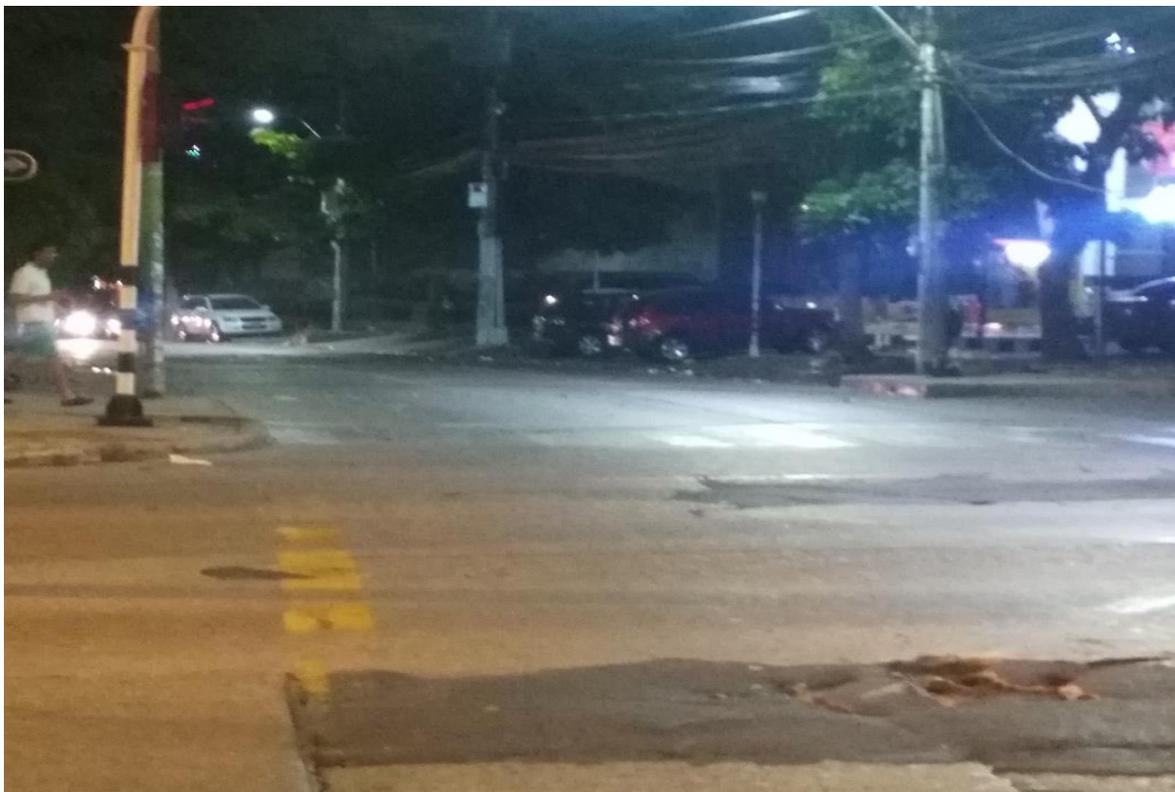


Figura 17 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 53.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2.8 Carrera 54.

Según el decreto 949 de 2013 la carrera 54 se encuentra clasificada en la categoría I, donde se indica que se caracteriza por tener volúmenes alto. El corredor inicia desde calle 45 hasta la calle 76 y se encuentra conformado por cuatro carriles, los carriles tienen 2.98 metros de lado derecho y en el lado izquierdo 2.99 metros, ambas medidas en los carriles promediadas debido que se encuentran pequeñas diferencias en las medidas por carril. Esta vía también cuenta con dos sentidos de circulación y un separador central de 4.98 metros.

La vía cuenta con andén peatonal en ambos lados de la carrera del lado derecho tiene 2.6 metros, del lado izquierdo de 1.5 metros y cuenta con zonas verdes al lado derecho de 2,2 metros y del lado izquierdo de 2.0 metros. Se observa que el estado del pavimento es aceptable. En cuanto a la demarcación se aprecia que se encuentra en condiciones aceptables.

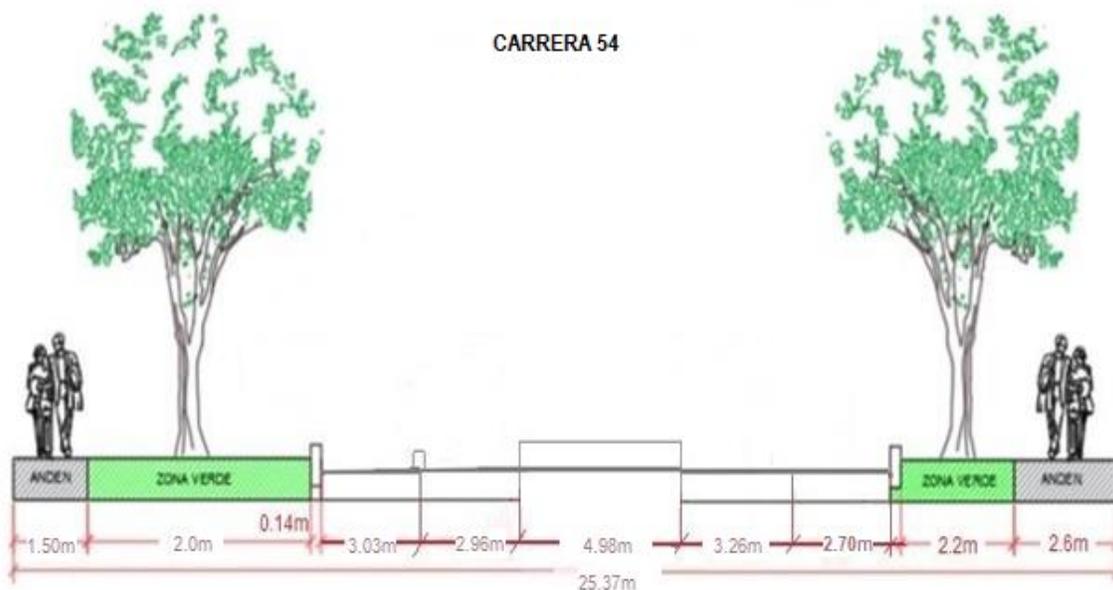


Figura 18 Sección transversal de la carrera 54.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 19 Estado del pavimento y de la demarcación horizontal de la carrera 54.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.2.9 Calle 72.

La calle 72 desde la carrera 38 hasta vía 40 es clasificada como Categoría II en el decreto 949 de 2013. Esta es la calle que interconecta todas las carreras del corredor estudiado intersectando a cinco intersecciones que van desde la carrera 46 hasta la carrera 50, cuenta con un ancho de carril de 6 metros en ambos sentidos, zona verde de 1.5 metros del lado derecho de la vía y 1.5 metros del lado izquierdo y andén peatonal de 2.4 metros (izquierda) y 2.2 metros (derecha). Esta vía funciona en dos sentidos de circulación y cuenta con un separador central de 1 metro, además en ciertas secciones presenta parqueaderos en ambos lados.

La demarcación en general se encuentra en malas condiciones es muy poco visible. En cuanto al pavimento, se considera que es aceptable para la circulación vehicular.

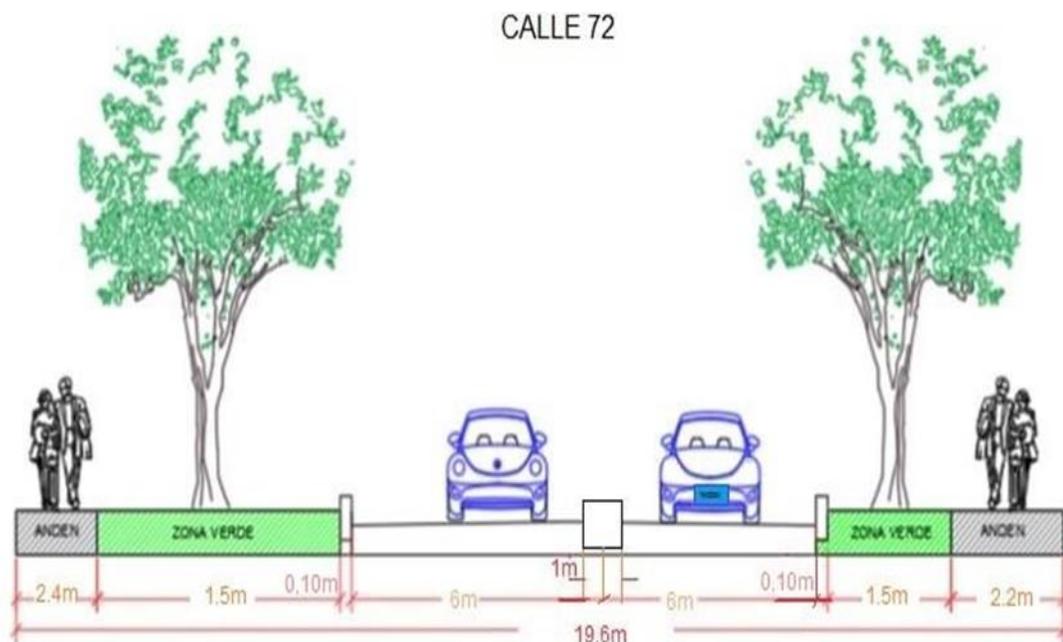


Figura 20 Sección transversal de la calle 72.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21 Estado del pavimento y la demarcación horizontal de la calle 72.

Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Características del sistema del sector aforado.

El corredor vial estudiado es una zona comercial, por lo cual presenta un flujo vehicular mixto, al ser una zona de negocios y de alto flujo por motivos de eventos deportivo puesto que a sus alrededores se encuentra el estadio de futbol ROMELIO MARTINEZ y el estadio de básquet ELIAS CHEGWIN.

7.1.4 Características del sistema de transporte.

A lo largo de la calle72, existe un permanente tránsito de vehículos mixtos se movilizan en todo sentido. Este alto volumen de tránsito genera permanentes conflictos vehiculares en el área urbana de Barranquilla.

El servicio público de transporte urbano en Barranquilla es prestado por una serie de empresas, las rutas que prestan el servicio de transporte público en la zona de estudio se describen a continuación.

Tabla 5
Servicio público de transporte Transmetro

<i>Carrera 46 Sistema Articulado Transmetro</i>
<i>R1 Joe Arroyo</i>
<i>R10 Joe Arroyo</i>
<i>B1 Barranquillita</i>
<i>S1 Portal de soledad</i>
<i>S10 Portal de soledad</i>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6
Ruta que circula por la zona de estudio.

<i>Calle 72</i>	
<i>Empresa</i>	<i>Ruta</i>
<i>B1 Coolitoral</i>	<i>Calle 72-Silencio-Andes-Carrera 24-Centro</i>
<i>B2 Coolitoral</i>	<i>Manuela Beltrán- Carrera 21- Calle 72- Vía 40</i>
<i>C20-R1 Coasoatlan</i>	<i>Villa Katanga- Simón Bolívar- Carrera 8- Carrera 38- Calle 72- Vía 40)</i>
<i>C20-R1</i>	<i>Villa Katanga- Tcherassi-Calancala- Carrera 38- Calle 72- Hotel del prado</i>
<i>C4 Coochofal</i>	<i>Almendros- siete de abril- Carrizal- Olaya- Calle 72- Vía 40</i>
<i>C7 Cootransco</i>	<i>Costa hermosa- Simón Bolívar- Carrera 27- Calle 72- Vía 40</i>
<i>C8 Cootransporcar</i>	<i>Calle 17- Simón Bolívar- Andes- Olaya- Calle72- Carrera 58- Vía 40</i>
<i>D8 Transporte Lolaya</i>	<i>Calle 72 – Zoológico</i>
<i>C16 Sobusa</i>	<i>Granabastos calle 72- Uninorte</i>

Nota: En las tablas anteriores muestra todas las rutas de transporte público que circulan por el corredor urbano estudiado como también las del transporte masivo Trasmetro. El parque automotor empleado se compone de buses, busetones, padrón, buseton. Fuente: Elaboración propia.

El corredor urbano es transido por una cantidad elevada de vehículos que sobrepasan la capacidad o el espacio que brinda la vía, generándose diariamente congestión y discontinuidad en el flujo continuo del tráfico, problema que agrava en horas pico.

Este corredor es muy utilizado por el transporte público, por esta razón en horas picos transitar por el sector es muy tedioso debido a la diversidad de buses que circulan.

Tabla 7
Características generales de las intersecciones en estudio

<i>Intercepción</i>	<i>Tipo de intercepción</i>	<i>Tipo de señal</i>	<i>Vía prioritaria</i>	<i>Movimiento permitido</i>
<i>Calle 72 con carrera 46</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 46</i>	<i>1,9(1),2,9(2),3,9(3),4,9(4)</i>
<i>Calle 72 con carrera 47</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 47</i>	<i>1,9(1),2,9(2),4,9(4),8</i>
<i>Calle 72 con carrera 48</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 48</i>	<i>1,3,9(3),7,2,9(2)</i>
<i>Calle 72 con carrera 49</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 49</i>	<i>1,9(1),2,9(2),3,9(3),4,9(4)</i>
<i>Calle 72 con carrera 50</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 50</i>	<i>1,9(1),2,9(2),3,9(3),4,9(4)</i>
<i>Calle 72 con carrera 52</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 52</i>	<i>1, 2, 3, 7, 9(2), 9(3)</i>
<i>Calle 72 con carrera 53</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 53</i>	<i>1, 2, 4, 8, 9(1), 9(4)</i>
<i>Calle 72 con carrera 54</i>	<i>Cruz</i>	<i>Semáforo</i>	<i>Carrera 54</i>	<i>1, 2, 3, 4, 9(1), 9(2), 9(3), 9(4)</i>

Nota: En esta tabla se informa acerca de las intercepciones que componen el corredor estudiado, mostrando sus características en cuanto al tipo de intercepción, señal, prioridad y movimiento permitido. Fuente: Elaboración propia.

8 Presentación de los resultados

8.1 Análisis de los volúmenes de tráfico en el corredor

En primera instancia se presenta un análisis de los datos de volúmenes tomados en campo con el fin de analizar la composición del tráfico heterogéneo.

8.2 Aforos vehiculares realizados en el área de influencia

Los aforos vehiculares se realizaron en dos estaciones maestro y en tres estaciones de máxima demanda durante tres horas de un día hábil a parte de las 6 am. Ver Tabla 8.

Tabla 8

Intercepción de estudio

<i>Estación Maestro</i>	<i>Estaciones de máxima demanda</i>
<i>V2: Calle 72 con carrera 47</i>	<i>V1: Calle 72 con carrera 46</i>
<i>V4: Calle 72 con carrera 49</i>	<i>V3: Calle 72 con carrera 48</i>
<i>V6: Calle 72 con carrera 52</i>	<i>V5: Calle 72 con carrera 50</i>
<i>V7: Calle 72 con carrera 53</i>	<i>V8: Calle 72 con carrera 54</i>

Nota: En esta tabla se puede apreciar cuales intercepciones corresponden a estaciones Maestro y cuales son la de máxima demanda Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el aforo vehicular en las estaciones maestras (calle 72 con carrera 47, carrera 49, carrera 52 y carrera 53) y en las estaciones de máxima demanda (calle 72 con carrera 46, 48, 50 y 54) el martes 28 de marzo del 2017.

8.3 Procesamiento de los cálculos y análisis gráfico del aforo realizado

A continuación, se presenta el análisis gráfico de los flujos vehiculares partiendo de la información recolectada con el fin de analizar el comportamiento vehicular en las estaciones del corredor.

8.3.1 Estación V1: calle 72 con carrera 46.

8.3.1.1 Volumen vehicular de la estación V1: calle 72 con carrera 46.

En la Figura 57 volumen vehicular hora pico calle 72 con carrera 46 muestra el flujo de una de las estaciones de máxima demanda en hora pico. Evidentemente el mayor flujo vehicular presentado se da sobre la calle 72 en sentido sur-norte (movimiento 2 según la normal RISLA), seguida del movimiento 1 norte-sur sobre la calle 72. El menor flujo presentado se dio sobre la carrera 46 en sentido este-oeste (movimiento 9(4) giro a la derecha). En esta intersección no están permitidos los giros a la izquierda y giro en u en ninguno de los sentidos por tratarse de movimiento que generan conflictos en la intersección

8.3.1.2 Flujo vehicular de la estación V1: Calle 72 con carrera 46.

En la Figura 22 se observa el comportamiento del flujo vehicular, donde se interpretar que no varía mucho durante el intervalo de tiempo de 6:45 a.m. y 8:30 a.m. presentando unos valores máximos de 721 vehículos en el período de 7:45 a.m. a 8:00 a.m.

También podemos apreciar que a partir del intervalo de 8:45-9:00am el flujo vehicular disminuye, esto se presenta debido a que las personas en ese tiempo ya se han movilizad o hacia sus lugares de trabajo o estudios.

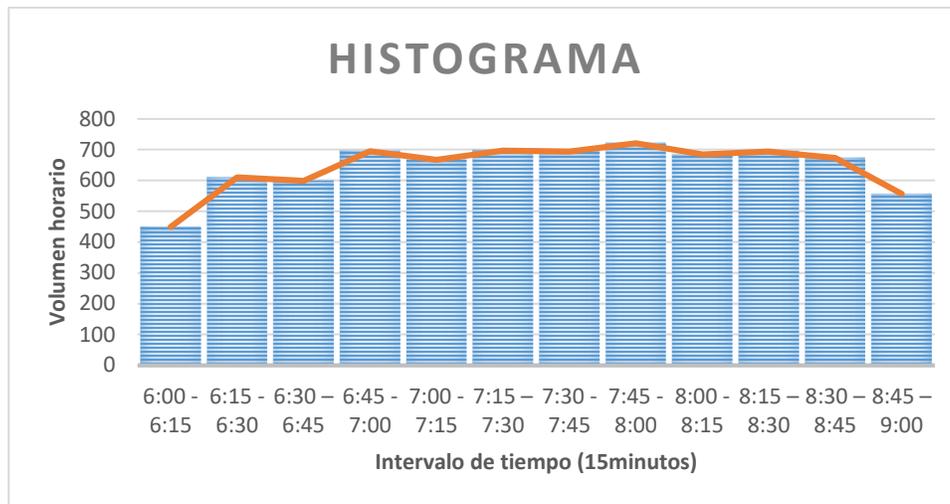


Figura 22 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 46

Fuente: Elaboración propia.

8.3.1.3 Composición vehicular de la estación V1: Calle 72 con carrera 46.

En la Figura 23 se aprecia la distribución de los flujos según el tipo de vehículo que transita por la intersección de la calle 72 con carrera 46. Se analiza según la figura un alto porcentaje de autos ligeros, siendo el tipo de vehículo dominante en esta intersección con un 74%, seguido de buses con un 14%, también podemos apreciar que los camiones y las bicicletas presentan un porcentaje nulo debido a que fueron muy pocas los que circularon en esta intersección. Siendo el 100% el total de vehículos contados en el TPD.

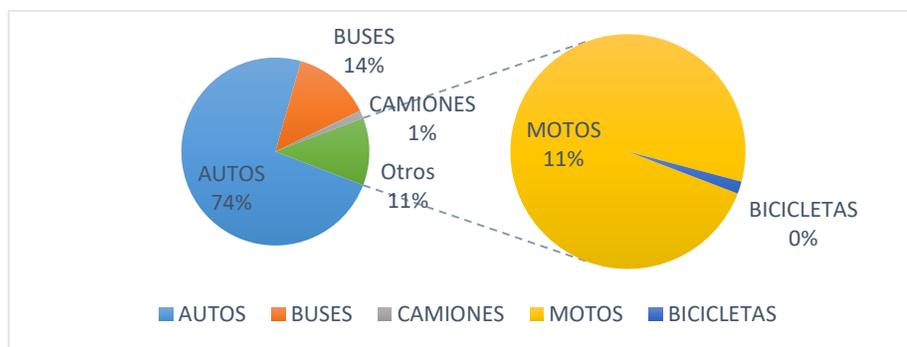


Figura 23 Composición vehicular calle 72 con carrera 46

Fuente: Elaboración propia.

8.3.1.4 VHMD estación V1: Calle 72 con carrera 46.

El VHMD es el punto más crítico, debido a que es la hora donde transitan más vehículos y es el valor más relevante para diseñar. Para determinarlo se realiza la suma de cuatro periodos de aforación en donde se toma el valor más grande que corresponde al total de vehículos que circulan por la intercepción por hora. Este procedimiento fue repetido en un intervalo de 15 minutos.

Tabla 9

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

<i>Periodo</i>	<i>Total de vehículos</i>	<i>VHMD</i>
6:00-6:15	449	
6:15-6:30	610	
6:30-6:45	599	
6:45-7:00	695	2353
7:00-7:15	667	2571
7:15-7:30	697	2658
7:30-7:45	694	2753
7:45-8:00	721	2779
8:00-8:15	684	2796
8:15-8:30	694	2793
8:30-8:45	673	2772
8:45-9:00	556	2607

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 721 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 2796. Fuente: Elaboración propia.

La hora máxima de demanda corresponde al periodo de las 7:15 - 8:15 A.M con un volumen de:

Flujo total: $697+694+721+684= 2796$ Vehículos-mixtos/hora.

El flujo máximo (q_{max}) para períodos de 15 minutos corresponde al intervalo de (7:45 - 8:00) con un valor de 721 vehículos mixtos.

8.3.1.5 Calculo del FHMD estación V1: Calle 72 con carrera 46.

El FHMD también es conocido como factor pico horario o factor horario de máxima demanda, expresa la relación del volumen de la hora de máxima demanda a la tasa de volumen máximo dentro de la hora pico, es decir que para hacer un estudio de las variaciones de volumen de tráfico en la hora de máxima demanda se utiliza el FHMD que relaciona el volumen horario de máxima demanda con el flujo más alto. Su fórmula matemática es:

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

Donde:

FHMD: Factor Horario de Máxima Demanda.

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda.

N: Numero de periodos durante la hora de máxima demanda.

q_{max} : Flujo máximo.

Para periodos de 15 minutos que $N= 4$.

$$FHMD: \frac{2796}{4(721)} : 0,96$$

El factor horario de máxima demanda obtenido nos indica las características del flujo de tránsito en la intersección, es decir, como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. El valor obtenido fue cercano a la unidad, esto nos indica que el flujo vehicular en la intersección fue casi constante, ya que en los periodos de VHMD la diferencia entre ellos no fue muy elevada (697, 694, 721 y 684), debido a esto el FHMD tendió casi a la unidad.

8.3.2 Estación V2: calle 72 con carrera 47.

8.3.2.1 Volumen vehicular de la estación V2: Calle 72 con carrera 47.

En la Figura 58 se muestra el flujo de una de las estaciones maestro en hora pico. Es evidente que el mayor flujo vehicular se presenta en sentido norte-sur (movimiento 1 según la norma RISLA) con un total de 1058 vehículos. La carrera 47 funciona en un solo sentido, como se aprecia en la Figura 58. En el sentido sur-norte se aprecia un flujo moderado. En el movimiento 8 según la normal RISLA en el sentido Este-Sur se observa el mínimo volumen de flujo con 36 vehículos en total.

8.3.2.2 Flujo vehicular de la estación V2: Calle 72 con carrera 47.

El flujo se comportó de manera irregular alcanzando su punto máximo en el intervalo de tiempo de 7:30 a.m. y 7:45 a.m. con 890 vehículos aproximadamente, al iniciar el aforo se nota un aumento constante en el flujo de vehículos a medida que pasa el tiempo, describiendo así una pendiente positiva en el intervalo de 6:00-7:00 a.m. Ve Figura 24

También podemos apreciar que después de las 8:00 a.m. el flujo desciende considerablemente lo que significa que había menor cantidad de vehículos circulando en ese momento.

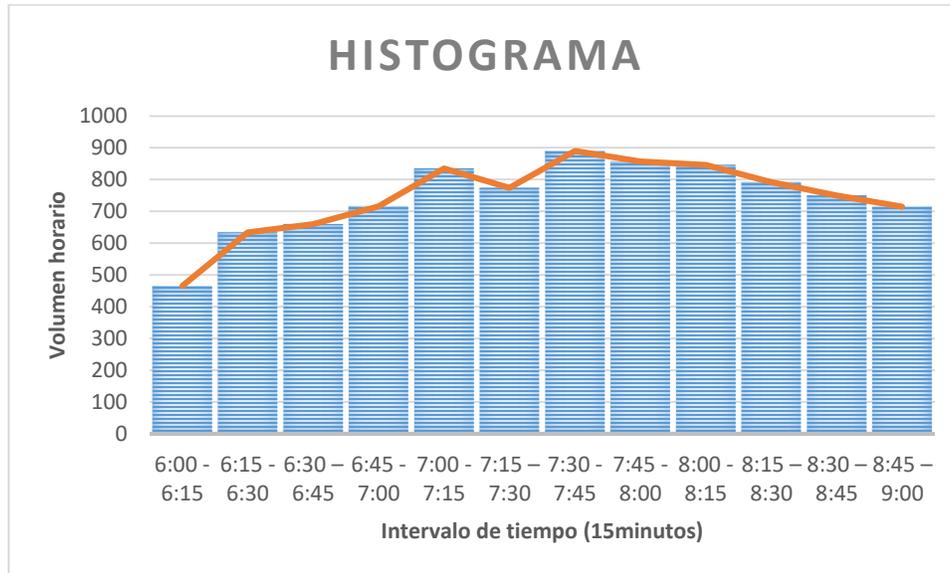


Figura 24 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 47.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.2.3 Composición vehicular de la estación V2: Calle 72 con carrera 47.

En la Figura se observa que los autos tiene un alto porcentaje, siendo el tipo de vehículo que predomina en esta intersección con un 74%, seguido con 5% buses, 2% camiones, 18% motos y 1% bicicletas.

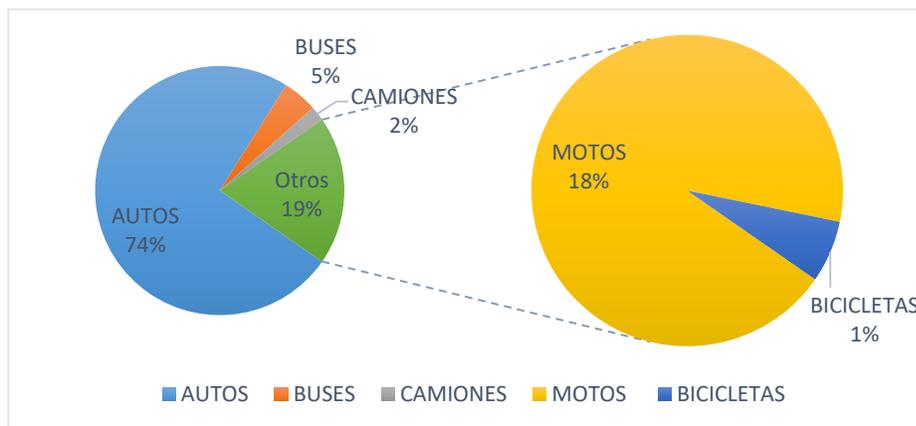


Figura 25 Composición vehicular calle 72 con carrera 47

Fuente: Elaboración propia.

8.3.2.4 VHMD estación V2: Calle 72 con carrera 47.

Tabla 10

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

<i>Periodo</i>	<i>Total de vehículos</i>	<i>VHMD</i>
6:00 - 6:15	465	
6:15 - 6:30	634	
6:30 - 6:45	660	
6:45 - 7:00	716	2475
7:00 - 7:15	835	2845
7:15 - 7:30	774	2985
7:30 - 7:45	890	3215
7:45 - 8:00	857	3356
8:00 - 8:15	846	3367
8:15 - 8:30	792	3385
8:30 - 8:45	750	3245
8:45 - 9:00	715	3103

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 890 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 3385. Fuente: Elaboración propia.

La hora de máxima demanda corresponde al periodo de las 7:30 - 8:30 A.M con un volumen horario de máxima demanda de:

Flujo total: $890+857+846+792= 3385$ Vehículos-mixtos/hora.

8.3.2.5 Cálculo del FHMD estación V2: Calle 72 con carrera 47.

El flujo máximo (q_{\max}) para períodos de 15 minutos corresponde al de las 7:30 – 7:45, con un valor de 890 vehículos mixtos. Por lo que el factor horario de máxima demanda es:

$$FHMD \frac{3385}{890(4)} = 0.95$$

Este resultado esto nos indica concentraciones de flujos máximos en periodos cortos, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos dentro de la hora.

8.3.3 Estación V3: calle 72 con carrera 48.

8.3.3.1 Volumen vehicular de la estación V4: Calle 72 con carrera 48.

Al igual que la anterior intersección, la carrera 48 funciona en un solo sentido de circulación como se observa en la Figura 59. Esta es una intercepción de máxima demanda, el mayor flujo vehicular se presenta en el sentido sur-norte o movimiento 2 según la norma RISLA, con un total de 1042 vehículos, y el flujo mínimo se presenta en el movimiento 7, sentido Oeste-Norte con un volumen de 36 vehículos.

8.3.3.2 Flujo vehicular de la estación V3: Calle 72 con carrera 48

El flujo vehicular en esta intersección presenta una pendiente positiva en el intervalo de tiempo de 6:15 a.m. y 8:15 a.m. lo que representa un incremento en la movilidad. A comparación de las demás intersecciones, la circulación de los vehículos fue baja. No se presentó una disminución en el intervalo de 8:15-9:00 a.m. como usualmente

sucedió en las estaciones V1 y V3, lo que indica que el flujo de vehículos se mantuvo constante transitando por la intercepción. Ver Figura 26.

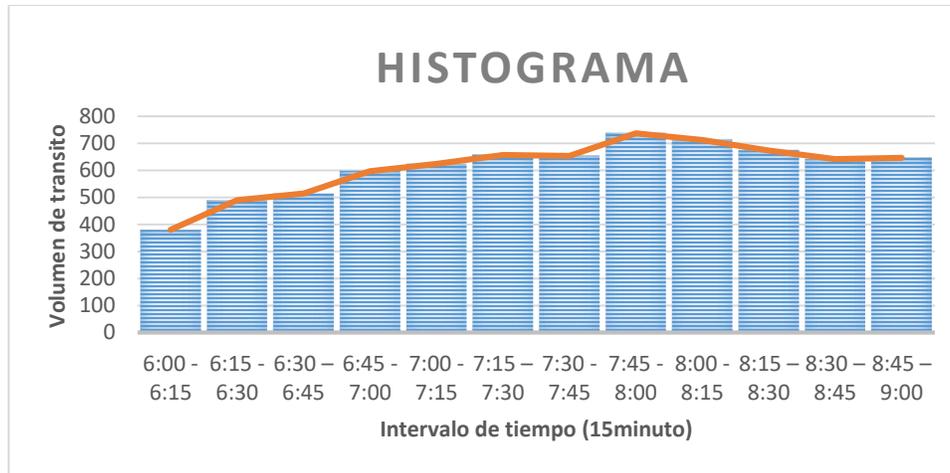


Figura 26 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 48.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.3.3 Composición vehicular de la estación V3: Calle 72 con carrera 48.

En la Figura 27. Se observa la composición del flujo en la intercepción de la calle 72 con carrera 48, donde se aprecia que el porcentaje de bicicletas es nulo, el auto predomina como medio de transporte con 74%, luego le sigue la motocicleta con 17%, buses 7% y camiones con 2%.

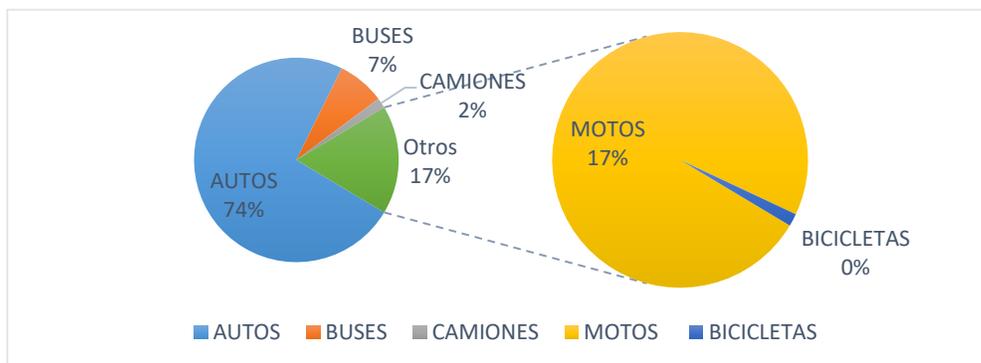


Figura 27 Composición vehicular calle 72 carrera 48.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.3.4 VHMD estación V3: Calle 72 con carrera 48.

Tabla 11

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

<i>Periodo</i>	<i>Total de vehículos</i>	<i>VHMD</i>
6:00 - 6:15	380	
6:15 - 6:30	489	
6:30 - 6:45	514	
6:45 - 7:00	597	1980
7:00 - 7:15	623	2223
7:15 - 7:30	657	2391
7:30 - 7:45	653	2530
7:45 - 8:00	737	2670
8:00 - 8:15	712	2759
8:15 - 8:30	673	2775
8:30 - 8:45	641	2763
8:45 - 9:00	646	2672

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 737 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 2775. Fuente: Elaboración propia

La hora de máxima demanda corresponde al periodo de las 7:30 - 8:30 A.M con un volumen horario de máxima demanda de:

Flujo total: $653+737+712+673= 2775$ Vehículos-mixtos/hora.

El flujo máximo (q_{\max}) para períodos de 15 minutos corresponde al intervalo de (7:45 - 8:00) con un valor de 671 vehículos mixtos.

8.3.3.5 Calculo del FHMD estación V3: Calle 72 con carrera 48.

$$FHMD \frac{2775}{737(4)} = 0.94$$

El valor obtenido indica que el flujo vehicular en la intersección fue casi constante, ya que en los periodos de VHMD la diferencia entre ellos no fue muy elevada (653, 737, 712 y 673), debido a esto el FHMD tendió casi a la unidad.

8.3.4 Estación V4: calle 72 con carrera 49.**8.3.4.1 Volumen vehicular de la estación V4: Calle 72 con carrera 49.**

Esta intercepción es maestre debido a que en ella no se moviliza un volumen de automóviles considerable. El flujo que entra en sentido norte-sur es mayor en comparación de los otros sentidos, este cuenta con un volumen máximo de 1093 vehículos asignados al movimiento 1, según la norma RISLA, y en el sentido Oeste-sur se presenta el volumen mínimo en el sentido 9(3) con un total de 67 vehículos. Los giros a la izquierda no están permitidos ya que generan conflictos en la intersección, tampoco se pueden realizar giros en U. Ver la Figura 60.

8.3.4.2 Flujo vehicular de la estación V4: Calle 72 con carrera 49

En la Figura 28 el flujo de la calle 72 con carrera 49 se observa que el flujo es variado y presenta un valor máximo de 819 vehículos aproximadamente en el período de 7:30 a.m. a 8:00 a.m. En el intervalo de 8:45 a 9:00 el flujo de vehículos describe una pendiente negativa lo que significa una disminución en el tráfico vehicular, debido a que se entra en hora valle.

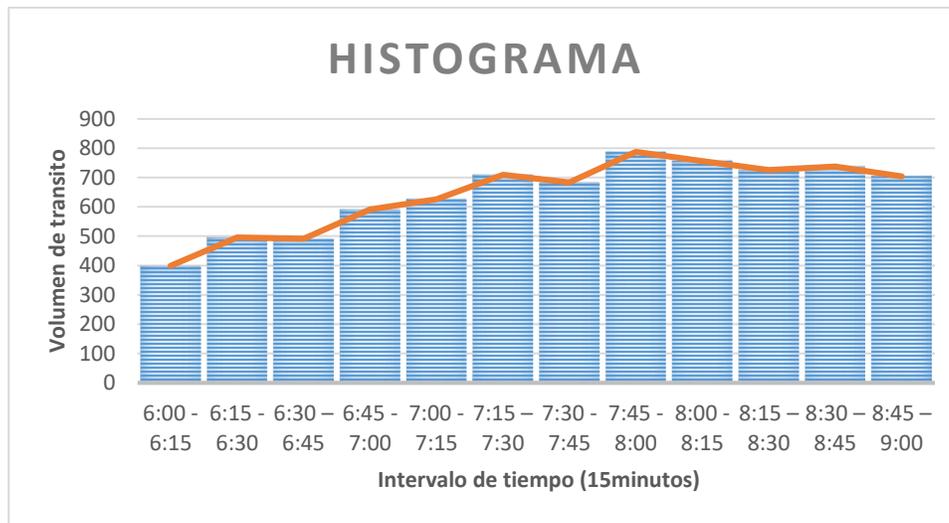


Figura 28 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 49.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.4.3 Composición vehicular de la estación V4: Calle 72 con carera 49.

Existe un predominio del auto como medio de transporte con un 71% del total de vehículos que circulan en la intercepción durante las horas de aforo. Las motocicletas prosiguen con un 19%, luego los buses con 8%; se observa que las bicicletas y los camiones tienen un bajo porcentaje en la intersección casi nulos con 1%.

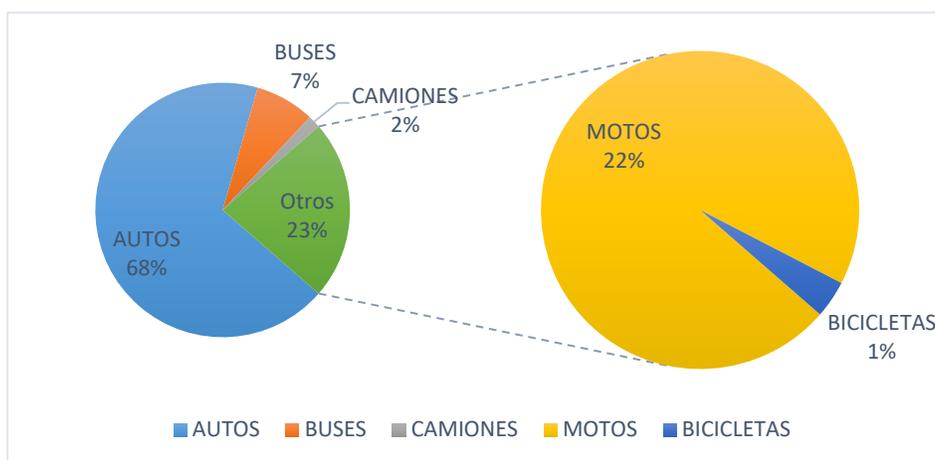


Figura 29 Composición vehicular calle 72 con carrera 49.

Fuente: Elaboración propia

8.3.4.4 VHMD estación V4: intercepción Calle 72 con carrera 49.

Tabla 12

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

Periodo	Total de vehículo:	VHMD
6:00 - 6:15	399	
6:15 - 6:30	496	
6:30 - 6:45	491	
6:45 - 7:00	591	1977
7:00 - 7:15	626	2204
7:15 - 7:30	709	2417
7:30 - 7:45	683	2609
7:45 - 8:00	787	2805
8:00 - 8:15	756	2935
8:15 - 8:30	726	2952
8:30 - 8:45	737	3006
8:45 - 9:00	704	2923

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 787 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 3006. Fuente: Elaboración propia.

La hora máxima de demanda corresponde al periodo de las 7:45 - 8:45 A.M con un volumen horario de máxima demanda de:

Flujo total: $787+756+726+737= 3006$ Vehículos-mixtos/hora.

8.3.4.5 Calculo del FHMD estación V4: Calle 72 con carrera 49.

El flujo máximo (q_{max}) para periodos de 15 minutos corresponde al de las 7:45 - 8:00, con un valor de 819 vehículos mixtos.

$$FHMD \frac{3006}{787(4)} = 0.95$$

Este resultado indica que los flujos máximos se distribuyen uniformemente en toda la hora pico.

8.3.5 Estación V5: calle 72 con carrera 50.

8.3.5.1 Volumen vehicular de la estación V5: Calle 72 con carrera 50.

En la Figura 61 se observa que los giros a la izquierda y giros en U no están permitidos, y la mayor parte del flujo viene en sentido norte-sur. Se puede apreciar que en el sentido oeste-este que el flujo es moderado. En el sentido Norte sur se encuentra el mayor volumen con un total de 1108 autos asignados al movimiento 1 según la norma RISLA, el volumen mínimo se presenta en el sentido Oeste-sur con 36 vehículos en el movimiento 9(3).

8.3.5.2 Flujo vehicular de la estación V5: Calle 72 con carrera 50

En la Figura 30 podemos apreciar que el flujo presenta muchas variaciones y que alcanza su pico durante el intervalo de tiempo de 8:00-8:15 a.m. Se observa que en el intervalo de 8:45-9:00 a.m. se presenta una pendiente positiva, lo que representa un aumento en tráfico vehicular en hora valle, algo que es inusual debido al comportamiento de las anteriores intercepciones en donde el flujo en ese intervalo de tiempo decrece.

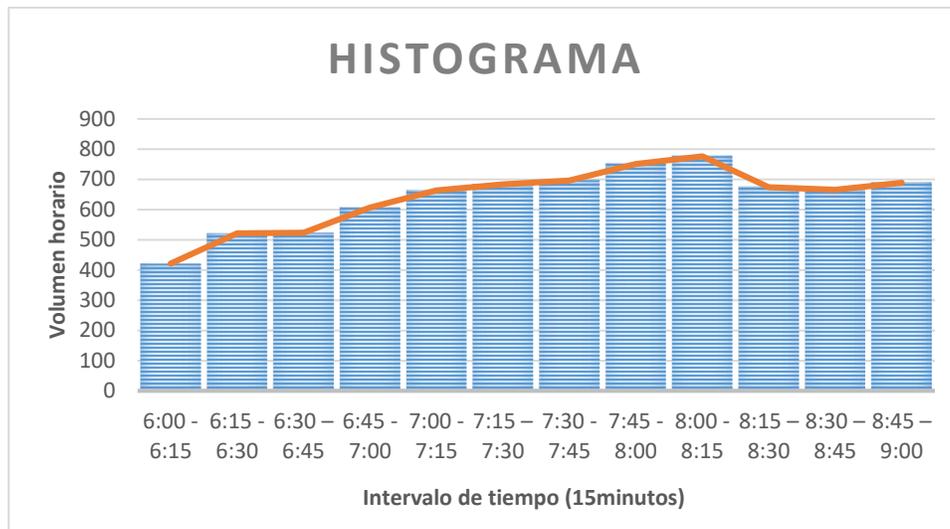


Figura 30 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 50.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.5.3 Composición vehicular de la estación V5: Calle 72 con carera 50.

En la Figura 31 podemos observar que el auto predomina con un 71%, luego la motocicleta con un 17%, camiones con un 9% y por ultimo las bicicletas con 1%.

En todas las intercepciones el automóvil fue el vehículo más utilizado, los camiones y las bicicletas obtuvieron el menor porcentaje

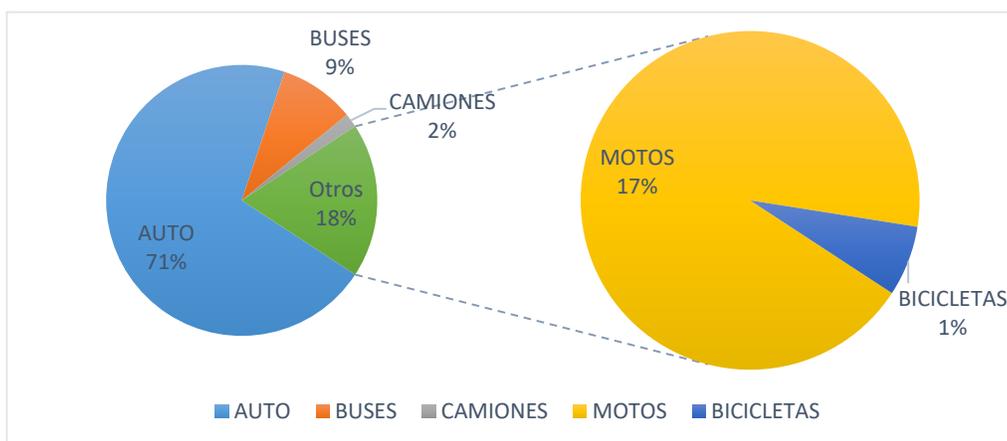


Figura 31 Composición vehicular calle 72 carrera 50.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.5.4 VHMD estación V5: Calle 72 con carrera 50.

Tabla 13

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

Periodo	Total de vehículos	VHMD
6:00 - 6:15	421	
6:15 - 6:30	521	
6:30 - 6:45	523	
6:45 - 7:00	606	2071
7:00 - 7:15	663	2313
7:15 - 7:30	683	2475
7:30 - 7:45	696	2648
7:45 - 8:00	751	2793
8:00 - 8:15	776	2906
8:15 - 8:30	674	2897
8:30 - 8:45	665	2866
8:45 - 9:00	689	2804

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 776 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 2906. Fuente: Elaboración propia.

La hora máxima de demanda corresponde al periodo de las 7:15 - 8:15 A.M con un volumen horario de máxima demanda de:

Flujo total: $683+696+751+776= 2906$ Vehículos-mixtos/hora. El flujo máximo.

8.3.5.5 Calculo del FHMD estación V5: Calle 72 con carrera 50.

$$FHMD \frac{2906}{776(4)} = 0.93$$

El flujo vehicular en la intersección fue casi constante, los periodos de VHMD la diferencia entre ellos no fue muy elevada, debido a esto el FHMD tendió casi a la unidad.

8.3.6 Estación V6: calle 72 con carrera 52.

8.3.6.1 Volumen vehicular de la estación V6: Calle 72 con carrera 52.

En la Figura 62 se observa que los giros a la izquierda y giros en U no están permitidos, y la mayor parte del flujo viene en sentido norte-sur, con un volumen de 1017 autos asignados al movimiento 1 según la norma RISLA, el volumen mínimo se presenta en el sentido Oeste-este con 22 vehículos en el movimiento7.

8.3.6.2 Flujo vehicular de la estación V6: Calle 72 con carrera 52

En la Figura 32 podemos apreciar que el flujo presenta muchas variaciones y que alcanza su pico durante el intervalo de tiempo de 8:00-8:15 a.m. Se observa que en el intervalo de 8:45-9:00 a.m. se presenta una pendiente positiva, lo que representa un pequeño crecimiento en el tráfico vehicular en hora valle.

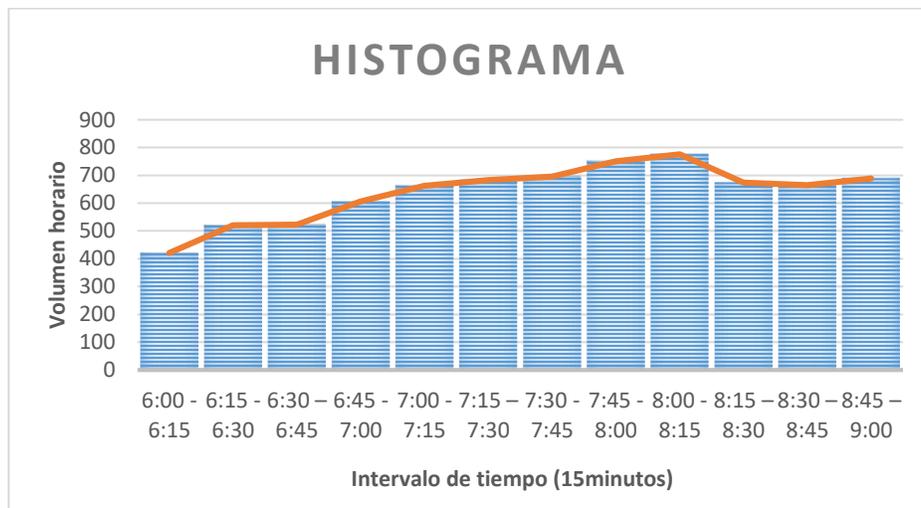


Figura 32 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 52.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.6.3 Composición vehicular de la estación V6: Calle 72 con carera 52.

Como podemos observar que el auto predomina con un 76%, luego la motocicleta con un 11%, buses con un 10%, camiones con un 2% y por ultimo las bicicletas con 1%.

En todas las intercepciones el automóvil fue el vehículo más utilizado, los camiones y las bicicletas obtuvieron el menor porcentaje.

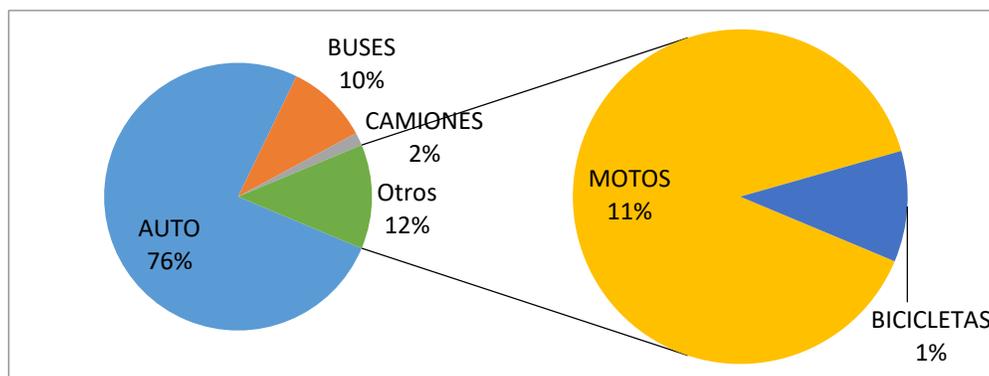


Figura 33 Composición vehicular calle 72 carrera 52.

Fuente: Elaboración propia.

8.3.6.4 VHMD estación V6: Calle 72 con carrera 52.

Tabla 14

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

<i>Periodo</i>	<i>Total de vehículos</i>	<i>VHMD</i>
6:00 - 6:15	389	
6:15 - 6:30	480	
6:30 - 6:45	456	
6:45 - 7:00	522	1847
7:00 - 7:15	589	2047
7:15 - 7:30	588	2155
7:30 - 7:45	594	2293

7:45 - 8:00	621	2392
8:00 - 8:15	642	2445
8:15 - 8:30	568	2425
8:30 - 8:45	548	2379
8:45 - 9:00	571	2329

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 642 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 2445. Fuente: Elaboración propia.

La hora máxima de demanda corresponde al periodo de las 7:15 - 8:15 A.M con un volumen horario de máxima demanda de:

Flujo total: $588+594+621+642= 2445$ Vehículos-mixtos/hora. El flujo máximo.

8.3.6.5 Calculo del FHMD estación V6: Calle 72 con carrera 52.

$$FHMD \frac{2445}{642(4)} = 0.95$$

Este resultado significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos dentro de la hora.

8.3.7 Estación V7: calle 72 con carrera 53.

8.3.7.1 Volumen vehicular de la estación V7: calle 72 con carrera 53.

Figura 63 el mayor flujo vehicular presentado se da sobre la calle 72 en sentido norte-sur (movimiento 1 según la normal RISLA), seguida del movimiento 2 sur-norte sobre la calle 72. Se observa que la carrera 53 es una sola dirección, transitando los vehículos en el sentido este-oeste. El menor flujo presentado se dio sobre la carrera 53 en sentido este-norte (movimiento 9(4) giro a la derecha) con una cantidad de 40 automóviles.

8.3.7.2 Flujo vehicular de la estación V7: Calle 72 con carrera 53.

En la Figura 34 se observa el comportamiento del flujo vehicular, donde se interpretar que no varía mucho durante el intervalo de tiempo de 7:00 a.m. y 7:30 a.m. El valor máximo de vehículos que tránsito en el periodo de 8:00am a 8:15am fue de 644 vehículos.

También podemos apreciar que a partir del intervalo de 8:15-9:00am el flujo vehicular se mantiene uniforme.

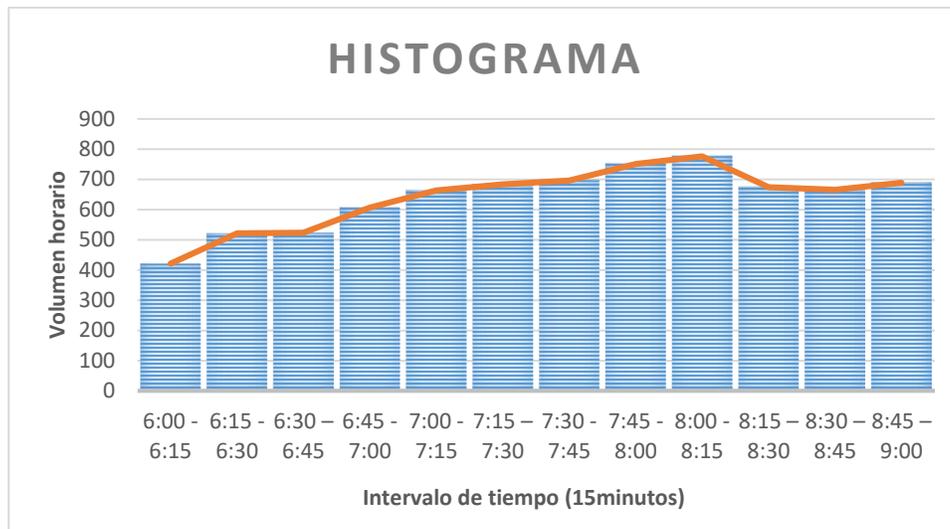


Figura 34 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 53

Fuente: Elaboración propia.

8.3.7.3 Composición vehicular de la estación V7: Calle 72 con carrera 53.

En la Figura 35 se aprecia la distribución de los flujos según el tipo de vehículo que transita por la intersección de la calle 72 con carrera 46. Se analiza según la figura un alto porcentaje de autos ligeros, siendo el tipo de vehículo dominante en esta intersección con un 72%, seguido de las motocicletas con un 15%, los buses con un 10%. Se puede apreciar que los camiones y las bicicletas presentan un porcentaje muy bajo debido que fueron muy pocas las que circularon en esta intersección.

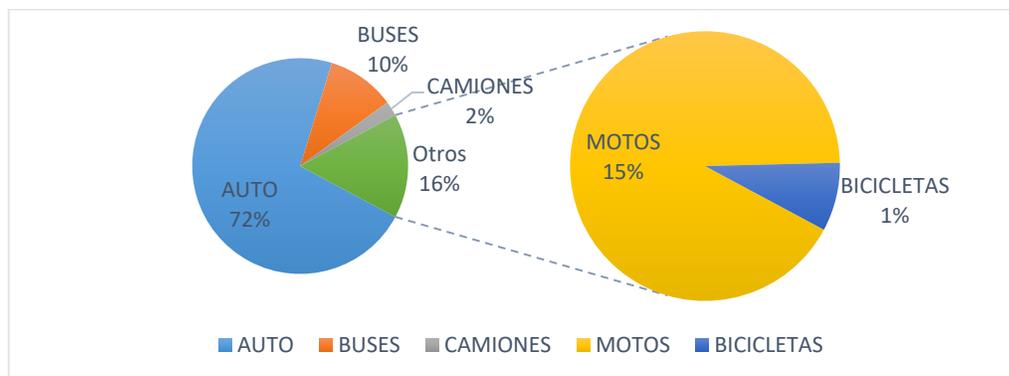


Figura 35 Composición vehicular calle 72 con carrera 53

Fuente: Elaboración propia.

8.3.7.4 VHMD estación V7: Calle 72 con carrera 53.

Para determinar el VHMD, se realiza la suman de cuatro periodos de aforación en donde se toma el valor más grande que corresponde al total de vehículos que circulan por la intercepción por hora. Este procedimiento fue repetido en un intervalo de 15 minutos.

Tabla 15

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

<i>Periodo</i>	<i>Total de vehículos</i>	<i>VHMD</i>
6:00-6:15	359	
6:15-6:30	429	
6:30-6:45	428	
6:45-7:00	498	1714
7:00-7:15	556	1911
7:15-7:30	555	2037
7:30-7:45	570	2179
7:45-8:00	615	2296
8:00-8:15	644	2384
8:15-8:30	615	2444
8:30-8:45	587	2461
8:45-9:00	637	2483

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 644 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 2483. Fuente: Elaboración propia.

La hora máxima de demanda corresponde al periodo de las 8:00 – 9:00 A.M con un volumen de:

Flujo total: $644+615+587+637= 2483$ Vehículos-mixtos/hora.

El flujo máximo (q_{\max}) para períodos de 15 minutos corresponde al intervalo de (8:00 - 8:10) con un valor de 644 vehículos mixtos.

8.3.7.5 Cálculo del FHMD estación V7: Calle 72 con carrera 53.

$$FHMD: \frac{2483}{4(644)} : 0,96$$

Este resultado indica que los flujos máximos se distribuyen uniformemente en toda la hora pico.

8.3.8 Estación V8: calle 72 con carrera 54.

8.3.8.1 Volumen vehicular de la estación V8: calle 72 con carrera 54.

Figura 64 el mayor flujo vehicular presentado se da sobre la calle 72 en sentido norte-sur (movimiento 1 según la normal RISLA) con un flujo de 1065 vehículos circulando sobre la vía, seguida del movimiento 2 sur-norte con 836 vehículos transitando. La carrera 54 es una calzada con dos sentidos, transitando los vehículos en el sentido este-oeste y oeste-este. El menor flujo presentado se dio sobre la carrera 54 en sentido oeste-sur (movimiento 9(3) giro a la izquierda) con una cantidad de 30 automóviles.

8.3.8.2 Flujo vehicular de la estación V8: Calle 72 con carrera 54.

En la Figura 36 se observa el comportamiento del flujo vehicular, donde se interpretan que no varía mucho durante el intervalo de tiempo de 7:00 a.m. y 7:45 a.m. El

valor máximo de vehículos que tránsito en el periodo de 8:00am a 8:15am fue de 742 vehículos.

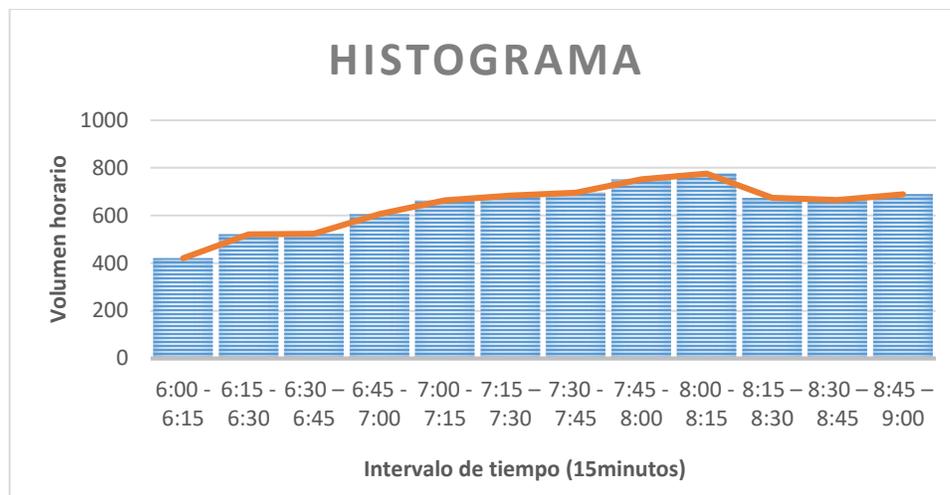


Figura 36 Flujo vehicular Calle 72 con carrera 54

Fuente: Elaboración propia.

8.3.8.3 Composición vehicular de la estación V8: Calle 72 con carrera 54.

La distribución de los flujos según el tipo de vehículo que transita por la intersección de la calle 72 con carrera 54. Se logra analizar un alto porcentaje de autos ligeros, siendo el tipo de vehículo dominante en esta intersección con un 73%, seguido de las motocicletas con un 14%, los buses con un 10%, camiones con 2% y las bicicletas con un 1%.

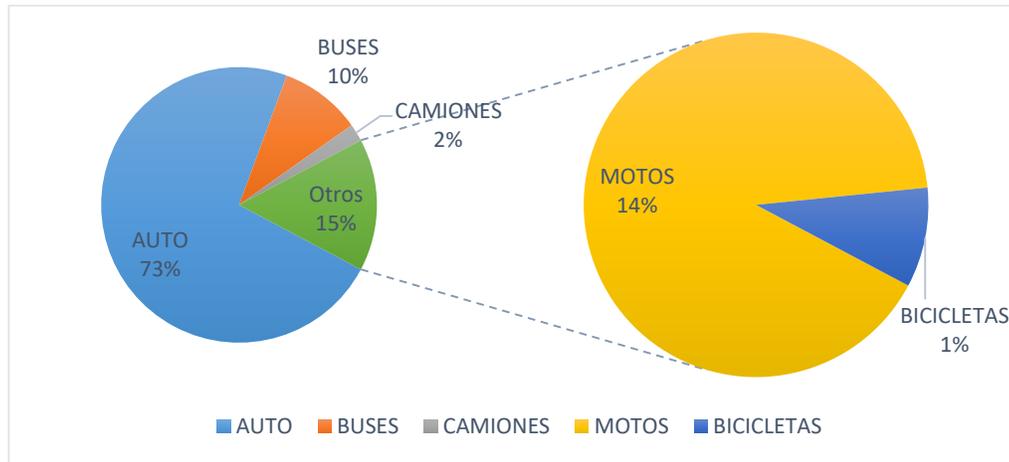


Figura 37 Composición vehicular calle 72 con carrera 53

Fuente: Elaboración propia.

8.3.8.4 VHMD estación V8: Calle 72 con carrera 54.

Para determinar el VHMD, se realiza la suman de cuatro periodos de aforación en donde se toma el valor más grande que corresponde al total de vehículos que circulan por la intercepción por hora. Este procedimiento fue repetido en un intervalo de 15 minutos.

Tabla 16

Datos totales del número de vehículos que circulan en la intercepción durante periodos de quince minutos.

<i>Periodo</i>	<i>Total de vehículos</i>	<i>VHMD</i>
6:00-6:15	419	
6:15-6:30	509	
6:30-6:45	478	
6:45-7:00	576	1982
7:00-7:15	625	2188
7:15-7:30	651	2330

7:30-7:45	671	2523
7:45-8:00	689	2636
8:00-8:15	742	2753
8:15-8:30	693	2795
8:30-8:45	688	2812
8:45-9:00	735	2858

Nota: En la tabla se resalta el flujo máximo que tiene un valor de 742 vehículos, y el volumen horario de máxima demanda con un valor de 2858. Fuente: Elaboración propia.

La hora máxima de demanda corresponde al periodo de las 8:00 – 9:00 A.M con un volumen de:

Flujo total: $742+693+688+735= 2858$ Vehículos-mixtos/hora.

El flujo máximo (q_{\max}) para períodos de 15 minutos corresponde al intervalo de (8:00 - 8:15) con un valor de 742 vehículos mixtos.

8.3.8.5 Cálculo del FHMD estación V8: Calle 72 con carrera 54.

$$FHMD: \frac{2858}{4(742)} : 0,96$$

Este resultado indica que los flujos máximos se distribuyen uniformemente en toda la hora pico.

9 Velocidad por método de placas

9.1 Planeación y ejecución

El método usado en este estudio para la evaluación de velocidades del tramo de la vía, fue el método de placas de vehículos en movimiento, este consiste en:

Los aforadores o en este caso observadores toman la identificación del vehículo o placa, en un tramo determinado para establecer su recorrido. Para la realización de este estudio, una persona toma el tiempo de entrada de un vehículo al tramo estudiado y definido previamente, y otra toma el tiempo de salida. Haciendo así, un tiempo de recorrido, y el repitiendo el proceso con otros vehículos, se debe tener en cuenta que los relojes o cronómetros utilizados para esta tarea deben estar sincronizados para que no haya errores en tiempos. Posteriormente se calcula la velocidad promedio de recorrido empleada en el tramo a evaluar.

En determinados recorridos, es frecuente que la velocidad de cada vehículo sufra grandes cambios durante el viaje; en este caso, el conocimiento de las velocidades instantáneas es poco representativo, y es más útil trabajar con velocidades medias de recorrido o con tiempos de recorrido, si se desea estimar la calidad del servicio ofrecido al usuario. Se denomina tiempo de recorrido al tiempo que invierte cada vehículo en desplazarse entre dos puntos fijos.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se procedió a realizar el proceso, obteniendo los resultados mostrados a continuación:

V1(yiysis sport) - V2(mitad entre k46 y k47) SOBRE LA CALLE 72 SENTIDO SUR-NORTE							
DISTANCIA RECORRIDA (km)				0,06			
PLACA	TIPO DE VEHICULO	HORA DE ENTRADA	HORA DE SALIDA	TIEMPO EMPLEADO	TIEMPO (mn)	TIEMPO (h)	VELOCIDAD (km/h)
DHL536	AUTO	7:51:00	7:53:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
UYO421	BUS	7:51:00	7:53:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
UVX473	AUTO	7:52:00	7:54:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
HWO164	AUTO	7:54:00	7:56:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
LMU641	AUTO	7:54:00	7:56:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
UYN762	BUS	7:56:00	7:57:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
UOY388	AUTO	7:56:00	8:00:00	0:04:00	4	0,0667	0,9
YXX490	AUTO	7:58:00	8:01:00	0:03:00	3	0,0500	1,2
QOY302	AUTO	8:01:00	8:02:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
MHI161	AUTO	8:01:00	8:02:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
STM642	AUTO	8:02:00	8:04:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
CYQ995	AUTO	8:02:00	8:04:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
WFZ414	AUTO	8:04:00	8:06:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
TZM432	AUTO	8:04:00	8:06:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
OHG114	AUTO	8:05:00	8:06:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
STN159	AUTO	8:05:00	8:06:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
OCW811	AUTO	8:06:00	8:07:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
CFL029	AUTO	8:06:00	8:08:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
HQP403	AUTO	8:09:00	8:11:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
LEQ546	AUTO	8:09:00	8:11:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
QZD605	AUTO	8:11:00	8:12:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
KJI676	AUTO	8:11:00	8:12:00	0:01:00	1	0,0167	3,6
MHW948	AUTO	8:11:00	8:13:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
UBZ631	BUS	8:13:00	8:15:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
KHY922	AUTO	8:14:00	8:16:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
AVM560	AUTO	8:14:00	8:16:00	0:02:00	2	0,0333	1,8
WTZ914	AUTO	8:14:00	8:17:00	0:03:00	3	0,0500	1,2

Figura 38 Velocidades entre carrera 46 y 47

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos, se procede a calcular las velocidades y tiempos respectivos para cada tramo, incluyendo además la desviación estándar de los datos.

Velocidad media espacial (km/h)	2,25556
Velocidad media espacial buses (km/h)	2,40000
Tiempo promedio recorrido (h)	0,01736
Velocidad media espacial de autos (km/h)	2,23750
Desviación estándar	0,91666

Figura 39 Análisis de Datos del estudio de velocidad realizado entre la carrera 46 y 47

Fuente: Elaboración propia.

En alguno de los tramos las diferencias de velocidades son altas, ya que en este caso solo se analizó la velocidad de recorrido y no en marcha, lo cual implica que durante este tiempo los vehículos están expuestos a demoras que no tenemos en cuenta en este caso.

Por otro lado está la desviación estándar la cual sencillamente es el promedio o variación esperada con respecto a la media aritmética el cual la desviación estándar de datos de velocidades para este primer tramo medido fue de 0,91, lo cual nos indica que eso es lo que puede alejarse de los valores respecto al promedio (media). Hay que tener en cuenta que los datos tomados son datos diarios, por lo tanto el dato obtenido es de una volatilidad o Desviación Estándar diaria del 91%.

10 Simulación de la red

La propuesta de investigación está enmarcada dentro del ámbito del análisis de tráfico mediante el uso de la Simulación limitándola la infraestructura a vías uniformes y bajo la condición de tránsito heterogéneo. El capítulo lo desarrollaremos inicialmente con un breve recuento de los tipos de simulación, luego la propuesta de usar el software Transmodeler como herramienta para analizar dos tipos de escenarios propuestos proyectando en el tiempo la tasa creciente del tráfico aplicándole a uno de estos la solución y al otro no, con el objetivo de ver la diferencia.

10.1 Niveles de modelación

Los modelos de simulación puede clasificarse según el nivel de detalle con que trabajan los modelos, un primer nivel de análisis corresponde a la macro simulación, que consiste en establecer los patrones de viajes mediante la construcción de las matrices Origen – Destino y la asignación de viajes a los modos y rutas disponibles; en un segundo nivel corresponde a la simulación mesocópica que permite distribuir dinámicamente redes de tamaño mediano con una calibración un 50% más rápida a la simulación microscópica la cual sirve para analizar redes pequeñas como calles o corredores urbanos.

El nivel de análisis de acuerdo con la descripción en la Figura 40 corresponde a un micro simulación de redes de tránsito vehicular, dada la determinación de las condiciones actuales de operación de la red vial, mediante los trabajos de campo que se han adelantado previamente teniendo en cuenta tiempos de viaje, fenómenos como los efectos de la congestión o la influencia de los programas semafóricos.

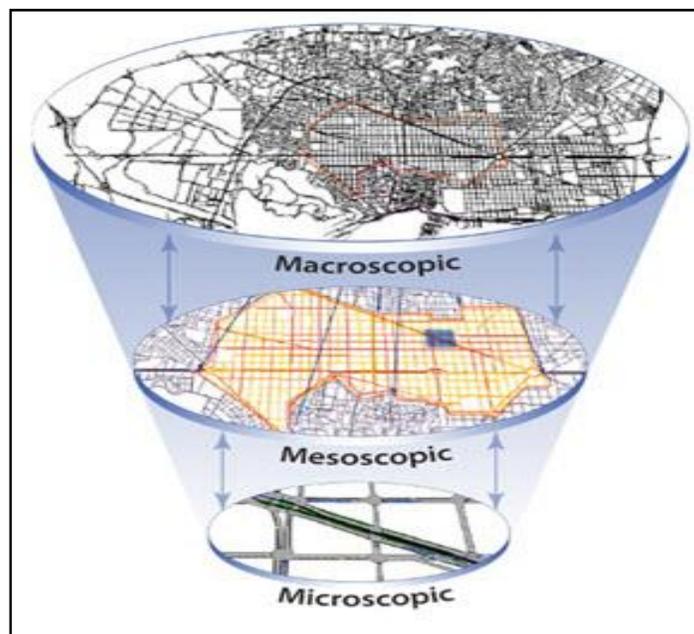


Figura 40 Esquema de los diferentes niveles de simulación.

Fuente: <http://www.ptvag.com/>.

La simulación permite experimentar con el modelo las diferentes soluciones que se deseen probar, para su evaluación y descarte. Por esto es válido afirmar que el proceso de simulación es análogo al proceso de experimentación en un laboratorio

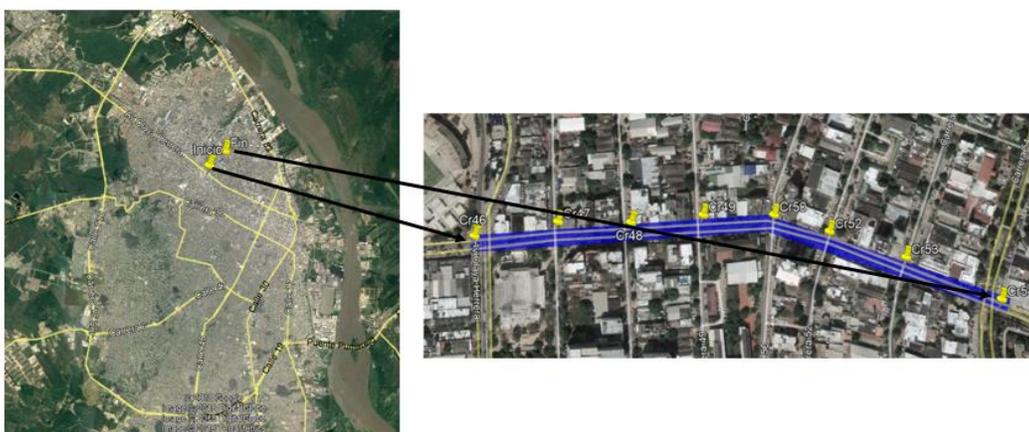


Figura 41 Localización del sector de estudio

Fuente: <http://www.ptvag.com/>

La simulación microscópica fue realizada en el corredor urbano de la calle 72 entre carrera 46 y 54. Este sector cuenta con locales comerciales, escenarios deportivos, y educativos.

10.2 Modelo de simulación

El modelo de simulación utilizado en el presente estudio se muestra en la forma de un diagrama de flujo en la Figura 42. Los datos fueron tomados en campo en el sitio de estudio de forma manual, esta información se analizó y fue utilizada para la construcción el modelo de simulación en el software comercial Transmodeler.

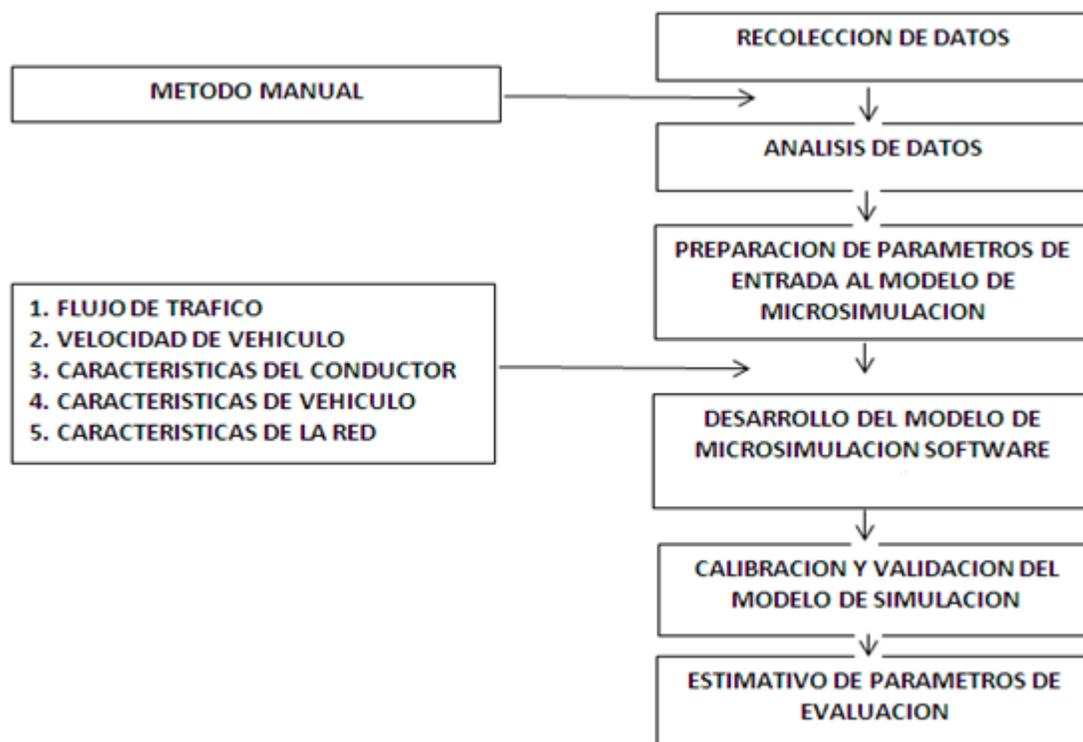


Figura 42 Modelo de simulación

Fuente: (Elvin Medina, 2014, pág. 39).

10.2.1 Calibración y validación del modelo

La calibración del modelo es un proceso iterativo de comparar el modelo a la realidad, haciendo los ajustes (o incluso los cambios más importantes) en el modelo, que comparan el modelo revisado de las condiciones reales, haciendo adicionales ajustes, comparando de nuevo, y así sucesivamente. La comparación del modelo a la realidad se lleva a cabo por medio de pruebas que requieren datos sobre el comportamiento del sistema, además de los datos correspondientes producidos por el modelo. La entrada datos necesarios para el modelo del flujo del tráfico heterogéneo anteriormente mencionado está relacionadas con cuatro aspectos a saber, geometría de la carretera, las características del tráfico, el tiempo de reacción del conductor y el rendimiento del vehículo. El poder de la simulación como una herramienta para el estudio del flujo de tráfico se encuentra en la capacidad del modelo para incluir el efecto de la naturaleza aleatoria de tráfico. Por lo tanto, las variables aleatorias asociadas con el flujo de tráfico, tales como avanzar distribución se expresan como distribuciones de frecuencia y de entrada en el modelo de simulación (Manraj Singh Bainsa, 2012). Estos datos, perteneciente a una dirección del flujo de tráfico, se recogieron en el tramo seleccionado para el estudio para fines de calibración y validación.

10.3 Parámetros de entrada

Para realizar el diagnóstico de la situación actual en cada una de las intersecciones del corredor en estudio, los datos se agrupan en tres grandes grupos.

10.3.1 Condiciones geométricas.

Las condiciones geométricas de la red vial modelada, se obtuvo de levantamientos topográficos a lo largo del corredor y del reconocimiento en campo por medio de los cuales se identificaron parámetros como: pendientes en los accesos, número de carriles, así como el ancho de cada uno, ancho de los separadores, presencia de isletas, condiciones de parqueo y la existencia o no de carriles exclusivos para giros a la izquierda y derecha.

10.3.2 Condición de tránsito.

Para las condiciones de tránsito del corredor, se determinó para cada una de las intersecciones, los periodos de máxima demanda, así como los máximos volúmenes.

La distribución vehicular se identifica como autos, buses, camiones, motos y bicicletas. Para la simulación de la situación actual se calibro el modelo con los valores de velocidad y colas tomados en campo.

10.3.3. Estudios de velocidades.

Entre las carreras 46 y 54 a la altura de la zona del proyecto, durante los mismos períodos pico considerados en los aforos, se hicieron mediciones de velocidad de placa de los vehículos. La síntesis de los resultados del estudio de velocidad se presenta que no hay mucha diferencia en las velocidades de vehículos livianos y vehículos pesados.

Tabla 17

Estudio de velocidades.

<i>TIPO DE VEHÍCULO</i>	<i>VELOCIDAD MEDIA (KM/H)</i>
<i>AUTOS</i>	<i>3.20</i>
<i>BUSES</i>	<i>3</i>

Nota: En esta tabla se anexan las velocidades promedio de cada tipo de vehículo que tránsito por las intersecciones que componen el corredor urbano estudiado. Fuente: Elaboración propia.

Estas velocidades fueron la base para diseñar los vehículos introducidos en el modelo, lo que nos permitió al final ajustar los parámetros a la situación actual.

Estudio de colas.

Del mismo modo que se hizo para las velocidades se registraron las colas en las intersecciones, durante los mismos periodos picos calculados en los aforos. Las colas fueron tomadas en la intersección calle 72 con carrera 46, 48 y 50.

10.3.2.1 Composición vehicular de los accesos.

Se tuvo en cuenta para el estudio la composición vehicular que transita en los accesos de cada intercepción. En la Figura 44 se pueden observar los diferentes accesos a la red.

10.3.3 Condiciones de dispositivo de control.

Las condiciones de los dispositivos de control de la red, se refiere a la información que se recopiló en el inventario de señales, así como la información sobre el diagrama de fases que ilustra el plan de fases, la longitud de ciclo, los tiempos de verde, tiempos de rojo y los tiempos intermedios (entre verdes) para las intersecciones semaforizadas y la existencia o no de señales de pare y ceda el paso para las intersecciones de prioridad.

10.4 El software

TRASNODERLER simula toda clase de redes viales, desde autopistas, hasta vías locales, puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad presentando los resultados de los estudios de una manera fácilmente comprensible.

Como simulador microscópico, simula el comportamiento de cada vehículo cada décima de segundo. Los vehículos pueden variar sus características físicas o de rendimiento

y puede ser adecuado a las necesidades del usuario. Se simula en detalle la aceleración, desaceleración, intervalo entre vehículos, cambios de carril, confluencias e incorporaciones, situaciones que pueden ser afectadas por el comportamiento del conductor, las características del vehículo o la geometría de la vía.

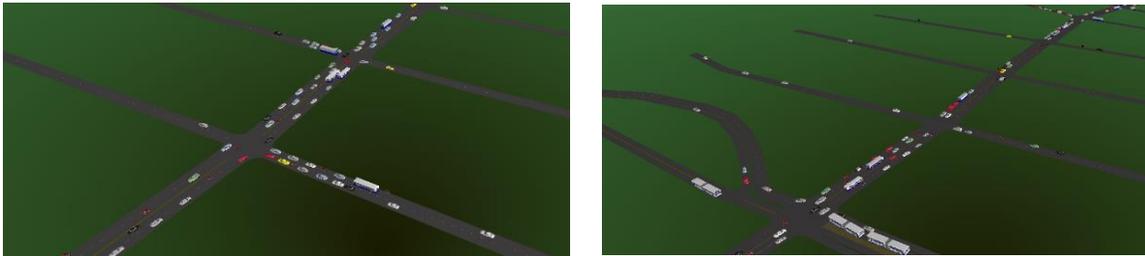


Figura 43 Interfaz Transmodeler

Fuente: <http://Caliper.com>

El software un potente y versátil paquete de simulación, aplicable a una amplia gama de tareas de planeamiento y modelamiento de tráfico. TransModeler puede simular toda clase de redes de viales, desde autopistas hasta calles de los centros de las ciudades, y puede analizar redes multimodales de áreas extensas con gran detalle y fidelidad. Usted puede animar el comportamiento de sistemas de tráfico complejos para ilustrar la circulación de tráfico, la operación semafórica, y el funcionamiento conjunto de la red.

11 Presentación de los resultados obtenido de la simulación

11.1 Modelación con TRANSMODELER: Alternativa 1

A continuación, se muestra la modelación arrojada en Transmodeler. Para ello se hicieron varios escenarios los cuales contemplaba la vía actual (sin mejora) proyectada a 5, 10 y 20 años. Luego se hizo el análisis de la vía mejorada para una proyección de 5, 10 y 20 años. Según el ministerio de transporte se tomó una tasa de crecimiento de 2% para la población vehicular. Se consideró como arteria mayor la calle 72, como arteria menor la carrera 46 y 54 y las demás como colectoras.

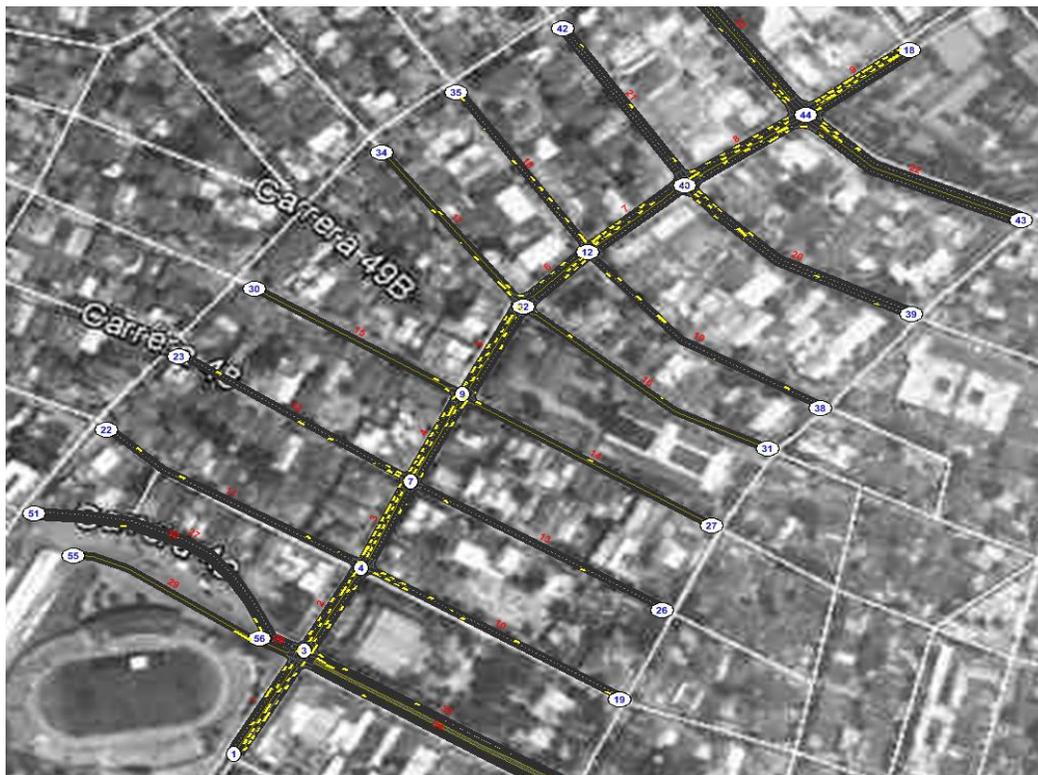


Figura 44 Nomenclatura de Transmodeler

Fuente: Propia



Figura 45 Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth.

En la Figura 45 se observa en planta las ocho intercepciones de la calle 72, estas fueron objeto de estudio, aproximadamente el corredor tiene 2km.

Tabla 18

Nodos según Transmodeler por Intersección

<i>Calle</i>	<i>Carrera</i>	<i>Nodo</i>
72	46	3
72	47	4
72	48	7
72	49	9
72	50	32
72	52	12
72	53	40
72	54	44

Nota: Esta tabla se representa la nomenclatura que implemento el software Transmodeler para nombrar cada intercepción.

11.1.1 Demoras

Los estudios de demora se efectúan para evaluar el comportamiento de una intersección, es decir, para evaluar la efectividad de los elementos controladores del flujo vehicular.

Las aplicaciones de la información de demoras son:

- Evaluación de la eficiencia de las disposiciones del control de tránsito en intersecciones y de los dispositivos para el control de carriles específicos.
- Desarrollo de la programación adecuada en instalaciones de semáforos.
- Calculo del costo de las demoras en el análisis económico de carreteras y de las mejoras al tránsito.
- Evaluación de aspectos críticos de la geometría en el proyecto de intersecciones.

A continuación, se muestran datos de demora total y promedio de las intersecciones en estudio.

Las demoras globales e individuales de cada vehículo, vemos que en un estado actual sin mejora la vía presta un nivel de servicio F que es la más pésimo con demoras promedio que sobre pasan los 60 segundos, esto se presenta en la intercepción de la carrera 50 y 53, las demás prestan un nivel de servicio E con demoras mayores a 40 segundo y menores a 60 segundos. En el escenario con mejoras vemos como drásticamente el corredor presta un nivel C lo que indica que el flujo es estable.

Nodo	DEMORA TOTAL (min)								DEMORA PROMEDIO (sec/veh)							
	Sin mejora				Con mejora				Sin mejora				Con mejora			
	Situación actual	5 años	10 años	20 años	Situación actual	5 años	10 años	20 años	Situación actual	5 años	10 años	20 años	Situación actual	5 años	10 años	20 años
3	2304.2	2256.2	2646.7	2905.6	1402.1	1736.6	1645.3	1831.7	52.6	51	55.9	64	26.6	32.3	30.5	33.8
4	1874.5	1878.6	2209.3	2219.2	669.9	850.6	711	997	43	42.8	45.8	46.8	12.6	15.8	13.1	18.4
7	1824.3	1848.6	2479.2	2362.7	905.3	950.4	884.1	1352.2	56.7	47.9	59.1	58.1	19.3	19.8	18	27.8
9	1446.6	1375.9	1801.5	1880	1913.2	836.6	853.7	1154.5	45.6	42.5	50.6	55.5	47.2	20.1	20.1	27.3
12	2898.6	2500.5	3937	3949.9	1776.2	1299.6	1408.2	1906.5	74.1	64.4	99	103.7	36.1	26	27.7	38
32	1732.2	1692.5	2389.6	2246.1	1100.4	976.8	1014.9	1156.6	42.8	41.7	55	54.1	21.6	19	19.4	22.2
40	4009.2	3409.5	5197.2	5484.6	1713.6	1373.4	1398.1	1872.4	86	71.6	107.3	120.1	29.3	23	22.9	31.6
44	2473.7	2595.4	3562.2	3074.5	1486.3	1423.3	1451.7	1697.4	53.1	54.3	69.7	63.2	25.1	23.8	23.8	28.4

Figura 46 diferencia en las demoras con mejoras y sin mejoras

Fuente: Elaboración propia.

Nivel de Servicio	Demora de Tiempo Parado por Vehículo (seg)
A B C D E F	≤ 5.0 5.1 a 15.0 15.1 a 25.0 25.1 a 40.0 40.1 a 60.0 > 60.0

Figura 47 Clasificación del nivel de servicio

Fuente: Ministerio de transporte.

El nivel de servicio A presenta un flujo libre, su velocidad de operación es de 95 km/h.

El nivel de servicio B presenta un flujo estable, con una velocidad de operación de 85km/h.

El nivel de servicio C sigue siendo un flujo estable, su velocidad de operación es de 80 km/h.

Nivel D es un flujo próximo a inestable. Velocidades de operación varían entre 80km/h a 55km/h

Nivel E es un flujo inestable, con una velocidad de operación de 50km/h.

Nivel F es un flujo forzado, intermitente, con características imprevistas. Velocidad de operación 50km/h.

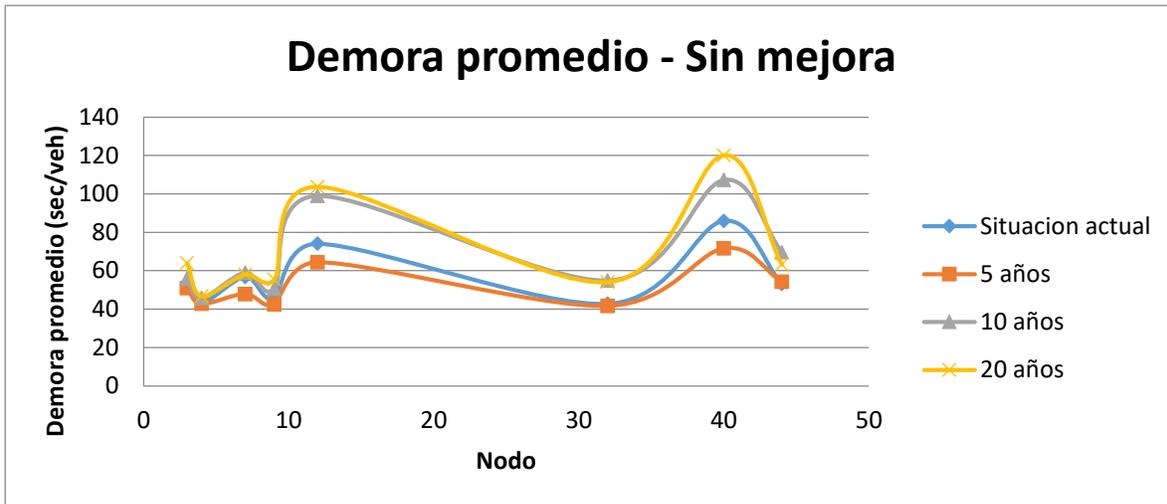


Figura 49 Demoras promedio intersecciones Cl 72 entre Cra 46 y 54 sin mejora

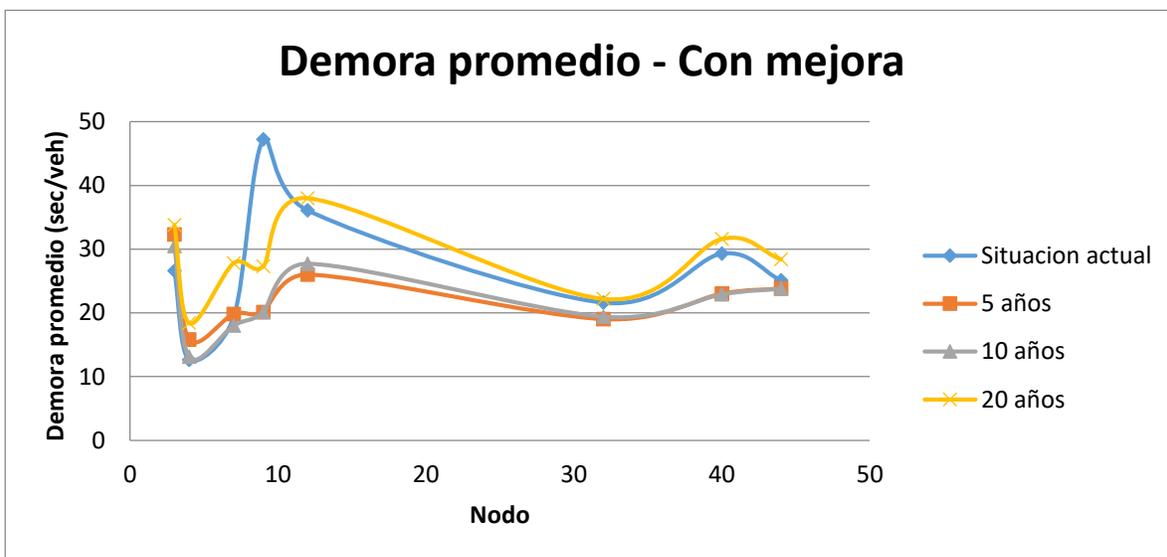


Figura 48 Demoras promedio intersecciones Cl 72 entre Cra 46 y 54 con mejora

En la gráfica de las demoras promedios de las intersecciones sin mejora se puede apreciar que a la medida que pasan los años las demoras promedias aumentan, lo cual indica que hay que intervenir la vía para mejorar las proyecciones; mientras que en el caso

de las demoras promedios con mejora la situación mejora (disminuyen las demoras) a medida que pasan los años, lo cual indica que esta mejora puede ser una buena alternativa.

Esta solución refuerza la propuesta que empleo la alcaldía al ampliar la calle 72 que cuenta con 4 carriles, El 24 de septiembre del 2017 el periódico El Heraldo informa por medio de la alcaldía que se anexaran 2 carriles exclusivos para el sistema de transporte público masivo (Transmetro) para un total de 6 carriles hábiles; la ampliación está comprendida entre el tramo de la carrera 43 hasta la 60, en total serian 3,47 kilómetros de mejoramiento integral de vías y andenes, nuevo alumbrado público con luz led, arborización y drenaje de aguas.



Figura 50 Calle 72 tramo a intervenir

Fuente: El heraldo

Al ampliarse, la vía mejorara su nivel de servicio que de acuerdo al estudio la tasa de demoras individual a los 20 años es de un promedio de 28,8 segundos presentando un nivel D.

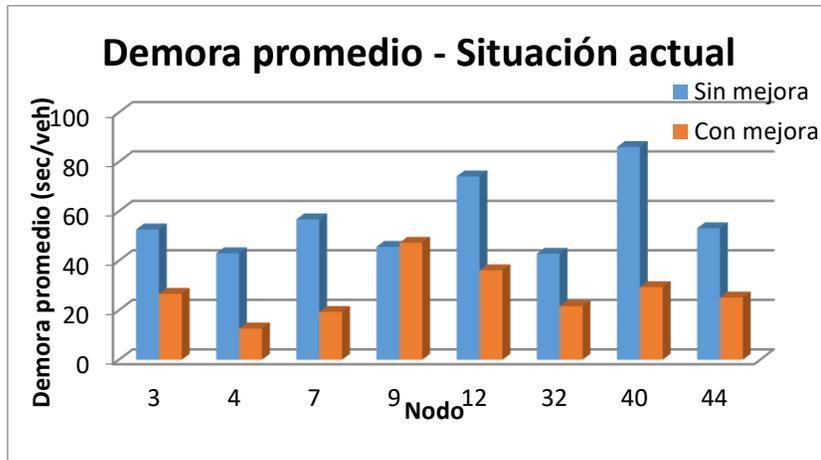


Figura 53 Demora promedio de la situación actual de las intersecciones en estudio

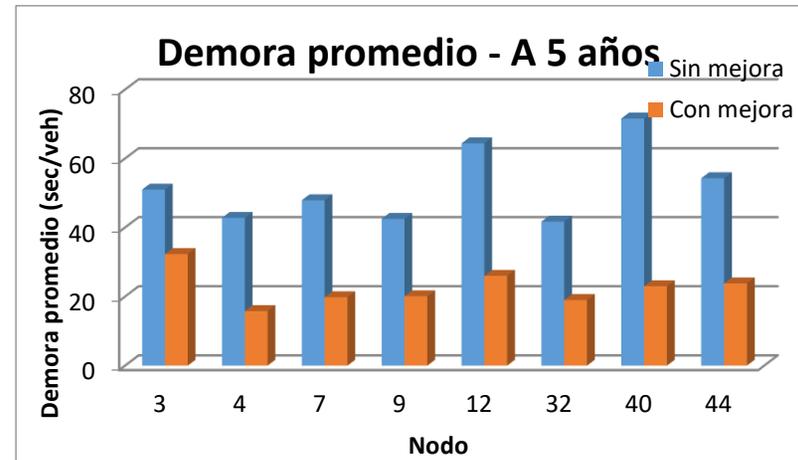


Figura 54 Demora promedio de la proyección a 5 años de las intersecciones en estudio

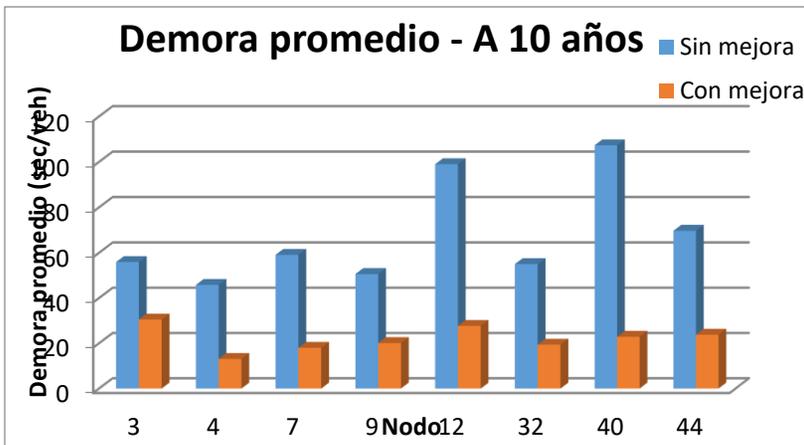


Figura 52 Demora promedio de la proyección a 10 años de las intersecciones en estudio

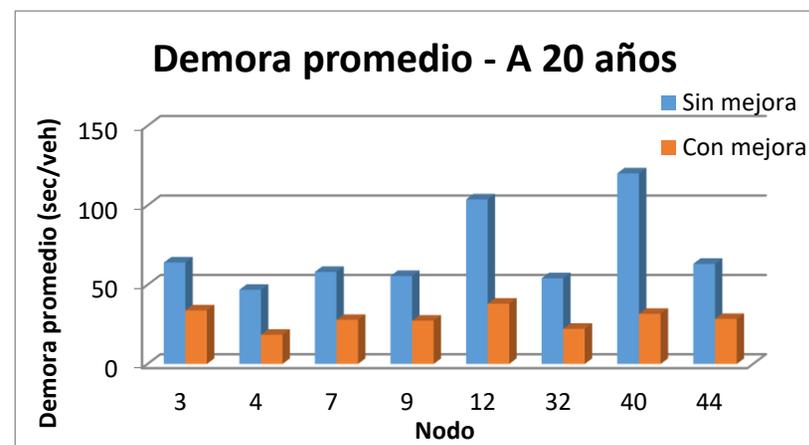


Figura 51 Demora promedio de la proyección a 20 años de las intersecciones en estudio

Tabla 19
Disminución de demoras Alternativa 2 (%)

<i>Disminución demoras alternativa 2 (%)</i>				
<i>Nodo</i>	<i>Situación actual</i>	<i>5 años</i>	<i>10 años</i>	<i>20 años</i>
3	49.4	36.7	45.4	47.2
4	70.7	63.1	71.4	60.7
7	66.0	58.7	69.5	52.2
9	-3.5	52.7	60.3	50.8
12	51.3	59.6	72.0	63.4
32	49.5	54.4	64.7	59.0
40	65.9	67.9	78.7	73.7
44	52.7	56.2	65.9	55.1

Nota: En la tabla se aprecia el tiempo de demora promedio de un vehículo proyectado a 5, 10 y 20 años a una tasa de crecimiento en la población automovilística del 2% de acuerdo con el ministerio de transporte.

En todos los grafos se aprecia que la alternativa 2 en la mayoría de sus proyecciones periódicas hace que disminuya hasta en aproximadamente 50% o más las demoras con respecto a la situación de dejar la calzada como se encuentra hoy en día (sin mejora). Sin embargo, se presenta un caso contrario en el nodo 9 (Carera 49) en donde las demoras aumentan hasta en un 3.5%.

Este pequeño incremento se debe al equilibrio que se presenta en el flujo, debido a que 8 de 7 intercepciones estudiadas presentan reducción en el tiempo de demoras.

11.2 Estudio de demoras y longitud de colas

Con la información registrada en el formato de demora en intersecciones del capítulo, pueden determinarse las siguientes estadísticas:

Sea,

A: sumatoria de vehículos detenidos en el afluente durante el muestreo

B: número de vehículos que se detienen durante el muestreo

C: número de vehículos que NO se detienen durante el muestreo

D: total de vehículos que usan la intersección ($D = B + C$).

IM: Intervalo de muestreo

DT: Demora total

DMD: Demora promedio de los vehículos que se detienen

DMT: Demora promedio total

%VD: proporción de vehículos que se detienen

- a) **Demora total en vehículos-segundos:** número total que se paran por x intervalo de una muestra

$$DT = A * IM$$

- b) **Demora promedio de los vehículos que se detienen:** Componente de las demoras durante la cual el vehículo permanece parado.

$$DMD = \frac{DT}{B}$$

- c) **Demora promedio de los vehículos que usan la intersección:** la demora total dividida entre la suma de vehículos que arriban al acceso, ya sea que se hayan detenido o no, durante el periodo de medición de las demoras.

$$DMT = \frac{DT}{D}$$

d) **Proporción de vehículos detenidos:** relación entre el número de vehículos que se detienen y el volumen de tránsito que llega al acceso de la intersección.

$$\%VD = \frac{B}{D}$$

Los cálculos anteriores se realizan para todas las intersecciones en las que se realizó el estudio demoras, considerando los puntos más críticos de las mismas. Así, ilustrando el procedimiento para la primera intersección, se tiene que:

- **Intersección 1: Carrera 46 Calle 72**

MINUTO	VEHICULOS QUE SE DETIENEN						DETIENEN	
							SI	NO
1	12	18	18	12	5	3	18	0
2	0	3	9	11	14	15	17	0
3	16	10	6	3	0	10	7	0
4	15	17	19	20	20	18	8	0
5	10	10	9	12	16	23	12	0
6	10	16	16	10	4	2	16	0
7	0	2	8	9	12	13	15	0
8	14	9	5	2	0	9	6	0
9	13	15	17	18	18	16	7	0
10	9	9	8	10	14	20	10	0
11	11	17	17	11	4	2	17	0
12	0	2	8	9	13	14	16	0
13	15	9	5	2	0	9	6	0
14	14	16	18	19	19	17	7	0
15	9	9	8	11	15	22	11	0
16								
17								
18								
19								
20								
TOTAL	148	162	171	159	154	193	173	0
987 ← A							173 ← C	

Figura 55 Demoras en intersección Carrera 46 con Calle 72

Fuente: Elaboración propia.

Demora total en vehículos-segundos:

$$DT = A * IM = 987 * 10 = 9870 \text{ veh} - \text{seg}$$

Demora promedio de los vehículos que se detienen:

$$DMD = \frac{DT}{B} = \frac{9870}{173} = 57 \text{ seg}$$

Demora promedio de los vehículos que usan la intersección:

$$DMT = \frac{DT}{D} = \frac{9870}{173} = 57 \text{ seg}$$

Proporción de vehículos detenidos:

$$\%VD = \frac{B}{D} * 100\% = \frac{173}{173} = 100\%$$

Análogamente se hace lo mismo para las demás intersecciones y se obtienen las siguientes estadísticas:

Tabla 20

Estadísticas del estudio de demoras en intersecciones

<i>Intercepción</i>	<i>Demora total</i>	<i>Demora promedio por vehículos que se detienen</i>	<i>Demora promedio por vehículo en el acceso</i>	<i>Porcentaje de vehículos que se detienen (%)</i>
<i>Carrera 46 Calle 72</i>	9870	57,052	57,052	100
<i>Carrera 47 Calle 72</i>	5450	40,672	20,962	51,54
<i>Carrera 48 Calle 72</i>	6470	41,210	21,424	51,99
<i>Carrera 49 Calle 72</i>	3780	37,426	14,427	38,55
<i>Carrera 50 Calle 72</i>	2510	27,889	16,959	60,81
<i>Carrera 52 Calle 72</i>	3920	33,504N	15,680	46,80
<i>Carrera 53 Calle 72</i>	2840	56,800	16,805	29,59
<i>Carrera 54 Calle 72</i>	1058	60,805	56,882	93,55

Nota: En la tabla se muestra los datos analíticos calculados con base al estudio de tránsito que fueron utilizados para ajustar el modelo computacional. Fuente: Elaboración propia.

11.3 Estudio de velocidad

Tiempo de recorrido entre el origen (inicio del corredor) y destino (fin del corredor), el cual se calcula por la diferencia entre los tiempos en que fue observado el vehículo al pasar por las respectivas estaciones.

Velocidad promedio de recorrido entre origen y destino y entre estaciones intermedias, se determina para cada vehículo en función de las distancias y tiempos de recorrido entre las estaciones.

Los datos anteriores se pueden obtener por tipo de vehículo y total. Para el caso de los tiempos y velocidades de recorrido, se determinan valores promedio.

Cálculo de la velocidad media de recorrido.

$$\bar{v} = \frac{N_{vehiculos} * Distancia}{\sum t} = \frac{21 * 1,110 \text{ km}}{1,04h} = 22,41 \text{ km/h}$$

Dada la muestra de vehículos que se obtuvo finalmente, luego de contrastar las placas de vehículos extraer las que coincidían, se realizan el cálculo de la velocidad media de recorrido para todos los vehículos, de manera que se obtiene un valor de 22,41 km/h.

Dependiendo del tipo de vehículo, pueden obtenerse también las velocidades promedio de recorrido, lo cual amplía mejor la perspectiva de los tiempos de viaje de cada tipología, dado el enfoque desagregado. Así, para AUTOMÓVILES se obtiene una velocidad media de recorrido de 26,35 km/h, para los TAXI una velocidad media de 22,29 km/h, para BUSES, una velocidad promedio de 21,47 km/h y CAMIONES de 19 km/h.

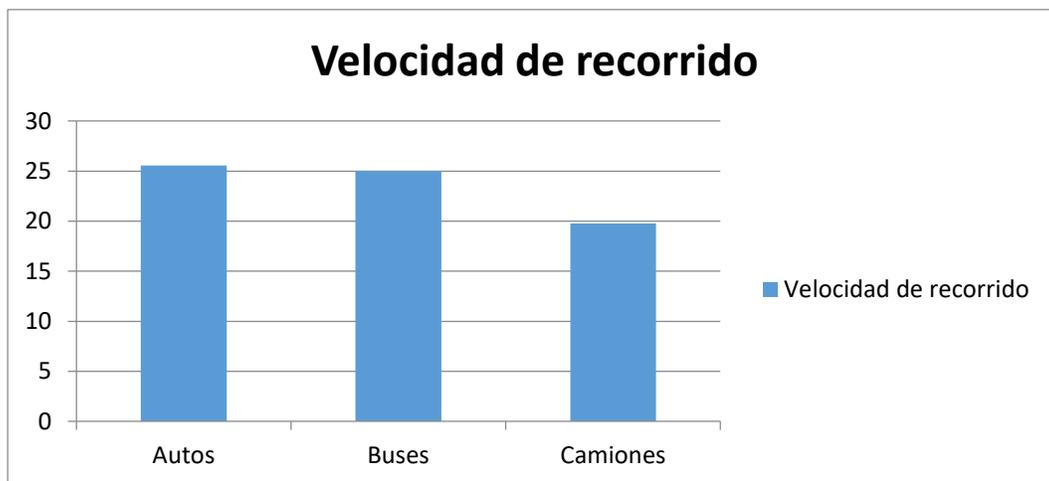


Figura 56 Velocidad de recorrido

Fuente: Elaboración propia.

La velocidad que se presenta en el corredor es menor a 50km/h, lo que indica un nivel de servicio F. Estas velocidades fueron tomadas en campo, con ellas se realizó el ajuste del modelo y se aplicó la proyección a 5, 10 y 20 en dos escenarios uno con mejoras y otro sin mejoras para así visualizar la diferencia y ver qué tan relevante es la implementación de la ampliación de la red vial como respuesta ante la mala condición de servicio que presta la vía.

12 Conclusión

Por medio de la realización de los estudios de tránsito (aforos, velocidades de recorrido, ciclo de semáforos y demoras) datos que permitieron ajustar el modelo a las condiciones reales de la red vial, se llevó a cabo la simulación la cual nos permitió identificar los niveles bajos de serviciabilidad que presenta, esto se refleja en las demoras en tiempo de viaje. Con base a esta información se planteó la ampliación de la calle 72, esta solución disminuye el tiempo de demora, la congestión en el tránsito, mejora la velocidad de recorrido como anteriormente se expuso, sustentando el proyecto urbanístico mencionado por la dirección de tránsito de barranquilla que busca ampliar este corredor urbano. A pesar que es una solución efectiva a mediano plazo, no es la ideal porque el índice de crecimiento en la población vehicular aumenta y la vía volverá a presentar las mismas condiciones, por lo tanto, se propone que la solución ideal para mejorar la serviciabilidad de la red se basa en invertir en el sistema del transporte público para que fuese la mejor opción al momento de transportarse. A esto se le anexa la disminución del uso de vehículos particulares viéndose reflejado en el espacio que estos ocuparían en la vía.

13 Referencias

- Alcaldía de Barranquilla. Clasificación de las vías en el distrito especial, industrial y portuario de Barranquilla. *Decreto 949 de 2013*.
- Didier, Juan Muñoz, Ricardo Giesen, Cristián E. Cortés, (2010). Calibración y simulación Micro simulación de trafico Paramics. *Transportation engineering vol. 14, 6-7*
- Evelio Astaiza, Héctor Bermúdez (2013). Evaluación del Desempeño de un modelo Autosimilar para el Tráfico en Redes. *TecnoL. [Online], pp.13-36. ISSN 0123-7799*.
- H. Hussaina*, R. R. (2011). Establishing speed-flow-density relationships for exclusive motorcycle. *Transportation Planning and Technology, 245-257*.
- Juan Pablo Terán y Carlos Turizo (2013). Selección y validación experimental del modelo Teórico para caracterización de tráfico heterogéneo en redes 802.11 *Scientific Research and Innovation. Vol 12 num, 33*
- Manraj Singh Bainsa, B. P. (2012). Modeling of Traffic Flow on Indian Expressways using Simulation Technique. *sciverse science Direct , 475-493*.
- Moisés Agustín, (2016). Micro simulación del tráfico de la intercepción de las avenidas Software Vissim 6. *Flujo de tráfico--Simulación por computadoras--Lima*
- Vo Hong, Tran Van Hoai (2010). Simulation of Mixed Traffic Flow within Intersection *Many studies have targeted homogeneous and heterogeneous traffic Flow 131 – 137*
- Yongi Luo, Bin Jai, Jun Liu, Willian H.K.Lam, Xingang Li, Ziyou (2013). Modeling the Interactions between car and bicycle in heterogeneous traffic. *Science topic*

14 Anexos

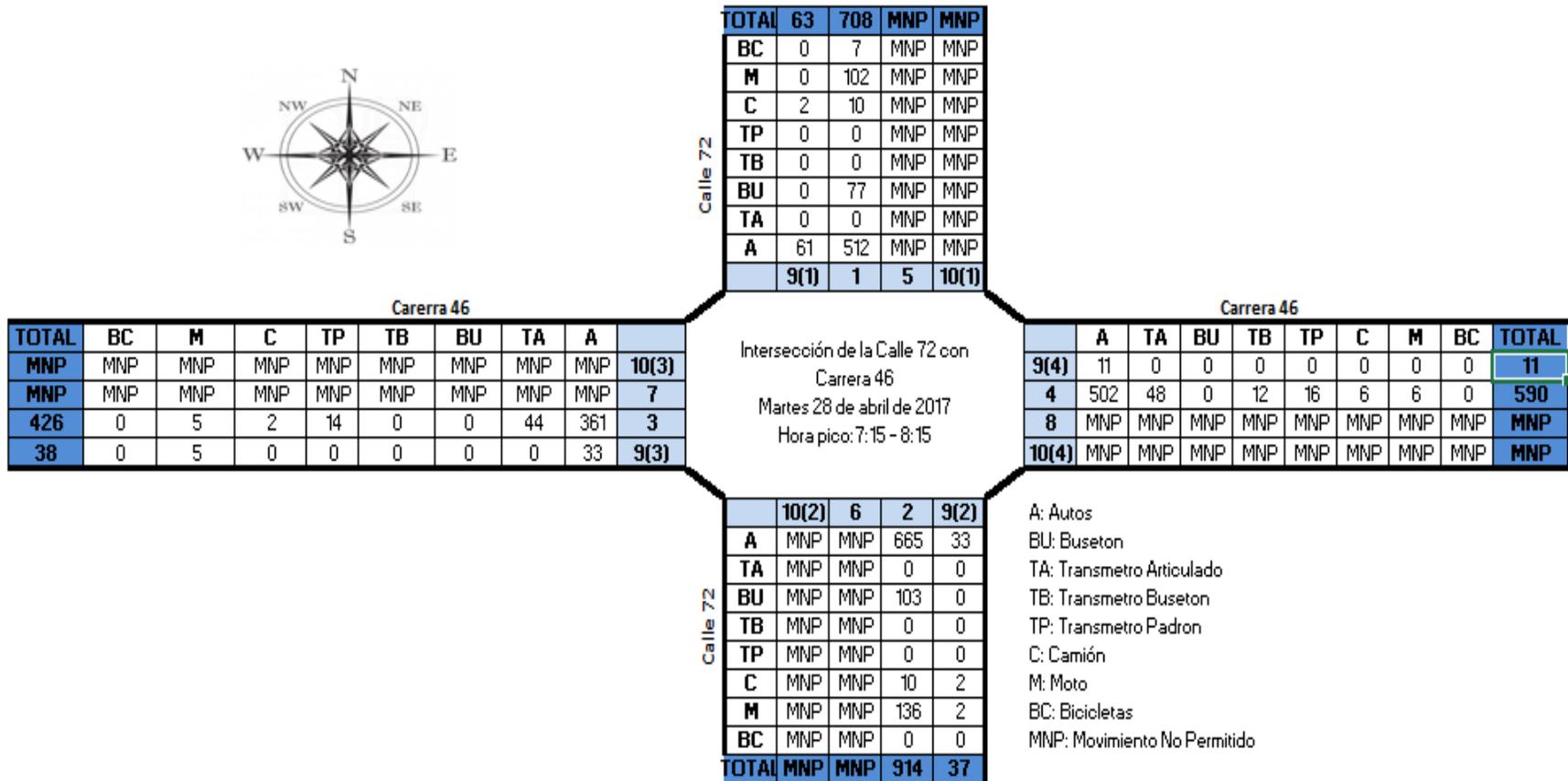


Figura 57 Intersección calle 72 con carrera 46

Fuente: Elaboración propia.

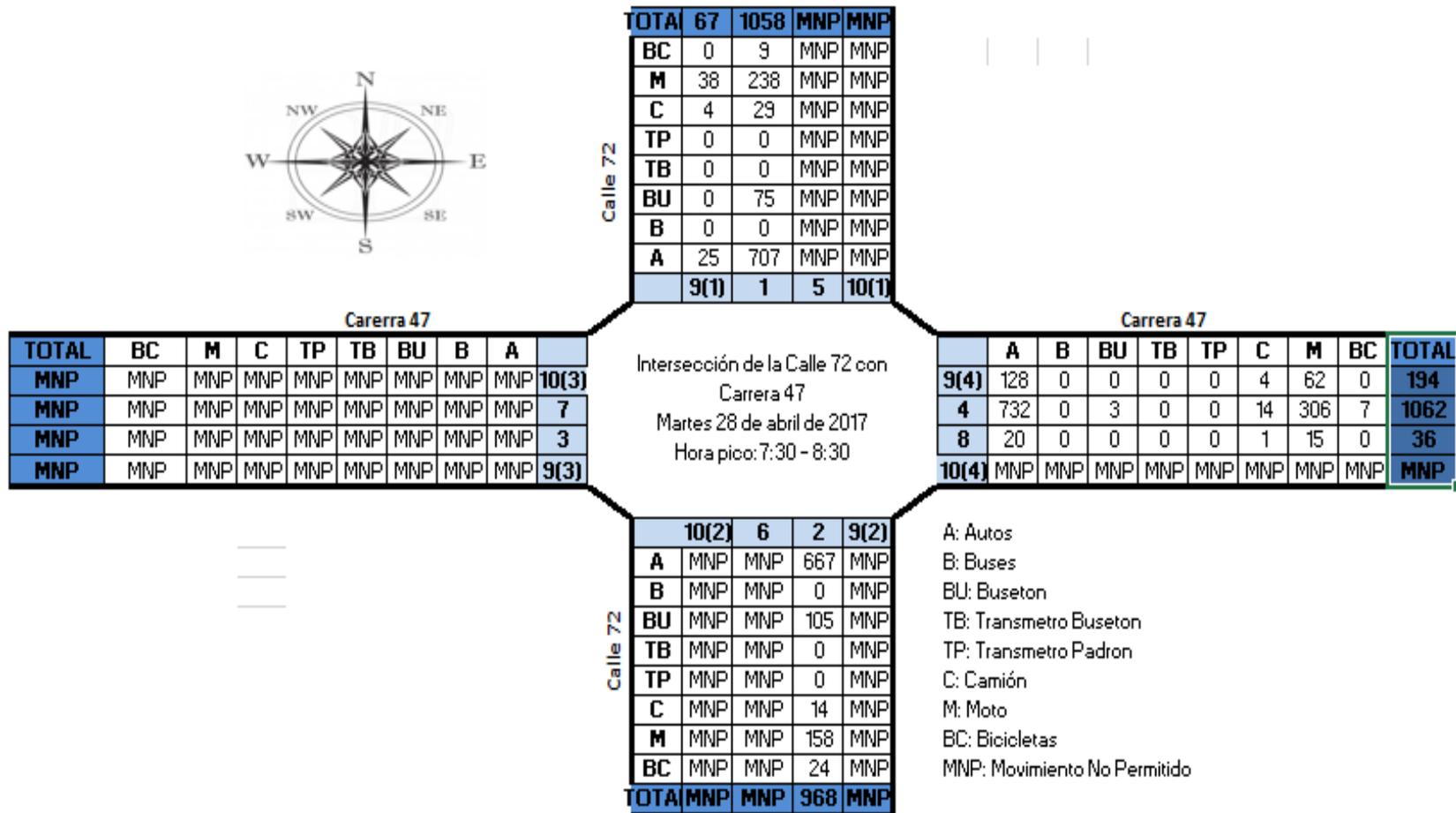


Figura 58 Intersección calle 72 con carrera 47

Fuente: Elaboración propia.

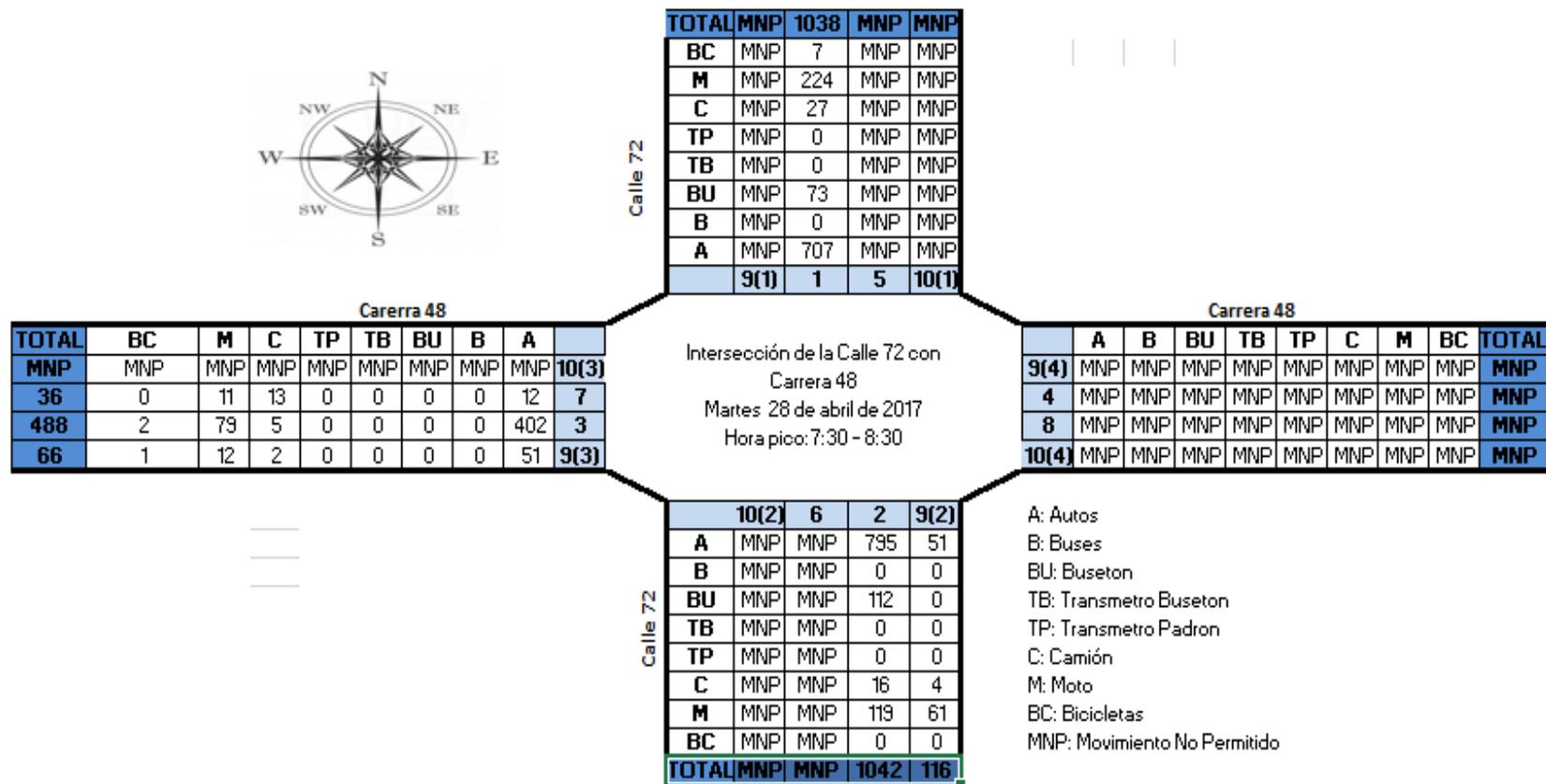


Figura 59 Intersección Calle 72 con carrera 48

Fuente: Elaboración propia.

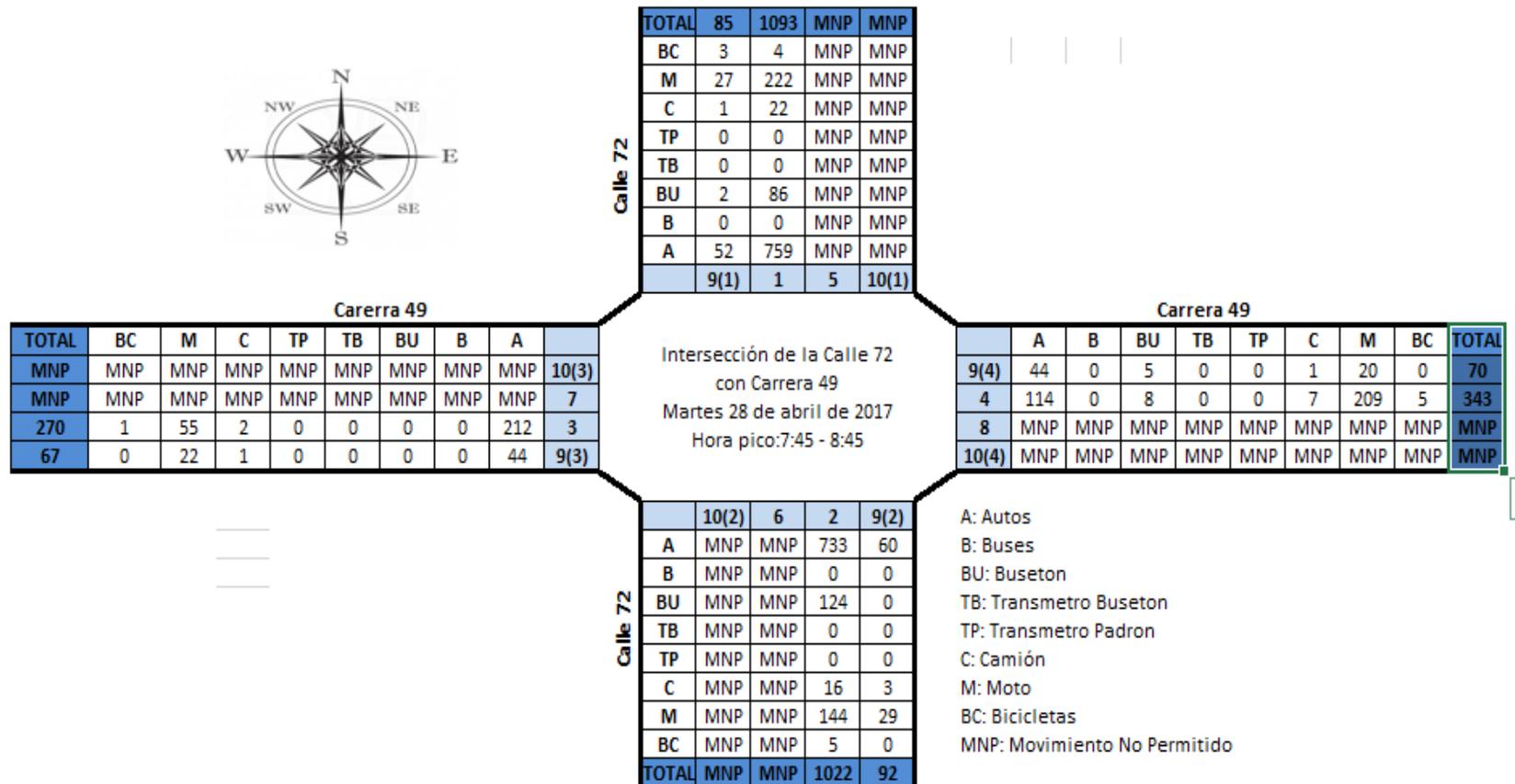


Figura 60 Intersección calle 72 con carrera 49

Fuente: Elaboración propia.

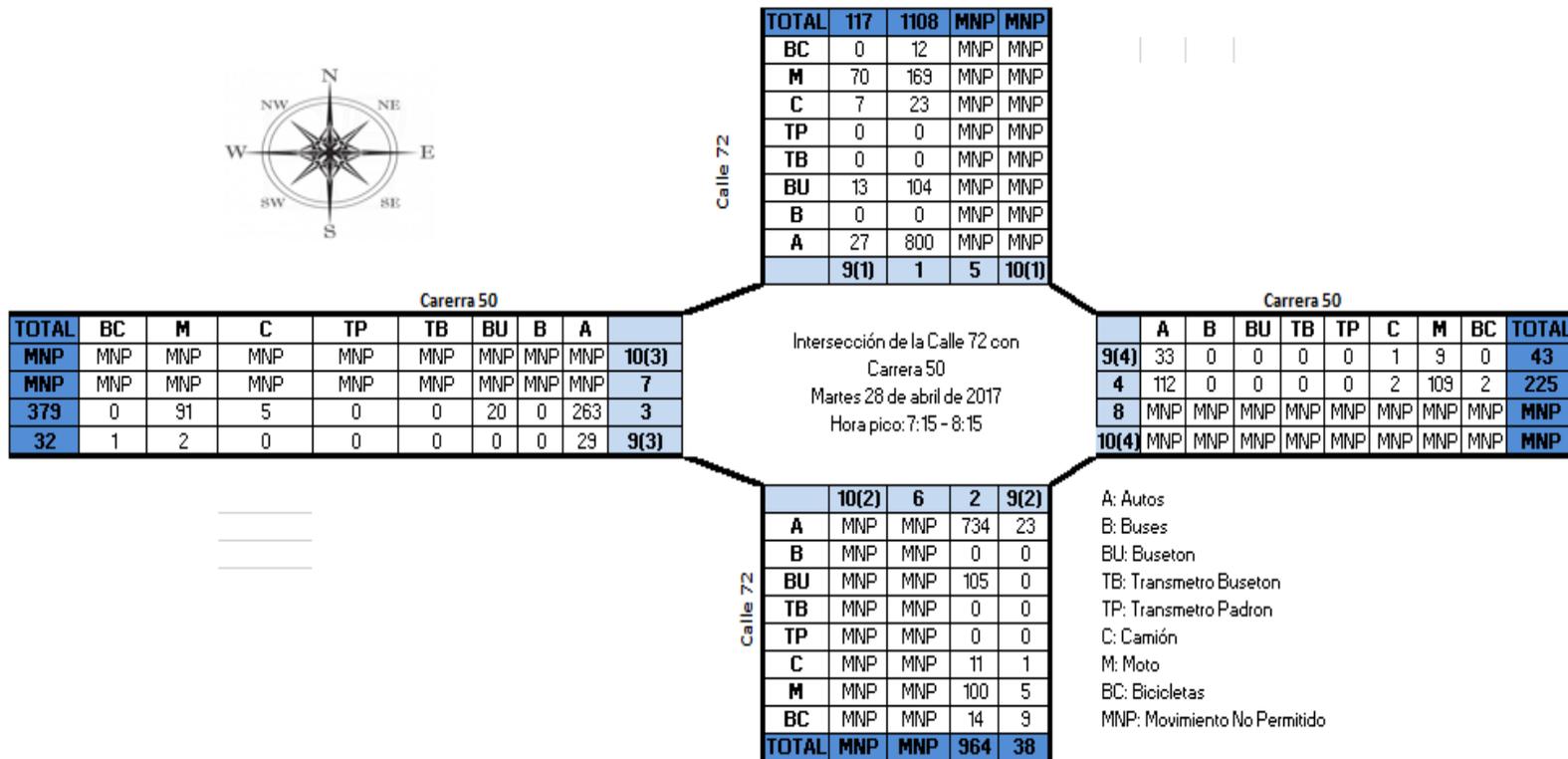


Figura 61 Intersección Calle 72 con carrera 50

Fuente: Elaboración propia.

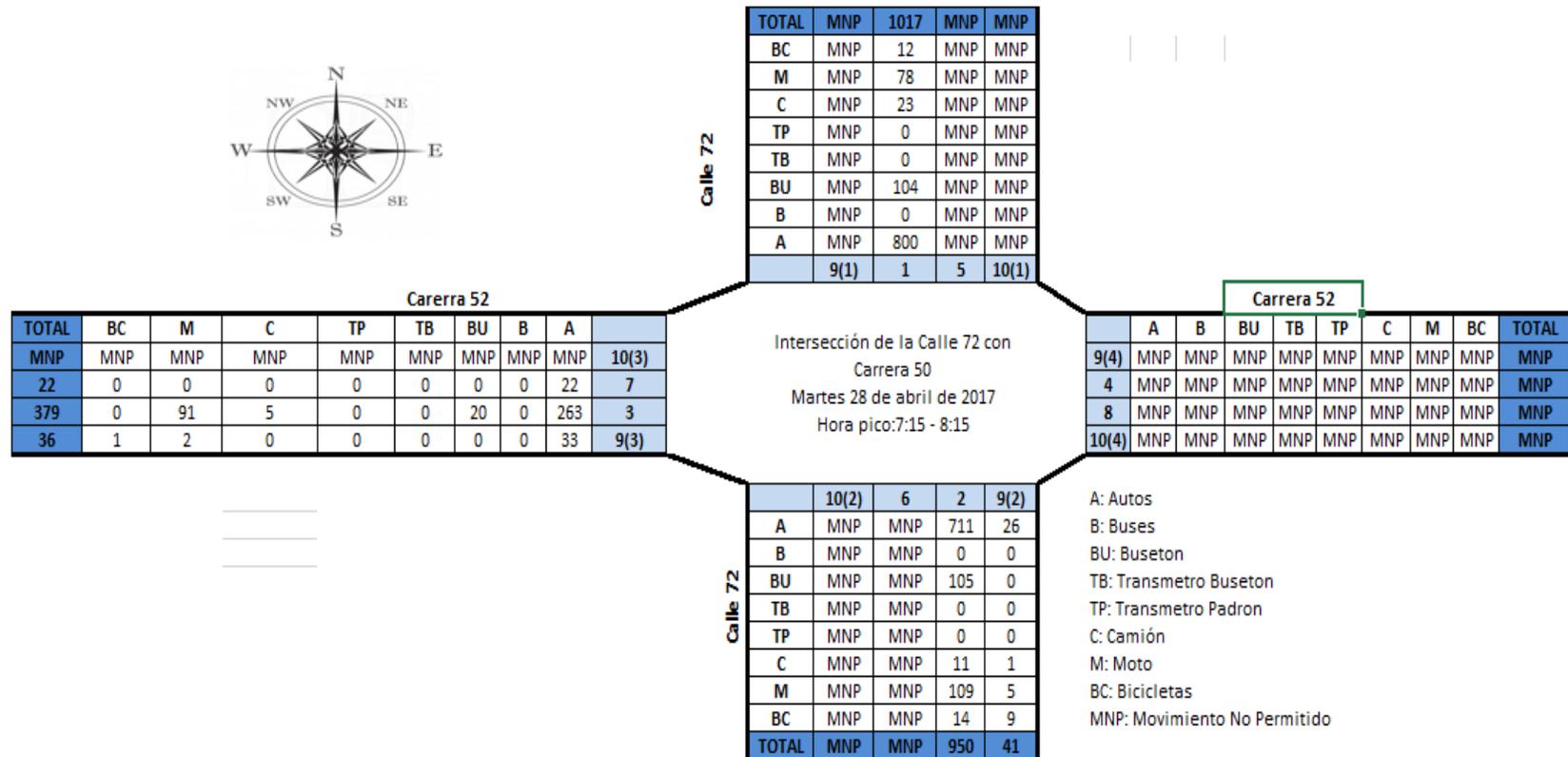


Figura 62 Intersección calle 72 con carrera 52

Fuente: Elaboración propia.

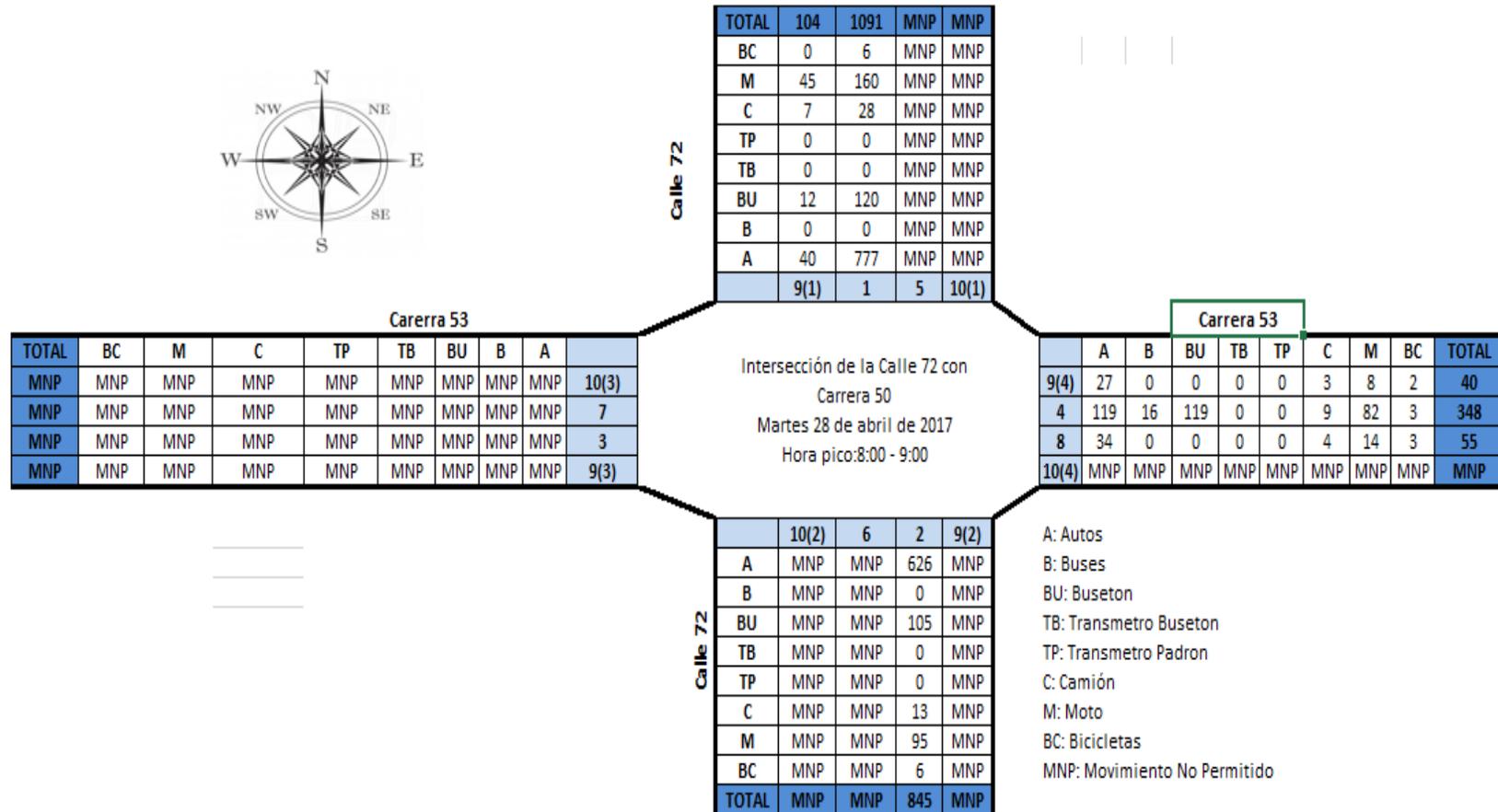


Figura 63 Intersección calle 72 con carrera 53

Fuente: Elaboración propia.

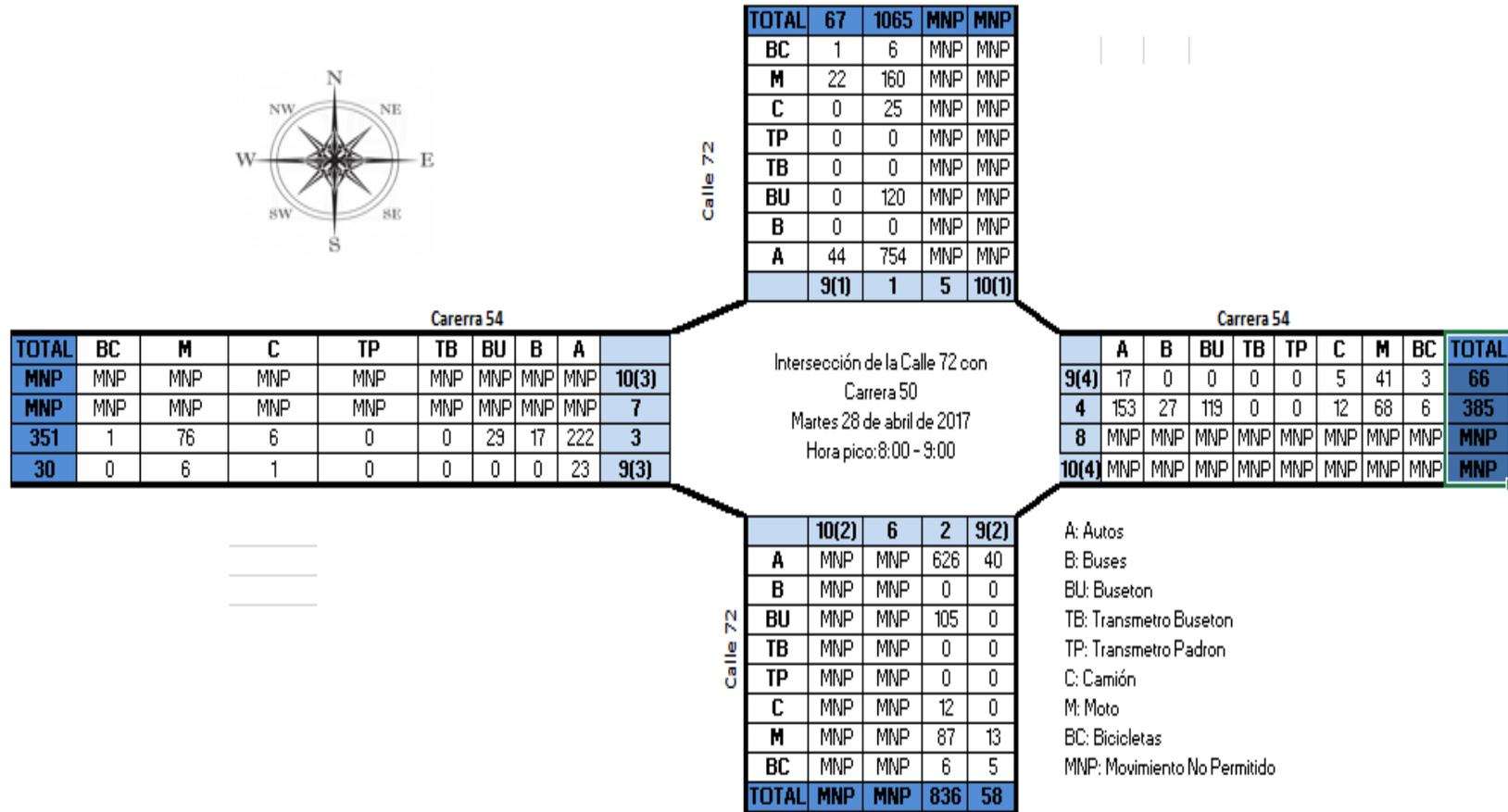


Figura 64 Intersección calle 72 con carrera 54

Fuente: Elaboración propia.