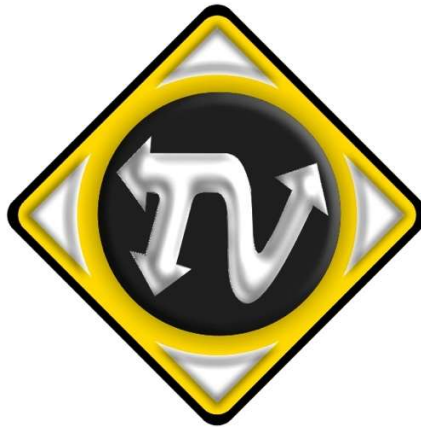


APOYO EN LA UNIDAD TÉCNICA DE LA SECRETARÍA DE MOVILIDAD  
DE MANIZALES



LUIS ALEJANDRO REINA RUANO



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS  
TUNJA  
2023

APOYO EN LA UNIDAD TÉCNICA DE LA SECRETARÍA DE MOVILIDAD  
DE MANIZALES

LUIS ALEJANDRO REINA RUANO

Trabajo de grado en la modalidad de práctica con proyección empresarial o social  
para optar al título de Ingeniero de Transporte y Vías

Director:  
FREDY ALBERTO GUIO BURGOS  
Magister en ingeniería  
UPTC

Coordinador:  
JONATHAN MARÍN MADRID  
Especialista en Diseño de vías, Tránsito y Transporte  
Secretaría de Movilidad de Manizales

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE Y VÍAS  
TUNJA  
2023

*La autoridad científica de la Facultad de Ingeniería reside en ella misma, por lo tanto, no responde por las opiniones expresadas en este trabajo de grado.*

*Se autoriza su uso y reproducción indicando el origen.*

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Currículo en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para optar al título de Ingeniero en Transporte y Vías, actuando como jurados:

MIGUEL ÁNGEL ROMERO FARFÁN  
Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos.

JULIÁN RODRIGO QUINTERO GONZÁLEZ  
Magíster en Derecho Privado, Persona y Sociedad con Énfasis en Derecho del Transporte, Logística e Infraestructura.

Tunja, marzo de 2023

## DEDICATORIA

*A mis padres MARTHA DEYSI RUANO AMADO y BERCELIO REINA ESPITIA por apoyarme en los momentos más difíciles y creer en mí, en momentos en los que ni yo mismo creía.*

*A mi mejor amiga NATALIA BORRAS que recorrió junto a mí, tanto mis procesos académicos como personales y que con sus vivencias y consejos fortaleció mi espíritu para no renunciar hasta conseguir mis objetivos.*

*Luis Alejandro Reina Ruano*

## AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Fredy Alberto Guio, por su apoyo brindado en la realización de este trabajo y su conocimiento a lo largo de esta práctica.

A la Secretaría de Movilidad de Manizales en cabeza de su secretario el ingeniero Cristian Mateo Loaiza y a todo el equipo de trabajo de la unidad de gestión técnica dirigida por el ingeniero Rafael Felipe Cardona Orozco, aprendí mucho de todos y cada uno de ustedes.

A todas las personas de mis trabajos anteriores que aportaron a mi formación ética y profesional con sus vivencias compartidas y consejos brindados.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. MARCO DE REFERENCIA .....	18
3. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	21
4. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESALTO POMPEYANO EN LA AVENIDA SANTANDER EN EL SECTOR DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO. ....	23
4.1. ESTUDIO DE VOLÚMENES Y COMPOSICIÓN VEHICULAR.....	23
4.2. ESTUDIO DE VOLÚMENES PEATONALES.....	27
4.3. ESTUDIO DE VELOCIDADES .....	29
4.4. ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO.....	33
4.5. ESTUDIO DE SINIESTRALIDAD.....	36
4.7. CONCEPTO .....	38
5. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA DE UNA CICLOBANDA EN LA AVENIDA ALBERTO MENDOZA HOYOS EN EL SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE “BOSQUE POPULAR – BATALLÓN” .....	40
5.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA.....	40
5.2. ESTUDIO PEATONAL.....	41
5.3. ESTUDIO VEHICULAR .....	43
5.4. ESTUDIO DE CIRCULACIÓN DE BICICLETAS Y SU RELACIÓN CON LOS PEATONES EN EL TRAMO DE ESTUDIO. ....	48
5.5. ESTUDIO DE VELOCIDADES .....	51
5.6. IMPACTO DE LA VELOCIDAD EN LA SEGREGACIÓN DEL ANDÉN Y SU USO COMPARTIDO CON LA BICICLETA.....	55
5.7. DISTANCIA DE FRENADO Y DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA..	57
5.7. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE PARA LA IMPLANTACIÓN.....	59
5.8. ESTUDIO DE SINIESTRALIDAD.....	62
5.9 CONCEPTO FINAL .....	62
6. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN COLEGIO EN EL BARRIO EL TRÉBOL DE LA CIUDAD DE MANIZALES.....	64
6.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA .....	64
6.2. ESTUDIO VEHICULAR .....	66
6.3. ESTUDIO PEATONAL.....	73

6.4.	ESTUDIO DE PARQUEADEROS.....	75
6.4.1.	Estudio de parqueaderos en un proyecto en condiciones similares.....	76
	“Gimnasio campestre la Consolata”.....	76
6.5.	ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO.....	84
6.6.	MODELACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE AIMSUN.....	84
6.7.	RECOMENDACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN.....	91
7.	DISEÑO DEFINITIVO DE UN FORMULARIO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA DE TODO LO REFERENTE AL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL 2015.....	92
7.1.	DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL FORMULARIO.....	93
8.	OPTIMIZACIÓN SEMAFÓRICA CALLE 51 CON CARRERA 20 -21.....	98
9.	CONCLUSIONES.....	102
10.	RECOMENDACIONES.....	103
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	104
12.	ANEXOS.....	106



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Estudio de instalación de un resalto, Volumen vehicular horario y total general sentido Occidente-Oriente.....	23
Tabla 2: Estudio de instalación de un resalto, volumen vehicular horario y total general sentido Oriente-Occidente en el tiempo aforado .....	25
Tabla 3: Estudio de instalación de un resalto, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo sentido Oriente-Occidente. ....	29
Tabla 4: Estudio de instalación de un resalto, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo. Sentido Occidente-Oriente .....	31
Tabla 5: Estudio de instalación de un resalto, distancia de frenado sentido oriente-occidente.....	34
Tabla 6: Estudio de instalación de un resalto, distancia de frenado sentido Occidente-Oriente “Fundadores a el cable” .....	35
Tabla 7: Estudio de instalación de un resalto, siniestralidad del punto de estudio .....	37
Tabla 8: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario y total general sentido Occidente-oriente .....	44
Tabla 9 : Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario y total general sentido Oriente-Occidente.....	46
Tabla 10: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, datos del punto crítico.....	50
Tabla 11: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo .....	52
Tabla 12: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo. ....	54
Tabla 13: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, velocidades desarrolladas por un ciclista. ....	56
Tabla 14: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Distancia de frenado para bicicletas .....	58
Tabla 15: Siniestralidad de peatones y ciclistas en el tramo de estudio. ....	62
Tabla 16: Datos en el periodo pico del escenario que presentó máxima demanda. ....	71

Tabla 17:Matriz general de viajes .....	72
Tabla 18: Matriz de autos : .....	72
Tabla 19:Matriz de motos : .....	72
Tabla 20:Matriz de buses : .....	73
Tabla 21:Matriz de pesados.: .....	73
Tabla 22 : Nivel de servicio peatonal .....	75
Tabla 23: Composición funciones colegio Emilia. ....	75
Tabla 24:Comparación de la población académica entre los colegios.....	82
Tabla 25: Capacidad y nivel de servicio HCM.....	86
Tabla 26: Resumen capacidad y nivel de servicio por tramos. ....	87

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pag.
Ilustración 1: Metodología usada por la entidad.....	21
Ilustración 2: Metodología usada por el autor para la realización de los estudios.....	22
Ilustración 3: Estudio de instalación de un resalto, composición vehicular Occidente-Oriente .....	24
Ilustración 4: Estudio de instalación de un resalto, volumen vehicular horario Occidente-Oriente .....	25
Ilustración 5: Estudio de instalación de un resalto, composición vehicular Oriente-Occidente .....	26
Ilustración 6: Estudio de instalación de un resalto, volumen vehicular horario Oriente-Occidente.....	27
Ilustración 7: Estudio de instalación de un resalto, zonas de estudio peatonal.....	28
Ilustración 8: Estudio de instalación de un resalto, distribución peatonal horaria.....	28
Ilustración 9: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia sentido Oriente- Occidente.....	30
Ilustración 10: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia acumulada sentido Oriente- Occidente .....	30
Ilustración 11: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia sentido Occidente-Oriente.....	32
Ilustración 12: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia acumulada sentido Occidente-Oriente .....	32
Ilustración 13: Estudio de instalación de un resalto, Pendiente longitudinal sentido Oriente-Occidente Fuente: Sistema de Información Geográfica de Manizales.....	33
Ilustración 14: Estudio de instalación de un resalto, distancia de visibilidad sentido Oriente-Occidente “El Cable a Fundadores” .....	34
Ilustración 15: Estudio de instalación de un resalto, pendiente longitudinal sentido Occidente- Oriente “Fundadores a El Cable” .....	35
Ilustración 16: Estudio de instalación de un resalto, distancia de visibilidad sentido Occidente- Oriente “Fundadores a el cable” .....	36

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Pag.

Ilustración 17: Estudio de instalación de un resalto, siniestralidad Avenida Santander con calles 35 y 36 .....	37
Ilustración 18: Ubicación del resalto .....	38
Ilustración 19: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, descripción de la zona de estudio. ....	41
Ilustración 20: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución peatonal horaria sentido Occidente-Oriente.....	42
Ilustración 21: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución peatonal horaria sentido Oriente- Occidente.....	43
Ilustración 22: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, composición vehicular Occidente-Oriente “Batallón - Bosque popular” .....	45
Ilustración 23: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario Occidente-Oriente “Batallón - Bosque popular” .....	45
Ilustración 24: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Composición vehicular Oriente-Occidente .....	47
Ilustración 25: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario Oriente-Occidente. ....	47
Ilustración 26: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, evidencia de campo 1 .....	48
Ilustración 27: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, evidencia de campo 2 .....	48
Ilustración 28: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, evidencia de campo 3 .....	49
Ilustración 29: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, punto conflicto peatón- bicicleta. ....	49
Ilustración 30: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, variación horaria peatones y bicicletas en el tramo crítico. ....	50
Ilustración 31: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, composición de uso infraestructura peatonal.....	51

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pag.
Ilustración 32: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo sentido en ascenso “Batallón- Bosque Popular” .....	52
Ilustración 33: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, curva de distribución de frecuencia acumulada sentido Occidente-Oriente.....	53
Ilustración 34: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, curva de distribución de frecuencia.....	54
Ilustración 35: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, curva de distribución de frecuencia acumulada .....	55
Ilustración 36: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, trazado del corredor crítico....	56
Ilustración 37: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Probabilidad de sufrir una lesión mortal para un peatón atropellado por un vehículo .....	57
Ilustración 38: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Distancia de visibilidad de parada .....	58
Ilustración 40: Puntos críticos en la infraestructura disponible.....	59
Ilustración 41: Avenida Alberto Mendoza .....	59
Ilustración 42: Avenida Alberto Mendoza con Carrera 26 y 27 .....	60
Ilustración 43: Avenida Alberto Mendoza con Calle 28 .....	60
Ilustración 44: Avenida Alberto Mendoza cerca de Expoferias .....	60
Ilustración 45: Tipo de personas que transitan el sector .....	61
Ilustración 48: Estudio de implantación, zona de influencia del proyecto.....	64
Ilustración 49:Puntos críticos Avenida Alberto Mendoza.....	65
Ilustración 50:Variación horaria en el tramo de estudio.....	66
Ilustración 51: Composición vehicular tramo de estudio .....	67
Ilustración 52: Resumen escenarios aforados .....	68

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Pag.

Ilustración 53: Composición vehicular de los escenarios .....	69
Ilustración 54: Definición de las zonas generadoras y atractoras de viajes más relevantes en la zona de influencia.....	70
Ilustración 55: Composición vehicular escenario más demandado.....	71
Ilustración 56: Flujo peatonal horario .....	74
Ilustración 57: Variación horaria peatonal .....	74
Ilustración 58: Flujo vehicular en entrada al colegio al inicio de la jornada escolar.....	76
Ilustración 59: Composición vehicular ingreso jornada escolar.....	77
Ilustración 60: Flujo vehicular en la entrada del colegio en el término de la jornada escolar .....	77
Ilustración 61: Composición vehicular en la entrada del colegio en el término de la jornada escolar.....	78
Ilustración 62: Uso del carro particular por actor escolar .....	78
Ilustración 63: Uso de la motocicleta por actor escolar.....	79
Ilustración 64: Uso del transporte escolar por actor escolar.....	79
Ilustración 65: Porcentaje de la ocupación de parqueo Gimnasio la Consolata.....	80
Ilustración 66: Plazas de parqueo habilitadas colegio Consolata.....	81
Ilustración 67: Preferencias de viaje en el personal del Gimnasio la Consolata. ....	83
Ilustración 68: Punto crítico en radio de giro .....	84
Ilustración 69: Calibración del modelo .....	85
Ilustración 70: Calibración del modelo comparación datos reales con los modelados... ..	85
Ilustración 71: Evaluación de capacidad y niveles de servicio sin proyecto para la red vial según relación volumen capacidad.....	86

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Pag.

Ilustración 72: Evaluación de capacidad y niveles de servicio sin proyecto para la red vial según el tiempo de demora.....	87
Ilustración 73: Volumen asignado a toda la red vial en el periodo pico .....	88
Ilustración 74: Nivel de servicio ofrecido con proyecto.....	88
Ilustración 75: Demoras presentadas en la red vial con la operación del proyecto.....	89
Ilustración 76: Impacto de la operación del colegio en la variación horaria del tránsito	90
Ilustración 77: Descripción formulario de señalización vial .....	93
Ilustración 78: Descripción formulario de señalización vial en tipo de señal .....	94
Ilustración 79: Descripción formulario de señalización vial por código.....	95
Ilustración 80: Descripción formulario de señalización vial ubicación. ....	96
Ilustración 81: Cargue y visualización de datos señales verticales .....	97
Ilustración 82: Cargue y visualización de datos señales horizontales .....	97
Ilustración 83: Restricción de pico y placa sobre las Avenidas .....	98
Ilustración 84: Resultados del aforo. ....	99
Ilustración 85: Zonas definidas para el modelo .....	100
Ilustración 86: Matriz de autos .....	101
Ilustración 87: Matriz de Motocicletas .....	101
Ilustración 88: Matriz de buses.....	101

## LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1: Subsistema Vial - Red vial urbana .....	106
Anexo 2: Estado de la red vial de Manizales.....	106
Anexo 3: Pendientes en la red vial de Manizales.....	107
Anexo 4: Mapa de subsistemas de transporte en Manizales .....	107
Anexo 5: Principales Avenidas en Manizales.....	108
Anexo 6: Proyecto de ciudad Campus Manizales. ....	108
Anexo 7: Centro de Gestion de Movilidad de Manizales.....	109
Anexo 8: Distancia de visibilidad de Parada. ....	109



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se desarrolló en el marco del programa de gobierno Estado Joven el cual articula el acceso de estudiantes de último semestre de Instituciones de Educación Superior con entidades del sector público mediante una práctica laboral. El escenario escogido fue la Secretaría de Movilidad de Manizales que mediante la unidad de gestión técnica se brindó apoyo en las siguientes actividades:

- Análisis y recolección de información enfocada a estudios de tránsito
- Apoyo en a modelación de tránsito mediante software de micro simulación
- Apoyo en la recolección de información relacionada a semaforización optimizando sus fases.
- Recolección de información relacionada a elementos de seguridad vial
- Asistencia en procesos de georreferenciación en softwares especializados para ello

Las actividades que se presentaron anteriormente corresponden a la competencia del área de tránsito y transporte. Los principales aportes que sustentan estas actividades se describen en cuatro secciones las cuales son: a) Estudio de viabilidad técnica para la instalación de un resalto pompeyano en la Avenida Santander en el sector del Instituto Universitario, en este ítem se muestra el desarrollo técnico detallado siguiendo los lineamientos del Manual de Señalización Vial de 2015 y un concepto final en base a los resultados obtenidos. b) Estudio de viabilidad técnica de una ciclobanda en la Avenida Alberto Mendoza Hoyos en el sentido de ascenso “Bosque Popular- Batallón”, este estudio pretende buscar una solución armónica que mitigue la percepción de riesgo y siniestralidad a la que se ven expuestos los ciclistas que transitan por la avenida. c) Diseño definitivo de un formulario para la recolección de información georreferenciada de todo lo referente al manual de Señalización vial de 2015, En este literal se expone la manera en la que se desarrolló el formulario y su influencia en la toma de decisiones. d) Consideraciones para la implantación de un colegio en el barrio el Trébol en la ciudad de Manizales, el cual pretende conocer el efecto en la movilidad debido a la construcción de un colegio en una zona residencial y dar recomendaciones para mitigar el impacto en el sector. Finalmente, e) Optimización semafórica de la Calle 51 con Carrera 20 y 21, el cual deja un precedente para su posterior culminación.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

El presente estudio tiene como zona de análisis la ciudad de Manizales, ubicada en la parte centro occidente de Colombia, cerca al nevado del Ruiz. Actualmente es la capital del departamento de Caldas que forma parte del eje cafetero, la región paisa y el triángulo de oro que es el nombre característico del área encontrada entre Cali, Bogotá y Medellín, las tres ciudades más pobladas de Colombia. La ciudad se encuentra situada a una altura de 2.153 metros sobre el nivel del mar, la topografía de la zona es de carácter montañoso e irregular. “La población actual es de aproximadamente 454.077 habitantes” (Universidad de Manizales, 2017), de los cuales al menos el 47 % son hombres y el 53% mujeres. Esta zona también es la más poblada y competitiva de todo el departamento, con un aporte del 51.8% de su PIB total anual. (Secretaría de TIC y Cámara de Comercio de Manizales, 2020). Respecto a sus municipios vecinos por el norte limita con el municipio de Neira y la quebrada la Olivares; al sur con las poblaciones de Villa María y Chinchiná y al oriente con el pueblo tolimense de Herbeo y el parque los nevados.

Manizales cuenta con una red vial de 210 km que se distribuye de la siguiente manera las vías principales cuentan con 48.4 km lo que equivale a un 22% del total, las vías secundarias cuentan con 57.2 km lo que equivale a un 26 % del total y finalmente las vías colectoras cuenta con 112 km lo que equivale al 51% del total (Ver anexo 1). En cuanto a su estado de la red vial “el 85% está en buen estado, el 5% en regular estado y el 10% restante en mal estado” (Gleave, 2017) (Ver anexo 2). Es necesario especificar que las vías en mal estado se encuentran en la periferia de la ciudad las cuales conectan con los corregimientos rurales.

En cuanto a la infraestructura de transporte la ciudad cuenta actualmente con 71 rutas de transporte público colectivo urbano las cuales están bajo operación de 6 empresas transportadoras, también cuenta con un sistema de bicicletas públicas gratuito que tiene 7 estaciones de las cuales 4 están ubicadas estratégicamente en la Avenida Santander ya que es la única que no tiene pendientes abruptas. (Ver anexo 3). Adicionalmente, cuenta con dos líneas de cable Aéreo que responden a la necesidad de movilidad de Sur a Norte, la Línea 1 conecta el Municipio de Villamaría con el terminal de transporte de Manizales con una longitud de 720 metros y la Línea 2 conecta el terminal de transporte de Manizales con el barrio la Fuente y la Carrera 23 la cual pertenece al centro de la ciudad con una longitud de 2.1km. Finalmente, cuenta con el Aeropuerto La Nubia ubicado en el barrio La Enea, que lastimosamente no goza de confiabilidad debido a las condiciones meteorológicas variables en las cuales está ubicada la ciudad que retrasan o aplazan con bastante frecuencia los vuelos haciendo más atractiva la opción de viajar hasta Pereira ya que el Aeropuerto Internacional de Matecaña tiene más fiabilidad. La conjunción de esta infraestructura se evidencia en el (Anexo 4).

En cuanto a las tendencias de movilidad “Para el año 2017 se tiene que en un día típico se realizan aproximadamente 750.000 viajes en los distintos modos a lo largo del día, en relación con los modos de transporte, el transporte no sustentable paso a tener una participación del 13% al 32% en la ciudad. Respecto a los modos de transporte: el 29% de los viajes se realizan a pie; el 28% en transporte público; el 32% en vehículo privado

(carros y motocicletas); el 6% en taxi; el 2,71% en transporte escolar, el 1% en bicicleta; y, finalmente 1% en otros vehículos (jeep, moto taxi, chiva)” (Gleave, 2017).

La topografía de Manizales solo ofrece condiciones técnicas adecuadas para el desarrollo vial en el sentido Oriente-Occidente esto se evidencia en las tres avenidas principales que recorren toda la ciudad (Ver anexo 5). La imposibilidad de construir accesos viales en el sentido Sur-Norte debido a los fuertes desniveles y la necesidad de movilidad de las comunas periféricas hacia el centro de la ciudad fueron argumentos muy válidos para el desarrollo de las líneas 1 y 2 del Cable Aéreo. Sin embargo, esto no ha sido suficiente porque el desenfrenado crecimiento del parque automotor junto con su uso irracional, la disminución de la demanda del transporte público y el déficit de espacio para la construcción de nueva infraestructura se traduce en los problemas cotidianos que toda ciudad sufre: congestión, contaminación y siniestralidad. Las anteriores repercuten de manera directa en la calidad de vida de sus ciudadanos.

La problemática anterior fue tan evidente que desde el gobierno local se tomaron las medidas pertinentes, de tal manera que el Concejo Municipal de Manizales mediante el acuerdo 031 del 8 de diciembre de 2020, decidió transformar la Secretaría de tránsito y transporte por la Secretaría de Movilidad con el objetivo de que esta última tuviese un plan y una verdadera filosofía para crear políticas con incidencia respecto a la movilidad de la ciudad y no solo se limitara a hacer tramites operativos de registro vehicular y tránsito como lo desarrollaba el esquema anterior. De esta forma, la unidad de gestión técnica se reorganizó para darle prioridad al desarrollo urbano del siglo XXI. Basado en la movilidad sostenible donde la primacía en la ciudad son las personas y no los vehículos que estas conducen. Así, se han dado grandes avances como el trazado de la ciclo banda de la Avenida Santander, la promoción del transporte público y modos no contaminantes, campañas de pedagogía con el objeto de generar cultura vial e influir indirectamente en el descenso de la siniestralidad y un enfoque más acorde a las tecnologías de la información con la finalidad de tener mejores insumos para la toma de decisiones y formulación de políticas.

En base a la reestructuración anterior junto con el trabajo mancomunado entre Gobierno local, Universidades y Sociedad se plantearon varios proyectos en la ciudad enfocados en promover la movilidad activa y fortalecer el transporte público con la finalidad de mejorar la movilidad y la calidad de vida de los ciudadanos estos proyectos son:

- Manizales Campus Universitario

Es una apuesta ambiciosa la cual pretende conectar mediante ciclo rutas, mobiliario urbano y bulevares las principales Universidades de Manizales donde el concepto general es que la misma ciudad sea el campus de todos. (Ver anexo 6)

- Línea 3 del Cable Aéreo

Es una expansión del sistema que pretende conectar el terminal de transporte con uno de los sectores económicos más fuertes de la ciudad “El cable”. Su trazado pasa por un sector de gran afluencia de viajes como lo son las Universidades y el Complejo deportivo Palogrande en sus estimaciones se prevé que este proyecto genere 12.000 viajes adicionales de los 8.500 diarios con las dos líneas ya existentes. (Ingeniería de sistemas de transporte y cables, 2020)

- Sistema Integrado de transporte público (SITP)

Este proyecto busca unificar todos los subsistemas de transporte en la ciudad (Bicicletas públicas, Cable Aéreo y Transporte público colectivo urbano) con una tarifa única la cual les permita hacer transbordo entre modos sin costo adicional, con el objetivo de fortalecer e incentivar el uso del transporte público. (Financiera de Desarrollo Territorial (Findeter), 2020)

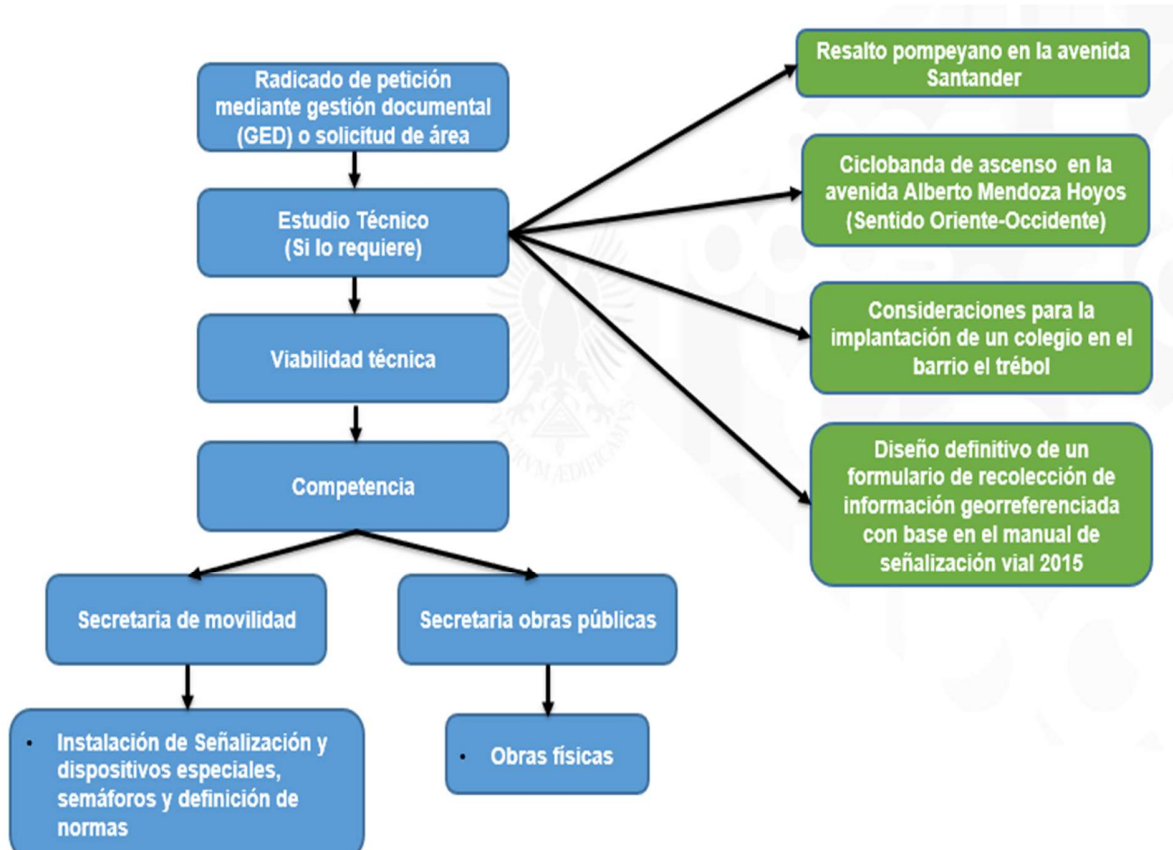
- Centro de Gestión de Movilidad de Manizales

Es un proyecto basado en sistemas inteligentes de transporte que pretende unificar toda la información de la Secretaría de Movilidad y en adición mediante estaciones maestras en las tres avenidas principales de la ciudad conocer características como distribuciones vehiculares y peatonales horarias, velocidades, reconocimiento de placas y demás. Este proyecto ya terminó su adecuación física y se encuentra en etapa de pruebas de operabilidad. (Ver anexo 7)

### 3. METODOLOGÍA EMPLEADA

Este trabajo de grado se desarrolló en el marco de practica laboral en una entidad pública por lo tanto es necesario destacar que la institución tiene una metodología que se asemeja a la utilizada por el autor para la realización de los estudios. La metodología de la entidad se evidencia en la ilustración 1.

Ilustración 1: Metodología usada por la entidad

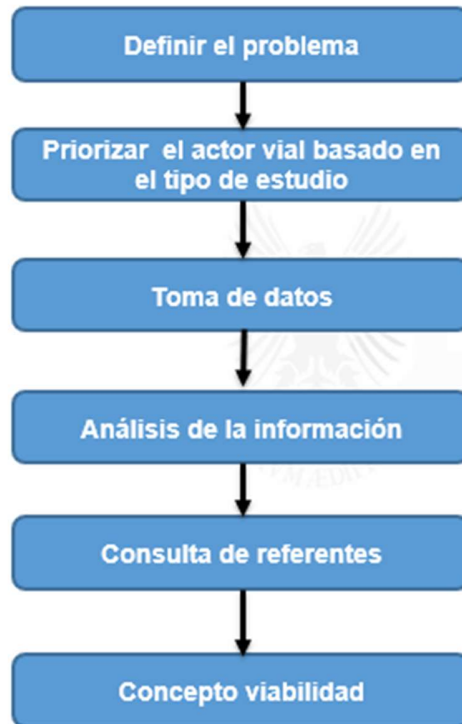


Fuente: El autor.

En la Secretaría de Movilidad de Manizales todo comienza mediante una petición radicada o Gestión documental (GED) con alguna inquietud, solicitud, queja o reclamo. Dependiendo del tipo de petición se evalúa si es necesario un estudio de campo que sea un insumo para brindar una respuesta. y si esa respuesta es favorable a la petición realizada se evalúa la viabilidad técnica que de ser positiva se procede a la evaluación de competencias con la secretaría de obras públicas. Finalmente se realiza la obra o intervención como acción final a la solicitud.

En cuanto a la metodología empleada por el autor para los estudios se presenta en la ilustración 2.

Ilustración 2: Metodología usada por el autor para la realización de los estudios.



Fuente: El Autor.

En la mayoría de las peticiones el problema ya está especificado. Sin embargo, es necesario definirlo de manera técnica ya que en ocasiones las peticiones radicadas cuentan con un alto grado de parcialidad.

Posteriormente se prioriza el actor vial objeto de estudio ya sea el ciclista, peatón, vehículo particular entre otros con la finalidad de definir que tipo de datos son necesarios para su posterior toma en campo.

Luego del análisis de la información, se consultan referentes como lo son manuales, normativas nacionales, artículos científicos y toda la bibliografía enfocada al contexto del problema con el objetivo de formar un criterio técnico bastante robusto que argumente la viabilidad o inviabilidad de la petición. Se da el concepto final y de ser favorable pasa a debate sobre las competencias de la entidad y de superarse finalmente se materializa la petición.

#### 4. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA PARA LA INSTALACIÓN DE UN RESALTO POMPEYANO EN LA AVENIDA SANTANDER EN EL SECTOR DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO.

La avenida Santander es una de las 3 principales avenidas de la ciudad de Manizales. Tal vez la más importante de todas ya que alberga en su recorrido variedad de bienes y servicios como educación, centros de salud, vivienda, ocio y recreación. Por estas razones el tránsito vehicular y peatonal es alto. Un escenario particular ocurre en esta avenida con calles 35 y 36 en los cuales están ubicados 2 de los más grandes colegios de Manizales El instituto universitario de caldas y la institución educativa Francisco José de Caldas. El gran impacto generado en la avenida por la actividad académica de estos Colegios demanda una gran actividad peatonal en su mayoría jóvenes y niños los cuales se ven obligados a realizar un cruce peatonal inseguro ya que el flujo vehicular a pesar de tener toda la señalización pertinente tanto vertical como horizontal de zona escolar desarrolla velocidades de más de 30 km/h. Por tanto, es necesario realizar el estudio de viabilidad técnica.

Respecto a los resaltos el manual de señalización vial es muy claro explicando que “Para la construcción de un resalto, se requiere siempre de un estudio de ingeniería de tránsito que demuestre la conveniencia de su instalación y el tipo de resalto a utilizar. El estudio técnico de ingeniería debe contener como mínimo: estudio de volúmenes y composición vehicular, estudio de volúmenes peatonales, estudio de velocidades, análisis de diseño geométrico, análisis de siniestralidad y determinación del sitio de ubicación del resalto.” (Ministerio de Transporte, 2015)

Siguiendo las directrices del manual el estudio de volúmenes y composición vehicular se presenta en el ítem 4.1:

##### 4.1. ESTUDIO DE VOLÚMENES Y COMPOSICIÓN VEHICULAR

- Sentido Occidente- Oriente

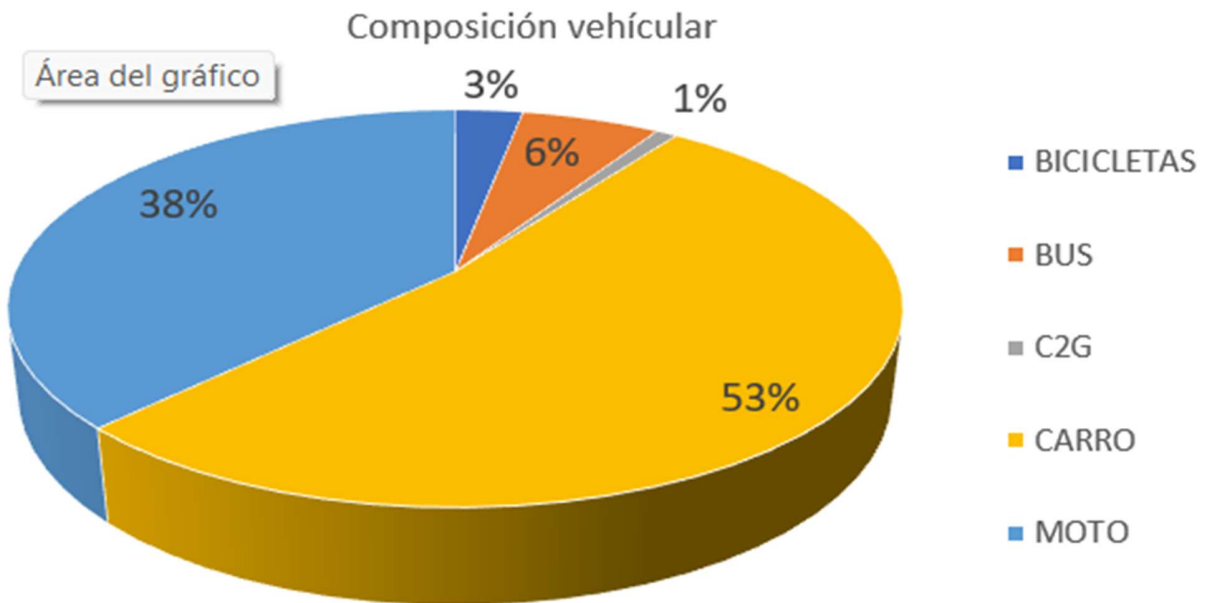
Tabla 1: Estudio de instalación de un resalto, Volumen vehicular horario y total general sentido Occidente-Oriente.

Etiquetas de fila	BICICLETAS	BUS	C2G	CARRO	MOTO	Total general
+ 10 AM	57	97	19	710	507	1390
+ 11 AM	40	86	14	824	472	1436
+ 12 PM	34	90	6	795	631	1556
+ 1 PM	43	84	15	808	629	1579
<b>Total general</b>	<b>174</b>	<b>357</b>	<b>54</b>	<b>3137</b>	<b>2239</b>	<b>5961</b>

Fuente: El Autor.

En la tabla 1 se evidencia que en total se movilizaron durante el tiempo aforado 5961 vehículos mixtos lo cual equivale a un promedio de 1490 vehículos mixtos/ hora, su composición se evidencia en la ilustración 3.

Ilustración 3: Estudio de instalación de un resalto, composición vehicular Occidente-



Oriente

Fuente: El Autor.

Esta composición se distribuye así:

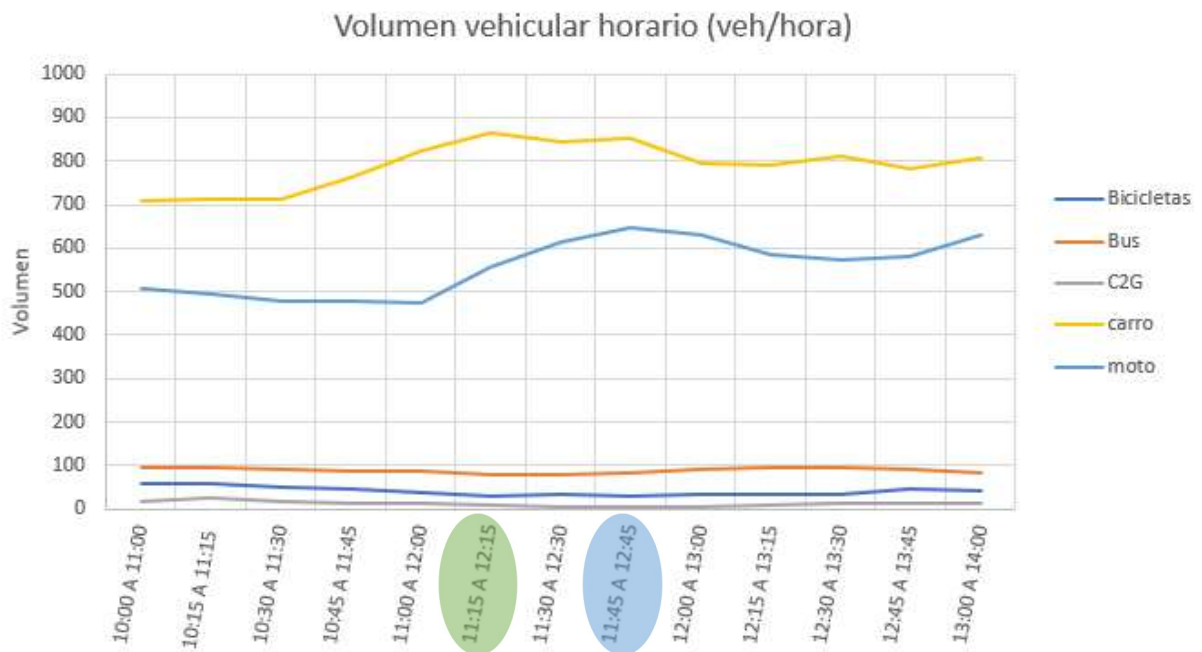
- 53% vehículo particular
- 38% motocicleta
- 6% Transporte público
- 3% Bicicleta
- 1% vehículos de carga C2G principalmente.

En la Ilustración 4 se puede evidenciar que el tránsito tiene un comportamiento creciente entre 11 AM a 1PM y presenta dos picos por tipo de vehículo que se enlazan entre sí. Los autos presentan un pico de 11:15AM a 12:15PM con un volumen de 863 vehículos. Por otro lado, las motocicletas presentan su pico entre las 11:45 AM a 12:45 PM con un total de 646.

Su periodo de intersección es de 30 minutos comprendido entre las 11:45 AM a 12:15PM el cual concuerda con el cambio de jornada de los colegios. Esta Ilustración se presenta a continuación:



Ilustración 4: Estudio de instalación de un resalto, volumen vehicular horario



Occidente-Oriente

Fuente: El Autor.

Análogamente los datos tomados en el sentido opuesto son:

- Sentido Oriente-Occidente.

Tabla 2: Estudio de instalación de un resalto, volumen vehicular horario y total general sentido Oriente-Occidente en el tiempo aforado

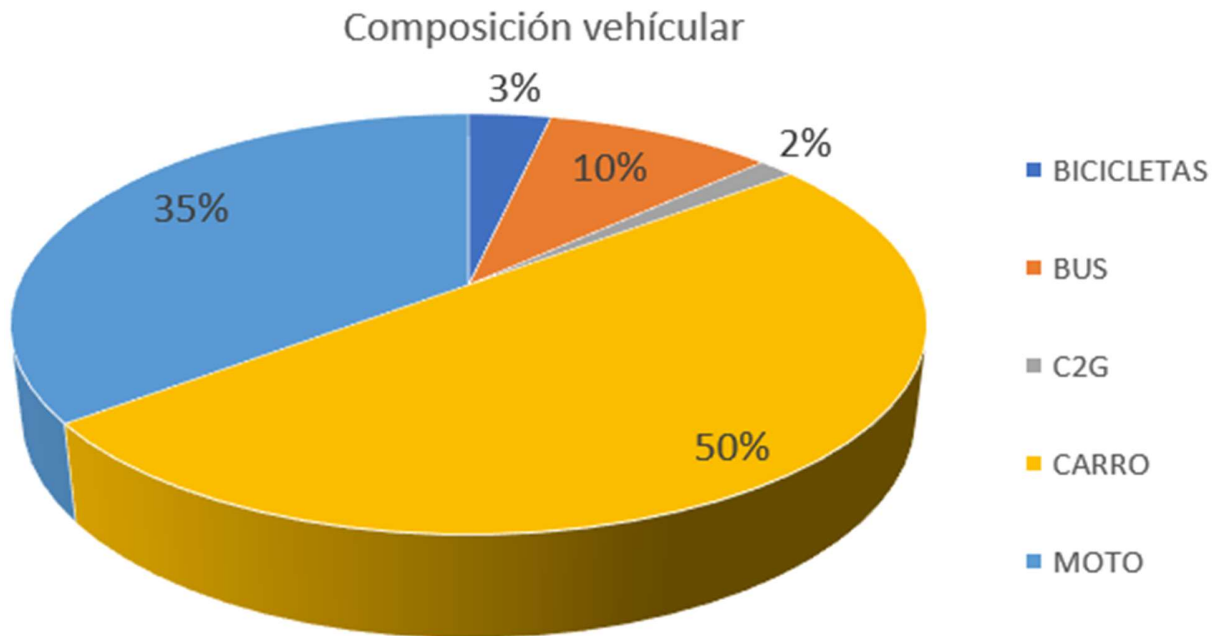
Etiquetas de fila	BICICLETAS	BUS	C2G	CARRO	MOTO	Total general
10 AM	32	127	33	592	377	1161
11 AM	55	120	22	640	434	1271
12 PM	41	118	12	624	530	1325
1 PM	44	113	8	622	413	1200
<b>Total general</b>	<b>172</b>	<b>478</b>	<b>75</b>	<b>2478</b>	<b>1754</b>	<b>4957</b>

Fuente: El Autor.

En la tabla 2 se observa que en total se movilizaron durante el tiempo aforado 4957 vehículos mixtos lo cual equivale a un promedio de 1238 vehículos mixtos/ hora

su composición se presenta en la Ilustración 5:

Ilustración 5: Estudio de instalación de un resalto, composición vehicular Oriente-Occidente



Fuente: El Autor

Esta composición se distribuye así:

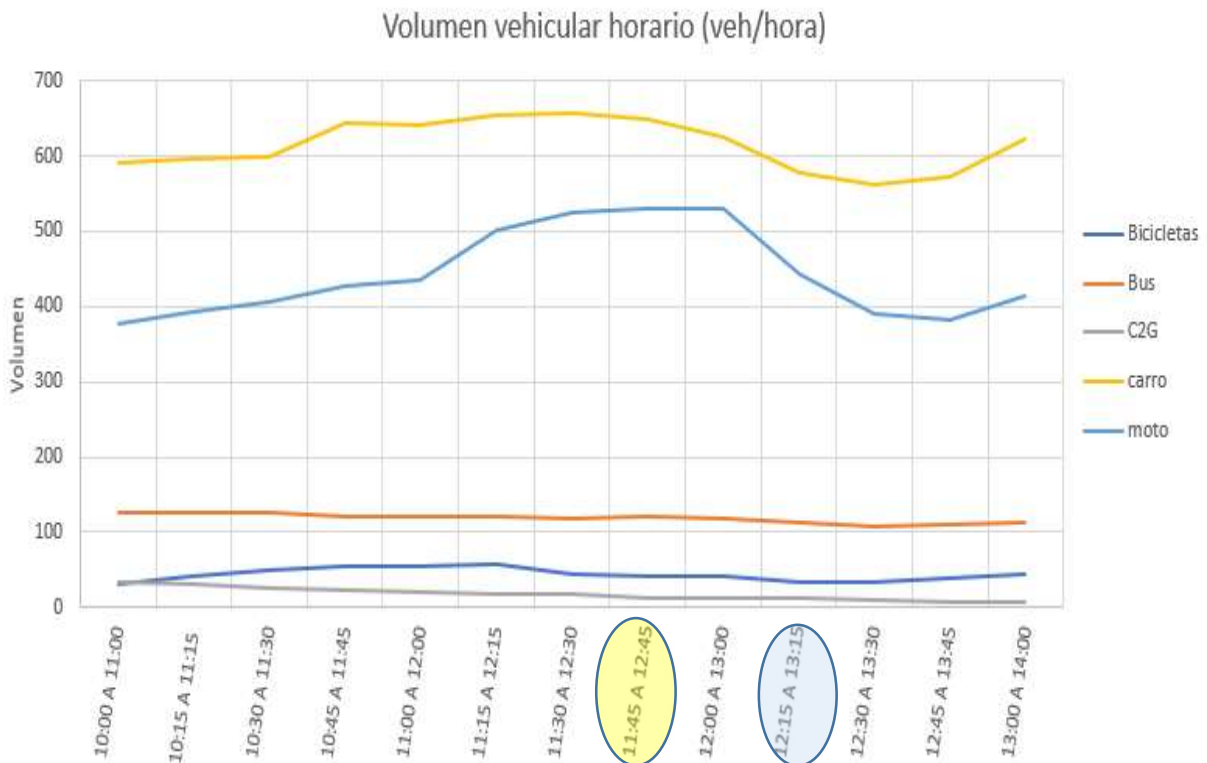
- 50% vehículo particular
- 35% motocicleta
- 10% Transporte publico
- 3% Bicicleta
- 2% vehículos de carga C2G principalmente.

En la Ilustración 6 se presenta su distribución horaria en la cual se puede evidenciar que el tránsito tiene un comportamiento creciente entre 10:30 AM A 1PM y presenta dos picos de manera similar que su contraflujo. Los autos presentan un pico de 11:30AM a 12:30 PM con un volumen de 657 vehículos. Por otro lado, las motocicletas presentan su pico entre las 12:00 M a 1:00 PM con un total de 530.

Su periodo de intersección también es de 30 minutos comprendido entre las 12:00 PM a 12:30PM el cual concuerda con el cambio de jornada de los colegios.

Finalmente, la distribución vehicular en todo el tramo es 55% Oriente-Occidente y 45% Occidente-Oriente. Esta Ilustración se presenta a continuación:

Ilustración 6: Estudio de instalación de un resalto, volumen vehicular horario Oriente-Occidente.



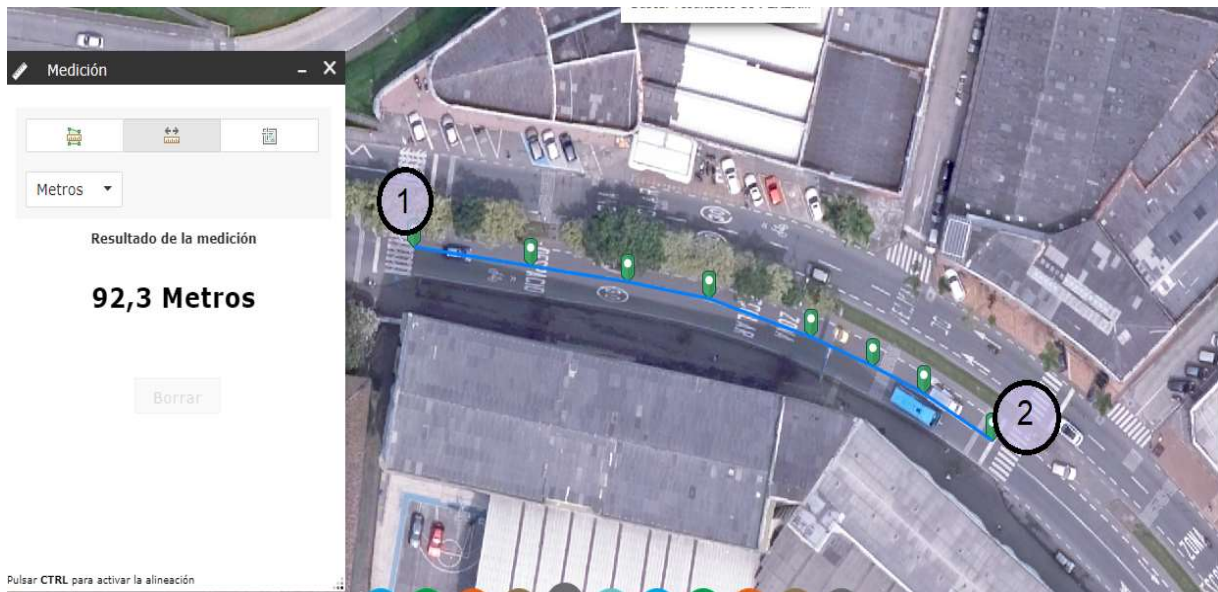
Fuente: El Autor.

## 4.2. ESTUDIO DE VOLÚMENES PEATONALES

En el tiempo aforado se evidenció alta circulación de peatones en concordancia con los horarios de los establecimientos educativos. Adicionalmente, el sector de estudio cuenta con muy buena señalización horizontal y vertical.

La toma de datos en la zona se definió en los únicos cruces peatonales existentes a una distancia entre sí de 93.2 metros. La cual se evidencia en la Ilustración 7

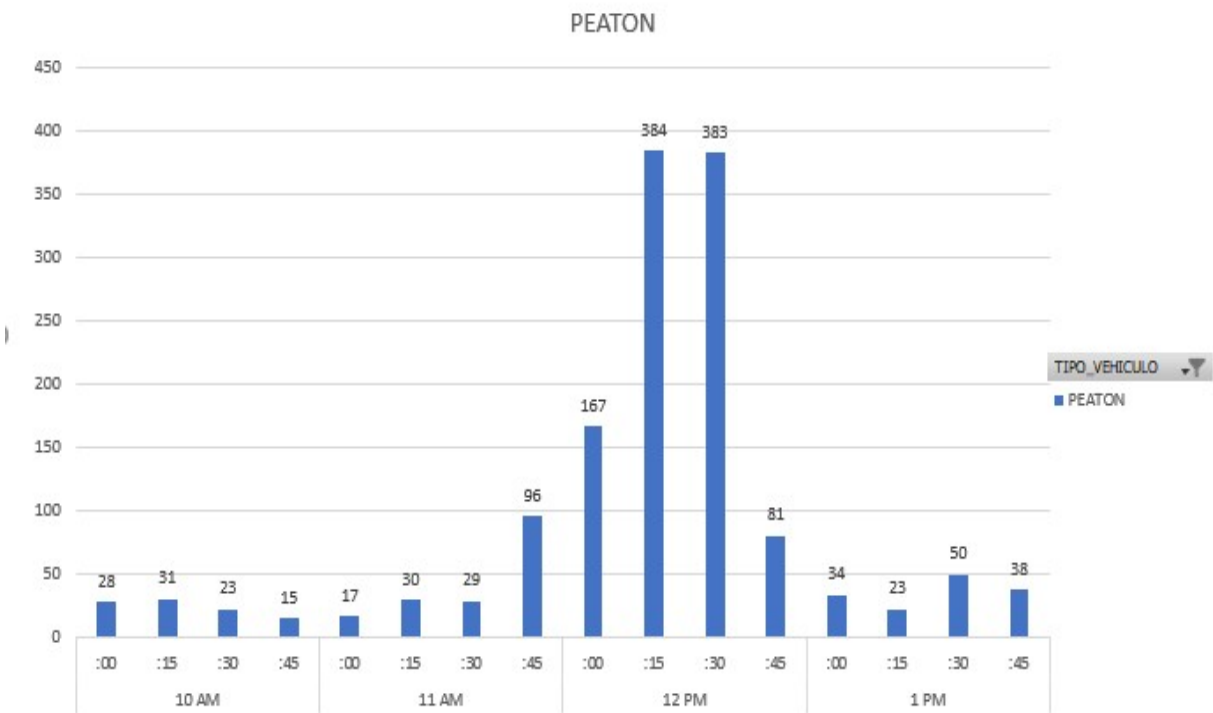
Ilustración 7: Estudio de instalación de un resalto, zonas de estudio peatonal



Fuente: El Autor, en base al Sistema de Información Geográfica de Manizales.

En cuanto a su distribución horaria peatonal el estudio muestra sus resultados en su ilustración 8:

Ilustración 8: Estudio de instalación de un resalto, distribución peatonal horaria.



Fuente: El Autor.

Según la ilustración 8 En la zona de estudio se movilizaron 1429 peatones que en promedio equivale a 358 peatones/hora. Sin embargo, la hora con mayor flujo peatonal se encuentra entre 11:45am a 12:45 pm con un volumen de 1.111 peatones equivalente al 77% de los peatones movilizados durante el tiempo de aforo.

Es necesario destacar que por la naturaleza del sector que la mayoría de los peatones que circulan por la zona son jóvenes y niños.

### 4.3. ESTUDIO DE VELOCIDADES

Se tomaron datos en los dos sentidos de estudio los cuales se presentan a continuación:

- Sentido Oriente-Occidente

Para el análisis estadístico de velocidades se tomaron 95 datos en este sentido. El comportamiento del transporte público fue poco relevante en la toma de datos debido a la influencia del paradero que restringía su velocidad a flujo libre generando sesgos estadísticos. Debido a la restricción de vehículos pesados en este sentido su volumen fue muy pequeño para tomar una cantidad de datos representativa por vehículo “35 datos”. Sin embargo, se tomaron los máximos posibles.

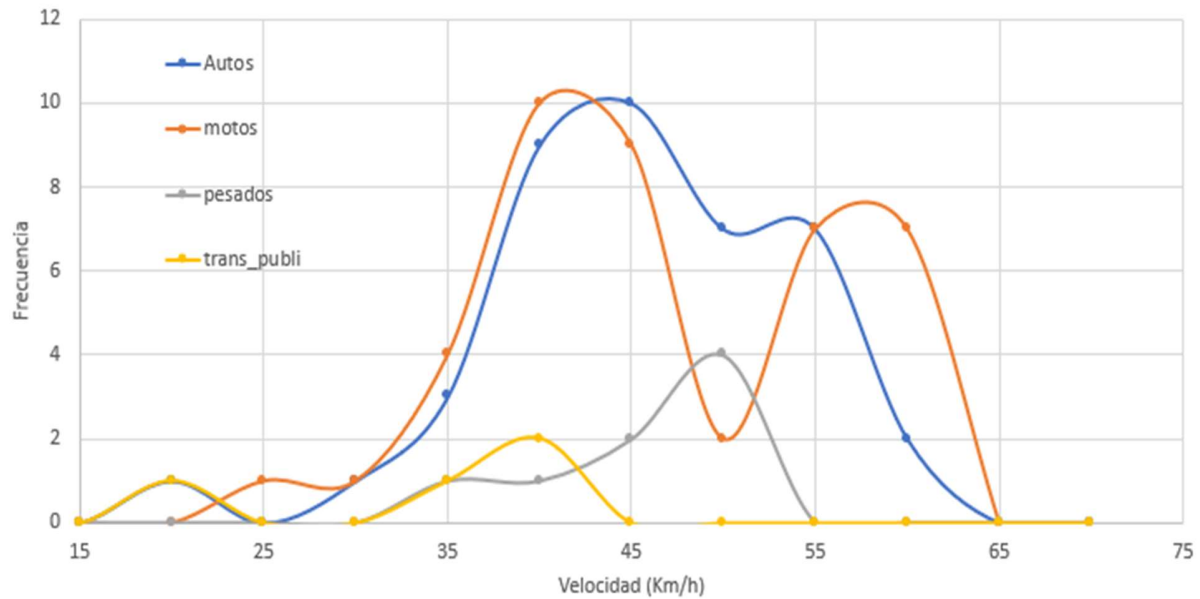
Tabla 3: Estudio de instalación de un resalto, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo sentido Oriente-Occidente.

Rango velocidad (Km/h)	AUTOS	MOTOS	PESADOS	TRANS_PUBLI	total
0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
20	1	0	0	1	2
25	0	0	0	0	0
30	1	1	0	0	2
35	3	1	1	1	6
40	9	4	1	2	16
45	10	10	2	0	22
50	7	9	4	0	20
55	7	2	0	0	9
60	2	7	0	0	9
65	0	7	0	0	7
70	0	0	0	0	0
	0	2	0	0	2
suma	40	43	8	4	95

Fuente: El Autor.

En la tabla 3 se puede evidenciar el desarrollo de grandes velocidades en el sentido de estudio con 33 autos que desarrollan velocidades entre 40Km/h a 55 Km/h esto equivale al 83% de los autos. Adicionalmente el 81% de las motocicletas desarrolla velocidades entre los 45 Km/h a 65 Km/h. Su distribución se evidencia en la ilustración 9:

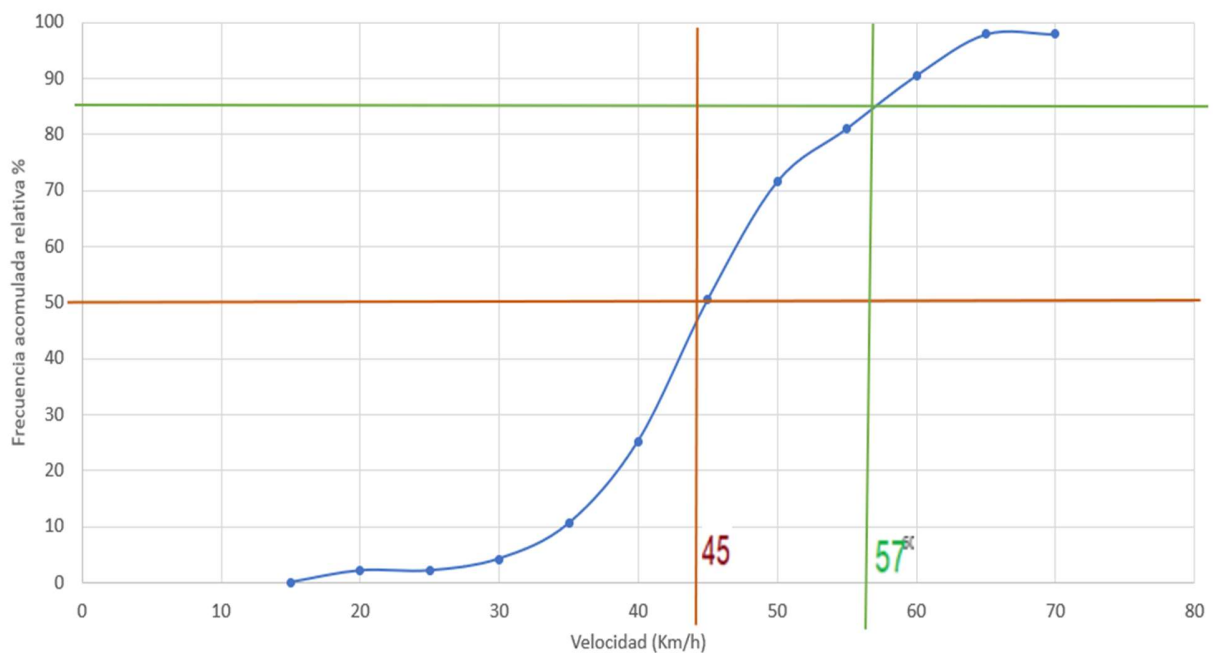
Ilustración 9: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia sentido Oriente- Occidente



Fuente: El Autor

Posteriormente se realiza un procedimiento estadístico riguroso y se realiza la curva de distribución de frecuencia acumulada que determina los percentiles de operación. La cual se evidencia en la Ilustración 10:

Ilustración 10: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia acumulada sentido Oriente- Occidente



Fuente: El Autor

La Ilustración 10 demuestra que el 85% de los vehículos desarrolla velocidades hasta 57 Km/h. Adicionalmente, la velocidad media del tramo es de 45 Km/h. Finalmente, menos del 10% de los vehículos transita a velocidades de 30 Km/h o inferiores.

En cuanto a su sentido opuesto se obtuvo la siguiente información:

- Sentido Occidente-Oriente

Para el análisis estadístico de velocidades se tomaron 158 datos en este sentido. Debido a la restricción de vehículos pesados en este sentido su volumen fue muy poco para tomar una cantidad de datos representativa por vehículo "35 datos". Sin embargo, se tomaron los máximos posibles.

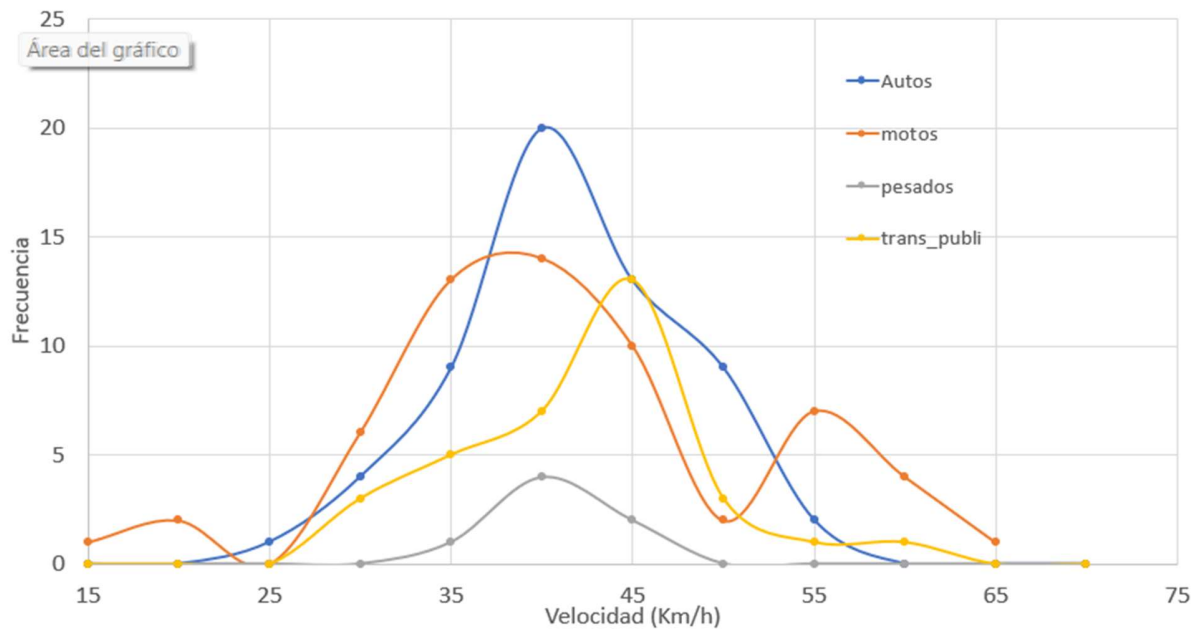
Tabla 4: Estudio de instalación de un resalto, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo. Sentido Occidente-Oriente

Rango velocidad (Km/h)	AUTOS	MOTOS	PESADOS	TRANS_PUBLI	total
0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	1
25	1	2	0	0	3
30	4	0	0	3	7
35	9	6	1	5	21
40	20	13	4	7	44
45	13	14	2	13	42
50	9	10	0	3	22
55	2	2	0	1	5
60	0	7	0	1	8
65	0	4	0	0	4
70	0	1	0	0	1
	0	0	0	0	0
suma	58	60	7	33	158

Fuente: El Autor.

En la tabla 4 se puede evidenciar la frecuencia de velocidades por tipo de vehículo en el sentido de estudio con 42 autos que desarrollan velocidades entre 40Km/h a 50 Km/h esto equivale al 72%. Adicionalmente el 62% de las motocicletas desarrolla esa misma velocidad. Su distribución se evidencia en la Ilustración 11:

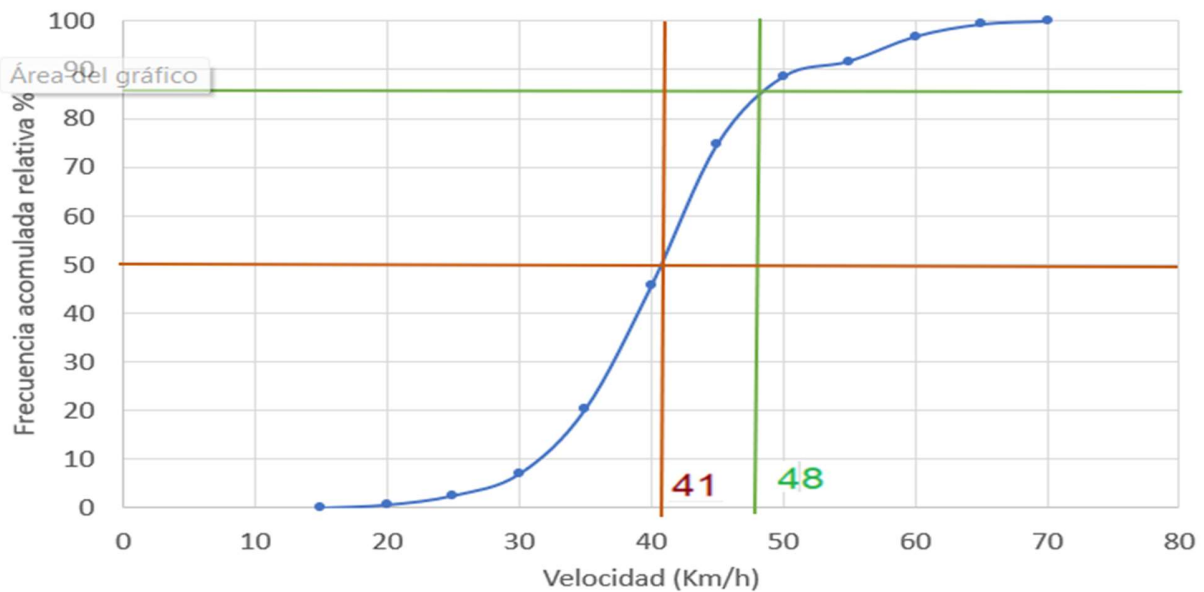
Ilustración 11: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia sentido Occidente-Oriente



Fuente: El Autor.

Posteriormente se realiza un procedimiento estadístico riguroso y se realiza la curva de distribución de frecuencia acumulada que determina los percentiles de operación. La cual se evidencia en la Ilustración 12:

Ilustración 12: Estudio de instalación de un resalto, curva de distribución de frecuencia acumulada sentido Occidente-Oriente



Fuente: El Autor.



La Ilustración 12 demuestra que el 85% de los vehículos desarrolla velocidades hasta 48 Km/h. Adicionalmente, la velocidad media del tramo es de 41 Km/h. Finalmente, menos del 10% de los vehículos transita a velocidades de 30 Km/h o inferiores.

#### 4.4. ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO.

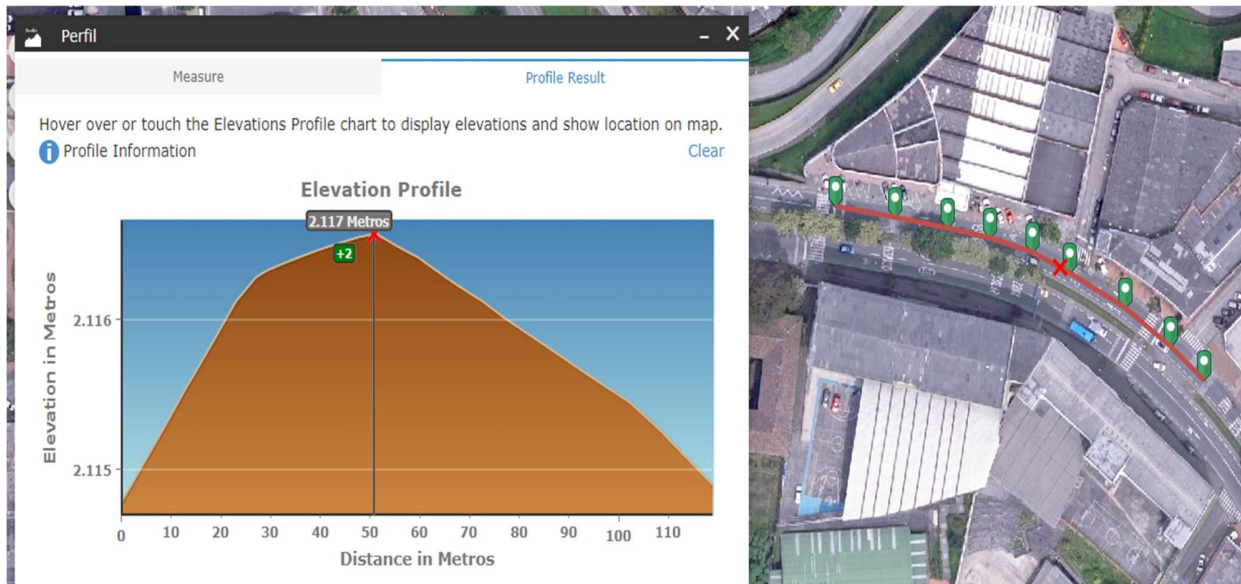
Uno de los criterios más importantes es la distancia de visibilidad de parada definida como “Es la distancia necesaria para que el conductor de un vehículo pueda detenerlo antes de llegar a un obstáculo que aparezca en su trayectoria al circular a la velocidad específica del elemento en el cual se quiere verificar esta distancia de visibilidad.” (Ministerio de Transporte, 2008)

Con la pretensión de brindar un paso más seguro a los peatones es necesario verificar si la distancia de visibilidad de parada cumple con las condiciones geométricas y de operación del tramo de estudio. Lo cual se muestra a continuación:

- Sentido Oriente-Occidente

La distancia de visibilidad de parada requiere como insumo las pendientes longitudinales de los tramos de estudio esta información se obtuvo mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales y se presenta en la ilustración 13:

Ilustración 13: Estudio de instalación de un resalto, Pendiente longitudinal sentido Oriente-Occidente



Fuente: Sistema de Información Geográfica de Manizales.

Con los datos de la ilustración 13 se realizó el cálculo su pendiente la cual es del 5%

Usando las ecuaciones y los parámetros del Manual de Diseño Geométrico (Ver anexo 8) la distancia de visibilidad y frenado se obtiene de la tabla 5 presentada a continuación:

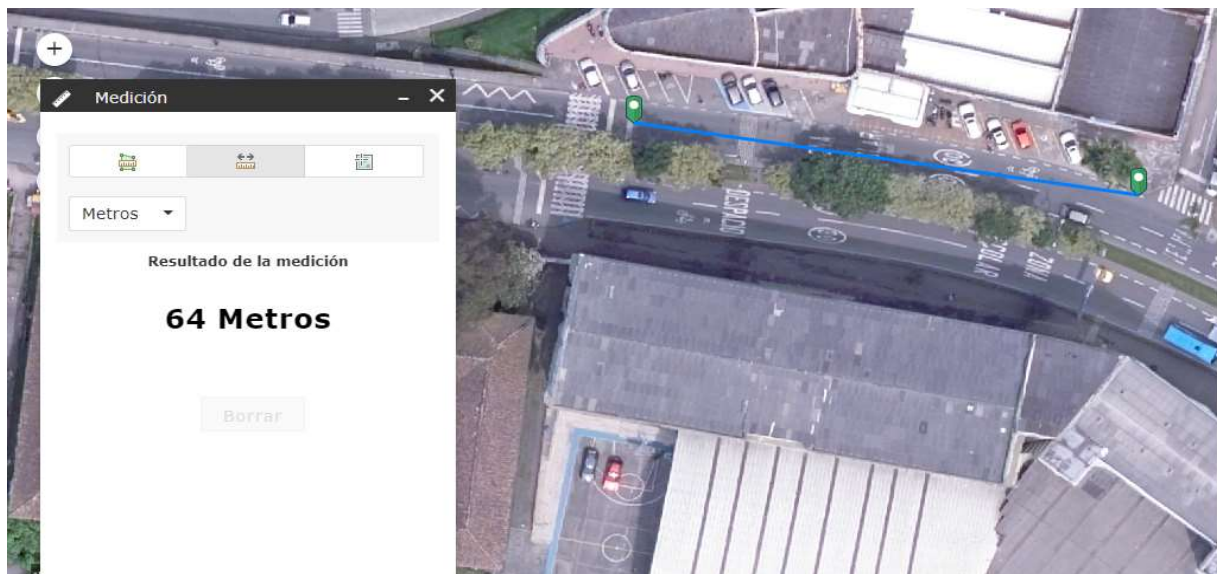
Tabla 5: Estudio de instalación de un resalto, distancia de frenado sentido oriente-occidente

CABLE-FUNDADORES	
Datos entrada	
Ve (Velocidad especifica elemento) (Km/h)	48
Tiempo percepcion-reaccion (seg) t	2.5
Rata desaceleracion (m/s <sup>2</sup> ) a	3.4
pendiente (%) P	5%
Distancia percepcion reaccion dpr (m)	33.40
d (Distancia recorrida durante frenado) (m)	26.17
<b>distancia visibilidad parada calculada A NIVEL (dp) (m)</b>	<b>59.57</b>
distancia visibilidad parada redondeada (dp) (m)	60.00
<b>distancia visibilidad parada calculada CON PENDIENTE (dp) (m)</b>	<b>59.53</b>

Fuente: El Autor.

Basado en la tabla 5 la distancia de visibilidad y de frenado mínima para la velocidad común desarrollada en el sentido Oriente-Occidente “El cable a fundadores” es de 60 metros. La distancia disponible en campo se muestra en la ilustración 14:

Ilustración 14: Estudio de instalación de un resalto, distancia de visibilidad sentido Oriente-Occidente “El Cable a Fundadores”



Fuente: Sistema de Información Geográfica de Manizales.

Teniendo en cuenta el estudio de velocidades realizado en el sentido Oriente-Occidente y el cálculo de distancia de visibilidad de parada (Tabla 5) junto con la distancia disponible

en campo (Ilustración 14) se establece que el tramo Oriente-Occidente cuenta con la distancia de visibilidad suficiente. por lo tanto, este sentido de circulación cumple con la normativa.

Para su sentido opuesto o contraflujo se expone lo siguiente:

- Sentido Occidente-Oriente

La distancia de visibilidad de parada requiere como insumo las pendientes longitudinales de los tramos de estudio esta información se obtuvo mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales y se presenta en la ilustración 15:

Ilustración 15: Estudio de instalación de un resalto, pendiente longitudinal sentido Occidente- Oriente “Fundadores a El Cable”



Fuente: Sistema de Información Geográfica de Manizales

Con los datos de la ilustración 15 se realizó el cálculo su pendiente la cual es del -4%.

Usando las ecuaciones y los parámetros del Manual de Diseño Geométrico (Ver anexo 8) la distancia de visibilidad y frenado se obtiene de la tabla 6 presentada a continuación:

Tabla 6: Estudio de instalación de un resalto, distancia de frenado sentido Occidente-Oriente “Fundadores a el cable”

FUNDADORES- CABLE	
Datos entrada	
Ve (Velocidad especifica elemento) (Km/h)	57
Tiempo percepcion-reaccion (seg) t	2.5
Rata desaceleracion (m/s <sup>2</sup> ) a	3.4
pendiente (%) P	-4%
Distancia percepcion reaccion dpr (m)	39.65
d (Distancia recorrida durante frenado) (m)	36.91
distancia visibilidad parada calculada A NIVEL (dp) (m)	76.56
distancia visibilidad parada redondeada (dp) (m)	75.00
distancia visibilidad parada calculada CON PENDIENTE (dp) (m)	76.52

Fuente: El Autor.

Basado en la tabla 6 la distancia de visibilidad y de frenado mínima para la velocidad común desarrollada en el sentido Occidente - Oriente "Fundadores a el cable" es de 77 metros. La distancia disponible en campo se muestra en la Ilustración 16 a continuación:

Ilustración 16: Estudio de instalación de un resalto, distancia de visibilidad sentido Occidente- Oriente "Fundadores a el cable"



Fuente: Sistema de Información Geográfica de Manizales. (2022)

Teniendo en cuenta el estudio de velocidades realizado en el sentido Occidente-Oriente y el cálculo de distancia de visibilidad de parada (Tabla 6) junto con la distancia disponible en campo (Ilustración 16) se establece que el tramo Occidente-Oriente cuenta con la distancia de visibilidad suficiente. por lo tanto, este sentido de circulación cumple con la normativa.

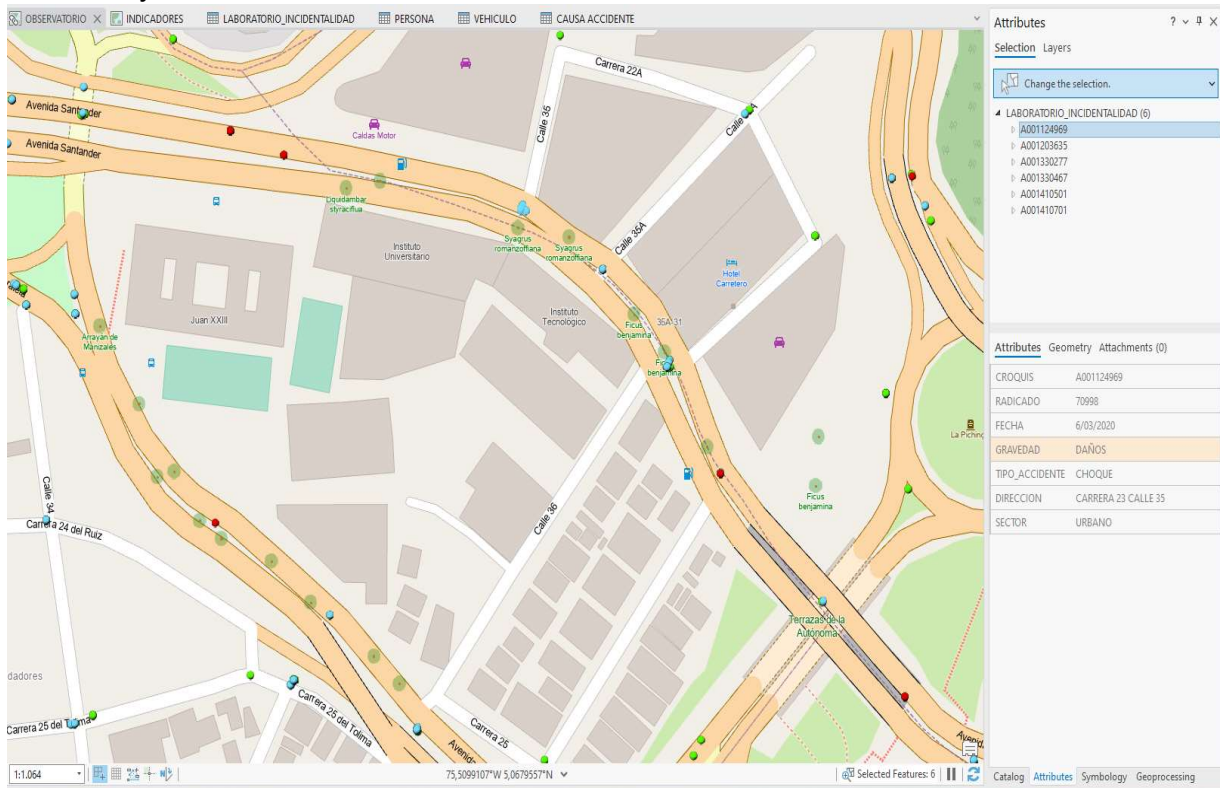
#### 4.5. ESTUDIO DE SINIESTRALIDAD

Afortunadamente en ese sector no existen decesos por siniestralidad vial. Sin embargo, los lesionados ocupan el 50% de los accidentes con un adicional del 30% por atropello. El restante son daños por choques.

Es necesario tomar medidas para disminuir los lesionados por atropello que en su mayor medida son peatones.

Basado en la información del Laboratorio de Siniestralidad de la Secretaría de Movilidad de Manizales se cuentan con los siguientes datos para el sector del objeto de estudio establecidos en la ilustración 17 y la tabla 7.

Ilustración 17: Estudio de instalación de un resalto, siniestralidad Avenida Santander con calles 35 y 36



Fuente: Observatorio de siniestralidad Secretaría de movilidad de Manizales. (2022)

Tabla 7: Estudio de instalación de un resalto, siniestralidad del punto de estudio

CROQUIS *	RADICADO	FECHA	GRAVEDAD	TIPO_ACCIDENTE
A000564602	62911	7/04/2017	DAÑOS	CHOQUE
A000630043	64086	18/09/2017	DAÑOS	CHOQUE
A000730570	64487	27/10/2017	DAÑOS	CHOQUE
A000959395	69060	25/06/2019	LESIONADO	CHOQUE
A001124969	70998	6/03/2020	DAÑOS	CHOQUE
A001203635	71746	8/10/2020	LESIONADO	ATROPELLO
A001330277	73759	20/09/2021	LESIONADO	ATROPELLO
A001330467	73881	25/10/2021	LESIONADO	ATROPELLO
A001410501	75307	2/05/2022	LESIONADO	CAIDA OCUPANTE
A001410701	75525	31/05/2022	DAÑOS	CHOQUE

Fuente: Observatorio de siniestralidad Secretaría de movilidad de Manizales. (2022)

#### 4.6. DETERMINACIÓN DEL SITIO Y UBICACIÓN DEL RESALTO

Teniendo en cuenta el estudio de diseño geométrico en el cual se garantizan en campo las distancias de visibilidad de parada con las velocidades del percentil 85 sustentadas en el numeral 4.3 de este informe. Por lo tanto, es viable la ubicación del resalto en el paso peatonal de la calle 36 como lo muestra la ilustración 18.

Ilustración 18: Ubicación del resalto



#### Punto de intervención

Fuente: El Autor mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales. (2022)

#### 4.7. CONCEPTO

El nivel de jerarquía en el tránsito y las tendencias globales ubican al peatón como eje principal de la movilidad para el cual se debe garantizar una infraestructura cómoda y segura para que realice sus desplazamientos. En la zona de estudio, el flujo peatonal es alto en periodos muy específicos y la accidentalidad es moderadamente baja teniendo en cuenta el tránsito tan alto que tiene el sector. Sin embargo, el nivel de riesgo para los peatones que hacen el cruce es bastante elevado por el desarrollo de grandes velocidades vehiculares, y su consecuencia nefasta en las probabilidades de supervivencia en condiciones de colisión con peatones.

Basado en los argumentos anteriores y en los resultados de este estudio es necesaria la intervención del punto mencionado.

Respecto a los resaltos el Manual de Señalización Vial se establece que “El resalto, según su diseño, es capaz de reducir la velocidad promedio hasta a 30 km/h, lo que los hace especialmente aptos para vías urbanas de carácter local y de uso de suelo predominantemente residencial y/o donde se ubican establecimientos educativos.” (Ministerio de Transporte, 2015)

Teniendo en cuenta el concepto anterior y el numeral 4.3 (Estudio de velocidades) de este estudio donde la velocidad crítica de aproximación al cruce peatonal “percentil 85” en los dos sentidos el máximo es de 57 km/h y en adición en el numeral 4.4 (Estudio de

diseño geométrico) el sector de estudio cuenta con las distancias de visibilidad pertinentes para realizar maniobras de frenado.

En concordancia con lo expuesto, ES VIABLE TÉCNICAMENTE LA INSTALACIÓN DE UN RESALTO POMPEYANO EN LOS DOS SENTIDOS DE CIRCULACIÓN EN EL PASO PEATONAL EXISTENTE FRENTE AL CONCESIONARIO RENAULT Y EN LA ESQUINA DEL INSTITUTO UNIVERSITARIO RESPECTIVAMENTE. También es necesario destacar, la implementación de la señalización pertinente antes de dar servicio al tránsito con los resaltos instalados.

## **5. ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA DE UNA CICLOBANDA EN LA AVENIDA ALBERTO MENDOZA HOYOS EN EL SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE “BOSQUE POPULAR – BATALLÓN”**

Debido a sus condiciones topográficas Manizales solo cuenta con dos vías principales que conectan el Centro-Oriente de la ciudad con el Occidente las cuales son la Vía Panamericana y la Avenida Alberto Mendoza Hoyos. Estas vías son el principal Acceso terrestre al municipio de Villamaría y el barrio la Enea tardando entre 25 a 30 minutos en un trayecto entre 9 a 10 kilómetros con el centro de la ciudad en condiciones normales. Uno de atractivos de la ciudad principalmente los fines de semana es el Bosque Popular el Prado, ya que ofrece una variedad de servicios recreativos y ocio como lo son golf, camping, piscina, restaurante, Down Hill entre otros. Por lo tanto, la demanda de viajes es amplia. Adicionalmente, el sector también cuenta con un gran uso residencial lo cual mantiene el flujo de viajes y el dinamismo de la zona los días entre semana.

El tramo de estudio es de 3 kilómetros con origen en el Batallón Ayacucho y destino el Bosque Popular el Prado. Este tramo presenta varias singularidades una de ellas es que solo existe infraestructura peatonal a un costado del desarrollo vial y no a ambos costados como es habitual. Adicionalmente, este tramo vial está ubicado en una zona montañosa la cual sugiere en su diseño geométrico un desarrollo de grandes pendientes lo cual es benéfico para los ciclistas que se desplazan en sentido Occidente-Oriente ya que en descenso pueden desarrollar grandes velocidades sin requerir ningún esfuerzo físico incluso igualando su velocidad con los vehículos particulares. Y contraproducente en el sentido opuesto (ascenso) ya que el esfuerzo físico es tan alto que personas mayores de 50 años con condición física baja no optan por hacer este desplazamiento en bicicleta desincentivando su uso. Finalmente, las personas que deciden ascender en bicicleta no usan la calzada vehicular ya que la sinuosidad de la vía y el desarrollo de grandes velocidades por el parque automotor les genera una sensación de riesgo muy alta. Por esta razón optan por realizar este desplazamiento en el andén, compartiendo de esta manera infraestructura con el peatón.

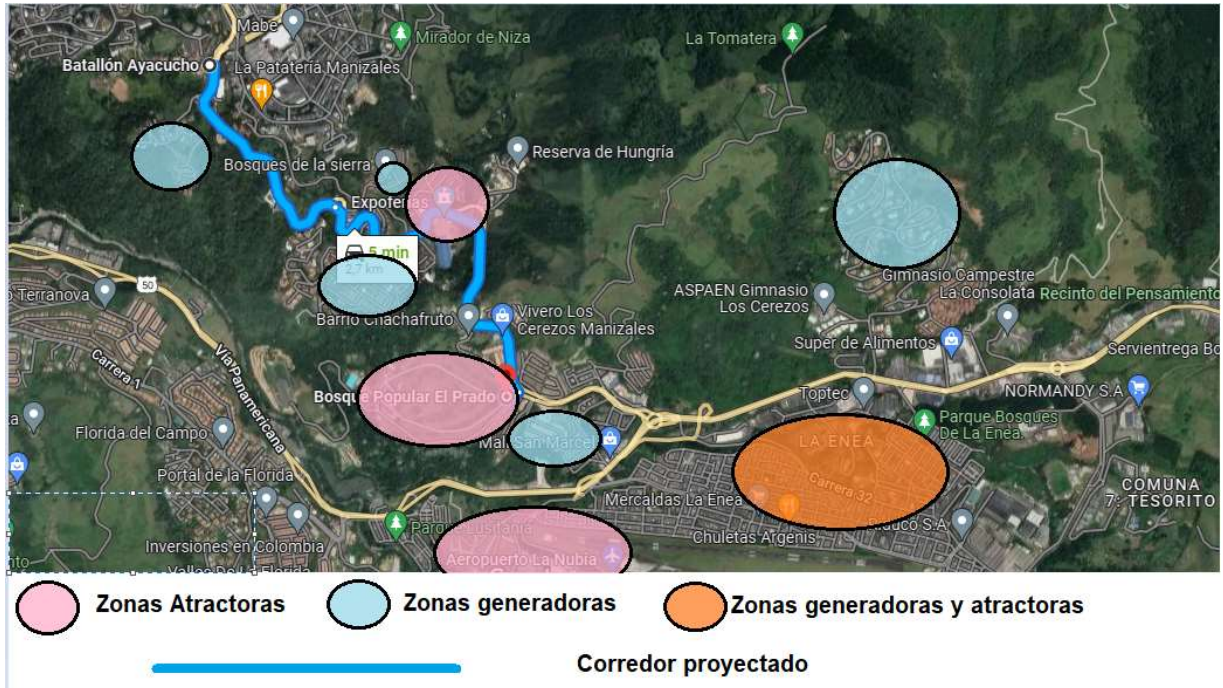
La finalidad de este estudio es determinar si es posible técnicamente el desarrollo de una infraestructura compartida entre peatones y ciclistas con la finalidad de salvaguardar la vida y disminuir la siniestralidad entre ciclistas y vehículos particulares.

### **5.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA**



Para establecer la viabilidad de algún tipo de ciclo-infraestructura se deben identificar las zonas de influencia donde se genere o atraiga el mayor flujo de viajes en bicicleta posible. Estas se presentan en la ilustración 19:

Ilustración 19: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, descripción de la zona de estudio.



Fuente: El Autor, mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales.

El área de influencia del estudio se caracteriza por tener zonas atractoras y generadoras de viajes entre las cuales se encuentran:

Atractoras:

- Bosque Popular el Prado
- Expoferias
- Aeropuerto la Nubia

Generadoras:

- Conjunto sierra verde
- Barrio Chachafruto
- Condominio Rincón del Trébol
- Conjunto cerrado San Marcel

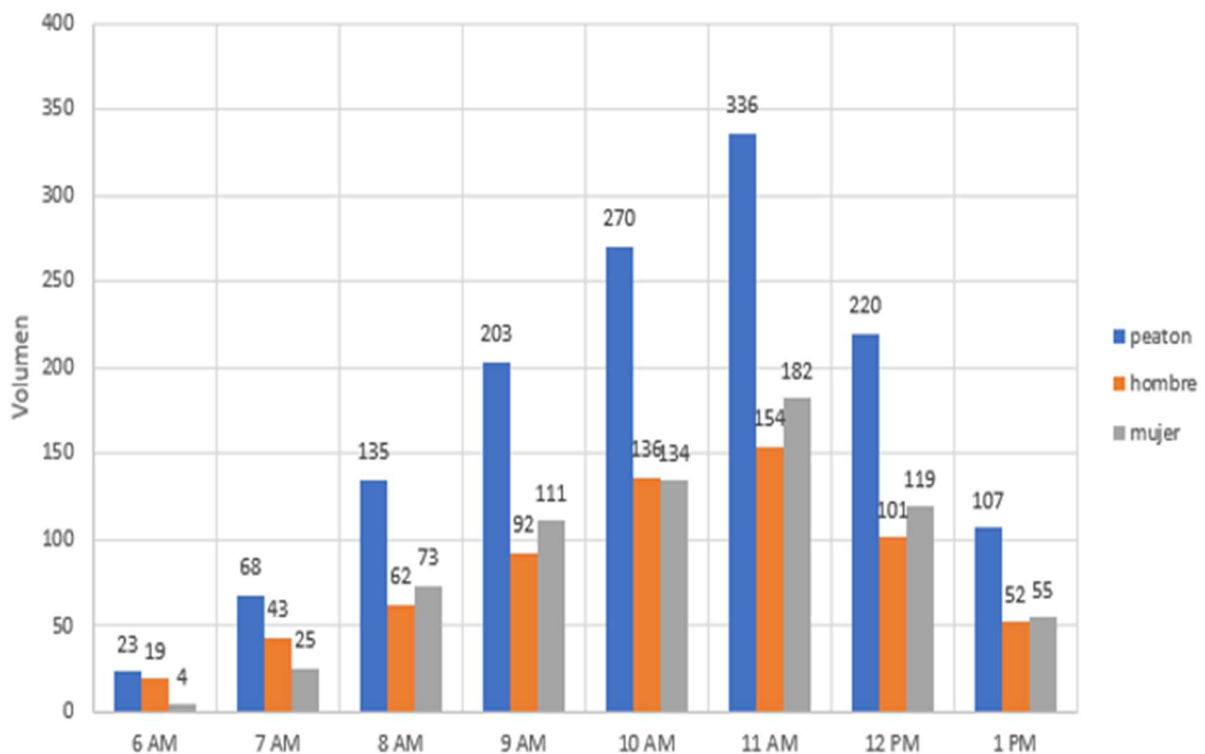
Atractoras y generadoras

- Barrio la Enea.

## 5.2. ESTUDIO PEATONAL

Se tomaron datos simultáneamente con el volumen vehicular, los dos puntos de más afluencia peatonal se produjeron en el batallón y el bosque popular. En total en el tramo se movilizaron 2031 peatones de los cuales el 51% son mujeres y el 49% son hombres. Los datos se discretizaron por el sentido de circulación peatonal y por género, los cuales se presentan en la Ilustración 20 y 21:

Ilustración 20: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución peatonal horaria sentido Occidente-Oriente

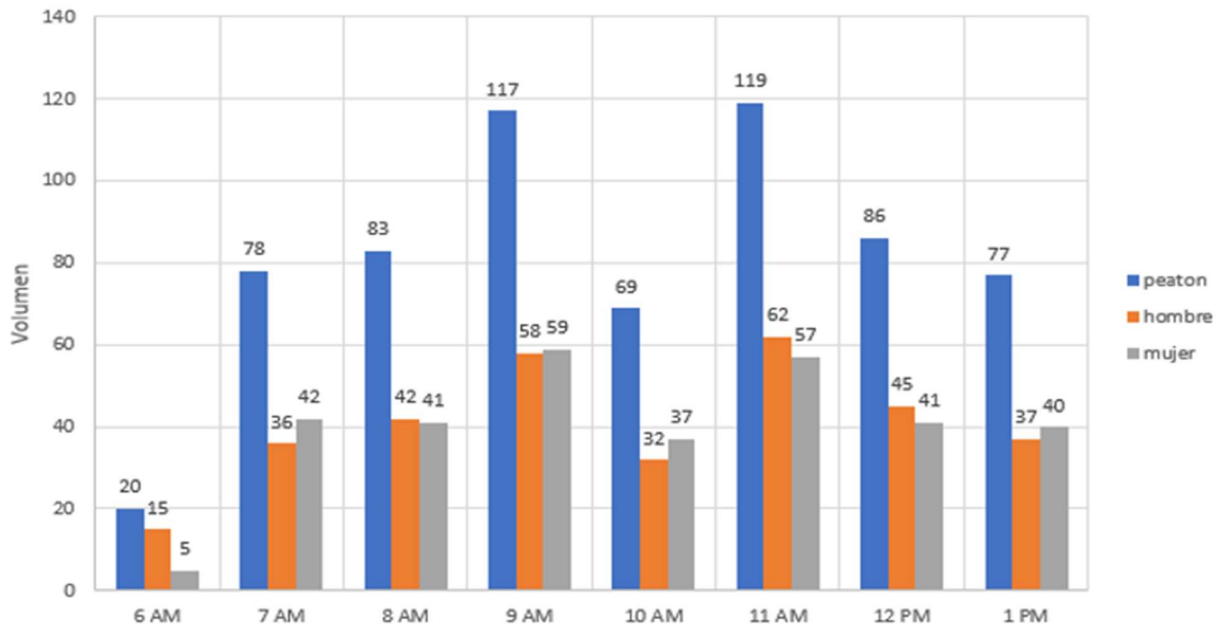


Fuente: El Autor.

La ilustración 20 muestra que en el sentido Occidente-Oriente se movilizaron 1362 peatones que en promedio equivale a 170 peatones/hora. Sin embargo, la hora con mayor flujo peatonal se encuentra a las 11AM con 336 peatones equivalente al 24% de los peatones movilizadas durante el tiempo de aforo. Finalmente, su composición es 51.6% mujeres y 48.4% hombres.

La distribución de su contraflujo se evidencia en la Ilustración 21:

Ilustración 21: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución peatonal horaria sentido Oriente- Occidente



Fuente: El Autor.

La ilustración 21 muestra que en el sentido Oriente-Occidente se movilizaron 649 peatones que en promedio equivale a 81 peatones/hora. Sin embargo, la hora con mayor flujo peatonal se encuentra a las 11 AM con 119 peatones equivalente al 18% de los peatones movilizadas durante el tiempo de aforo. Adicionalmente, su composición es 51% mujeres y 49% hombres. Finalmente, se evidencio que los ciclistas usan la infraestructura peatonal para realizar el desplazamiento de ascenso sentido Oriente-Occidente “Bosque popular-Batallón” ya que se sienten más seguros respecto al tránsito por la calzada.

### 5.3. ESTUDIO VEHICULAR

Este estudio se realizó en simultaneo con el estudio peatonal, se tomaron los dos sentidos de circulación. El tránsito se discretizó en Autos, Bicicletas, Buses, Camiones (C2G) y Motocicletas. En total en el tiempo aforado se movilizaron en el sector de estudio 13335 veh/mixtos. Es necesario destacar que las bicicletas aforadas en este numeral usaron exclusivamente la calzada vehicular para realizar sus desplazamientos.

Sus resultados por sentido de circulación se presentan a continuación.

- Sentido en descenso Occidente-Oriente “Batallón - Bosque popular”

El resumen de los datos tomados en campo en el sentido Occidente-Oriente se presentan en la tabla 8:

Tabla 8: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario y total general sentido Occidente-oriente

Etiquetas de fila <input type="text"/>	AUTO	BICICLETA	BUS	C-2G	MOTO	Total general
+ 6 AM	100	34	16	2	74	226
+ 7 AM	231	130	29	8	113	511
+ 8 AM	262	109	35	3	101	510
+ 9 AM	441	78	33	9	193	754
+ 10 AM	591	67	33	3	178	872
+ 11 AM	746	30	37	3	227	1043
+ 12 PM	852	35	47	4	290	1228
+ 1 PM	783	18	34	3	268	1106
<b>Total general</b>	<b>4006</b>	<b>501</b>	<b>264</b>	<b>35</b>	<b>1444</b>	<b>6250</b>

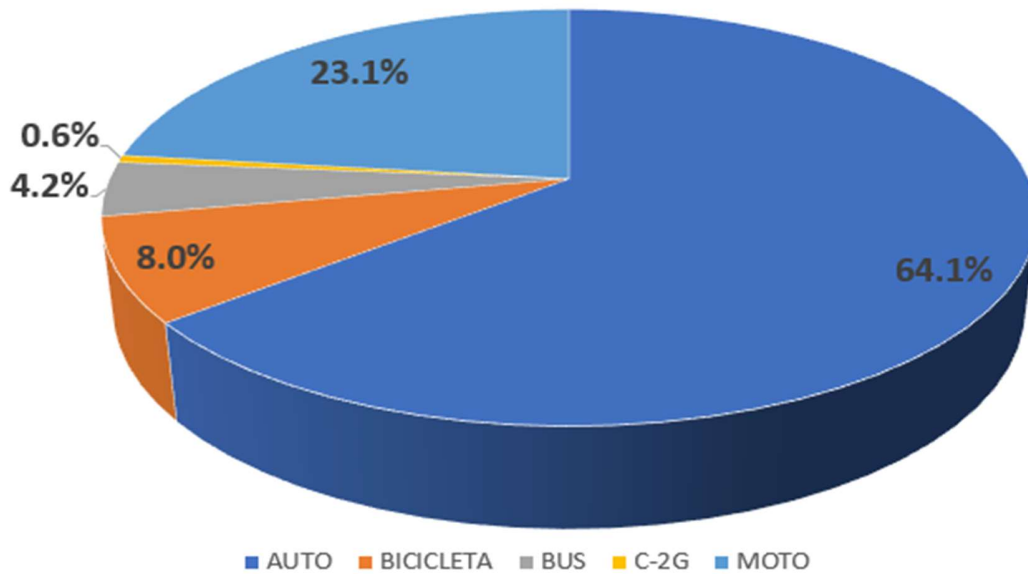
Fuente: El Autor

Basado en la tabla 8 en total se movilizaron durante el tiempo aforado 6250 vehículos mixtos lo cual equivale a un promedio de 781 vehículos mixtos/ hora, su composición es la siguiente y se evidencia en la ilustración 23:

- 64.1% vehículo particular
- 23.1% motocicleta
- 4.2 % Transporte público
- 8% Bicicleta
- 0.6% vehículos de carga C2G principalmente.

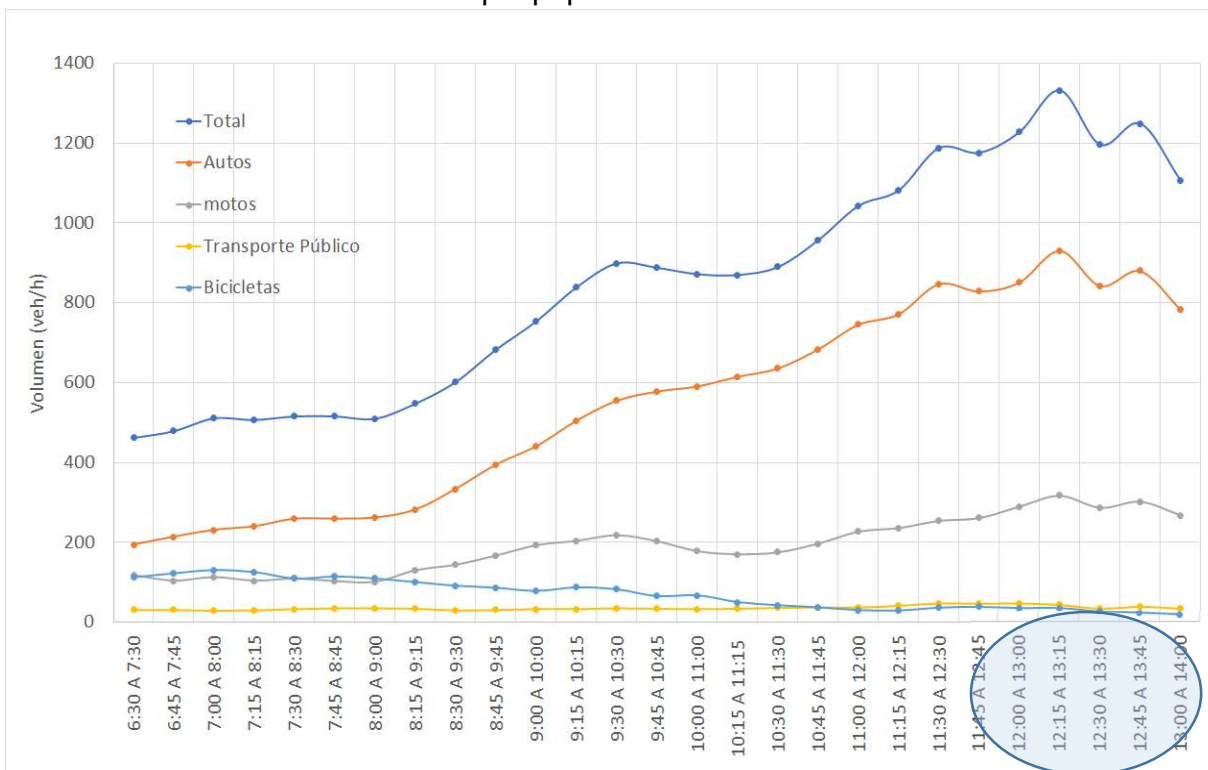
Para encontrar el periodo de máxima demanda se realiza un análisis de flujo horario que permita visualizar el comportamiento de los vehículos a través del tiempo. En la ilustración 24 se puede evidenciar que el tránsito tiene un comportamiento creciente entre 8 AM a 12PM especialmente autos y motocicletas con un volumen de 852veh/h y 290 veh/h respectivamente.

Ilustración 22: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, composición vehicular Occidente-Oriente “Batallón - Bosque popular”



Fuente: El Autor.

Ilustración 23: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario Occidente-Oriente “Batallón - Bosque popular”



Fuente: El Autor.

- Sentido en ascenso Oriente-Occidente “Bosque popular - Batallón”

El resumen de los datos tomados en campo en el sentido Occidente-Oriente se presentan en la tabla 9:

Tabla 9 : Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario y total general sentido Oriente-Occidente

Etiquetas de fila <input type="button" value="v"/>	AUTO	BICICLETA	BUS	C-2G	MOTO	Total general
⊕ 6 AM	68	4	21	1	50	144
⊕ 7 AM	276	20	35	1	93	425
⊕ 8 AM	274	43	42	4	78	441
⊕ 9 AM	457	58	38	4	75	632
⊕ 10 AM	657	42	31	1	125	856
⊕ 11 AM	743	31	36	7	199	1016
⊕ 12 PM	750	24	36	14	281	1105
⊕ 1 PM	986	5	49	5	347	1392
<b>Total general</b>	<b>4211</b>	<b>227</b>	<b>288</b>	<b>37</b>	<b>1248</b>	<b>6011</b>

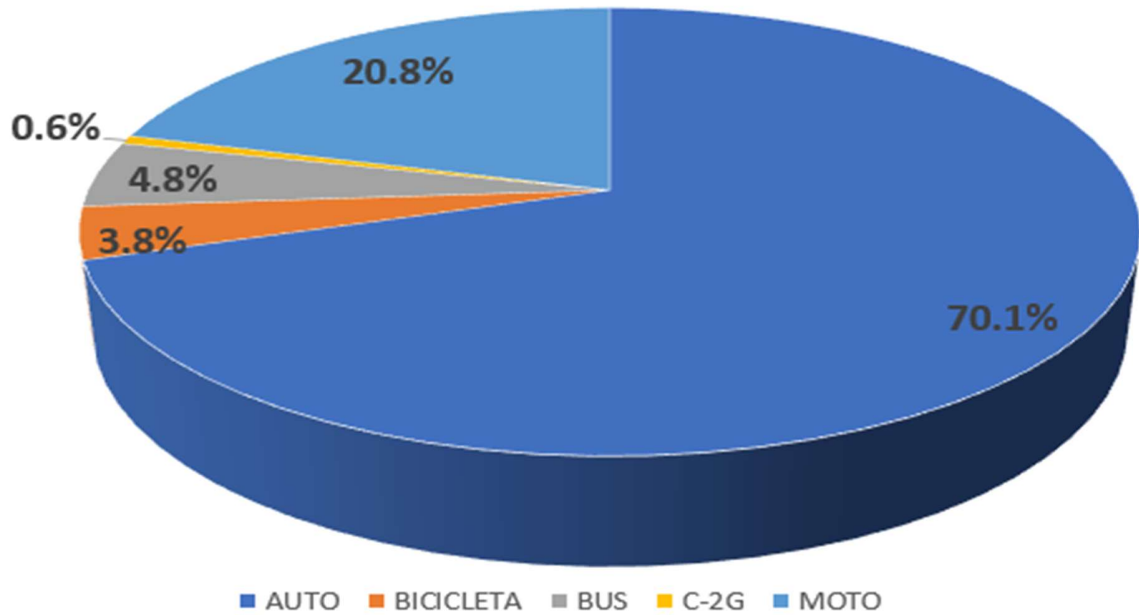
Fuente: El Autor.

Basado en la tabla 9 el total se movilizaron durante el tiempo aforado 6011 vehículos mixtos lo cual equivale a un promedio de 751 vehículos mixtos/ hora, su composición es la siguiente y se evidencia en la Ilustración 25:

- 70% vehículo particular
- 21% motocicleta
- 5% Transporte publico
- 4% Bicicleta
- 1% vehículos de carga C2G principalmente.

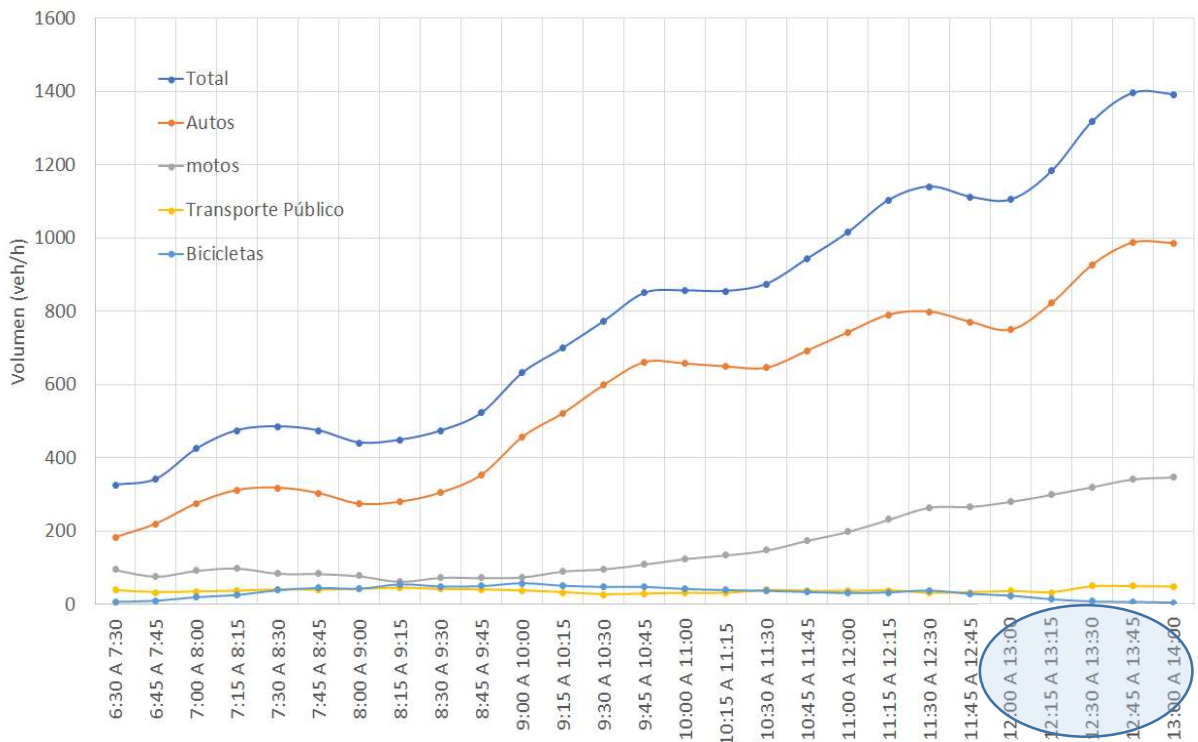
Para encontrar el periodo de máxima demanda se realiza un análisis de flujo horario que permita visualizar el comportamiento de los vehículos a través del tiempo. En la ilustración 26 se puede evidenciar que el tránsito tiene un comportamiento creciente entre 9 AM y su tendencia se prolonga hasta las 2 PM en la hora de máxima demanda de 12:15 a 1:15 PM se movilizaron 986 autos, 347 motos y 49 buses.

Ilustración 24: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Composición vehicular Oriente-Occidente



Fuente: El Autor.

Ilustración 25: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, volumen vehicular horario Oriente-Occidente.



Fuente: El Autor.

#### 5.4. ESTUDIO DE CIRCULACIÓN DE BICICLETAS Y SU RELACIÓN CON LOS PEATONES EN EL TRAMO DE ESTUDIO.

Como se estableció en el numeral 5.2 del estudio peatonal, una apreciación en campo fue la presencia de ciclistas haciendo uso de la infraestructura peatonal para realizar el desplazamiento de ascenso sentido Oriente-Occidente “Bosque popular-Batallón”. El principal argumento basado en sondeos a los ciclistas es que se sienten más seguros transitando por la zona peatonal debido a que la velocidad de ascenso que desarrollan es muy inferior a la vehicular. Seguido que el trazado de la vía consecuencia de la topografía del sector, desarrolla curvas muy cerradas que permiten gran velocidad vehicular y poca visibilidad lo cual los hace más vulnerables a siniestros viales. Este comportamiento se muestra desde la ilustración 27 a 29.

Ilustración 26: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, evidencia de campo 1



Fuente: El Autor.

Ilustración 27: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, evidencia de campo 2



Fuente: El Autor.



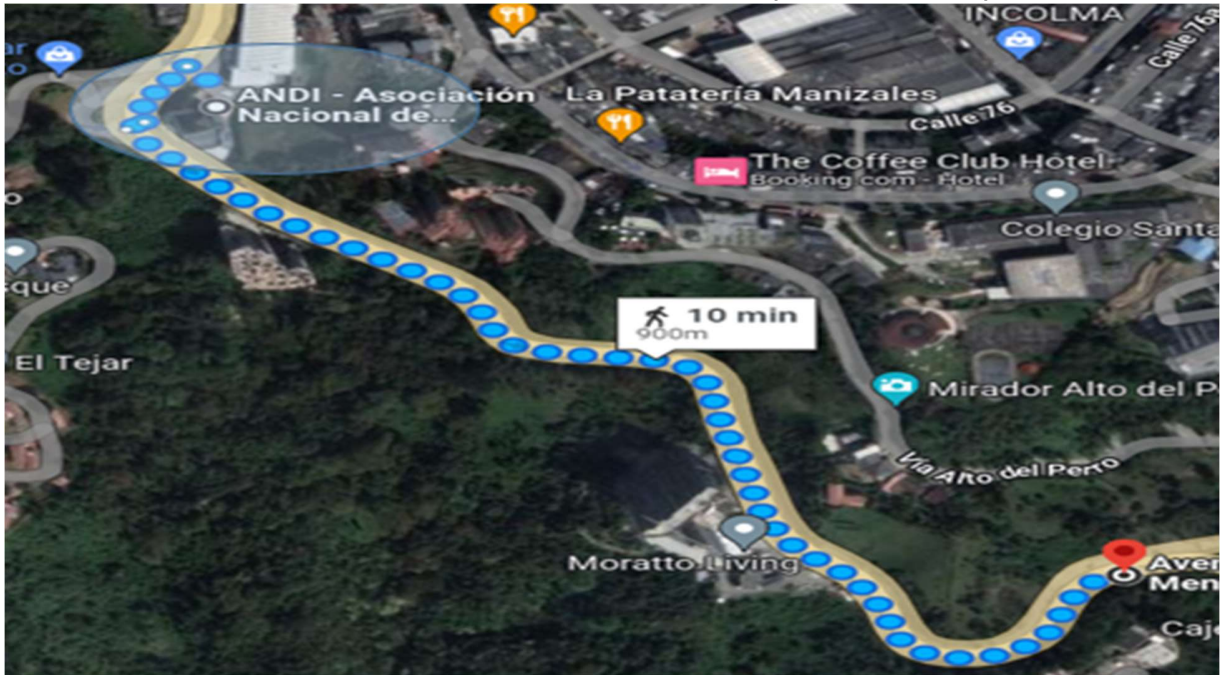
Ilustración 28: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, evidencia de campo 3



Fuente: El Autor.

Para cuantificar el comportamiento compartido entre ciclistas y peatones se realizaron conteos en el sector definiendo un tramo crítico el cual se encuentra en Asociación Nacional de Industriales (ANDI) el cual se muestra en la ilustración 30:

Ilustración 29: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, punto conflicto peatón- bicicleta.



Fuente: El Autor, Mediante Google Maps.

El punto presentado en la ilustración 30 es el más crítico ya que se encuentra en un rango admisible de tolerancia de caminata “10 a 15 minutos” entre el batallón y la zona residencial del sector, lo cual fomenta los desplazamientos a pie. Sin embargo, es necesario destacar que debido a la poca densidad del sector en el tramo cualquier viaje que tome más de 15 min o 2 kilómetros es sensible a la caminata por lo cual el transporte público es una opción más atractiva.

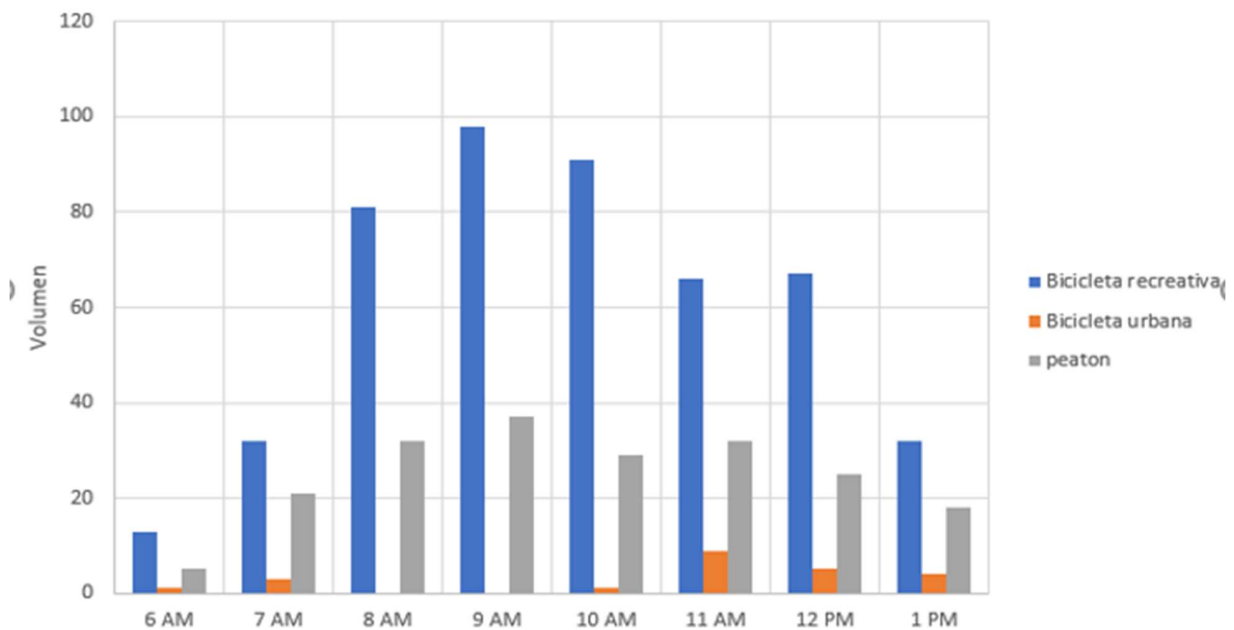
Los resultados tomados en campo se exponen en la tabla 10 y las ilustraciones 30 y 31:

Tabla 10: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, datos del punto crítico.

HORA	BICICLETA RECREATIVA	BICICLETA URBANA	PEATON
6 AM	13	1	5
7 AM	32	3	21
8 AM	81	0	32
9 AM	98	0	37
10 AM	91	1	29
11 AM	66	9	32
12 PM	67	5	25
1 PM	32	4	18
<b>Total general</b>	<b>480</b>	<b>23</b>	<b>199</b>

Fuente: El Autor.

Ilustración 30: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, variación horaria peatones y bicicletas en el tramo crítico.

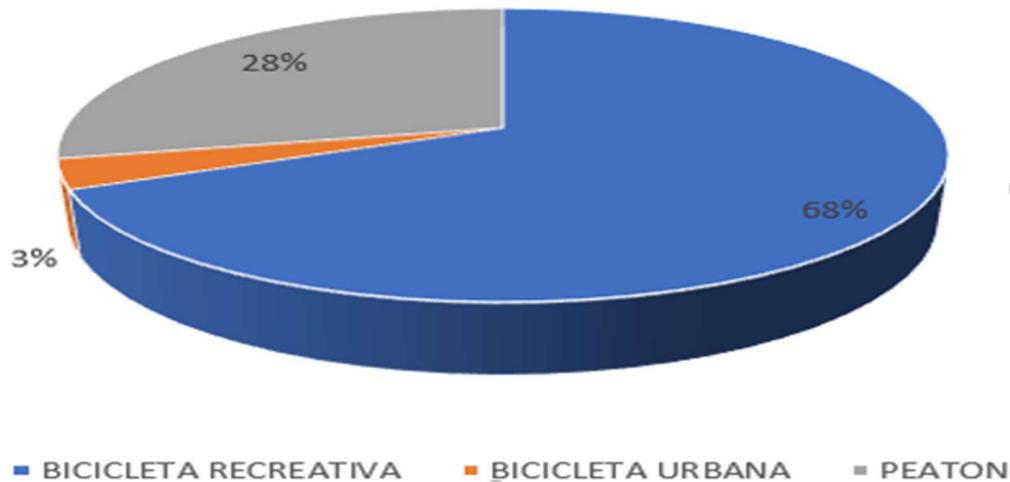


Fuente: El Autor

Basado en la ilustración 30 el horario de máxima demanda es el mismo entre peatones y ciclistas (8AM a 10AM) lo cual es muy diciente en cuanto a las probabilidades de colisión si usan infraestructura compartida.

Su composición se presenta en la ilustración 31:

Ilustración 31: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, composición de uso infraestructura peatonal



Fuente: El Autor.

En la ilustración 31 es interesante observar que el 71% de la infraestructura destinada para el uso peatonal es usada por ciclistas y el restante por peatones. Lo anterior demuestra una necesidad de infraestructura para el uso de la bicicleta lo cual plantea la posibilidad de segregar el andén existente para que sea compartido con el peatón.

Una observación es que en el sentido Occidente -Oriente “Batallón - Bosque Popular” el cual es en descenso, los ciclistas hacen uso de la calzada ya que son conscientes de la alta velocidad que desarrollan incluso igual o mayor a la vehicular y sus consecuencias nefastas en cuanto a la colisión con los transeúntes si usan la infraestructura peatonal.

## 5.5. ESTUDIO DE VELOCIDADES

Se tomaron datos de velocidades en los dos sentidos de circulación con la finalidad de conocer la velocidad desarrollada más frecuente “percentil 85” y su velocidad media “percentil 50” los resultados se presentan a continuación:

- Sentido de ascenso Oriente- Occidente “Bosque Popular- Batallón”

Para el análisis estadístico de velocidades se tomaron 140 datos en este sentido. Los cuales se muestran en la Tabla 11:

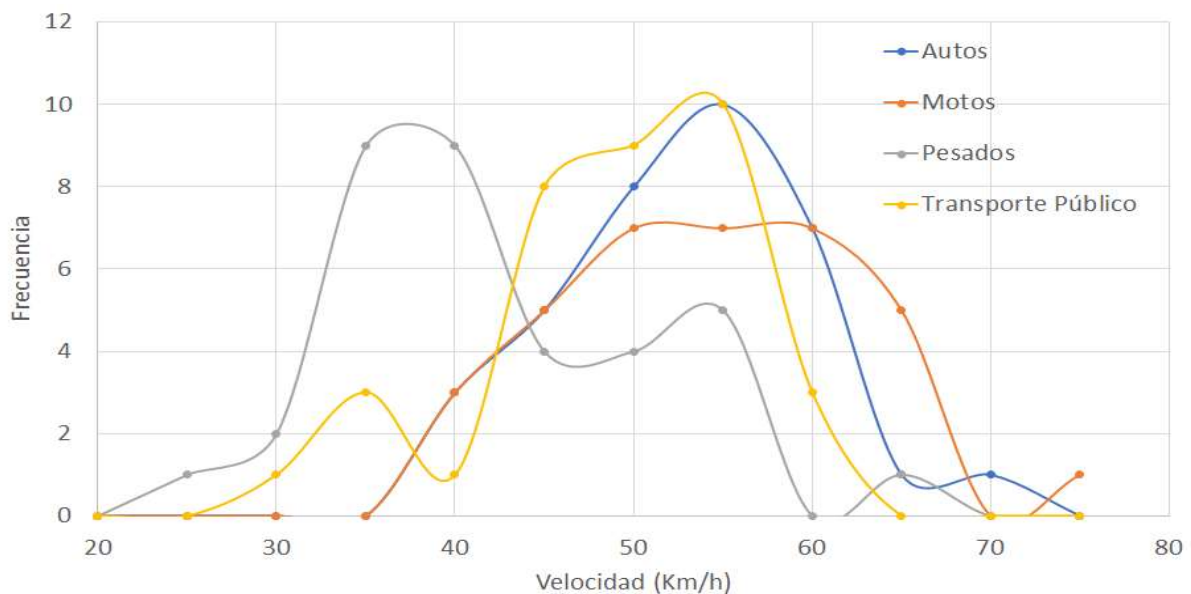
Tabla 11: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo

Rango vel	AUTOS	MOTOS	PESADOS	TRANS_PUBLI	TOTAL
20	0	0	0	0	0
25	0	0	1	0	1
30	0	0	2	1	3
35	0	0	9	3	12
40	3	3	9	1	16
45	5	5	4	8	22
50	8	7	4	9	28
55	10	7	5	10	32
60	7	7	0	3	17
65	1	5	1	0	7
70	1	0	0	0	1
75	0	1	0	0	1
SUMA	35	35	35	35	140

Fuente: El Autor.

En Ilustración 32, se puede evidenciar el desarrollo de grandes velocidades en el sentido de estudio con 25 autos que desarrollan velocidades entre 50Km/h a 60 Km/h esto equivale al 71% de los autos. Adicionalmente el 74% de las motocicletas desarrolla velocidades entre los 50 Km/h a 65 Km/h. Su distribución se evidencia en la ilustración 32:

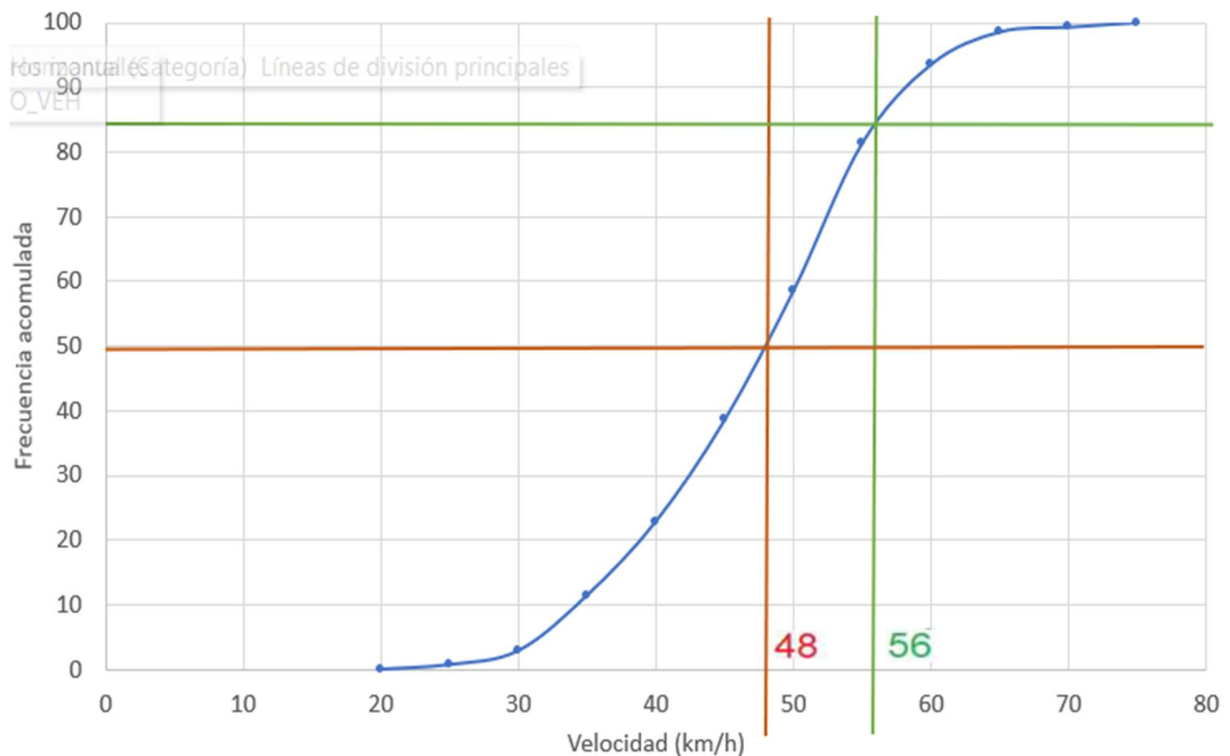
Ilustración 32: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo sentido en ascenso “Batallón- Bosque Popular”



Fuente: El Autor.

Posteriormente se realiza un procedimiento estadístico riguroso y se realiza la curva de distribución de frecuencia acumulada que determina los percentiles de operación. La cual se evidencia en la Ilustración 33:

Ilustración 33: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, curva de distribución de frecuencia acumulada sentido Occidente-Oriente



Fuente: El Autor

La ilustración 33 demuestra que el 85% de los vehículos desarrolla velocidades hasta 56 Km/h. Adicionalmente, la velocidad media del tramo es de 48 Km/h. Finalmente, menos del 10% de los vehículos transita a velocidades de 30 Km/h o inferiores.

Las velocidades de su contraflujo se presentan a continuación:

- Sentido descenso Oriente- Occidente “Batallón- Bosque popular”

Para el análisis estadístico de velocidades se tomaron 133 datos en este sentido. En la tabla 12 se puede evidenciar la frecuencia de velocidades por tipo de vehículo en el sentido de estudio con 24 autos que desarrollan velocidades entre 45Km/h a 55 Km/h esto equivale al 69%. Adicionalmente el 57% de las motocicletas desarrolla esa misma velocidad.

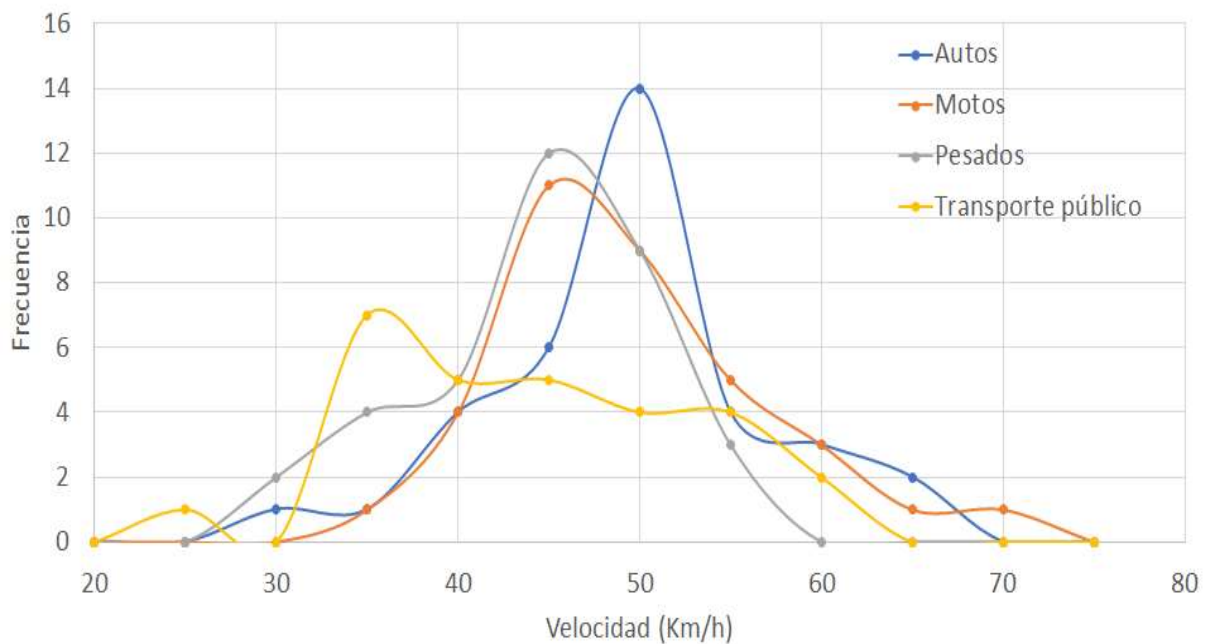
Tabla 12: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, distribución de frecuencia de velocidades por tipo de vehículo.

Rango vel	AUTO	MOTO	PESADO	TRANS_PU	TOTAL
20	0	0	0	0	0
25	0	0	0	1	1
30	1	0	2	0	3
35	1	1	4	7	13
40	4	4	5	5	18
45	6	11	12	5	34
50	14	9	9	4	36
55	4	5	3	4	16
60	3	3	0	2	8
65	2	1	0	0	3
70	0	1	0	0	1
75	0	0	0	0	0
SUMA	35	35	35	28	133

Fuente: El Autor

Su distribución se evidencia en la ilustración 34:

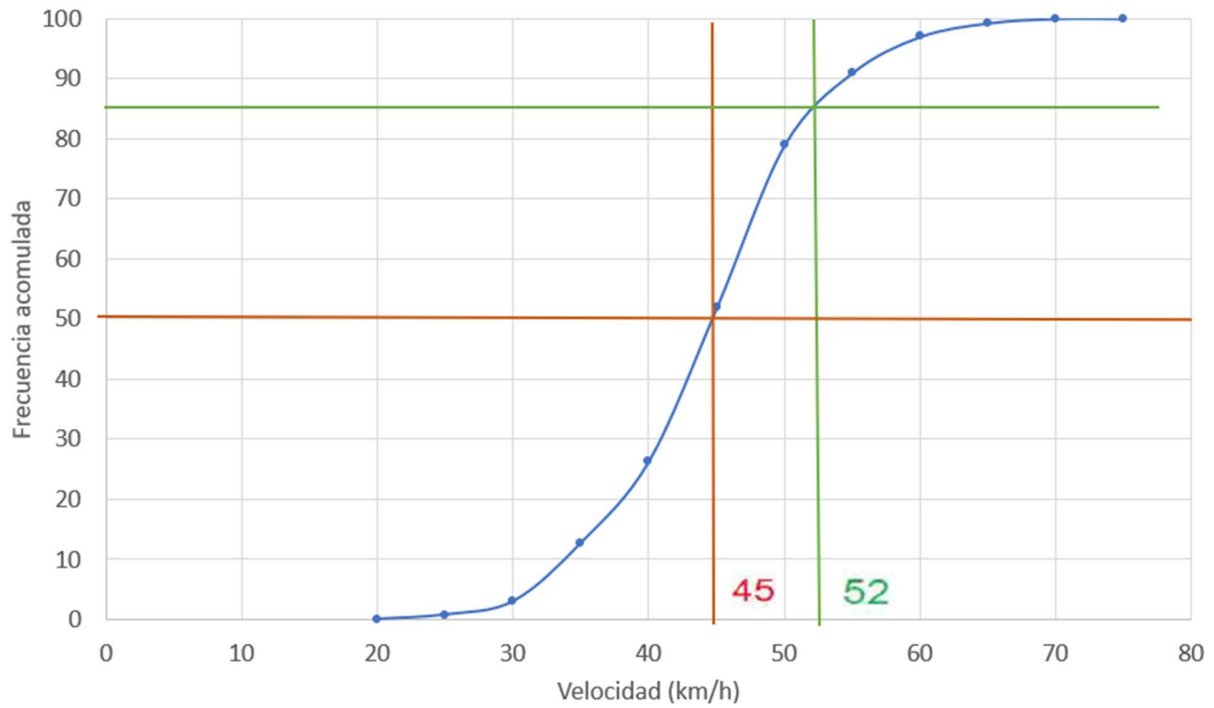
Ilustración 34: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, curva de distribución de frecuencia.



Fuente: El Autor.

Posteriormente se realiza un procedimiento estadístico riguroso y se realiza la curva de distribución de frecuencia acumulada que determina los percentiles de operación. La cual se evidencia en la Ilustración 35:

Ilustración 35: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, curva de distribución de frecuencia acumulada



Fuente: El Autor.

La ilustración 35, demuestra que el 85% de los vehículos desarrolla velocidades hasta 52 Km/h. Adicionalmente, la velocidad media del tramo es de 45 Km/h. Finalmente, menos del 10% de los vehículos transita a velocidades de hasta 30 Km/h.

Es irónico que en los datos el sentido de descenso desarrolle una velocidad levemente menor que su contraflujo teniendo la pendiente a su favor este fenómeno puede corresponder al comportamiento preventivo del conductor y su frenado constante para no perder el control del vehículo en una vía sinuosa.

## 5.6. IMPACTO DE LA VELOCIDAD EN LA SEGREGACIÓN DEL ANDÉN Y SU USO COMPARTIDO CON LA BICICLETA.

Teniendo en cuenta las bases actuales de la movilidad urbana sería un sacrilegio reducir la infraestructura peatonal para compartirla con las bicicletas. Sin embargo, el comportamiento particular del sector, la alta sensación de inseguridad al compartir infraestructura con los vehículos, la apropiación de este espacio por los ciclistas sin necesidad de una segregación latente y las condiciones topográficas posibilitan una intervención para hacer más armónica la interacción entre estos actores viales en una infraestructura compartida.

Uno de los principales factores que afecta la armonía entre estos actores viales es la velocidad, por lo tanto, es necesario conocer las velocidades desarrolladas por los ciclistas en diferentes condiciones. Estas se muestran en la tabla 13:

Tabla 13: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, velocidades desarrolladas por un ciclista.

	Ciclista promedio	Ciclista profesional
<b>Velocidad media en terreno plano</b>	29km/h	42km/h
<b>Velocidad promedio en subida con 5% de inclinación</b>	15km/h	24km/h
<b>Velocidad promedio en subida con 8% de inclinación</b>	11km/h	19km/h
<b>Velocidad en un descenso</b>	75-83km/h	111-130km/h

Fuente: (Guevara, 2022)

Para definir la velocidad de ascenso en base a la pendiente del terreno expresado en la tabla 13. Es necesario conocer la pendiente del corredor en estudio la cual se muestra en la ilustración 36.

Ilustración 36: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, trazado del corredor crítico.



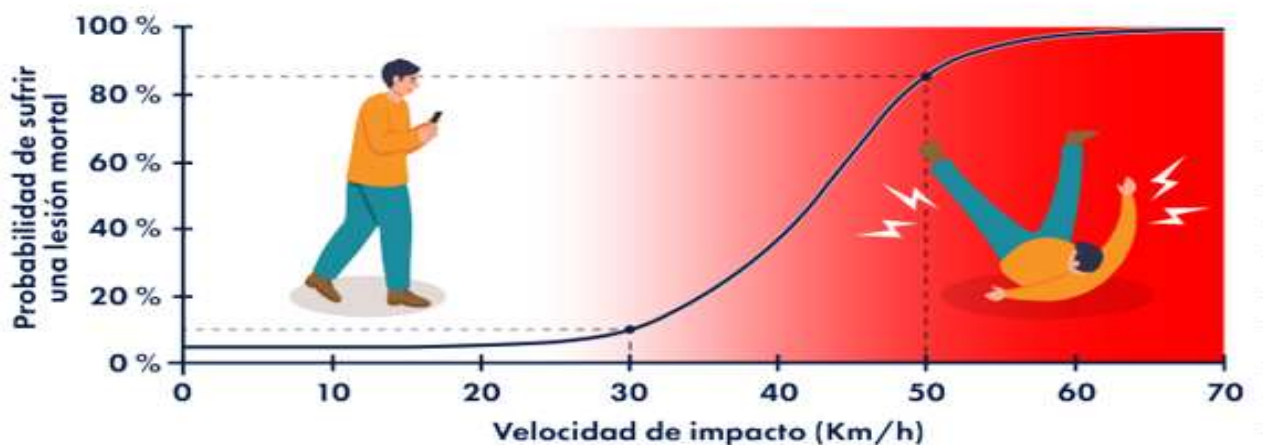
Fuente: Sistema de Información Geográfica de Manizales



Basado en la ilustración 36, La pendiente máxima del tramo crítico es del 25%, la mínima es del 3% y en promedio su pendiente es del 7%. Con este dato y la tabla 13 se puede establecer que un ciclista promedio desarrolla una velocidad máxima en ascenso de 11 km/h

La Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) en su guía práctica de sensibilización en velocidad establece la probabilidad que tienen los peatones de sobrevivir a choques frontales presentada en la ilustración 37:

Ilustración 37: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Probabilidad de sufrir una lesión mortal para un peatón atropellado por un vehículo



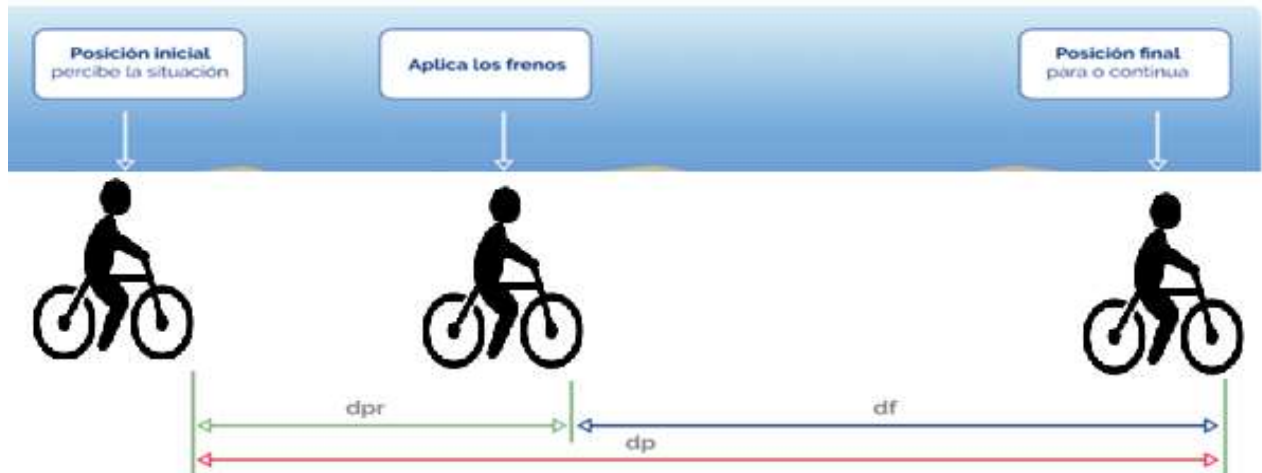
Fuente: (Agencia Nacional de Seguridad Vial , 2022)

Según la ilustración 37, La probabilidad de sufrir una lesión mortal crece exponencialmente cuando la velocidad de colisión excede los 30 Km/h, La velocidad de un ciclista en ascenso es de 11km/h. Si bien existe el riesgo de colisión en una infraestructura compartida, el impacto que produce a los peatones no es letal ya que la velocidad desarrollada es baja.

### 5.7. DISTANCIA DE FRENADO Y DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Se define como “la longitud continua de carretera que es visible hacia adelante por el conductor de un vehículo que circula por ella, esta distancia de visibilidad deberá ser de suficiente longitud, tal que le permita a los conductores desarrollar la velocidad del tramo y a su vez controlar la velocidad de operación de sus vehículos ante la realización de ciertas maniobras en la carretera, como lo puede ser por la presencia inesperada de un obstáculo sobre su carril de circulación” (Universidad Militar Nueva Granada, s.f.), en este caso la presencia de un sendero peatonal o reductor de velocidad. En esta función influyen variables como la distancia recorrida durante un tiempo de percepción y reacción (dpr), la distancia de frenado y la velocidad de marcha.

Ilustración 38: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Distancia de visibilidad de parada



Fuente: El Autor.

La idea principal del concepto anterior es que los ciclistas que asciendan por la infraestructura compartida con su velocidad cómoda desarrollada tengan la capacidad de reacción y una distancia adecuada para detenerse sin correr el riesgo de chocar con un peatón. La distancia requerida se presenta en la tabla 14.

Tabla 14: Estudio de viabilidad de una ciclobanda, Distancia de frenado para bicicletas

Datos entrada	
Ve (Velocidad especifica elemento) (Km/h)	11
Tiempo percepcion-reaccion (seg) t	2.5
Rata desaceleracion (m/s <sup>2</sup> ) a	2
pendiente (%) P	7%
Distancia percepcion reaccion dpr (m)	7.68
d (Distancia recorrida durante frenado) (m)	2.34
<b>distancia visibilidad parada calculada A NIVEL (dp) (m)</b>	<b>10.02</b>
distancia visibilidad parada redondeada (dp) (m)	10.00
<b>distancia visibilidad parada calculada CON PENDIENTE (dp) (m)</b>	<b>9.98</b>

Fuente: El Autor

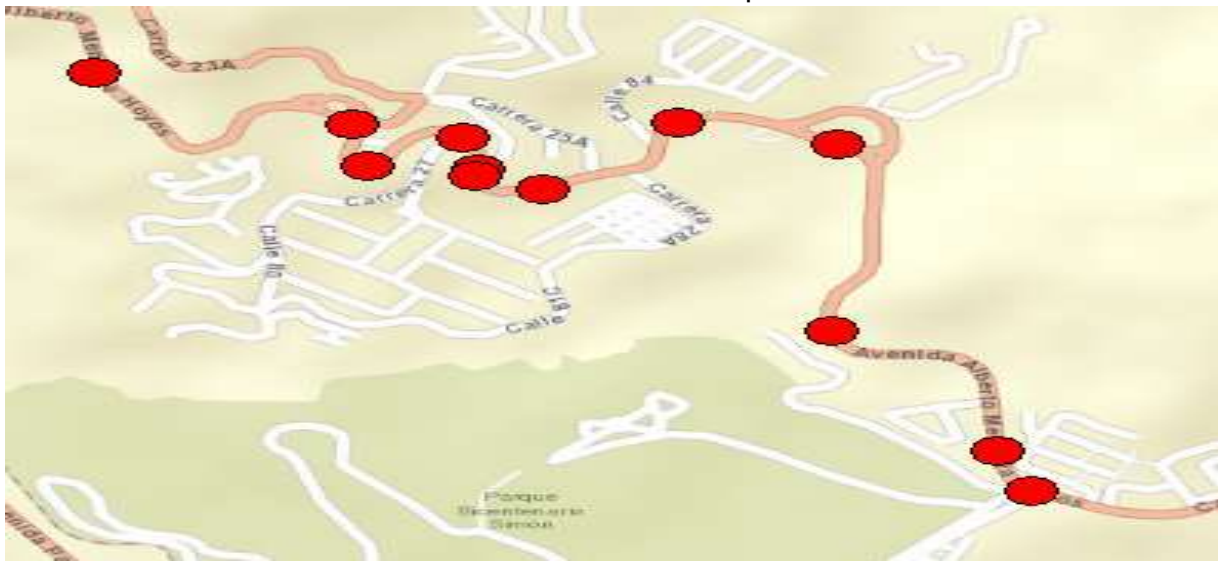
Por lo tanto, un ciclista que desarrolle una velocidad de ascenso de 11 km/h necesita de 10 metros de visual para poder reaccionar ante algún obstáculo. Lo expuesto anteriormente es un caso critico ya que la topografía del sector y la condición física humana en promedio desarrolla velocidades por debajo del valor tomado y en consecuencia necesitan de una distancia menor para poder detenerse. Adicionalmente el trazado dispuesto cumple con las condiciones mínimas de visibilidad a esa velocidad desarrollada.

## 5.7. INVENTARIO DE INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE PARA LA IMPLANTACIÓN

En el tramo de estudio se realizó un levantamiento con la información más relevante del estado de la infraestructura peatonal, su cercanía al transporte público, el mobiliario disponible y el tipo de personas que transitan el lugar.

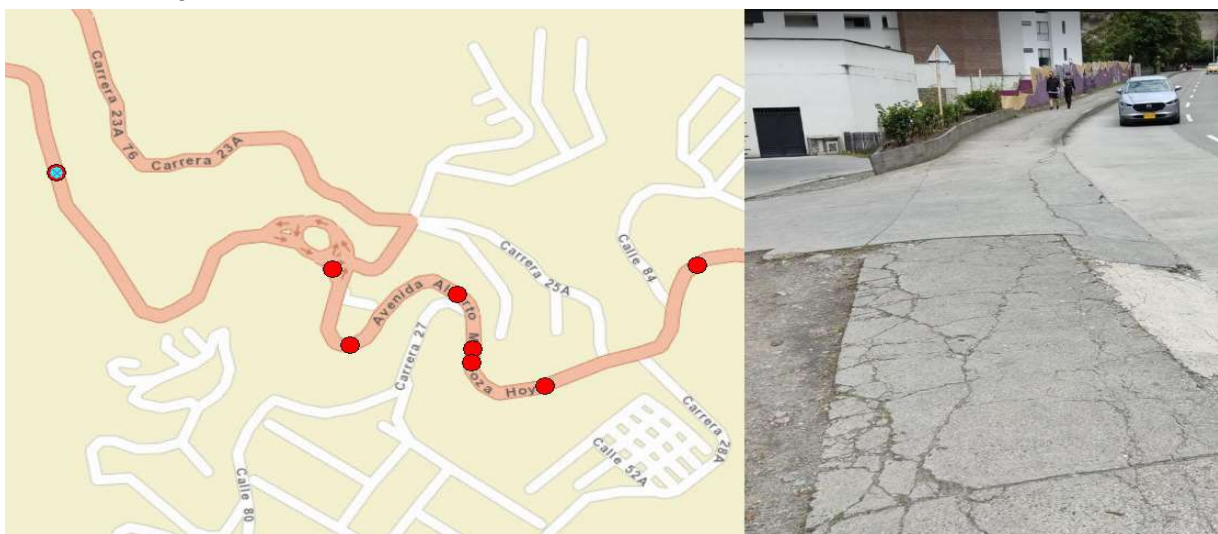
El ancho del andén cuenta con una dimensión constante de 2.6 metros. Sin embargo, en el recorrido se evidenciaron puntos típicos y críticos de sección transversal los cuales se presentan de las ilustraciones 40 a 44:

Ilustración 39: Puntos críticos en la infraestructura disponible



Fuente: El Autor. mediante ArcGIS.

Ilustración 40: Avenida Alberto Mendoza



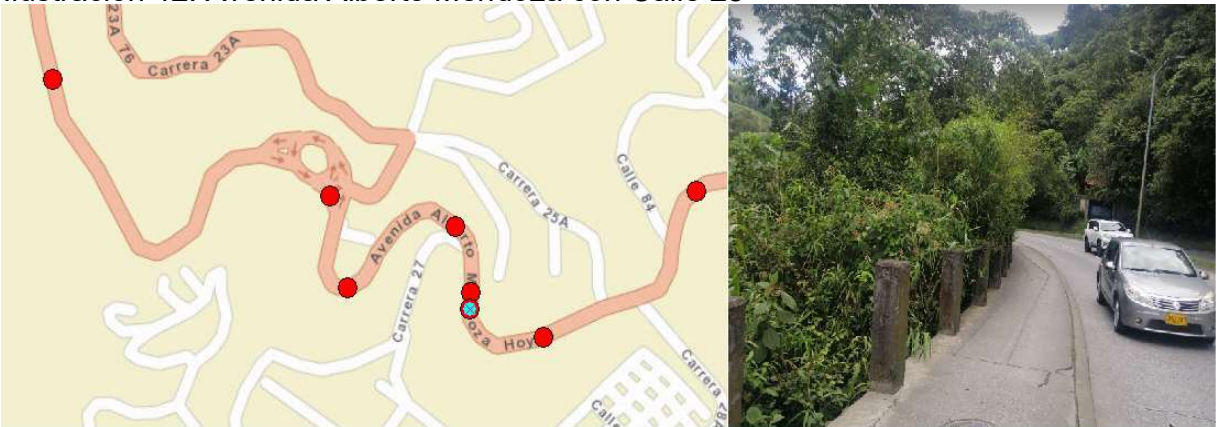
Fuente: El Autor mediante ArcGIS.

Ilustración 41: Avenida Alberto Mendoza con Carrera 26 y 27



Fuente: El Autor mediante ArcGIS.

Ilustración 42: Avenida Alberto Mendoza con Calle 28



Fuente: El Autor mediante ArcGIS.

Ilustración 43: Avenida Alberto Mendoza cerca de Expoferias

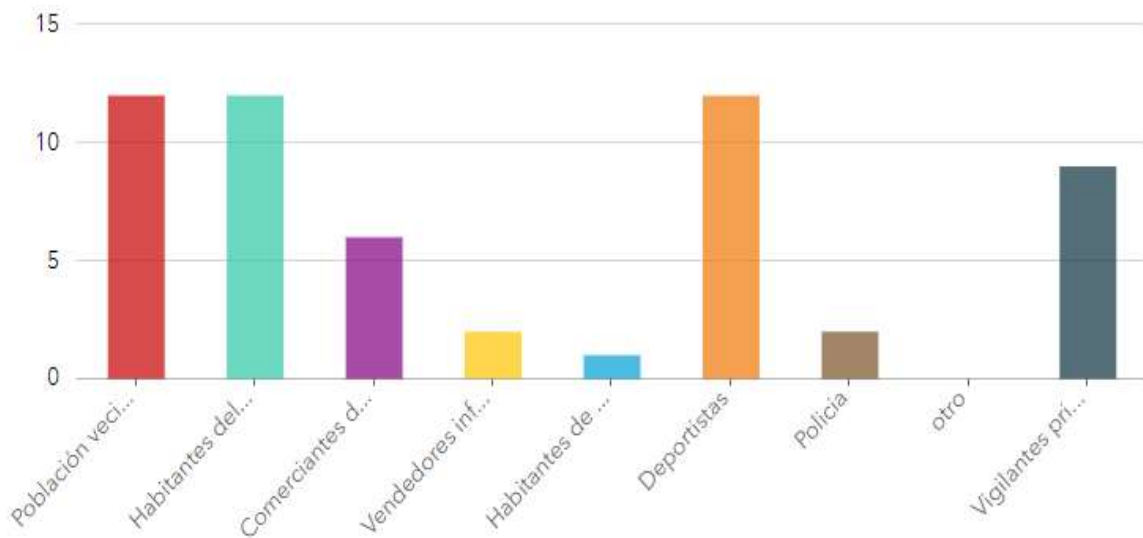


Fuente: El Autor mediante ArcGIS.

En los puntos críticos se evidenció falta de continuidad en la infraestructura peatonal y cambios relevantes en la longitud de su sección transversal lo cual implica complicaciones en cuanto al ancho mínimo requerido para la implementación de la cicloinfraestructura. La longitud más crítica es de 1.77m mostrada en la ilustración 43. En adición, este punto presenta ausencia de baranda lo cual fomenta la inseguridad al transitar por el sector.

En cuanto al tipo de personas que circulan por el tramo de estudio se muestra en la ilustración 45:

Ilustración 44: Tipo de personas que transitan el sector



Fuente: El Autor mediante ArcGIS survey 123

Entre los más destacados se encuentra la población vecina, habitantes del sector, deportistas y vigilantes privados.

## 5.8. ESTUDIO DE SINIESTRALIDAD

Basado en el Observatorio de Movilidad de Manizales en el tramo de estudio se filtró la información con la finalidad de conocer los accidentes que involucren a peatones o ciclistas en los últimos 5 años. La información encontrada se presenta en la tabla 15:

Tabla 15: Siniestralidad de peatones y ciclistas en el tramo de estudio.

RAD	IPAT	FECHA	HORA	HORARIO	DIA SEMANA	LOCALIZACION	TIPO VICTIMA	EDAD	TIPO VEHICULO	TIPO ACCIDENTE
68152	A000958644	24/02/2019	10:00:00	09:00 a 12:00	domingo	AV ALBERTO MENDOZA CALLE 87-02	CICLISTA	57	BICICLETA	CHOQUE OBJETO FIJO
70520	A001124580	6/01/2020	7:35:00	06:00 a 09:00	lunes	AV ALBERTO MENDOZA HOYOS CALLE 84	CICLISTA	41	BICICLETA MOTOCICLETA	CHOQUE
71038	A001125000	15/03/2020	11:40:00	09:00 a 12:00	domingo	AV ALBERTO MENDOZA CALLE 82	CICLISTA	58	AUTOMOVIL BICICLETA	CHOQUE
73707	A001330164	14/09/2021	9:29:00	09:00 a 12:00	martes	AV ALBERTO MENDOZA CALLE 83	CICLISTA	22	BICICLETA AUTOMOVIL AUTOMOVIL	CHOQUE

Fuente: Observatorio de Movilidad de Manizales (2022)

Basado en la tabla 15 no existen registros de siniestralidad peatonal lo cual es muy positivo. Sin embargo, el conflicto existente entre bicicletas y vehículos reafirma los argumentos expuestos en el numeral 5.6 entre los más destacados las características de la vía, el desarrollo de grandes velocidades, la topografía y en consecuencia curvas muy cerradas en pendientes muy altas para ciclistas urbanos todos estos influyen en una percepción alta de riesgo para los ciclistas y en consecuencia siniestros viales.

La ciclobanda de ascenso por el andén es una gran alternativa para reducir la percepción de riesgo y evitar posibles siniestros fomentando la visión cero al menos para ciclistas y peatones.

## 5.9 CONCEPTO FINAL

El nivel de jerarquía en el tránsito y las tendencias globales ubican al peatón como eje principal de la movilidad para el cual se debe garantizar una infraestructura cómoda y segura para que realice sus desplazamientos. Sin embargo, debido a la longitud del tramo estudiado los desplazamientos a pie pierden frecuencia cuando el tiempo de caminata es mayor a 20 minutos. Haciendo atractivas otras opciones como el transporte público o la bicicleta.

La topografía montañosa del sector, el trazado de la vía, el gran volumen vehicular y el desarrollo de grandes velocidades generan conductas particulares en el uso de la infraestructura para realizar el recorrido en bicicleta en el sentido de ascenso ya que requiere un esfuerzo físico muy alto en condiciones con pocas garantías de seguridad cuando se transita por la calzada, razones por las cuales es más atractiva la circulación por el andén. Adicionalmente en el numeral 5.4 se evidencia una baja circulación de peatones en comparación con las bicicletas, También es necesario destacar que las

probabilidades de lesión fatal en cuanto a colisiones entre peatones y ciclistas son muy bajas. Finalmente, por las características especiales de la zona si se realizara un ciclo banda en la calzada el ciclista no está exento de accidentes por la imprudencia de los vehículos y su percepción de seguridad no disminuiría y aun así percibirá el andén como una opción más segura.

Basado en los argumentos anteriores ES VIABLE TÉCNICAMENTE LA INSTALACIÓN EN EL ANDÉN DE UNA CICLO BANDA ÚNICAMENTE EN ASCENSO EN EL SENTIDO ORIENTE-OCCIDENTE “BOSQUE POPULAR-BATALLÓN” con la finalidad de brindar más seguridad al ciclista cuando realice sus desplazamientos. Adicionalmente se puede plantear el concepto de un carril ciclo preferente para realizar el descenso sentido occidente-oriente “Batallón-Bosque popular”.

## 6. CONSIDERACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN COLEGIO EN EL BARRIO EL TRÉBOL DE LA CIUDAD DE MANIZALES

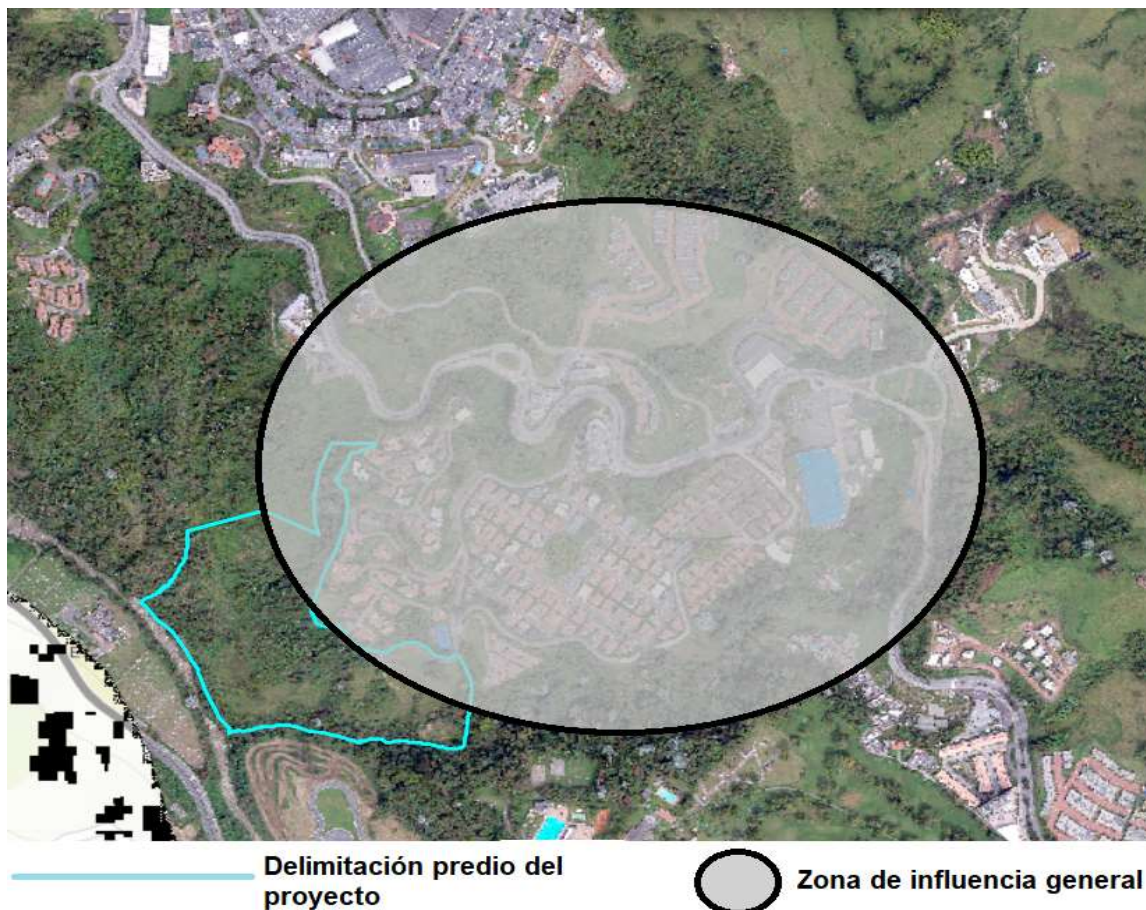
Un proyecto educativo pretende usar unos terrenos en el barrio el Trébol para edificar su colegio. El plan de ordenamiento territorial define a este tipo de proyectos de alto impacto a nivel urbanístico, ambiental y de movilidad por lo tanto requiere un plan de implantación el cual busque mitigar los altos impactos que genere la construcción de esta obra. La finalidad de este estudio es brindar algunas recomendaciones tanto operacionales como de infraestructura para mitigar lo máximo posible los impactos negativos en la movilidad del barrio el Trébol.

Los resultados son los siguientes:

### 6.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA

La ilustración 48 muestra la zona de influencia en la implantación del proyecto:

Ilustración 45: Estudio de implantación, zona de influencia del proyecto



Fuente: El Autor mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales. (2022)



El proyecto está ubicado en la Calle 80 No 28-46 en la comuna Palogrande en el barrio el Trébol, Este sector se caracteriza por ser residencial lo cual lo convierte en un gran generador de viajes. El barrio está compuesto por:

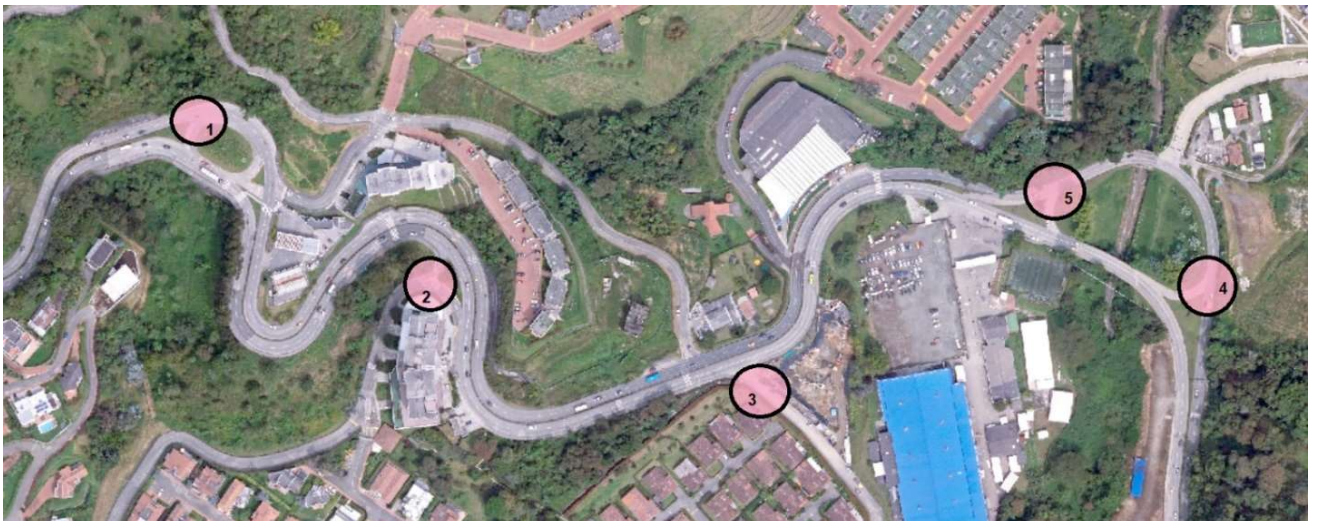
- Condominio campestre los Guadales
- Edificio residencial Saukara
- Condominio Rincón del Trébol
- Conjunto residencial del Trébol

La topografía escarpada de Manizales hace inviable técnicamente el desarrollo de vías en el sentido Norte-Sur por lo tanto el trazado más conveniente de las vías principales existentes es en el sentido Occidente- Oriente. Las cuales son:

- Avenida Alberto Mendoza
- Avenida Kevin Ángel
- Avenida Santander
- Vía panamericana

Es necesario destacar que gran parte del tráfico de la Avenida Santander y la Avenida Kevin Ángel desembocan mediante la calle 74 y la carrera 23a en la Avenida Alberto Mendoza, La cual tendrá un gran impacto ya que hace parte de la zona de influencia junto con toda la red vial del sector. Sin embargo, debido a la topografía escarpada el barrio el Trébol no cuenta con una vía alterna haciéndolo totalmente dependiente de la Avenida Alberto Mendoza. Esta vía por su configuración sinuosa para desplazarse de oriente a occidente y viceversa se deben realizar dos retornos los cuales tendrán una mayor demanda y posiblemente una afectación a la operación vehicular por tanto este tramo en específico tendrá 5 puntos críticos los cuales se describen a continuación:

Ilustración 46: Puntos críticos Avenida Alberto Mendoza



Fuente: El Autor mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales. (2022)

- Punto 1: Retorno rotonda el colibrí sentido Oriente-Occidente

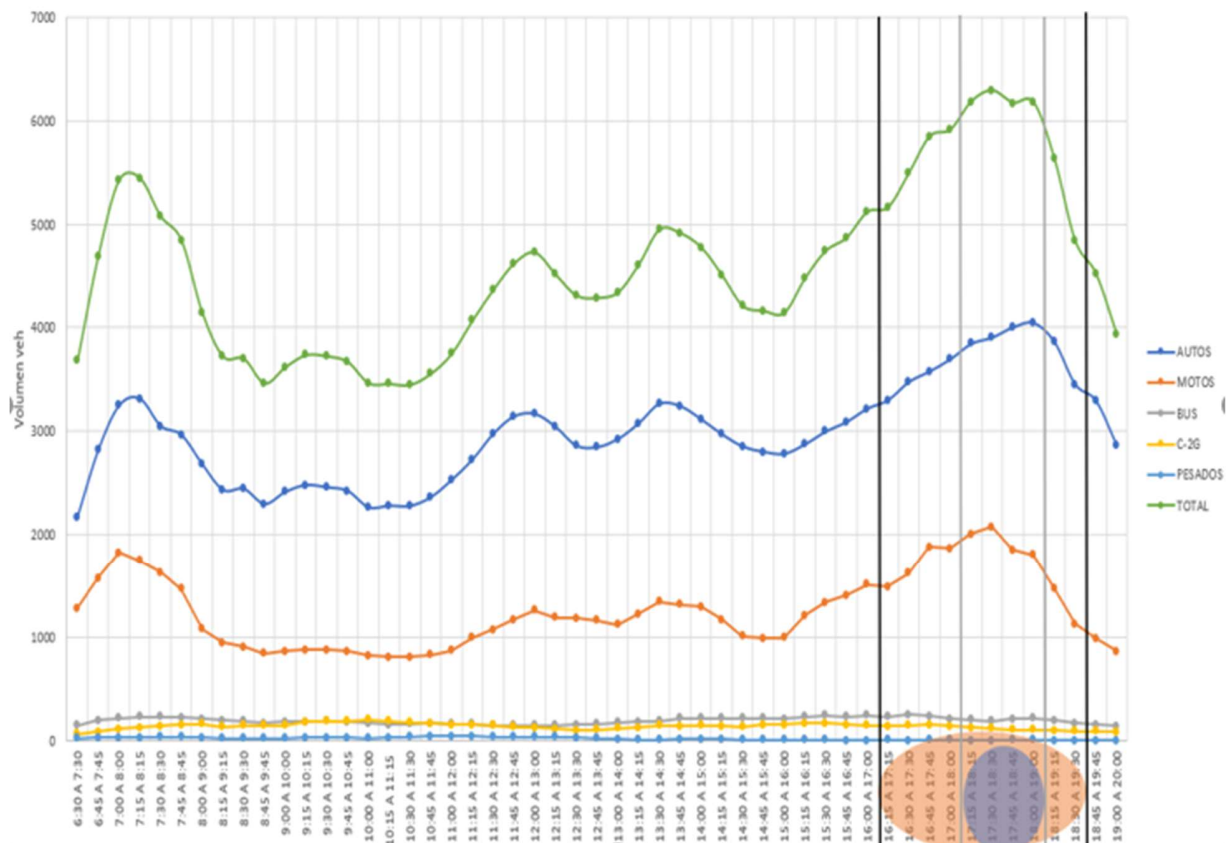
- Punto 2: Ingreso al barrio el Trébol por Cll 81
- Punto 3: Ingreso al barrio el Trébol por Cll 83
- Punto 4: Retorno intercambiador vial Expoferias sentido Occidente-Oriente
- Punto 5: Retorno intercambiador vial Expoferias sentido Oriente-Occidente

Adicionalmente es necesario observar el impacto en la calle 81 y cale 83 con el tránsito generado por la implantación del proyecto ya que están serán las únicas vías que conectarán el colegio con la Avenida Alberto Mendoza.

## 6.2. ESTUDIO VEHICULAR

En un día típico durante un aforo de 14 horas se registró en todo el tramo en los dos sentidos un volumen total de 60.738 veh/mixtos. Su distribución por sentido es Oriente-Occidente (descenso) 54% con 32.798 veh/mixtos y Occidente-Oriente (ascenso) 46% con 27.939 veh/mixtos. Su variación horaria se presenta a continuación:

Ilustración 47: Variación horaria en el tramo de estudio



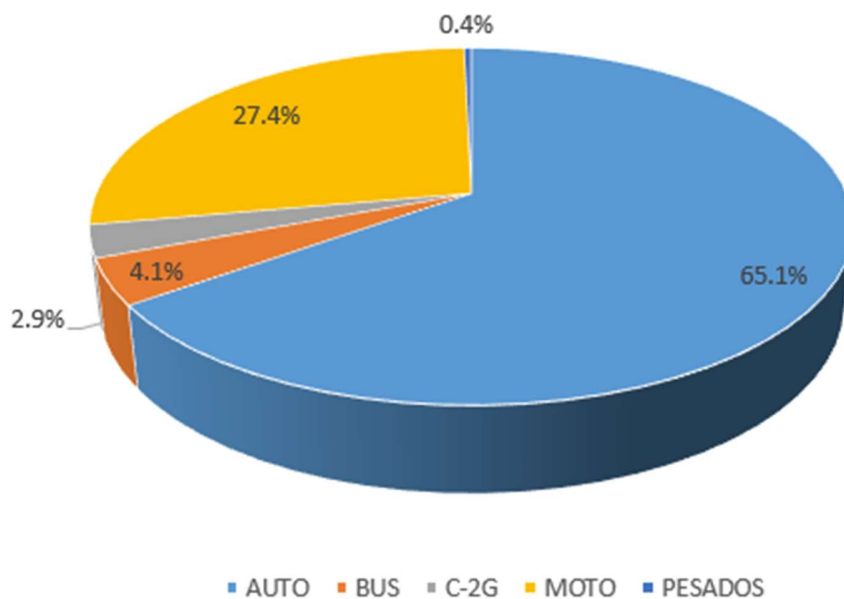
Fuente: El Autor.

En la ilustración 50, se evidencia un periodo de crecimiento general de la demanda vehicular comprendido desde las 4:15 PM hasta las 7:00 PM. La hora de máxima

demanda ocurre de 5:30 PM a 6:30PM con 6290 veh/mixtos, Particularmente los autos tienen su periodo pico de 6:00 PM A 7:00PM con un volumen de 4049 y las motocicletas de 5:30 PM A 6:30 PM con un volumen de 2076. Basado en estos resultados los aforos siguientes se desarrollaron en los periodos de la tarde de 4:00PM a 8:00PM.

La composición vehicular del tramo se presenta en la ilustración 51:

Ilustración 48: Composición vehicular tramo de estudio



Fuente: El Autor.

En la ilustración 51 Se evidencia la relevancia del vehículo particular con un total del 92.5% del total de los vehículos

En ingeniería de tránsito es muy usado el concepto de operación en la hora de máxima de demanda, el cual se basa en que si un tramo o intersección opera en buenas condiciones en su hora pico lo hará en excelentes condiciones en su hora valle. Razones por las cuales es necesario comparar el volumen obtenido en la hora pico en los tres días característicos (típico, comercial y festivo o fin de semana) Para definir el escenario que más impacto tiene sobre el tramo vial, de esta forma realizar una modelación y así definir el nivel de servicio ofrecido a sus usuarios. En ese orden de ideas los datos de los escenarios se presentan a continuación:

### Ilustración 49: Resumen escenarios aforados

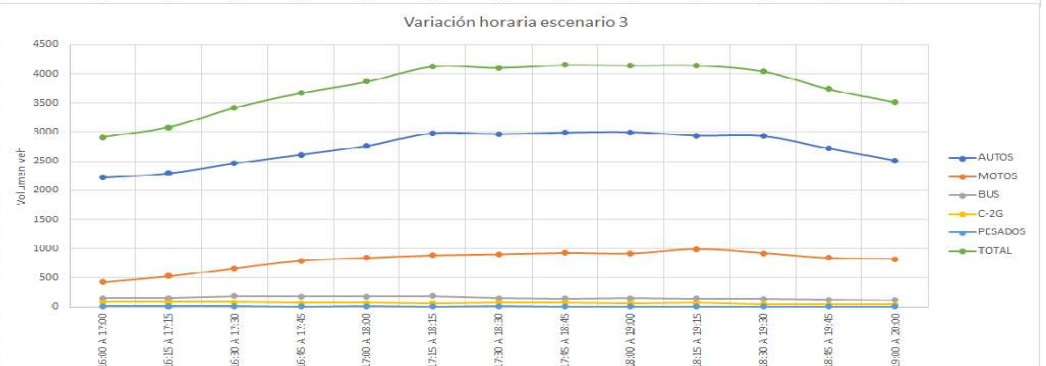
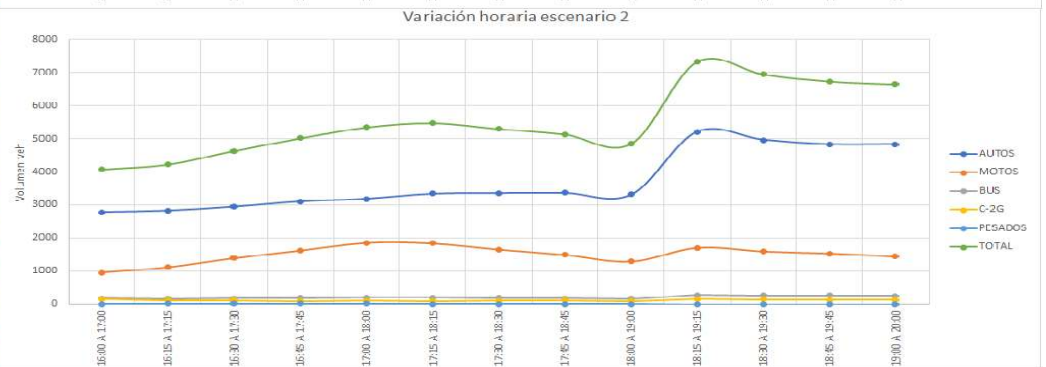
ESCENARIO 1 DIA NORMAL							
PERIODO	AUTO	BUS	C-2G	MOTO	PESADOS	TOTAL HORA	
16:00 A 17:00	3219	244	144	1511	1	5119	
16:15 A 17:15	3302	230	141	1489	3	5165	
16:30 A 17:30	3478	250	142	1623	2	5495	
16:45 A 17:45	3580	234	149	1882	3	5848	
17:00 A 18:00	3698	209	135	1868	3	5913	
17:15 A 18:15	3847	204	124	2007	2	6184	
17:30 A 18:30	3907	188	117	2076	2	6290	
17:45 A 18:45	4005	205	105	1854	3	6172	
18:00 A 19:00	4049	218	104	1800	3	6174	
18:15 A 19:15	3865	194	93	1477	2	5631	
18:30 A 19:30	3454	169	90	1125	2	4840	
18:45 A 19:45	3294	154	87	989	0	4524	
19:00 A 20:00	2863	136	82	860	0	3941	
TOTAL POR TIPO	46561	2635	1513	20561	26	71296	
TOTAL VEH MIX						6290	

ESCENARIO 2 DIA FIN DE SEMANA							
PERIODO	AUTO	BUS	C-2G	MOTO	PESADOS	TOTAL HORA	
16:00 A 17:00	2785	173	155	952	6	4071	
16:15 A 17:15	2830	158	117	1111	7	4223	
16:30 A 17:30	2949	180	112	1386	9	4636	
16:45 A 17:45	3109	183	94	1620	10	5016	
17:00 A 18:00	3186	198	101	1854	9	5348	
17:15 A 18:15	3337	204	94	1837	5	5477	
17:30 A 18:30	3357	188	100	1653	3	5301	
17:45 A 18:45	3362	180	109	1487	1	5139	
18:00 A 19:00	3313	165	93	1286	1	4858	
18:15 A 19:15	5203	272	150	1706	0	7331	
18:30 A 19:30	4963	259	136	1593	0	6951	
18:45 A 19:45	4830	258	121	1529	0	6738	
19:00 A 20:00	4835	256	122	1435	0	6648	
TOTAL POR TIPO	48059	2674	1504	19449	51	71737	
TOTAL VEH MIX						7331	

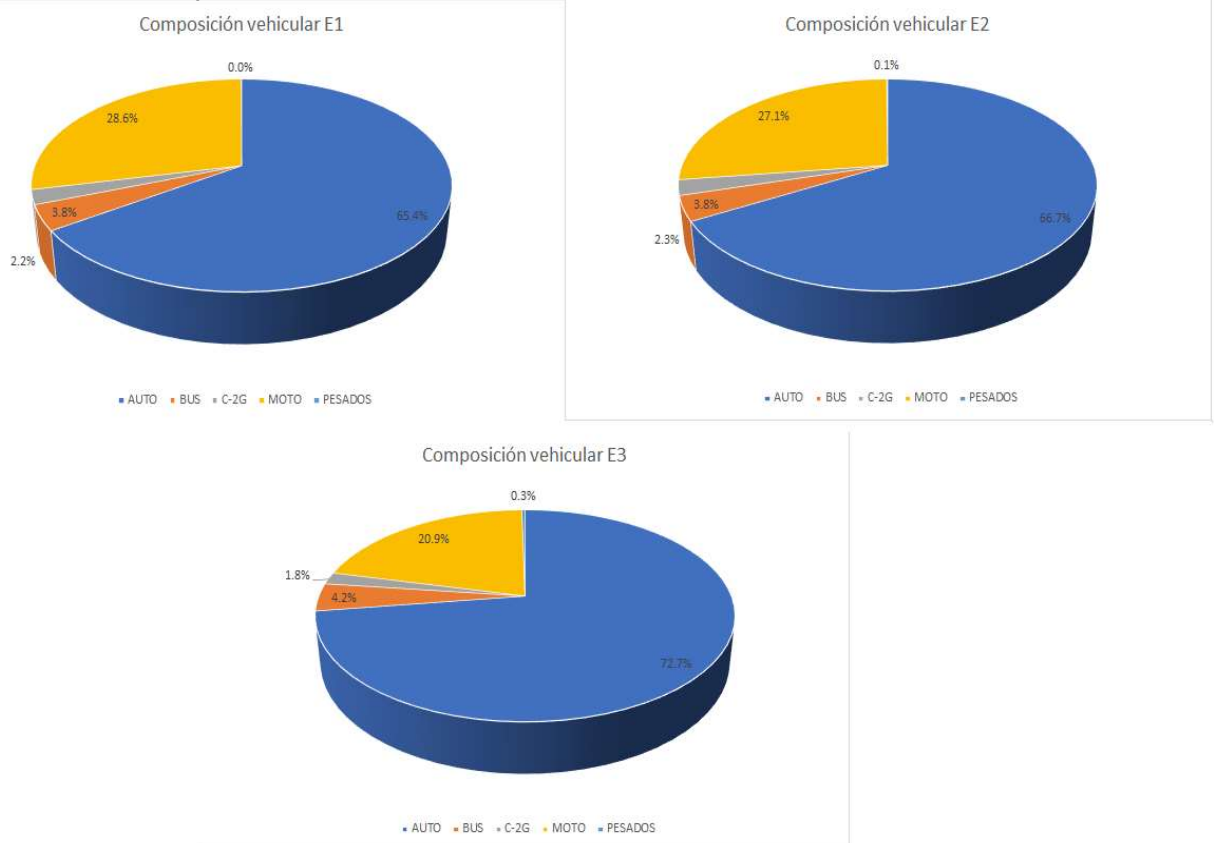
ESCENARIO 3 DIA COMERCIAL							
PERIODO	AUTO	BUS	C-2G	MOTO	PESADOS	TOTAL HORA	
16:00 A 17:00	2222	155	86	435	13	2911	
16:15 A 17:15	2296	153	88	532	14	3083	
16:30 A 17:30	2464	190	82	667	14	3417	
16:45 A 17:45	2614	186	68	793	9	3670	
17:00 A 18:00	2763	181	69	841	11	3865	
17:15 A 18:15	2977	190	66	885	10	4128	
17:30 A 18:30	2962	153	77	902	11	4105	
17:45 A 18:45	2990	152	76	926	10	4154	
18:00 A 19:00	2997	157	66	917	8	4145	
18:15 A 19:15	2936	145	67	991	7	4146	
18:30 A 19:30	2928	139	47	925	5	4044	
18:45 A 19:45	2718	130	41	841	8	3738	
19:00 A 20:00	2515	120	42	826	10	3513	
TOTAL POR TIPO	35382	2051	875	10481	130	48919	
TOTAL VEH MIX						4154	



Fuente: El Autor.

En la ilustración 52 se puede evidenciar que la hora pico no es la misma en los tres días aforados. Sin embargo, estas están relacionadas en un periodo de 5:30 PM A 7:00 PM, el escenario 2 tuvo el mayor volumen con 7331 vehículos mixtos/hora y una continuidad horaria con un volumen mayor a 6500 vehículos/mixtos. Su composición vehicular se presenta en la ilustración 53:

Ilustración 50: Composición vehicular de los escenarios



Fuente: El Autor.

En los tres escenarios es notable el gran uso del vehículo particular con un valor mayor del 80%, Es necesario destacar que en el escenario 3 aumento el uso del auto en un 7% en comparación con los otros dos escenarios.

Basado en la ilustración 53, el escenario 2 representa el día más crítico, por lo tanto, los datos tomados ese día serán el insumo para realizar la modelación y evaluar las condiciones de operación actuales del tramo definido por la zona de influencia.

Para realizar la modelación por facilidad se escoge la asignación dinámica la cual requiere como insumo principal la composición vehicular y una matriz origen destino de probabilidades. Esta se puede obtener mediante las probabilidades de uso en los movimientos aforados en las 4 estaciones en el tramo de estudio.

Para el desarrollo de la modelación se definieron las zonas expuestas en la ilustración 54:

Ilustración 51: Definición de las zonas generadoras y atractoras de viajes más relevantes en la zona de influencia.



Fuente: El Autor, mediante Vissim.

Estas zonas son:

- Zona 1 (Z1) Centro automotor Renault minuto
- Zona 2 (Z2) Ingreso y salida del barrio el Trébol por CII 81
- Zona 3 (Z3) Ingreso y salida del barrio el Trébol por CII 83
- Zona 4 (Z4) Expoferias

Posteriormente, mediante los volúmenes particulares por movimiento y por estación en relación con el volumen general de todo el tramo se crea la probabilidad de uso por movimiento y la influencia de cada zona en el tramo vial de estudio. Luego mediante los sentidos viales y las probabilidades por movimiento se evalúan las rutas origen-destino de cada zona dando así una matriz de probabilidad de uso que junto con la composición vehicular se convierte en matrices origen-destino por tipo de vehículo entre las zonas definidas anteriormente, en el tramo definido por la zona de influencia del proyecto.

Es necesario destacar que la matriz principal necesita de balanceo para corresponder eficientemente al volumen total. Adicionalmente las matrices por tipo de vehículo se les realiza un ajuste con la finalidad de obtener un modelo más realista, ya que el balanceo distribuye porcentualmente el flujo vehicular en toda la red asignando volumen en zonas donde cotidianamente no se evidencian estos comportamientos. Para este caso se ajustó la matriz de buses ya que en campo se evidencio que en el barrio el trébol no existe rutas de transporte público que ingresen o salgan de él.

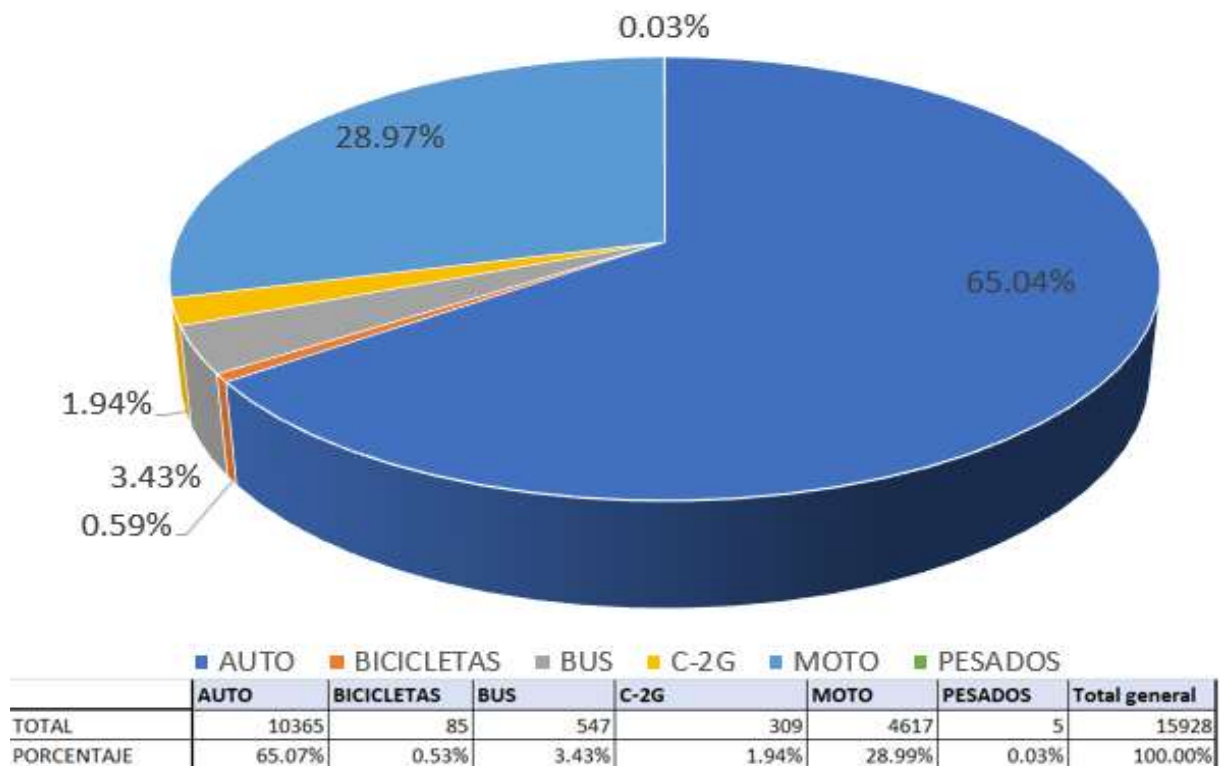
Los resultados se muestran en la tabla 16 e ilustración 17:

Tabla 16: Datos en el periodo pico del escenario que presentó máxima demanda.

HORA INICIO	4:00 PM	HORA FIN	8:00 PM	COMPOSICIÓN POR MOVIMIENTO EN LA HORA MAS PICO DE LOS 3 DIAS (ESCENARIO 2)							
ESTACIÓN	MOVIMIENTO	AUTO	BICICLETAS	BUS	C-2G	MOTO	PESADOS	Total general	TOTAL ESTACIÓN	PROB USO POR ESTACION	PROB POR MOVIMIENTO
1	1	3567	51	263	158	1457	3	5499	6219	39.04%	34.52%
1	10(2)	562	0	0	4	154	0	720			4.52%
2	9(1)	244	0	0	1	43	0	288	479	3.01%	1.81%
2	9(3)	148	0	0	0	43	0	191			1.20%
3	3	490			22	356	0	868	1096	6.88%	5.45%
3	9(2)	71	0	0	0	42	0	113			0.71%
3	9(3)	82	0	0	0	33	0	115			0.72%
4	2	4627	34	284	121	2327	2	7395	7994	50.19%	46.43%
4	10 (1)	471	0	0	1	127	0	599			3.76%
5	10(2)	103	0	0	2	35	0	140	140	0.88%	0.88%
GRAN TOTAL		10365	85	547	309	4617	5	15928	15928	100%	100.00%

Fuente: El Autor.

Ilustración 52: Composición vehicular escenario más demandado



Fuente: El Autor.

En base a la información de la tabla 16 e ilustración 45 se crearon las matrices Origen-destino por tipo de vehículo que se presentan desde la tabla 17 hasta la 21:

Tabla 17: Matriz general de viajes

BALANCEO MATRIZ ORIGEN -DESTINO GENERAL						
ORIGEN/DESTINO	Z1 RM	Z2 T CLL 81	Z3 T CLL 83	Z4 EXPOFERIAS	SUMA	PROB X ESTACION
Z1 RM	0.000%	0.704%	0.281%	38.938%	39.923%	39.923%
Z2 T CLL 81	0.097%	0.000%	0.341%	2.570%	3.007%	3.007%
Z3 T CLL 83	2.809%	0.002%	0.000%	4.070%	6.881%	6.881%
Z4 EXPOFERIAS	49.954%	0.003%	0.016%	0.215%	50.188%	50.188%
SUMA	52.859%	0.710%	0.638%	45.794%	100.000%	100.000%

Fuente: El Autor

Tabla 18: Matriz de autos

MATRIZ DE AUTOS					
ORIGEN/DESTINO	Z1 RM	Z2 T CLL 81	Z3 T CLL 83	Z4 EXPOFERIAS	SUMA
Z1 RM	0	73	29	4036	4138
Z2 T CLL 81	10	0	35	266	312
Z3 T CLL 83	291	0	0	422	713
Z4 EXPOFERIAS	5178	0	2	22	5202
SUMA	5479	74	66	4746	10365

Fuente: El Autor

Tabla 19: Matriz de motos

MATRIZ DE MOTOS					
ORIGEN/DESTINO	Z1 RM	Z2 T CLL 81	Z3 T CLL 83	Z4 EXPOFERIAS	SUMA
Z1 RM	0	33	13	1798	1843
Z2 T CLL 81	4	0	16	119	139
Z3 T CLL 83	130	0	0	188	318
Z4 EXPOFERIAS	2306	0	1	10	2317
SUMA	2441	33	29	2114	4617

Fuente: El Autor



Tabla 20:Matriz de buses

MATRIZ DE BUSES					
ORIGEN/DESTINO	Z1 RM	Z2 T CLL 81	Z3 T CLL 83	Z4 EXPOFERIAS	SUMA
Z1 RM	0	0	0	274	274
Z2 T CLL 81	0	0	0	0	0
Z3 T CLL 83	0	0	0	0	0
Z4 EXPOFERIAS	273	0	0	0	273
SUMA	273	0	0	274	547

Fuente: El Autor

Tabla 21:Matriz de pesados.

MATRIZ DE PESADOS (INCLUYE C2-G)					
ORIGEN/DESTINO	Z1 RM	Z2 T CLL 81	Z3 T CLL 83	Z4 EXPOFERIAS	SUMA
Z1 RM	0	2	1	137	140
Z2 T CLL 81	0	0	0	0	0
Z3 T CLL 83	0	0	0	0	0
Z4 EXPOFERIAS	169	0	0	1	170
SUMA	169	2	1	138	310

Fuente: El Autor

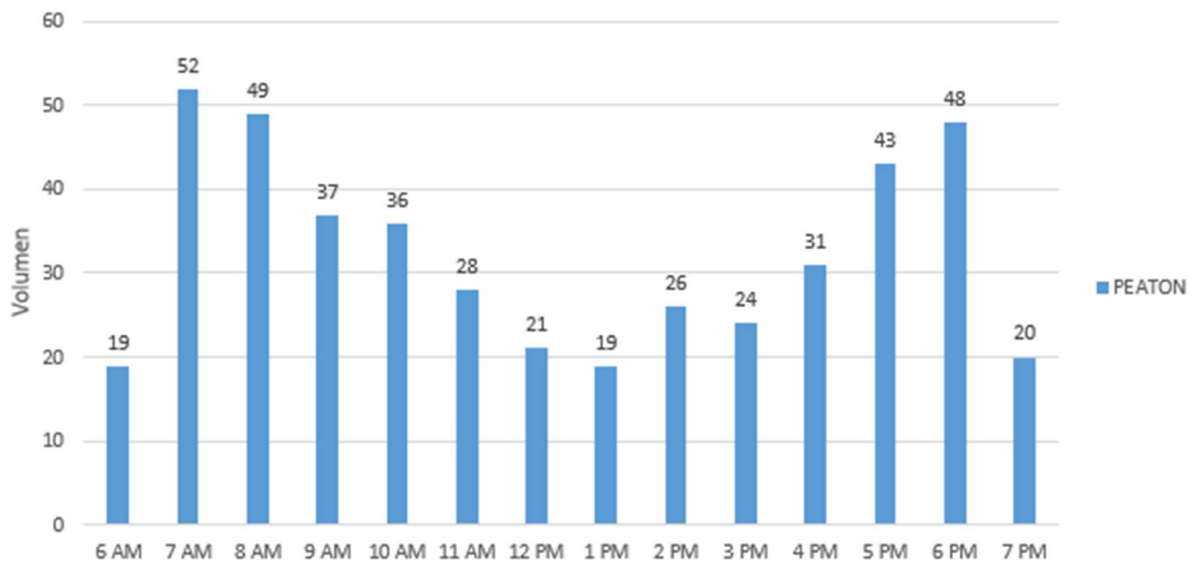
De las tablas anteriores es importante destacar que las estaciones y en consecuencia las zonas con mayor generación y atracción de flujo vehicular son la Zona 1 (Renault minuto) y la Zona 4 (Expoferias) con un valor de 39% y 50% respectivamente. Esto es muy diciente ya que estas dos zonas participan en más del 80% de los viajes realizados en el tramo de estudio.

### 6.3. ESTUDIO PEATONAL

La Avenida Alberto Mendoza por sus condiciones topográficas actualmente no tiene un desarrollo comercial significativo que fomente viajes a pie como lo tiene la avenida Santander. Adicionalmente, solo cuenta con infraestructura peatonal en el sentido Occidente-Oriente que es usada más por ciclistas que la perciben más segura que la calzada, debido al desarrollo de grandes velocidades y el gran volumen que por allí transita en el sentido Oriente-Occidente.

Además, La zona de influencia de la avenida está caracterizada por conjuntos residenciales en los cuales la gran mayoría llega en vehículo particular y puntos atractores de viajes como lo son Expoferias y el bosque popular los cuales se llega en transporte público. Es poco común evidenciar desplazamientos peatonales de más de 20 minutos como lo tendrían que hacer las personas que quieran viajar desde el batallón al bosque popular. Por estas razones el flujo peatonal que se evidencio en campo es bajo y se presenta en la ilustración 56:

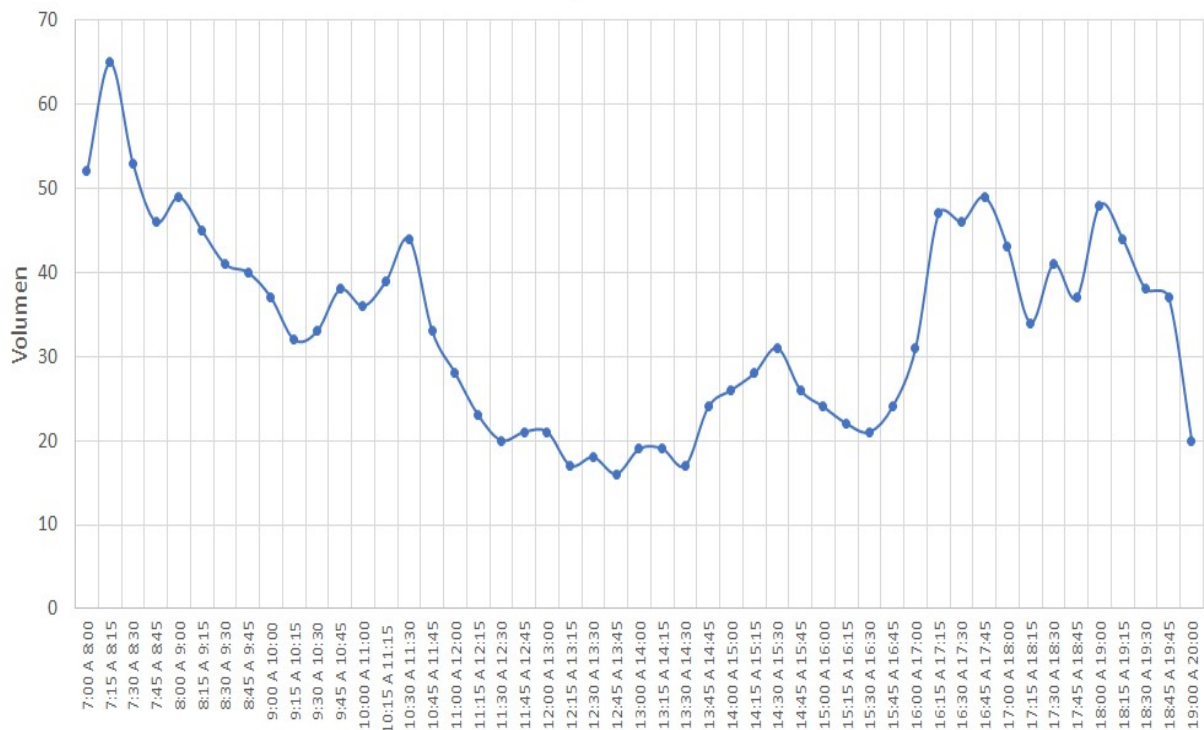
Ilustración 53: Flujo peatonal horario



Fuente: El Autor.

Partiendo de la información de la ilustración 56 se muestra la ilustración 57:

Ilustración 54: Variación horaria peatonal



Fuente: El Autor

Basado en la ilustración 57, el mayor pico se presentó de 7:15AM a 8:15AM con 65 peatones. Adicionalmente, mediante inspección visual en términos generales la infraestructura peatonal se encuentra en buen estado y en promedio su ancho de andén es de 1.80m. Basado en investigaciones del nivel de servicio peatonal adaptadas a las condiciones colombianas se presenta la tabla 22:

Tabla 22 : Nivel de servicio peatonal

Nivel de Servicio	Espacio medio (m <sup>2</sup> /p)		Tasa de flujo (p/h/m)		Velocidad media (m/s)	
	Propuesto	HCM 2010	Propuesto	HCM 2010	Propuesto	HCM 2010
A	>5.3	> 5.6	≤ 810	≥ 960	>1.20	>1.30
B	>3.5 – 5.3	>3.7 - 5.6	>810 - 1200	>960 - 1380	>1.17 - 1.20	>1.27 - 1.30
C	>2.4 – 3.5	>2.2 - 3.7	>1200 - 1700	>1380 - 1980	>1.12 - 1.17	>1.22 - 1.27
D	>1.5 - 2.4	>1.4 - 2.2	>1700 - 2500	>1980 - 2940	>1.05 - 1.12	>1.14 - 1.22
E	>0.65 - 1.5	>0.75 - 1.4	>2500 - 3850	>2940 - 4500	>0.70 - 1.05	>0.75 - 1.14
F	≤ 0.65	≤0.75	Variable	Variable	≤0.70	≤0.75

Fuente: (Guio Burgos, 2012)

Con el volumen peatonal tan bajo y las grandes dimensiones de la acera el nivel de servicio prestado es A.

#### 6.4. ESTUDIO DE PARQUEADEROS

La proyección del colegio Reggío Emilia estima en su operación inicial un total de 370 personas las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 23: Composición funciones colegio Emilia.

POBLACIÓN COLEGIO EMILIA		
FUNCIÓN	CANT	PORCENTAJE
DIRECTIVOS	4	1.08%
MANTENIMIENTO	3	0.81%
COMEDOR	5	1.35%
SERVICIOS GENERALES	3	0.81%
SECRETARÍA	1	0.27%
PORTERÍA	1	0.27%
TUTORES DE CICLO	20	5.41%
OTROS TUTORES	13	3.51%
APRENDICES FINAL	320	86.49%
<b>TOTAL</b>	<b>370</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Administración del colegio (2022)

Este colegio se caracteriza por llegar a estratos socioeconómicos altos en los que probablemente las familias que hagan parte de esta institución usen el vehículo particular como principal medio de transporte y a lo mejor tengan más de uno por hogar. Adicionalmente, este estará ubicado en una zona donde el uso del automóvil particular

es la opción más apetecida para realizar sus viajes debido a la topografía y las largas distancias de caminata de última milla que se deben realizar desde la Avenida Alberto Mendoza hasta el punto destino si se realizara el viaje en transporte público.

Basados en lo anterior y en los términos de referencia donde se enfatiza “Tomando como referencia una institución con una población similar a la proyectada en el Colegio, se deberá realizar aforos para una muestra representativa de los usuarios que ingresan en el día típico de máxima afluencia de personas, con el fin de conocer el modo de transporte empleado para llegar al sitio discriminando si se trata de un empleado, visitante, proveedor, estudiante, visitante, entre otros y para aquellos que cuenten con vehículo, establecer el sitio de parqueo, lo anterior también permitirá conocer y asignar un tránsito vehicular atraído al proyecto requerido en el siguiente punto.” Se definió el Gimnasio campestre la Consolata como un proyecto con condiciones similares para realizar el análisis de movilidad y realizar las respectivas comparaciones.

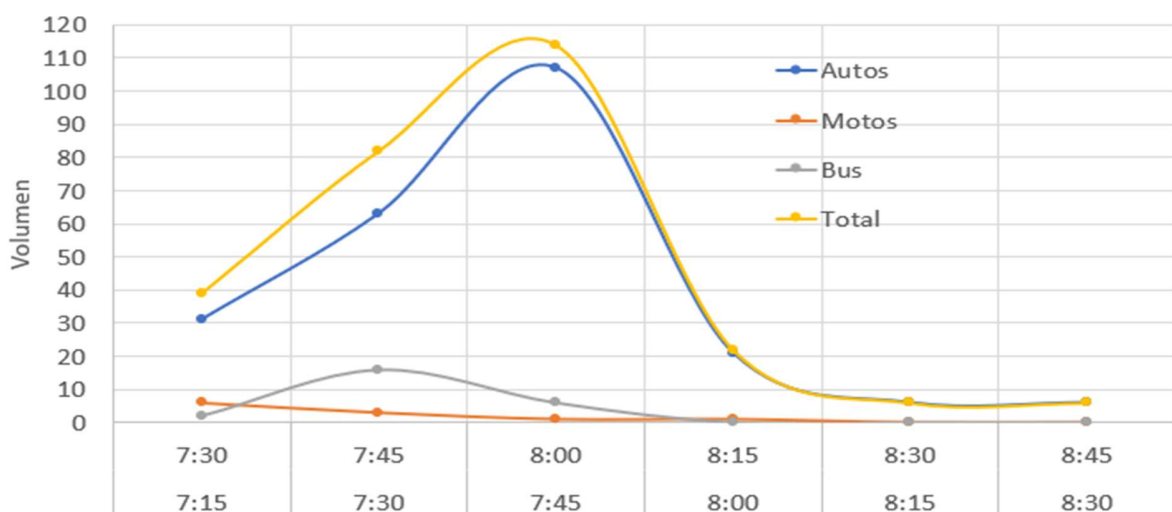
#### 6.4.1. Estudio de parqueaderos en un proyecto en condiciones similares “Gimnasio campestre la Consolata”

- Flujo vehicular en la entrada del colegio al inicio y final de la jornada escolar.

El gimnasio campestre la Consolata maneja un horario escolar de lunes a viernes de 8 am a 3:30 pm con opción de escuelas de formación deportiva y artística de 3:30 pm a 5:00 pm en la visita de campo se observó que el horario que presenta mayor demanda es en la mañana. los periodos de la tarde no presentan mayor impacto en la vía panamericana ya que la gestión del tránsito y coordinación de la salida del colegio permite una buena operación con tiempos de espera tolerables para los padres de familia.

El flujo vehicular que ingresa al colegio al inicio de la jornada escolar se presenta en la ilustración 58:

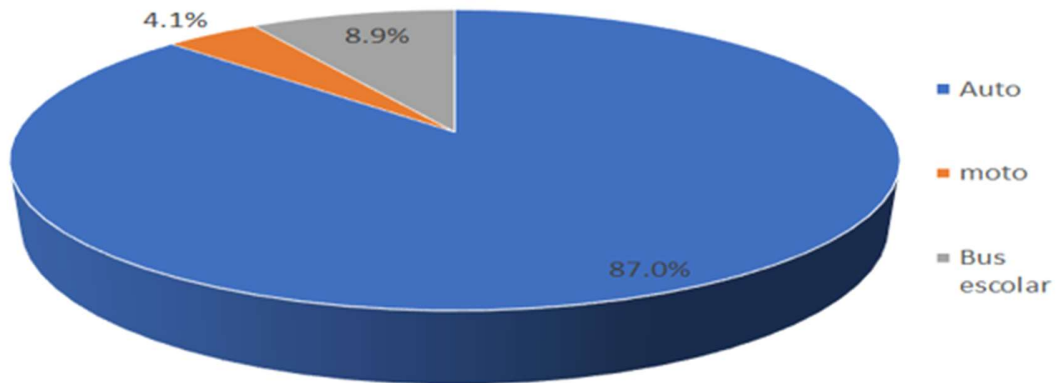
Ilustración 55: Flujo vehicular en entrada al colegio al inicio de la jornada escolar



Fuente: El Autor

En la ilustración 58 se muestra que en total ingresaron 269 vehículos de los cuales el 73% ingreso en el periodo comprendido entre 7:30AM a 8:00AM. Su composición vehicular se observa en la ilustración 59:

Ilustración 56: Composición vehicular ingreso jornada escolar.



Fuente: El Autor

El flujo vehicular que ingresa al colegio al término de la jornada escolar se presenta en la ilustración 60:

Ilustración 57: Flujo vehicular en la entrada del colegio en el término de la jornada escolar

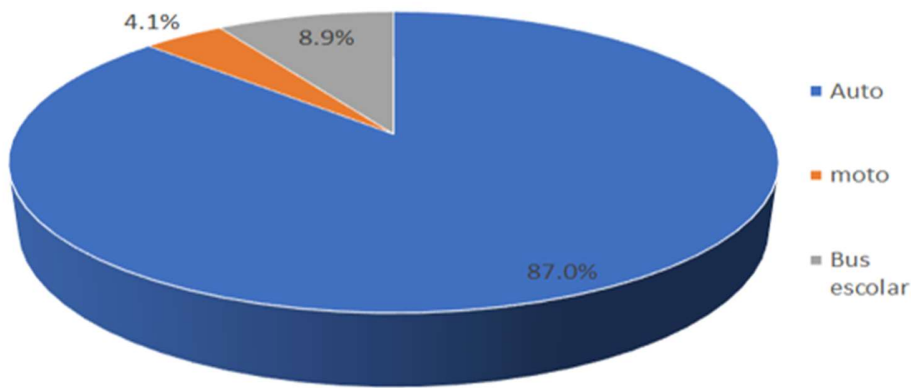


Fuente: El Autor.

Basado en la ilustración 60, en total ingresaron 158 vehículos de los cuales el 62%

ingreso en el periodo comprendido entre 3:00PM a 3:30PM. Su composición vehicular se presenta en la ilustración 61:

Ilustración 58: Composición vehicular en la entrada del colegio en el término de la jornada escolar

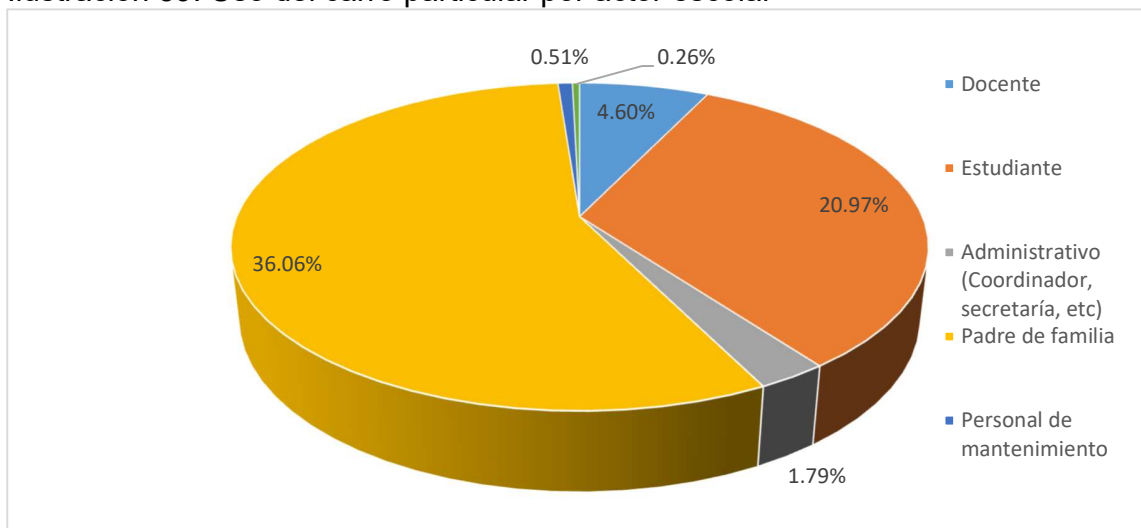


Fuente: El Autor.

Los de las ilustraciones 59 y 61 evidencian la relevancia que tiene el automóvil particular en la cotidianidad de acceso y salida del colegio.

6.4.2. Características y movilidad del gimnasio campestre la Consolata, Mediante la aplicación de encuestas donde participo el 60% de la comunidad se pretende conocer el modo de llegada de cada actor académico con los resultados de muestran en la ilustración 62.

Ilustración 59: Uso del carro particular por actor escolar

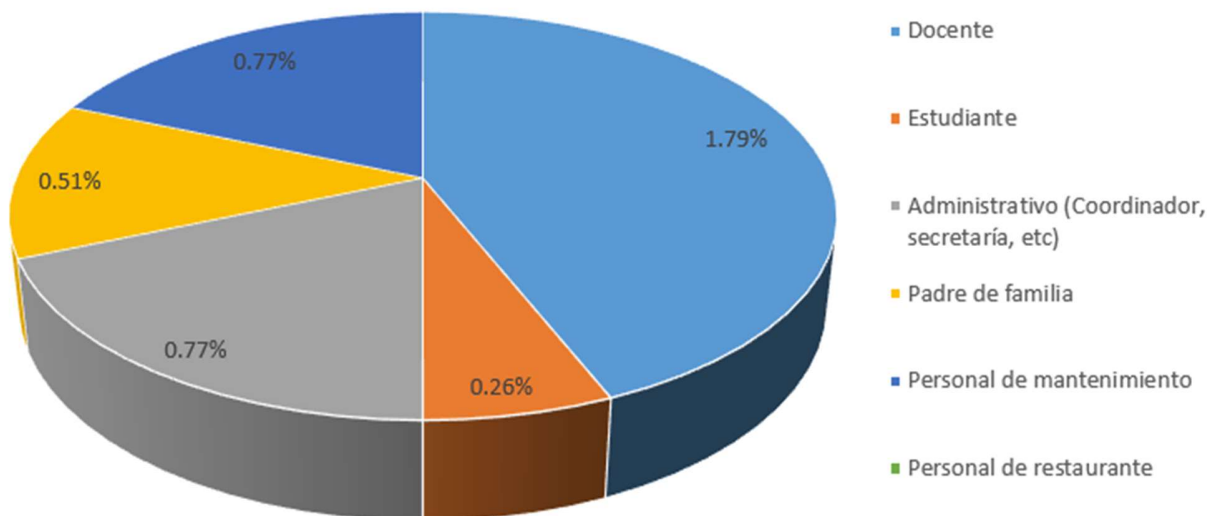


Fuente: El Autor, mediante Google Forms

En la ilustración 62, se evidencia de manera más detallada la porción del 87% de la ilustración 61 dedicada al uso del auto, en la cual se presenta un uso mayoritario con un 36.06% por parte de los padres de familia.

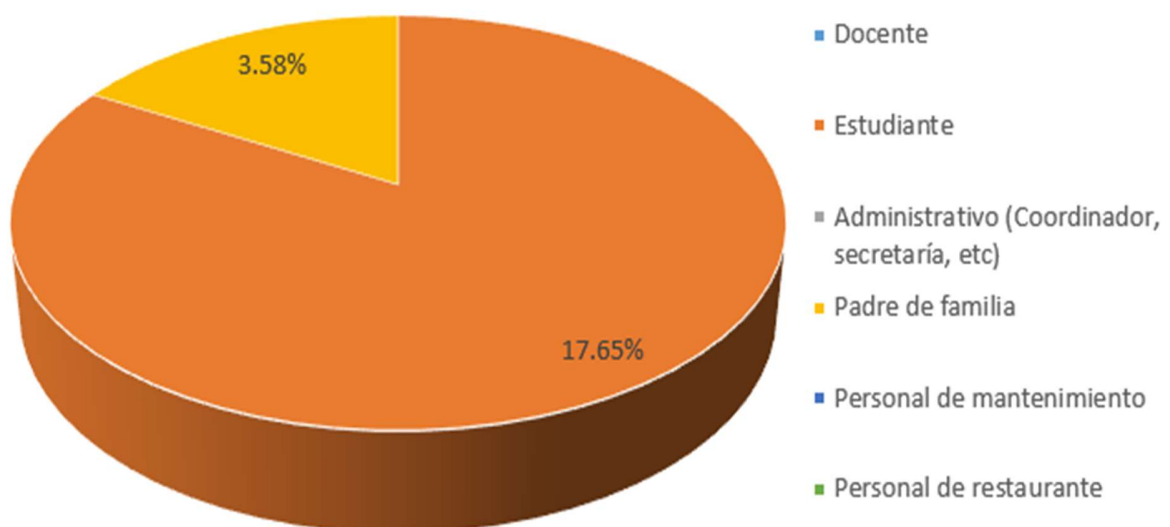
Este establecimiento educativo cuenta con 86 colaboradores que se distribuyen en profesores, administrativos y servicio. Adicionalmente tienen vinculados 592 estudiantes. El uso de motocicleta por actor académico y el uso de transporte escolar se evidencia en la ilustración 63 y 64 respectivamente:

Ilustración 60: Uso de la motocicleta por actor escolar.



Fuente: El Autor, mediante Google Forms

Ilustración 61: Uso del transporte escolar por actor escolar



Fuente: El Autor, mediante Google Forms

De las ilustraciones 63 y 64 se puede evidenciar la concordancia del aforo vehicular con las preferencias de modo escogido por los actores escolares los cuales se presentan a continuación:

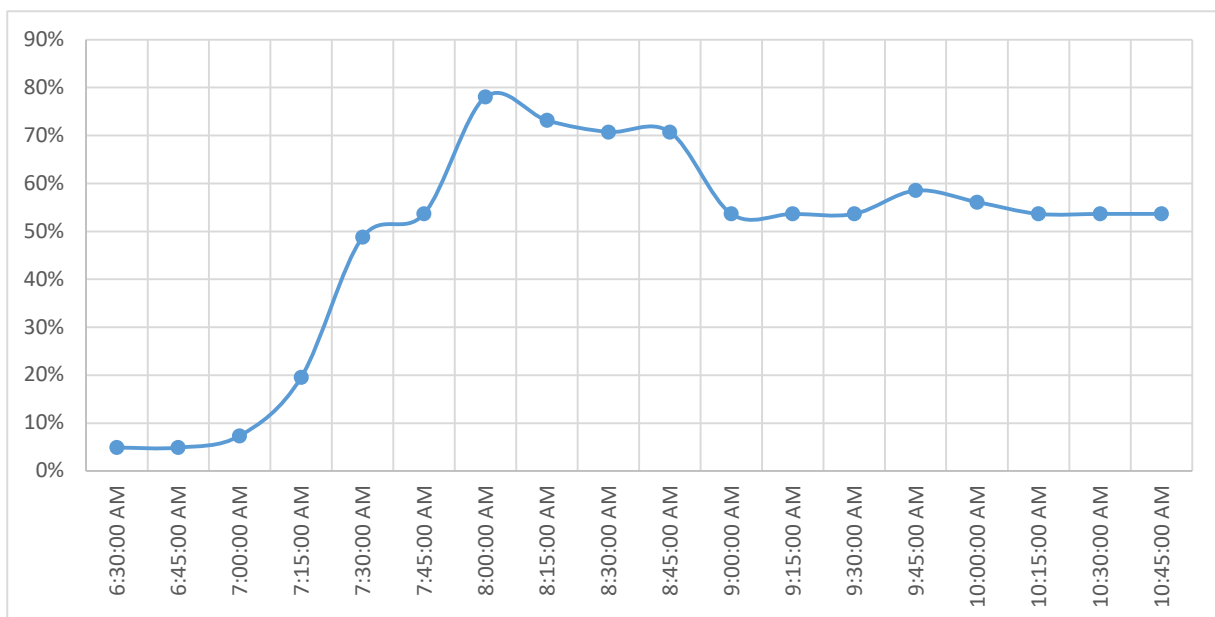
- 69% carro
- 23% Transporte Escolar
- 4% Motocicleta
- 3% Transporte publico
- 1% Caminata

Teniendo en cuenta el comportamiento en la entrada del colegio en el inicio y culminación de la jornada escolar se evidencia posible traumatismo en la operación de no ser controlada diligentemente, debido al gran impacto del flujo vehicular en un tiempo muy corto lo cual generaría congestión, demoras e impactos negativos en el comportamiento de los conductores.

Adicionalmente el 78% del flujo vehicular lo que es aproximadamente 335 vehículos principalmente padres de familia, estudiantes y transporte escolar realizan su operación en intervalos de máximo 30 minutos lo que equivale a 11 vehículos/minuto realizando maniobras de ascenso, descenso, giro y salida. Operativamente esto puede rondar en buenas condiciones entre 30 a 60 segundos por vehículo generando así un impacto en la movilidad interna del colegio que, de no tratarse adecuadamente, puede repercutir de manera externa en largas colas en las vías aledañas al colegio.

El porcentaje de ocupación de parqueo en el colegio en condiciones similares se presenta en la ilustración 65.

Ilustración 62: Porcentaje de la ocupación de parqueo Gimnasio la Consolata



Fuente: El Autor.



En la toma de datos en campo se evidenció que el porcentaje de ocupación del parqueadero se disparó en los últimos 30 minutos antes de la entrada del colegio y que su ocupación final una hora después de la entrada se mantuvo constante con una ocupación del 55% como lo establece la ilustración 65, para lo cual se destaca que la mayoría de vehículos haciendo uso de estas zonas trabajan con la institución.

En cuanto al espacio disponible de parqueo en este colegio se evidencia a continuación:

Ilustración 63: Plazas de parqueo habilitadas colegio Consolata.



- Zona de parqueo publico
- Zona Ampliación de parqueo
- Zona de parqueo docentes
- Zona de parqueo funcionarios
- Zona de parqueo motocicletas

Fuente: El Autor mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales. (2022)

Actualmente se encuentran habilitadas 57 plazas de parqueo las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

- Docentes 5 plazas
- Visitantes 24 plazas
- Funcionarios y personal de servicio 13 plazas
- Motociclistas 15 plazas

Es necesario destacar que la zona de ampliación de parqueo se usa para suplir la demanda en los días atípicos en los cuales no se presta el servicio de transporte escolar como lo son la entrega de notas trimestral, los eventos realizados como el día de la familia etc.

Basados en sondeos con los funcionarios del colegio los cuales expresaron que existe la posibilidad de llegada de tres carros por familia en días atípicos y la gran complejidad de atender tal flujo vehicular ya que afirman que aun llenando las zonas de ampliación

no les fue suficiente suplir la demanda por lo tanto se estableció un convenio con un parqueadero cercano al colegio para esas fechas atípicas establecidas. Finalmente, las 57 plazas habilitadas son suficientes para la operación en días típicos en el colegio. Realizando el raciocinio entre el área ocupada de parqueo incluyendo el espacio de maniobra con el número de plazas disponibles en un día típico, se determinó que la zona de ampliación tiene la capacidad máxima de parqueo para 111 vehículos. El número total de vehículos que puede albergar las instalaciones del colegio es de 167.

6.4.3. Determinación del número de bahías de parqueo para el colegio Reggio Emilia, la relación poblacional de los dos colegios se presenta en la tabla 24:

Tabla 24: Comparación de la población académica entre los colegios

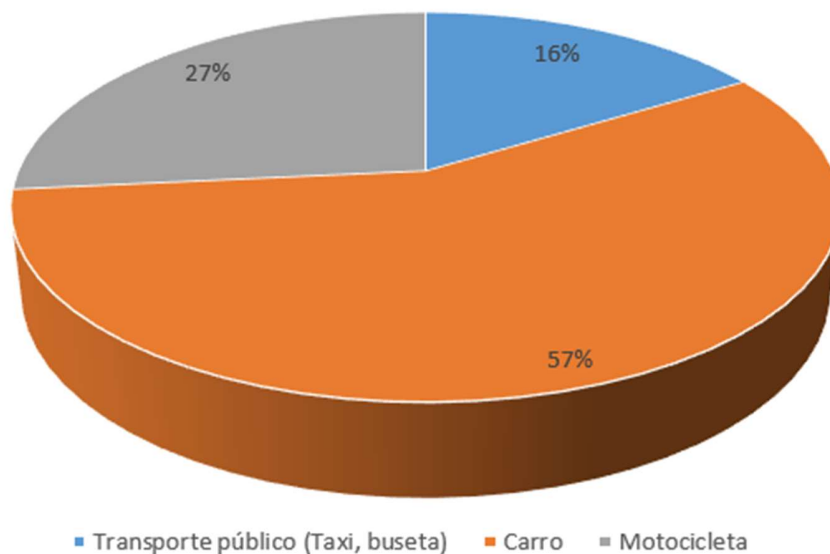
ACTOR ACADEMICO	COLEGIO CONSOLATA	COLEGIO EMILIA
Docentes	56	33
Administrativo	15	7
Personal servicio	12	10
Estudiantes	592	320
<b>Total</b>	<b>675</b>	<b>370</b>

Fuente: El Autor.

De la tabla 24 se muestra que el colegio Reggio Emilia inicia con la mitad de la población del colegio Consolata lo cual tentativamente indicaría que se necesitan la mitad de lugares de parqueo para suplir la demanda. Sin embargo, las características zonales son muy diferentes ya que en la Avenida Alberto Mendoza existe mayor demanda de transporte público y adicionalmente el viaje de última milla desde esta avenida hasta el sector de implantación del colegio requiere una caminata de 8 minutos lo cual se encuentra en los límites de tolerancia para el peatón. Esta leve proximidad puede mitigar y disminuir así sea un poco el uso del automóvil.

Teniendo en cuenta las dinámicas del colegio el mayor tiempo de permanencia lo ejercen los funcionarios, docentes y personal de servicio que por lo general se desplazan en vehículo particular. por lo tanto, son los que más necesidad y uso le darán a las zonas de parqueo. Para cuantificar cuantas zonas se dispondrán, es necesario conocer la movilidad del personal que trabaja en el colegio con condiciones similares (Gimnasio la Consolata) que se presenta en la ilustración 67:

Ilustración 64: Preferencias de viaje en el personal del Gimnasio la Consolata.



Fuente: El Autor.

Según la ilustración 67 se muestra que toda la planta del Gimnasio la Consolata entre profesores, administrativos y personal de servicio se evidencia un uso del 84% del vehículo particular y un 16% transporte público. Por lo tanto, es razonable que las bahías de parqueo proyectadas para el colegio Reggio Emilia sean proporcionales al personal contratado siguiendo el patrón de uso del vehículo particular del gimnasio la Consolata. En ese orden de ideas se requieren de 35 plazas de parqueo las cuales se distribuirán de la siguiente manera:

Para el automóvil se dispondrán de 25 plazas de parqueo:

- Docentes 10 plazas de parqueo
- Administrativos 3 plazas de parqueo
- Personal de servicio 2 Plazas de parqueo
- Visitantes 3 plazas de parqueo
- Personas en condición de discapacidad 2 plaza de parqueo
- Transporte escolar 5 plazas de parqueo

Para motocicletas se dispondrán de 10 plazas de parqueo:

- Docentes 6 plazas de parqueo
- Administrativo 2 plazas de parqueo
- Personal de servicio 2 plazas de parqueo.

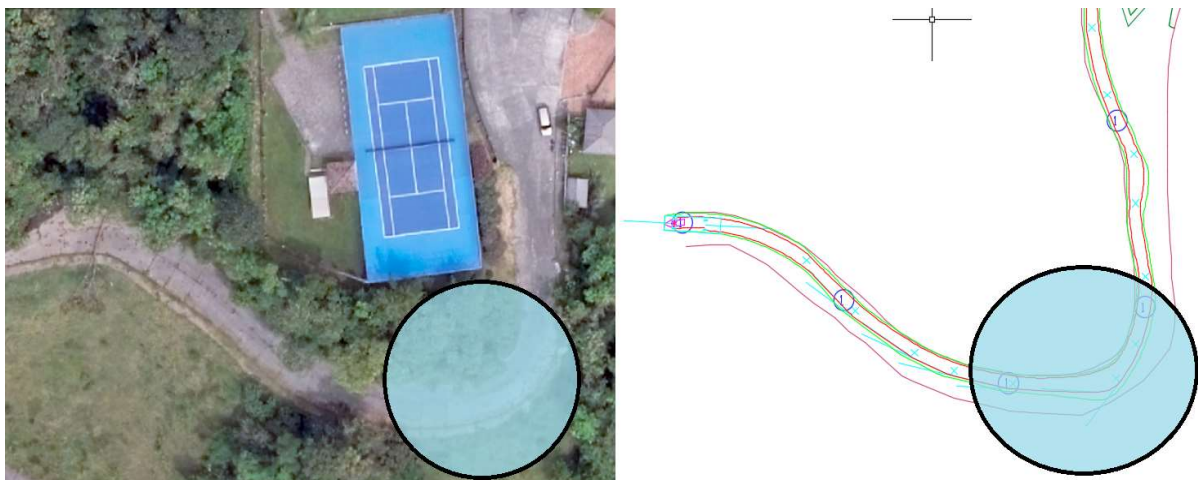
Es necesario destacar que para mitigar el impacto en las zonas de parqueo que genera la permanencia de toda la comunidad académica en días atípicos como son el día de la familia y la entrega de informes se deberán contar con medidas de gestión de la demanda como el uso del carro compartido y transporte público, ya que de no realizarse puede

presentar problemas de parqueo indebido en vías aledañas al colegio afectando la movilidad de los residentes del sector y posiblemente fomentando siniestros viales. También es necesario contar con un plan de movilidad al interior del colegio que permita de manera ordenada canalizar los flujos vehiculares fomentando así una operación rápida y segura que responda óptimamente en los periodos de máxima demanda ocasionados por los padres de familia al recoger a sus hijos, Para esto es indispensable la construcción de un retorno o Rotonda al interior del colegio.

## 6.5. ESTUDIO DE DISEÑO GEOMÉTRICO

En cuanto al diseño geométrico mediante el Sistema de información geográfica de Manizales se replicó el trazado de la vía de acceso al proyecto y mediante vehicle tracking de Autodesk se analizaron los radios de giro en toda la malla vial que comprende el trayecto entre el proyecto y la avenida Mendoza, con unas condiciones técnicas críticas como un vehículo de diseño con mayor longitud que el utilizado con frecuencia por el transporte escolar. Solo se encontró un punto crítico de giro el cual se presenta en la ilustración 68:

Ilustración 65: Punto crítico en radio de giro



Fuente: El Autor mediante el Sistema de Información Geográfica de Manizales. (2022)

En la ilustración 68 se muestra que el vehículo en el momento de realizar el giro invade el carril opuesto lo cual a grandes velocidades puede causar siniestros fatales. En el resto del trazado no se evidencian problemas en los radios de giro.

## 6.6. MODELACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE AIMSUN

Para garantizar la fiabilidad de los resultados de forma que lo simulado corresponda de manera idónea a la realidad es necesario calibrar el modelo mediante el estadístico GEH cuyo propósito es comparar los valores simulados en el modelo con los que se tomaron en campo, teniendo como resultado un valor de 8 datos inferiores a un GEH de 5. Que corresponde a un 100% de los detectores puestos en el modelo. Esto muestra que el

modelo es confiable y que sus resultados son fidedignos a las observaciones de campo. Esto se muestra en las ilustraciones 69 y 70.

Ilustración 66: Calibración del modelo



Fuente: El autor, mediante Aimsun.

Ilustración 67: Calibración del modelo comparación datos reales con los modelados.

TS del Conjunto de Datos Reales: Aforo - Todos - Conjunto de Datos Reales 1080 (Detector) TS del Simulador: Aforo - Todo

Desde: 4:00:00 PM Duración: 04:00:00

Objeto	los - Conjunto de Datos	o - Todos - Replicación	Diferencia Absoluta	Diferencia Relativa (%)	GEH
1082: D2	6429	6410	-19	-0.2955	0.11857
1087: D7	7311	7295	-16	-0.2188	0.093614
1088: D8	7977	7958	-19	-0.2382	0.10643
1083: D3	129	134	5	3.876	0.21801
1084: D4	453	485	32	7.064	0.73881
1081: D1	8328	8317	-11	-0.1321	0.060289
1086: D6	1037	1036	-1	-0.09643	0.01553
1085: D5	129	146	17	13.18	0.72488
Media	3974.13	3972.63	-1.5	-0.03774	0.25952

Sumario de GEH

Número de objetos: 8      Número de objetos con GEH < 5: 8 (100.00%)      Número de objetos con GEH < 10: 8 (100.00%)

Fuente: El autor, mediante Aimsun.

- Cálculo de nivel de servicio en condiciones actuales

El manual HCM evalúa el nivel de servicio como una sinergia entre la demora (s/veh) y la relación volumen capacidad sus indicadores se presentan a continuación:

Tabla 25: Capacidad y nivel de servicio HCM

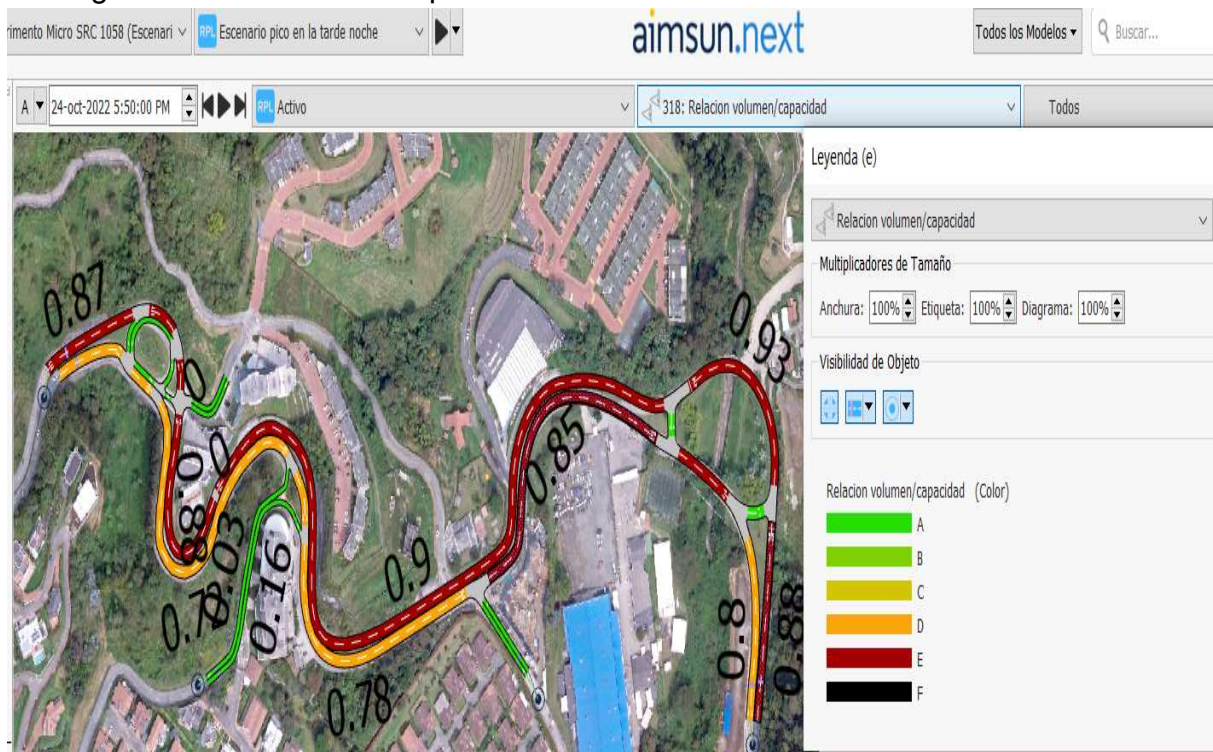
Control Delay (s/veh)	LOS by Volume-to-Capacity Ratio	
	$v/c \leq 1.0$	$v/c > 1.0$
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Note: The LOS criteria apply to each lane on a given approach and to each approach on the minor street. LOS is not calculated for major-street approaches or for the intersection as a whole.

Fuente: (Transportation Research Bureau , 2016)

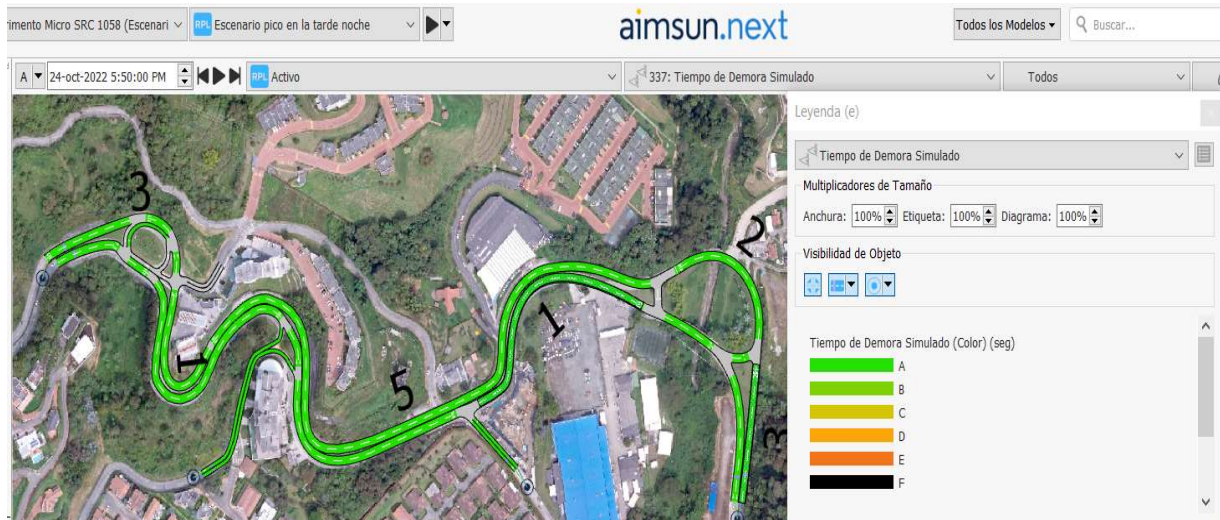
Con una capacidad calculada de 2500 veh mixtos / hora y los parámetros de demoras establecidos en la tabla anterior. El modelo en la hora más crítica sin proyecto presenta el comportamiento de la ilustración 71:

Ilustración 68: Evaluación de capacidad y niveles de servicio sin proyecto para la red vial según relación volumen capacidad



Fuente: El Autor mediante Aimsun

Ilustración 69: Evaluación de capacidad y niveles de servicio sin proyecto para la red vial según el tiempo de demora



Fuente: El Autor mediante software de micro simulación Aimsun.next

Es interesante apreciar en las ilustraciones 71 y 72 que su relación volumen capacidad en algunos tramos a pesar de ser muy crítica con valores mayores a 0.85 presenta un tiempo de demora muy pequeño con un nivel de servicio A. Esto se debe a la gran velocidad que se presenta en el tramo que puede movilizar un mayor volumen que su capacidad calculada sin presentar retrasos considerables.

En cuanto al volumen está muy cercano a su capacidad calculada pero aun así opera en buenas condiciones su resumen por tramos se presenta en la tabla 26:

Tabla 26: Resumen capacidad y nivel de servicio por tramos.

Tramo	V/C	NS según V/C	Tiempo demora (seg)	NS según demora
AMH Glorieta - Renault minuto y calle 81	0.73	D	1	A
AMH Calle 81 a calle 83	0.78	D	1	A
AMH calle 81 a Expoferias	0.85	E	5	A
Calle 81 a colegio	0.03	A	1	A
Calle 83 a colegio	0.03	A	1	A

Fuente: El Autor.

Teniendo en cuenta que el manual HCM prioriza el tiempo de demora sobre la relación volumen capacidad (V/C) siempre y cuando (V/C) sea inferior a 1. Se puede concluir que los tramos estudiados presentan buena operatividad en sus condiciones actuales.

En cuanto al volumen que presenta cada una de las intersecciones este se presenta a continuación:

Ilustración 70: Volumen asignado a toda la red vial en el periodo pico

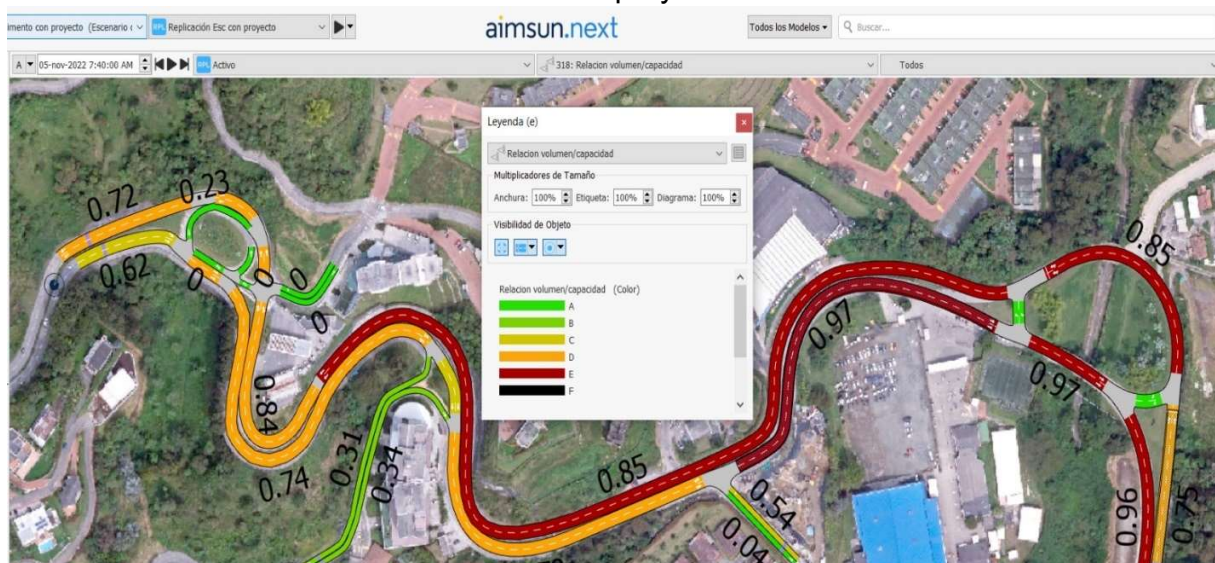


Fuente: El Autor mediante software de micro simulación Aimsun.

- Capacidad y niveles de servicio con proyecto.

Tomando como referencia los viajes atraídos encontrados en el Gimnasio la Consolata que en general fueron alrededor de 300 usando vehículo particular, se modeló el impacto de este flujo en las vías de la zona de influencia y sus resultados se evidencian en la ilustración 74.

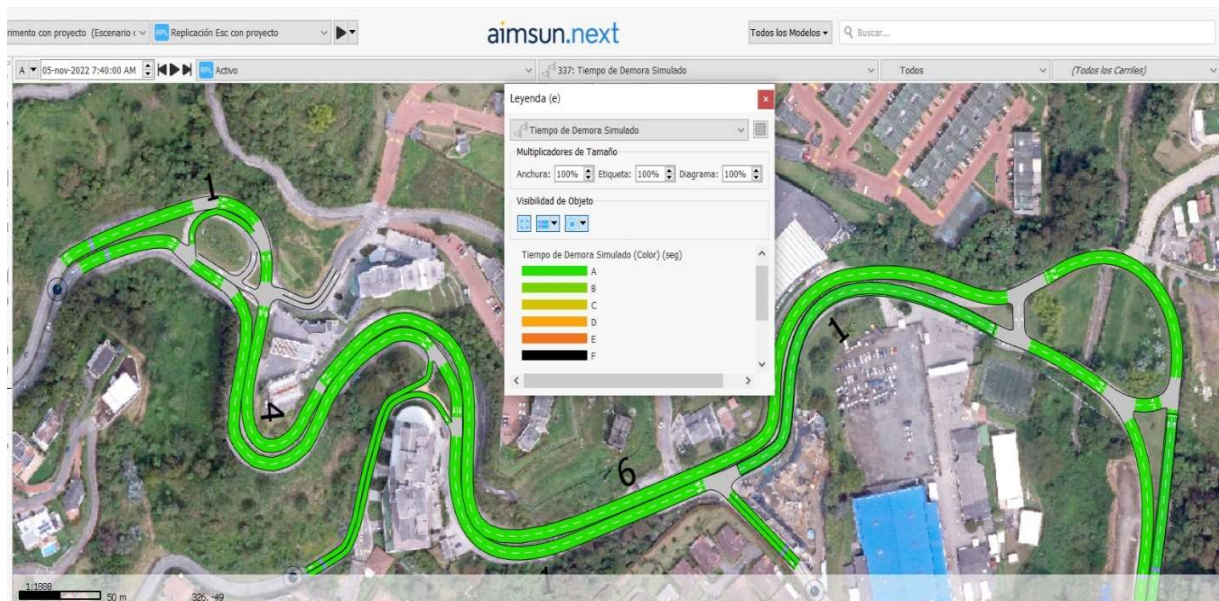
Ilustración 71: Nivel de servicio ofrecido con proyecto



Fuente: El Autor mediante software de micro simulación Aimsun.



## Ilustración 72: Demoras presentadas en la red vial con la operación del proyecto



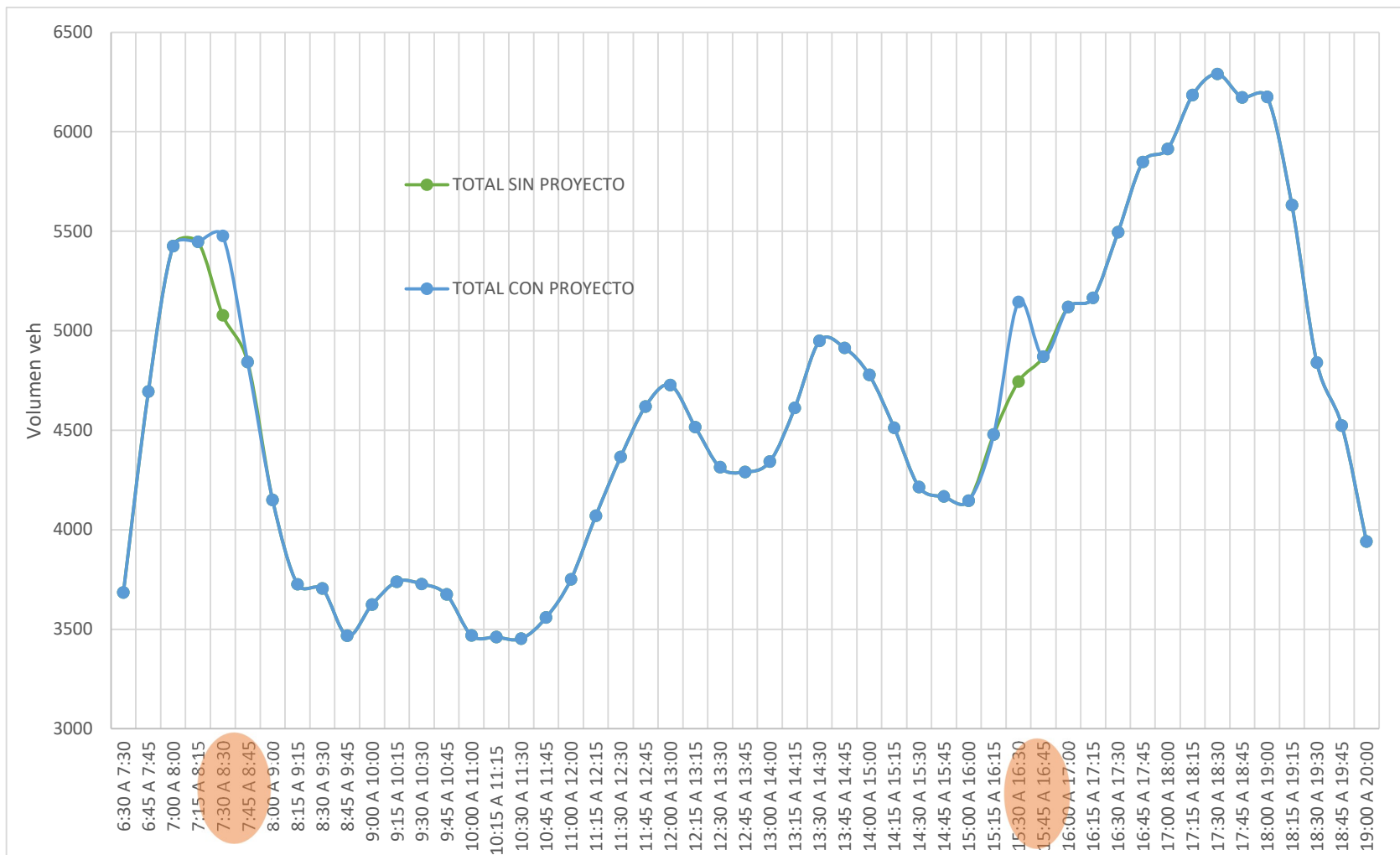
Fuente: El Autor mediante software de micro simulación Aimsun.

Las ilustraciones 74 y 75 (Nivel de servicio antes de la implantación) Comparadas con las ilustraciones 71 y 72 (Nivel de servicio después de la implantación) no se evidencian cambios significativos en la Avenida Alberto Mendoza. El flujo aumento en una proporción leve en la cual no afecta de manera radical el nivel de servicio prestado. En cuanto al tiempo de demora este aumento, pero aun ofrece un nivel de servicio A.

Es necesario destacar que en el largo plazo debido a la tendencia creciente del vehículo automotor y una posible expansión del colegio Reggio Emilia van a disminuir las brechas en la Avenida Alberto Mendoza lo cual dificultara la operación de salida de la calle 83 y posiblemente se formen colas y como consecuencia aumenten los tiempos de demora.

Adicionalmente en la ilustración 76 se evidencia que, aunque el volumen crece un poco debido a la operación del colegio no es tan relevante como el periodo que se presenta en la noche, por lo tanto, la implantación de este proyecto no impactara de manera significativa la movilidad del sector de estudio.

Ilustración 73: Impacto de la operación del colegio en la variación horaria del tránsito



Fuente: El Autor.

## **6.7. RECOMENDACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN**

- La implantación del proyecto no impactara de manera significativa el comportamiento del tránsito en la Avenida Alberto Mendoza
- Se recomienda un total de 35 plazas de parqueo para garantizar una cobertura adecuada de la demanda.
- Es necesario la realización de un plan de movilidad escolar el cual contemple la construcción de un retorno o mini glorieta y vías unidireccionales que permitan canalizar el flujo optimizando tiempos de ascenso y descenso de pasajeros minimizando así la posibilidad de colas.
- Se debe diseñar un plan de gestión de tránsito en los días atípicos de máxima demanda al colegio, con la finalidad de evitar el parqueo en zonas no destinadas para ello. El uso del transporte público o el carro compartido son las más comunes.
- Debido a las limitaciones del proyecto y el radio de giro estrecho en un sector es necesario reglamentar la velocidad en ese tramo para evitar posibles siniestros.
- En un escenario futuro de seguir la tendencia del crecimiento y uso automotor se pueden presentar colas y tiempos de demora excesivos en la calle 83 ya que la avenida Alberto Mendoza no presentaría las brechas suficientes para despejar el flujo vehicular de la calle mencionada

## **7. DISEÑO DEFINITIVO DE UN FORMULARIO PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN GEORREFERENCIADA DE TODO LO REFERENTE AL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL 2015**

Una de las principales dificultades a la que se expone un municipio o una ciudad es la pérdida de información. Ya sea por cambios de administración política en las entidades, descentralización de la información o simplemente por falta de visión para crear proyectos de gestión de la información que basen un sustento más realista para tomar decisiones.

La realidad es que son muy pocas las entidades que cuentan con inventario de señalización vial que les permita conocer su distribución espacial en toda la ciudad y su estado. Esto es muy importante ya que se debe garantizar a la ciudadanía que la señalización existente esté en buenas condiciones ya que, de lo contrario, brinda un mensaje confuso o más grave aún, no brinda ningún mensaje de advertencia sobre un posible riesgo, fomentando así la siniestralidad y en el peor de los casos los decesos por siniestros viales.

También es una herramienta de gran ayuda ya que permite visualizar en que lugares de la ciudad carecen de señalización y adicionalmente, brindar control y registro a los procesos de nueva señalización que requiere la ciudad. En el caso particular de Manizales es de gran ayuda ya que la demanda por señalización en barrios marginados es alta y no se encuentra con un registro actualizado. Finalmente, este trabajo busca generar buenas prácticas en cuanto al manejo de información de toda la señalización de la ciudad siguiendo el manual del 2015.

El desarrollo de este formulario es un trabajo mancomunado que tuvo sus inicios en una matriz de prioridad alimentada por las solicitudes de la ciudadanía. Posteriormente se desarrollaron pruebas piloto Mediante la aplicación web ArcGIS survey 123 que a pesar de brindar una buena recolección de datos su toma era ineficaz ya que al necesitar internet le tomaba mucho tiempo cargar un nuevo registro. Adicionalmente, estaba incompleto ya que solo funcionaba para señalización vertical excluyendo señalización horizontal y dispositivos especiales. Para contrarrestar estas dificultades el formulario actual se desarrolló en ArcGIS survey 123 Connect. Que mediante un lenguaje de programación sencillo basado en XLSForms, permitió de una manera más óptima la toma de datos con una gran calidad, en poco tiempo y sin internet, mediante una App que se instala al celular. Cabe destacar que los datos tomados quedan guardados en el móvil que posteriormente los transmite a un dashboard con una conexión a internet.

## 7.1. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL FORMULARIO.

El formulario está diseñado con un orden jerárquico, el cual abre preguntas consecuentes en base a respuestas precedentes, este mismo maneja en su interior una base de datos correlacionada que minimiza la posibilidad de cometer errores en su diligencia haciéndolo muy práctico y fácil de llenar. Es necesario destacar que quien realice esta labor sea una persona idónea que conozca con profundidad el Manual de Señalización Vial ya que el formulario presenta opciones, pero es el usuario quién en definitiva elige y de no saber diferenciarlas podría introducir información sesgada que entorpecería el proceso.

- Paso 1: Identidad de quien registra la información.

Ilustración 74: Descripción formulario de señalización vial

The image shows a mobile application interface for a traffic sign registration form. The title is 'Formulario de señalización vial'. It features a date and time picker at the top. A question asks if the surveyor belongs to the Department of Mobility, with 'SI' and 'NO' radio button options. Below this are two text input fields for 'Nombre del contratista' and 'Numero del contrato'. A section titled 'Por favor diligencie las siguientes preguntas' contains a question about the type of procedure to be performed, with three radio button options: 'Actualización del registro', 'Retiro', and 'Instalación nueva'. The 'Actualización del registro' option is currently selected.

Fuente: El Autor, Mediante ArcGIS Survey 123 Connect

En esta parte del formulario es obligatorio diligenciar si quien está tomando la información pertenece a la Secretaría de Movilidad o si es un contratista de la entidad cumpliendo con sus labores. Posteriormente se ofrecen tres opciones de procedimiento las cuales son:

Actualización del registro: este permite clasificar la información como una actualización de estado de una señal ya existente.

Retiro: es el retiro definitivo de una señal debido a su condición de mal estado.

Instalación nueva: es la nueva instalación de una señal de tránsito o dispositivo especial.

- Paso 2: Tipo de señal evidenciada

Ilustración 75: Descripción formulario de señalización vial en tipo de señal

The image shows a mobile application interface for a traffic sign reporting form. The title is 'Formulario de señalización vial'. The first section asks the user to 'Seleccione el tipo de señal que evidencias' (Select the type of sign you are reporting) and notes 'Es necesario señalar una opción' (It is necessary to indicate an option). There are three radio button options: 'Señal horizontal', 'Señal vertical' (which is selected), and 'Dispositivos especiales'. The second section asks 'Seleccione el tipo de señal vertical que evidencias' (Select the type of vertical sign you are reporting) and also notes 'Es necesario señalar una opción'. A dropdown menu is open, showing 'Reglamentaria' as the selected category. Below this, there are three radio button options: 'Reglamentaria' (selected), 'Preventiva', and 'Informativa'. The third section asks 'Seleccione el tipo de señal vertical reglamentaria que evidencias' (Select the type of regulatory vertical sign you are reporting). A dropdown menu is open, showing several options: 'ALTURA MAXIMA PERMITIDA', 'ANCHO MAXIMO PERMITIDO', 'CEDA EL PASO', 'CIRCULACION CON LUCES BAJAS', and 'CIRCULACION PROHIBIDA DE'. The final section asks 'Seleccione el codigo de la señal' (Select the code of the sign) with a dropdown menu.

Fuente: El Autor Mediante ArcGIS Survey 123 Connect

La clasificación esta dividida en tres secciones señales horizontales, señales verticales y dispositivos especiales. Después de seleccionar la opción evidenciada en campo se abre un menú desplegable en este caso el tipo de señal ya sea reglamentaria, preventiva o informativa.

Posteriormente, se escoge la señal evidenciada y automáticamente el formulario lo relaciona con código según el manual.

Ilustración 76: Descripción formulario de señalización vial por código.

Formulario de señalización vial

Seleccione el código de la señal \*

SR-02

Seleccione el tipo de instalación \*

Adosada  Pedestal  Estructura

Tome la ubicación de la señal seleccionada

5°38'N 73°32'W ± 97 m

Tome una foto de la señal seleccionada

Seleccione el estado de la señal seleccionada

Bueno  Regular  Malo

¿Alguna observación que desees realizar?

Vandalizada

Fuente: El Autor Mediante ArcGIS Survey 123 Connect

Luego, el tipo de instalación sugiere las siguientes opciones:

**Adosada:** es una señal vertical donde su base la cual va empotrada al suelo no es propia, principalmente están en los postes de las redes eléctricas.

**Pedestal:** son señales verticales las cuales si tienen una base propia.

**Estructura:** son señales verticales que requieren una estructura, principalmente pórticos, estas son comunes en vías nacionales con señalización informativa que guía al usuario a su destino.

Luego requiere diligenciar la ubicación de la señal, este es el paso fundamental ya que una correcta georreferenciación mitiga los rangos de incertidumbre de ubicación. Después sugiere una foto y el estado de la señal. Finalmente, un comentario u observación que permita establecer algún patrón de daño o deterioro de la señal.

Ilustración 77: Descripción formulario de señalización vial ubicación.

**Formulario de señalización vial**

Seleccione el tipo de instalación \*

Adosada  Pedestal  Estructura

Tome la ubicación de la señal seleccionada

5°38'N 73°32'W ± 97 m

Tome una foto de la señal seleccionada

**Alcaldía de Manizales**

Seleccione el estado de la señal seleccionada

Bueno  Regular  Malo

¿Alguna observación que desees realizar ?

Vandalizada

1 de 1

Fuente: El Autor Mediante ArcGIS Survey 123 Connect

Luego de llenar todos los campos correspondientes se pueden añadir más registros casi que de manera instantánea para seguir con la toma de información haciendo este formulario muy rápido versátil y sencillo.

#### • **CARGA DE DATOS**

Luego de tomada la información los datos se cargan a una plataforma web que ArcGIS dispone para su visualización. Adicionalmente, la plataforma permite hacer análisis dinámico y descargar la información en formato de base de datos esto puede ser de gran ayuda para alimentar las bases de datos del centro de gestión de movilidad de Manizales. Las ilustraciones 81 y 82 ejemplifican lo expuesto.



Ilustración 78: Carga y visualización de datos señales verticales

FORMULARIO SEÑALIZA...

TIPO_SENAL	COD_SENAL	TIPO DE INSTALACIÓN	ESTADO DE LA SEÑAL
REGlamentARIA	SR 30 Y SP 46	DOBLE	ACEPTABLE

1 of 104 selected

INTERSECCION

REGISTRO\_FOTOGRAFICO

registro\_fotografico-20... registro\_fotografico-20...

No\_CONTRATO\_SENAL

No 1910250781 consorcio 3 manizales

COD\_SENAL

Fuente: El Autor Mediante ArcGIS Survey 123 Connect

Ilustración 79: Carga y visualización de datos señales horizontales

App Inventario señalización vial

Refresh data

Overview Design Collaborate Analyze Data Settings

11/27/22 - 1/22/23 Filter Report Export Open in Map Viewer Form view 7/7

Carrera 11, Camponermoso, Comuna 1 Atardeceres, Manizales, Caldas

Tome una foto de la señal seleccionada

image\_all-20230116-1...

Seleccione el estado de la señal seleccionada

Bueno

Fecha	¿El encuestador pertenece a la secretaría de movilidad?	Nombre del encuestador	Nombre del contratista	N
Nov 27, 2022, 10:51 AM	NO		PROTRAFFIC SAS	2
Nov 27, 2022, 10:34 AM	NO		PROTRAFFIC SAS	2

Fuente: El Autor Mediante ArcGIS Survey 123 Connect

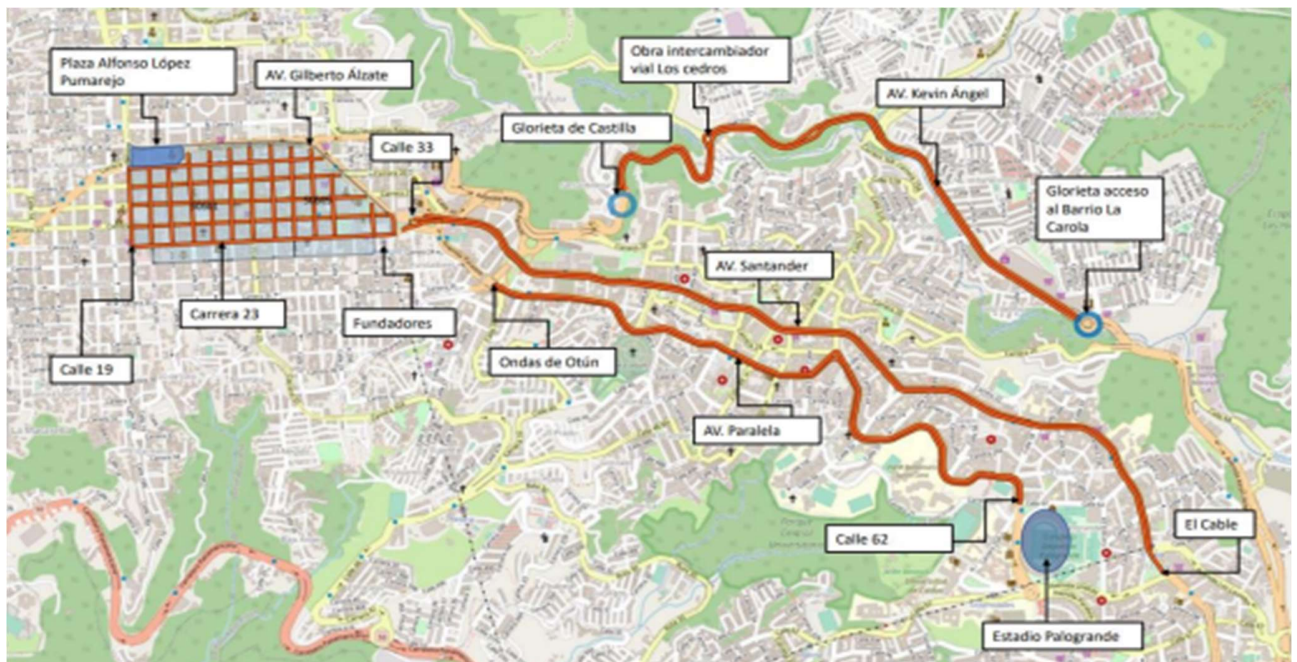
## 8. OPTIMIZACIÓN SEMAFÓRICA CALLE 51 CON CARRERA 20 -21

La vigente regulación dada por la Secretaría de Movilidad en cuanto a la gestión del tráfico, como lo es el pico y placa en las Avenidas principales, ha desarrollado comportamientos opuestos a la filosofía de esta medida.

Lo ideal es que las personas migren a otros modos como lo son la bicicleta y el transporte público en el tiempo que les corresponda la medida restrictiva. Sin embargo, como no aplica en toda la ciudad estas personas de forma masiva buscan rutas alternas para satisfacer sus desplazamientos evitando transitar por los lugares donde es vigente la norma congestionando así las vías de zonas residenciales que en algunas ocasiones no cumplen con las características técnicas para albergar tal tránsito.

Este fenómeno ocurre en la intersección semafórica de la calle 51 con carreras 20 y 21 donde evidencio colas vehiculares de más de 100 metros. Se pretende actualizar las fases semafóricas para que correspondan al dinamismo actual del tráfico, debido a la medida restrictiva. Se evidenció en campo que se pueden redistribuir los tiempos de las fases ya que en la carrera 20 la tasa de llegada es baja comparada con un tiempo excesivo de fase que sobredimensiona su tránsito. Es necesario destacar que este estudio no se culminó debido a decisiones administrativas. Que dictaminaron darles prioridad a otros estudios. Sin embargo, se presenta el avance hasta el momento.

Ilustración 80: Restricción de pico y placa sobre las Avenidas

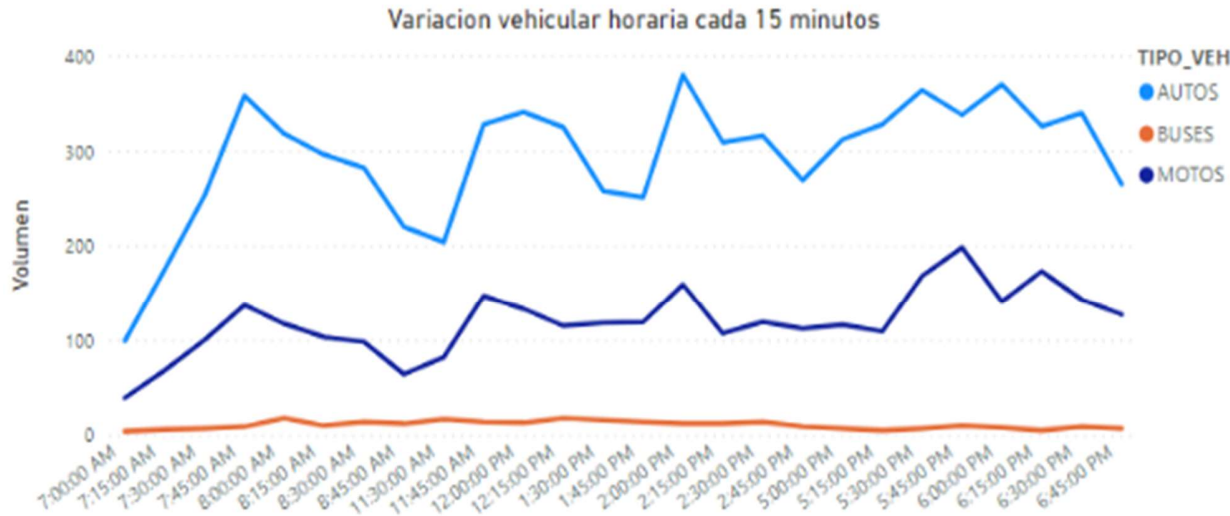


Fuente: Secretaría de movilidad de Manizales (2021). Estudio de viabilidad para la implementación del pico y placa.

Los resultados de este estudio se presentan en la ilustración 84:

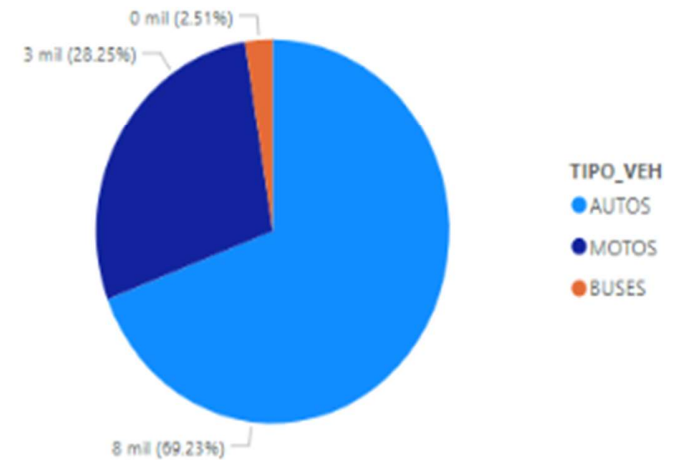
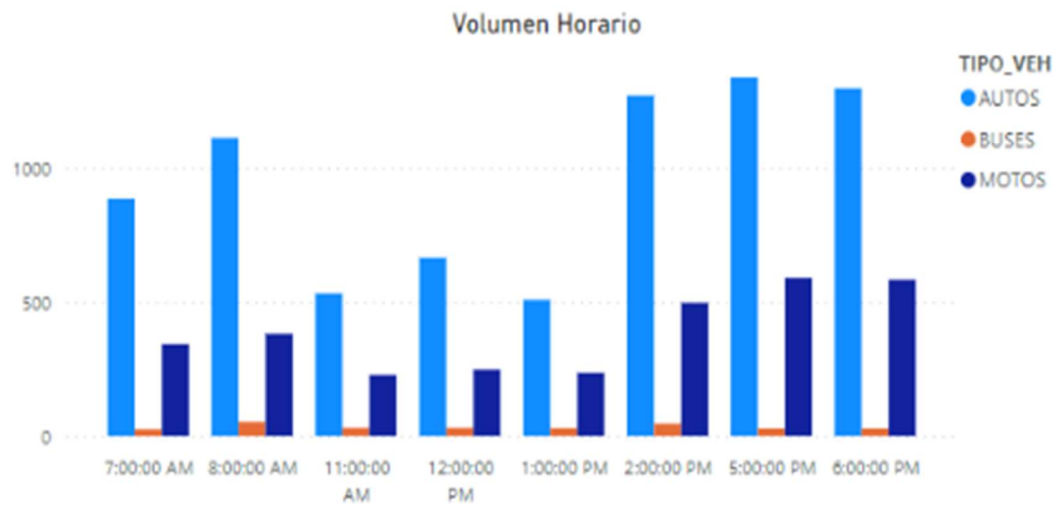
Ilustración 81: Resultados del aforo.

ESTACION  MOVIMIENTO  ZONA  TIPO  HORA\_FIN (ubicaciones)  TIPO\_VEH



HORA_FIN (ubicaciones)	AUTOS	BUSES	MOTOS	Total
6:00:00 PM	1374	32	655	2061
2:00:00 PM	1256	52	504	1812
8:00:00 AM	1254	51	455	1760
12:00:00 PM	994	45	395	1434
5:00:00 PM	1004	19	393	1416
7:00:00 AM	527	17	207	751
7:00:00 PM	265	7	127	399
1:00:00 PM	258	16	116	392
3:00:00 PM	269	9	112	390
11:00:00 AM	204	17	82	303
9:00:00 AM	220	12	64	296
<b>Total</b>	<b>7625</b>	<b>277</b>	<b>3112</b>	<b>11014</b>

Composición vehicular



Fuente: El Autor Mediante Power BI

En síntesis, con la ilustración 84 la hora de máxima demanda es a las 6 PM con 2061 veh/mixtos en las dos intersecciones. Su composición vehicular fue la siguiente:

- Automóvil 69%
- Motocicleta 28%
- Transporte publico 3%

El crecimiento más radical del tránsito fueron los primeros 45 minutos desde las 7AM, sin embargo, no es suficiente comparado con el tránsito constante de 5 PM a 7 PM.

Para realizar la asignación dinámica en el modelo se definieron las zonas de la ilustración 85:

Ilustración 82: Zonas definidas para el modelo



Fuente: El Autor mediante Aimsun.

Las zonas se definen de la siguiente forma:

- Zona 1 (Z1): Calle 50 a
- Zona 2 (Z2): Carrera 20 sentido norte
- Zona 3 (Z3): Calle 51 sentido oriente
- Zona 4 (Z4): Carrera 20 sentido sur
- Zona 5 (Z5): Carrera 21
- Zona 6 (Z6): Calle 51 sentido Occidente

Posteriormente, con la información del aforo y la definición de las zonas se calcularon las matrices origen destino que van a alimentar el modelo de micro simulación. Las cuales se presentan de la ilustración 86 a 88:

Ilustración 83: Matriz de autos

MATRIZ DE AUTOS					
O/D	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	41	40	98	152	124
Z3	34				55
Z4	435	11			30
Z6	98	94	209	80	

Fuente: El Autor

Ilustración 84: Matriz de Motocicletas

MATRIZ DE MOTOS					
O/D	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	14	14	47	116	91
Z3	11				39
Z4	41	5			41
Z6	36	36	124	38	

Fuente: El Autor

Ilustración 85: Matriz de buses

MATRIZ DE BUSES					
O/D	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
Z1	10	0	2	0	6
Z3	7				7
Z4	0	0			0
Z6	0	0	0	0	

Fuente: El Autor.

Ya con esto lo único que falta es tomar las fases semafóricas en campo o solicitarlas al operador semafórico de la ciudad. Realizar el modelo actual y plantear opciones de optimización de fases en base a los resultados de colas, tasas de flujo de saturación, y tasas de despeje

## 9. CONCLUSIONES

- El programa Estado Joven es una gran oportunidad para articular la academia con el mundo laboral, Facilitando la adquisición de experiencia laboral certificada y la posibilidad de acceder a un empleo.
- Los estudios expuestos en este trabajo junto con sus conceptos están basados en una argumentación técnica y normativa robusta. Sin embargo, no se garantiza su materialización de la misma forma en la que se exponen en el presente informe. Ya que el debate administrativo y presupuestal propone o ajusta de forma, las pretensiones técnicas de los conceptos finales.
- Es necesario que las entidades dispongan de los equipos calibrados, personal calificado y brinden las mayores garantías para la toma de datos y realización de los estudios. Por fortuna, la Secretaría de Movilidad de Manizales respondió de manera excelsa a esos requerimientos.
- Esta institución cuenta con un buen Sistema de Información Geográfica y un archivo público que facilita las consultas respecto a la información secundaria.
- Las administraciones públicas de las grandes ciudades deben contar con información fidedigna para el desarrollo de sus políticas de movilidad basadas en una representación real de los intereses de la ciudadanía, de no tener esta información se deben desarrollar proyectos para su obtención, monitorización y actualización.

## **10.RECOMENDACIONES**

La carrera de Ingeniería de Transporte y Vías es bastante completa. Si un estudiante es dedicado, cuando se enfrente al mundo laboral maneja los conceptos técnicos básicos para hacerle frente a la gran mayoría de problemas profesionales referentes al oficio. Sin embargo, en el marco de esta pasantía el uso de Sistemas de información Geográfica es un factor determinante al momento de optimizar tiempo y trabajo por lo tanto su necesidad es innegable. Una recomendación al comité curricular es que la asignatura de Sistemas de información geográfica deje de ser una electiva para que asuma su rol como una asignatura de fundamentación o disciplinar. De esta forma, las competencias desarrolladas por el pregrado se ajustarán más a las competencias requeridas por el mercado laboral.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Seguridad Vial . (2022). *Guía práctica de sensibilización en velocidad*. Bogota D.C.
- Financiera de Desarrollo Territorial (Findeter). (2020). *El SITP de Manizales: Estructuración Técnica Legal, Financiera y Social*. Manizales.
- Gleave, S. D. (2017). *Plan maestro de movilidad de Manizales*.
- Guevara, J. (29 de Agosto de 2022). *Pedalia*. Obtenido de <https://pedalia.cc/tan-rapido-rapido-la-bicicleta/>
- Guio Burgos, D. R. (2012). Metodología para estimar la capacidad y nivel de servicio en aceras. 16.
- Ingeniería de sistemas de transporte y cables. (2020). *Consultoría para la actualización de la factibilidad del proyecto cable aéreo línea 3*.
- Ministerio de Transporte. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Ministerio de Transporte. (2015). Capítulo 5: Otros dispositivos para la regulación del tránsito. En *Manual de Señalización vial dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles carreteras y ciclorrutas de Colombia* (págs. 658-659).
- Ministerio de Transporte. (2015). *Manual de señalización vial "Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorruas de Colombia"*.
- Secretaría de Planeación. (2017). *Plan de Ordenamiento Territorial POT 2017-2031*. Obtenido de <https://drive.google.com/drive/folders/1cd2h7BrBX4TLijW9NQRpNXAdWzXEmeM>
- Secretaría de Planeación. (2021). *Laboratorio de Innovación Pública* . Obtenido de <https://drive.google.com/drive/folders/1DDbgS2FNiQFIEoJAwvMedgnv6XFKmyF4>
- Secretaría de TIC y Cámara de Comercio de Manizales. (2020). *Manizales vital: Dinámica reciente de la economía de Manizales*. Manizales: Estudios Económicos y Competitividad .
- Smith, J. (2020). The numbers and the perception. *Journar of perception*, 78-95.
- Transportation Research Bureau . (2016). *Highway Capacity Manual : A guide for multimodal mobility analisis*.
- Universidad de Manizales. (2017). *Laboratorio de innovación pública*. Obtenido de <https://laboratorio.manizales.gov.co/mas-datos/>

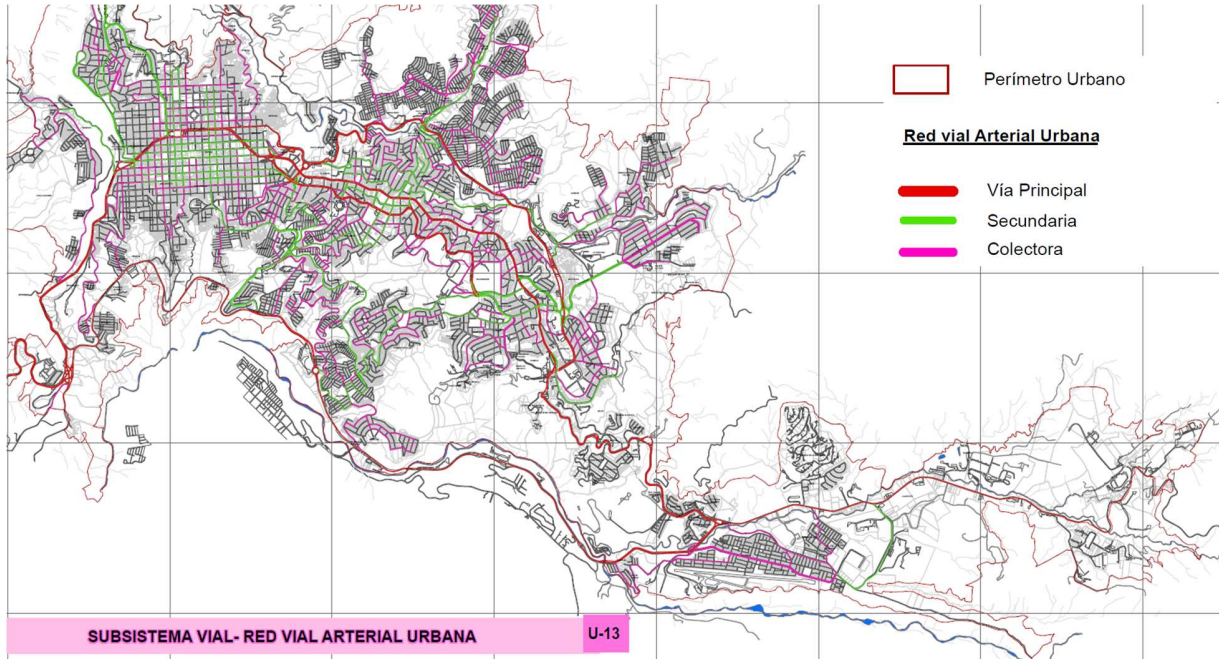


Universidad Militar Nueva Granada. (s.f.). *FAEDIS*. Obtenido de [http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin\\_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdlblmlcmhX2NpdmlsL2Rpc2Vub19nZW9tZXRYaWNvX2RIX3ZpYXMvdW5pZGFkXzlv#slide\\_1](http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3Zhcy9pbmdlblmlcmhX2NpdmlsL2Rpc2Vub19nZW9tZXRYaWNvX2RIX3ZpYXMvdW5pZGFkXzlv#slide_1)

Vive Colombia. (2006). Atracciones turísticas de caldas. 40.

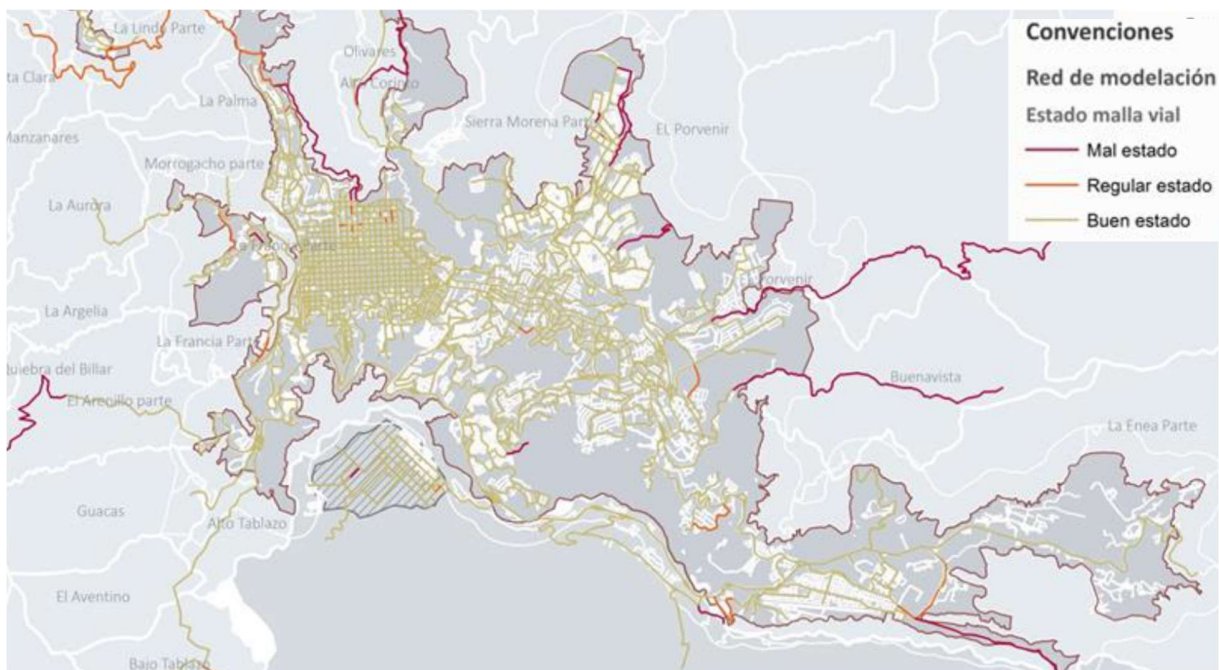
## 12. ANEXOS

### Anexo 1: Subsistema Vial - Red vial urbana



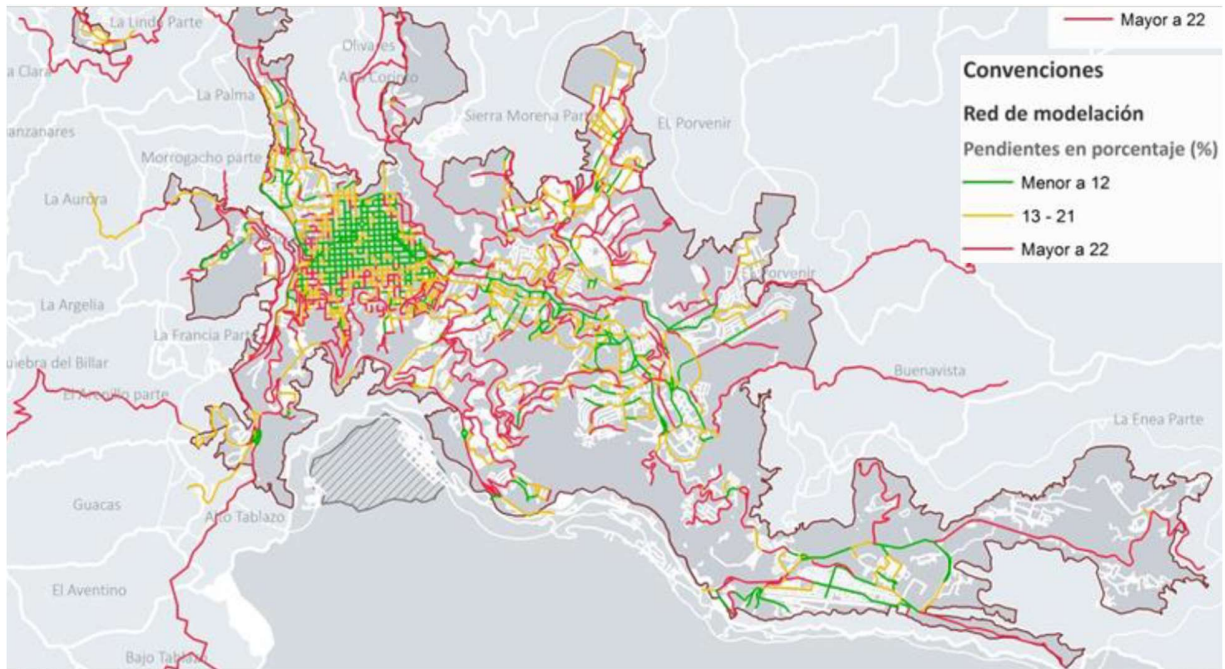
Fuente: (Secretaría de Planeación, 2017)

### Anexo 2: Estado de la red vial de Manizales



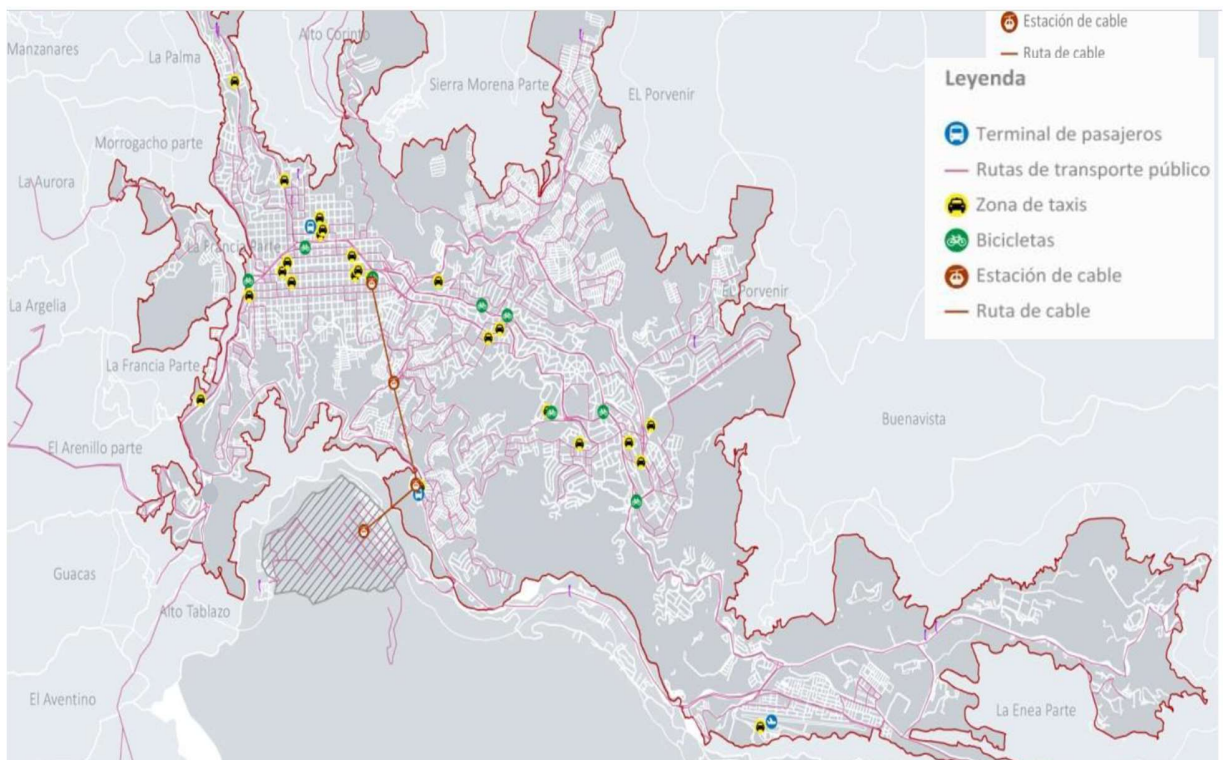
Fuente: (Gleave, 2017)

### Anexo 3: Pendientes en la red vial de Manizales



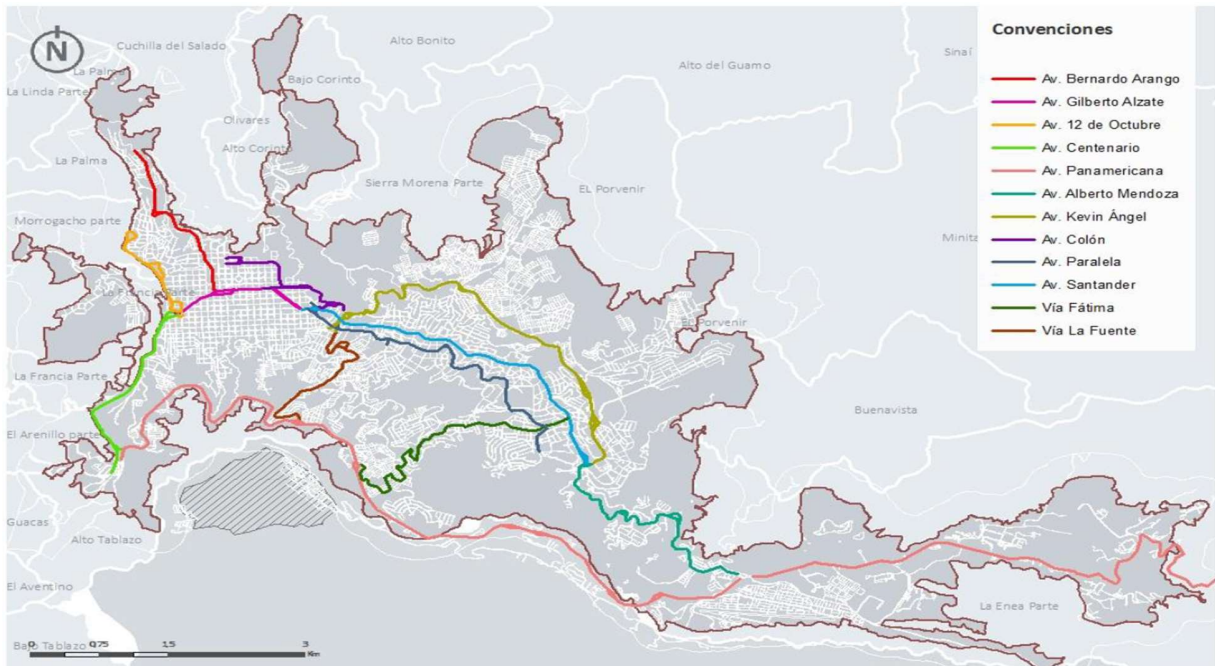
Fuente: (Gleave, 2017)

### Anexo 4: Mapa de subsistemas de transporte en Manizales



Fuente: (Gleave, 2017)

## Anexo 5: Principales Avenidas en Manizales



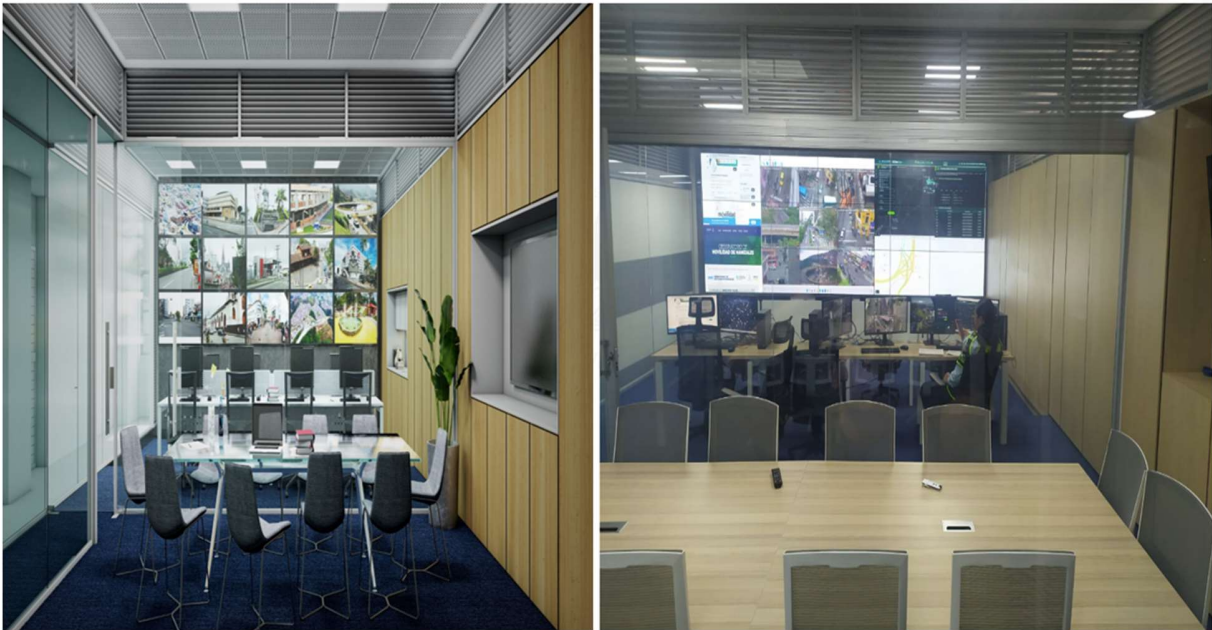
Fuente: (Gleave, 2017)

## Anexo 6: Proyecto de ciudad Campus Manizales.



Fuente: (Secretaría de Planeación, 2021)

## Anexo 7: Centro de Gestion de Movilidad de Manizales



Fuente: El Autor, Mediante la Secretaría de Movilidad de Manizales

## Anexo 8: Distancia de visibilidad de Parada.

$$D_p = 0.278 \times V_e \times t + 0.039 \times \frac{V_e^2}{a}$$

- Donde:
- $D_p$ : Distancia de Visibilidad de parada, en metros.
  - $V_e$ : Velocidad Específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado ( $V_{CH}$ ,  $V_{ETH}$ ,  $V_{CV}$  o  $V_{TV}$ ), en km/h.
  - $t$ : Tiempo de percepción – reacción, igual a 2.5 s.

$a$ : Rata de desaceleración, igual a  $3.4 \text{ m/s}^2$ .

Fuente: (Ministerio de Transporte, 2008)

Imagen 1: Algunas imágenes de los inventarios realizados.



Fuente: El Autor.