

**Rediseño operacional de la avenida calle 83 de la ciudad de Ibagué, a partir
del análisis de micro simulación de tráfico**

Humberto González Mosquera

Mauricio Andrés Librado Cardona

Trabajo de grado

Para optar al título de Magister en Infraestructura Vial

Dirigido por:

Ing. M.Sc. Andrea Stefannia Arévalo Tamara

Codirectores

Ing. M.Sc. Mauricio Orozco Fontalvo

PhD. Sergio Alejandro Useche Hernández

Universidad Santo Tomas

Facultad Ingeniería Civil

Bogotá D.C.

2020

Contenido

Resumen	9
Introducción.....	10
1. Planteamiento del Problema.....	11
2. Justificación.....	14
3. Objetivos.....	15
3.1. Objetivos Específicos.....	15
4. Estado del Arte	15
5. Metodología.....	20
6. Análisis de Datos	21
6.1. Características del Corredor Vial.....	21
6.1.1. Meteorología:.....	21
6.2. Usos del suelo:.....	23
6.3. Velocidades	24
6.4. Aforos Vehiculares:	27
6.5. Accidentalidad Vial y mapas de calor:	29
6.5.1. Carrera 10 sur intersección Mirolindo	30
6.5.2. Carrera 3 sur intersección Palermo.....	31
6.5.3. Intersección carrera 5.....	32
6.6. Levantamiento Topográfico.....	33
6.6.1. Tramo 1 Avenida 83 (intersección cra. 5 – Intersección cra. 3 sur Palermo)35	
6.6.2. Tramo 2 Avenida 83 (intersección cra. 4 sur Simón Bolívar – Intersección cra. 5 sur Florida).....	36
6.6.3. Tramo 3 Avenida 83 (intersección cra. 5 sur Florida – Intersección cra. 10 sur Mirolindo).....	37
7.5. Inventario de señalización Vial	38
7.6. Encuesta de percepción de la Avenida Calle 83 “Pedro Tafur”	39
8. Resultados y conclusiones.....	46
8.1. Microsimulación	46
8.2. Calibración del modelo.....	52
8.3. Proyección del tránsito actual	52
8.4. Análisis de colas y operación interna.....	53
8.4.1. Análisis de colas y niveles de servicio del estado actual de la vía	53

8.5.	Propuesta Implementación de la pacificación del tráfico	60
8.6.	Propuesta 1, Implementación de giro inglés y cierre de retornos	60
8.6.1.	Tramo 1:.....	60
	Este tramo se encuentra comprendido entre las intersecciones Mirolindo Carrera10 sur y carrera 5 sur ver Figura 64.	60
✓	Proyección a 5 años propuesta 1 - tramo 1	63
✓	Proyección a 10 años propuesta 1 – tramo 1	64
✓	Proyección a 20 años propuesta 1 tramo 1	64
8.6.2.	Tramo 2	65
8.7.	Propuesta 2, Implementación de giro inglés, glorieta y cierre de retornos	70
8.7.1.	Tramo 1	70
8.7.2.	Tramo 2	70
8.8.	Propuesta 3, Implementación de giro inglés, glorieta holandesa y cierre de retornos innecesarios.....	76
8.8.1.	Tramo 1	76
8.8.2.	Tramo 2	76
8.9.	Resumen de resultados de microsimulación	82
✓	Comparación tramo 1 entre la situación actual y la propuesta 1	82
✓	Comparación tramo 2 entre la situación actual y la propuesta 1	82
✓	Comparación tramo 2 entre la situación actual y la propuesta 2	83
✓	Comparación tramo 2 entre la situación actual y la propuesta 3	84
✓	Comparación tramo 2 entre la propuesta 1 y la propuesta 2.....	84
✓	Comparación tramo 2 entre la propuesta 1 y la propuesta 3.....	85
✓	Comparación tramo 2 entre la propuesta 2 y la propuesta 3.....	86
8.10.	Elección de la mejor alternativa	87
9.	Conclusiones.....	88
10.	Limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones	90
11.	Bibliografía.....	91

Listado de tablas

Tabla 1. Vehículos matriculados en la ciudad de Ibagué - Colombia 2019.....	12
Tabla 2 Accidentalidad en la ciudad de Ibagué – Colombia.....	13
Tabla 3. Metodología y Procedimiento	20
Tabla 4. Modelo Formato de aforo.....	27
Tabla 5. Aforo Avenida 83 en la ciudad de Ibagué – Colombia.....	28
Tabla 6. Tabla Accidentalidad en la Av. 83.....	29
Tabla 7. Calibración del modelo por el método del GEH.....	52
Tabla 8. Fórmula para proyección de Volumen de trafico	53
Tabla 9. Proyección Volumen de Tráfico actual de la Av. Calle 83 "Pedro Tafur"	53
Tabla 10. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 1.	54
Tabla 11. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial proyección 5 años tramo 1	55
Tabla 12. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial proyección 10 años tramo 1	55
Tabla 13. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial proyección 20 años tramo 1	56
Tabla 14. Consolidados niveles de servicio tramo 1 estado actual.....	56
Tabla 15. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2	57
Tabla 16. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2 con proyección a 5 años.....	58
Tabla 17. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2 con proyección a 10 años.....	58
Tabla 18. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2 con proyección a 20 años.....	59
Tabla 19. Consolidados niveles de servicio tramo 2 estado actual.....	59
Tabla 20. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo con la solución 1 Giro Ingles tramo 1.	63
Tabla 21. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Ingles protección 5 años tramo 1.....	63
Tabla 22. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Ingles protección 10 años tramo 1.....	64
Tabla 23. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Ingles protección 20 años tramo 1.....	64
Tabla 24. Consolidados niveles de servicio tramo 1 propuesta giro inglés y cierre de retornos.....	65
Tabla 25. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Ingles tramo 2.....	68
Tabla 26. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Ingles tramo 2 proyección 5 años.....	68
Tabla 27. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Ingles tramo 2 proyección 10 años.....	69
Tabla 28. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Ingles tramo 2 proyección 20 años.....	69

Tabla 29. Consolidados niveles de servicio tramo 2 propuesta 1 giro inglés y cierre de retornos.....	70
Tabla 30. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2	74
Tabla 31. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2 proyección a 5 años	74
Tabla 32. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2 proyección a 10 años.....	75
Tabla 33. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2 proyección a 20 años.....	75
Tabla 34. Consolidados niveles de servicio tramo 2 propuesta 1 giro inglés y cierre de retornos + glorieta en la intersección cra. 3 sur "Palermo".....	76
Tabla 35. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2	79
Tabla 36. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 3 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2 proyección a 5 años.....	80
Tabla 37. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 3 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2 proyección a 10 años.....	80
Tabla 38. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 3 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2 proyección a 20 años.....	81
Tabla 39. Consolidados niveles de servicio tramo 2 propuesta 3 giro inglés y cierre de retornos + glorieta holandesa en la intersección cra. 3 sur "Palermo".....	81
Tabla 40. Paralelo entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución con giro inglés para el tramo 1.....	82
Tabla 41. Paralelo entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución 1 con giro inglés para el tramo 2.....	83
Tabla 42. Paralelo entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución 2 con giro inglés + glorieta para el tramo 2	83
Tabla 43. Paralelo entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución 3 con giro inglés + glorieta holandesa para el tramo 2	84
Tabla 44. Paralelo entre las soluciones 1 y 2 correspondientes al tramo 2	85
Tabla 45. Paralelo entre las soluciones 1 y 3 correspondientes al tramo 2	85
Tabla 46. Paralelo entre las soluciones 2 y 3 (glorietas) correspondientes al tramo 2	86

Listado de Figuras

Figura 1. Localización del Proyecto	10
Figura 2. Ortofoto Levantamiento topográfico del corredor vial	11
Figura 3. Foto Congestión vehicular Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué	12
Figura 4. Censo ciudad de Ibagué	12
Figura 5. Grafica sobre la precipitación en la ciudad de Ibagué	21
Figura 6. Grafica sobre la temperatura en la ciudad	22
Figura 7. Humedad de la zona	22
Figura 8. usos de suelo Av. Pedro Tafur, Ibagué, Tolima.	23
Figura 9. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur	24
Figura 10. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 10 sur hasta la carrera 2 sur	25
Figura 11. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 10 sur hasta la carrera 9 sur	25
Figura 12. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 5 hasta la carrera 4 sur intersección “Palermo”	26
Figura 13. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 10 sur hasta la carrera 9 sur	26
Figura 14. Foto aérea puntos críticos de la avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué	27
Figura 15. Grafica de porcentajes de cada tipo de vehículo por intersección Av. calle 83 “Pedro tafur”	28
Figura 16. Mapas de calor de los registros de accidentalidad	30
Figura 17. Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué Intersección Mirolindo	30
Figura 18. Mapas de calor de los registros de accidentalidad intersección Mirolindo	31
Figura 19. Foto Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué Intersección Palermo.....	31
Figura 20. Mapas de calor de los registros de accidentalidad intersección Palermo	32
Figura 21. Foto Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué intersección carrera 5	32
Figura 22. Mapas de calor de los registros de accidentalidad intersección Carrera 5	33
Figura 23. Posicionamiento de los GPS en las intersecciones Cra. 10 sur (izq.) y cra. 5 (der.) principio y fin del corredor vial.....	34
Figura 24. Levantamiento Topográfico	34
Figura 25. Levantamiento Topográfico Avenida 83 tramo 1(intersección cra. 5 – Intersección cra. 3 sur Palermo).....	35
Figura 26. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Carrera 4 Y Glorieta Carrera 5 Con Calle 83.....	35
Figura 27. Levantamiento Topográfico Avenida 83 tramo 2 (intersección cra. 4 Sur Simón Bolívar – Intersección cra. 5 sur Florida).....	36
Figura 28. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Carrera 2 Sur Y Carrera 4	36
Figura 29. Levantamiento Topográfico Avenida 83 tramo 2 (intersección cra. 5 sur Florida – Intersección cra. 10 sur Mirolindo).....	37
Figura 30. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Vía Aeropuerto Perales Y Carrera 2 Sur	37
Figura 31. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Vía Aeropuerto Perales Y la intersección Mirolindo	38

Figura 32. Inventario vial de la avenida calle 83 "Pedro Tafur en civil 3D	38
Figura 33. Rango de edades de las personas que presentaron la encuesta.....	39
Figura 34. Grafica referente al sexo de los participantes de la encuesta.....	40
Figura 35. Grafica del estrato socioeconómico de los encuestados	40
Figura 36. Grafica número de días en que los encuestados usan la vía.....	40
Figura 37. Grafica de Interacción con la avenida " Pedro tafur"	41
Figura 38. Grafica sobre la percepción de la avenida "Pedro tafur".....	41
Figura 39. Grafica Sobre Percepción de Sitios con Mayor Congestión en la Av. Calle 83.	41
Figura 40. Grafica del Tipo de Usuario de la vía.....	42
Figura 41. Encuesta sobre qué tan segura es la percepción de los usuarios de la vía.....	42
Figura 42. Grafica Encuesta sobre el actor con mayor conflicto en cuanto accidentalidad	43
Figura 43. Grafica sobre la principal causa de accidentalidad en la Avenida Pedro Tafur.	43
Figura 44. Grafica de encuesta sobre el principal factor de la ocurrencia de accidentes ...	43
Figura 45. Grafica de calificación del estado de los andenes	44
Figura 46. Grafica de calificación del estado de la iluminación.....	44
Figura 47. Grafica de calificación del estado de la vía.....	44
Figura 48. Grafica de calificación del estado de los cruces peatonales	45
Figura 49. Grafica de calificación del estado de la señalización vial	45
Figura 50. Grafica ¿cree usted que es necesario una intervención en la avenida "pedro tafur"?.....	45
Figura 51. Grafica ¿Considera la necesidad de implementar el "Giro Ingles"?	46
Figura 52. Modelación en Vissim tramo 1 intersección Mirolindo cra. 10 sur	47
Figura 53. Modelación en Vissim tramo 1 intersección vía aeropuerto cra. 9 sur	48
Figura 54. Modelación en Vissim tramo 1 intersecciones cra. 6 sur barrio Villa Café y cra. 5 sur	48
Figura 55. Modelación en Vissim tramo 2 entre intersección cra. 5 – intersección cra. 5 sur	49
Figura 56. Modelación en Vissim tramo 2 intersección cra. 3 A sur barrio Ciudad Luz	50
Figura 57. Modelación en Vissim tramo 2 intersección cra. 4 sur barrio Ciudadela Simón Bolívar	50
Figura 58. Modelación en Vissim tramo 2 intersección cra. 3 sur Palermo.....	51
Figura 59. Modelación en Vissim tramo 2 glorieta intersección cra. 5.....	51
Figura 60. Fórmula para la calibración del modelo por el método GEH	52
Figura 61. Formula de la proyección de transito.....	52
Figura 62. Modelación de la Av. calle 83 tramo 1 con el aforo inicial tomado en campo	54
Figura 63. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 con el aforo inicial tomado en campo	57
Figura 64. Modelación de la Av. calle 83 tramo 1 solución giro ingles	61
Figura 65. Modelación de la Av. calle 83 tramo 1 solución giro ingles intersección Aeropuerto cra. 9 sur	61
Figura 66. Modelación Tramo 1 de la Av. calle 83 paso peatonal frente a la Biblioteca Virtual	62
Figura 67. Modelación Tramo 1 Av. calle 83 intersección cra. 6 su Barrio villa Café – Cra. 5 sur	62
Figura 68. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles	65

Figura 69. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Intersección Palermo Cra. 3 sur	66
Figura 70. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Intersección Ciudadela Simón Bolívar Cra. 4 sur.....	66
Figura 71. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Intersección Ciudad Luz Cra. 3 C sur	67
Figura 72. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Puente Peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre el éxito y home center.....	67
Figura 73. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta	71
Figura 74. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Intersección Palermo Cra. 3 sur	72
Figura 75. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Intersección Simón Bolívar Cra. 4 sur	72
Figura 76. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Intersección Ciudad Luz cra. 3 C sur.....	73
Figura 77. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Puente Peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre el éxito y home center	73
Figura 78. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 3 Giro ingles + Glorieta holandesa	77
Figura 79, Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 3 Giro ingles + Glorieta holandesa Intersección cra. 3 sur “Palermo”	77
Figura 80. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta holandesa Intersección Simón Bolívar Cra. 4 sur.....	78
Figura 81. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta holandesa Intersección Ciudad Luz cra. 3 C sur	78
Figura 82 Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Puente Peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre el éxito y home center	79
Figura 83, Glorieta holandesa	87
Figura 84, Glorieta holandesa	87

Resumen

En la ciudad de Ibagué ubicada en el centro de Colombia, según datos de la policía de tránsito en los últimos 4 años se generó en promedio 2930 accidentes por año. En el tramo de estudio que es uno de los principales corredores de la ciudad se presentaron en promedio un 12.6 % de los accidentes ocurridos en la ciudad. Adicional al factor de accidentalidad se presentó congestión vehicular y esta aumentó los tiempos de viaje de la población.

En la investigación se realizaron trabajos de campo para recolectar información primaria tales como aforos vehiculares y peatonales, inventario vial, levantamiento topográfico y encuesta entrevista de percepción; evidenciando la dificultad que tenían los peatones y los biciusuarios para movilizarse en esta importante vía de la ciudad. Se recolectó información secundaria proveniente de registros de la secretaria de tránsito, la policía metropolitana, y el DANE, con esta se georreferenciaron los registros de accidentes obtenidos elaborando con ellos los mapas de calor y definiendo los puntos críticos en cuanto a la movilidad y a la accidentalidad. Se analizó en el estado del arte las investigaciones de diversos autores alrededor del mundo sobre esta problemática.

Con la recolección de los datos necesarios para calcular y simular el flujo vehicular se desarrolló el análisis de la propuesta de movilidad. Como resultado de los análisis se plantearon mejoras en la conectividad vial; esto con el fin de mitigar los riesgos y la alta accidentalidad en la zona. Con la ayuda del software Vissim se realizaron las micro simulaciones de la situación actual y se plantearon las alternativas que más se acercan a la solución del corredor vial. Se concluyó el diseño con implementación de ciclo-carriles segregados como medio de transporte sostenible, los cuales, junto con una infraestructura vial amigable con el medio ambiente, buscaron satisfacer aspectos económicos, culturales, sociales, deportivos y recreacionales de la ciudad. Estableciendo conjuntamente el uso de los senderos peatonales para así convertir al peatón como protagonista y el eje central de la movilidad en la ciudad.

Introducción

La ciudad de Ibagué, capital del departamento del Tolima (ver Figura 1), ha experimentado un crecimiento acelerado en su tasa de motorización en los últimos años (DANE, 2019), este factor ha generado diversas externalidades como mayor congestión, accidentes, contaminación ambiental entre otros, generando problemas de movilidad urbana que deben ser atendidos. Una de las zonas de la ciudad donde se evidencia esta problemática y que será el motivo de estudio para el proyecto es la calle 83, conocida como Avenida “Pedro Tafur” (ver Figura 1. *Localización del Proyecto*Figura 1). Esta avenida es una de las más importantes para la ciudad, ya que comunica al centro del país con el occidente y al sur del departamento con el norte de este, convirtiendo a este corredor en un paso obligado para miles de viajeros. Según registros de la Policía Metropolitana de la ciudad la accidentalidad viene en aumento desde el año 2015 y supera los 3700 siniestros por año. La avenida carrera 83 presenta el 12.58% de los accidentes de la ciudad y un 12.57% de las personas que fallecen en por esta causa en Ibagué.

Figura 1. *Localización del Proyecto*



Fuente: **Elaboración** propia

En esta zona de estudio se presentan altos índices de accidentalidad, debido a la falta de infraestructura segura para los usuarios vulnerables, como lo son los ciclistas y peatones. En este trabajo se realiza un análisis de alternativas que permitan mejorar la operación de este corredor utilizando software de micro-simulación de tráfico, considerando los diferentes actores viales y se presenta una propuesta de solución para diferentes puntos críticos de la zona en estudio. Para esto se realizaron trabajos de campo que van desde aforos vehiculares hasta levantamientos topográficos con dron, además de encuestas de percepción a los usuarios de la vía.

1. Planteamiento del Problema

EL corredor vial en estudio inicia desde la intersección vial de “Mirolindo” carrera 10 sur con calle 83, hasta la intersección vial de la carrera 5 “avenida el Jordán” con calle 83. Cuenta con una longitud de 1.9 km (ver Figura 2), fue diseñada y construida en la década del 90. La “avenida Mirolindo” es una importante arteria que da acceso a la ciudad cuando los vehículos vienen desde las ciudades del centro y sur del país, también direcciona a quienes se dirigen al occidente. La carrera 5 “avenida el Jordán” es una de las vías más significativas ya que atraviesa toda la ciudad de norte a sur hasta el centro de la misma, y es la ruta de acceso hacia los municipios del norte del Tolima y el norte del país (costa Atlántica).

Figura 2. Ortofoto Levantamiento topográfico del corredor vial



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la infraestructura, se observa que el corredor está subutilizado en su operación, debido a que actualmente el ancho de la calzada es suficiente para la implementación de 3 carriles en los dos sentidos, pero se encuentra demarcado para el uso de 2 carriles. Generando la necesidad de optimizar su capacidad y nivel de servicio, para brindar funcionalidad, confort, seguridad en los usuarios.

El corredor vial en estudio en la actualidad presenta grandes congestiones vehiculares, demoras en los tiempos de viaje, alteraciones en el estado de ánimo de los usuarios, riesgo de accidentalidad e incremento en la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito como se muestra en la Figura 3.

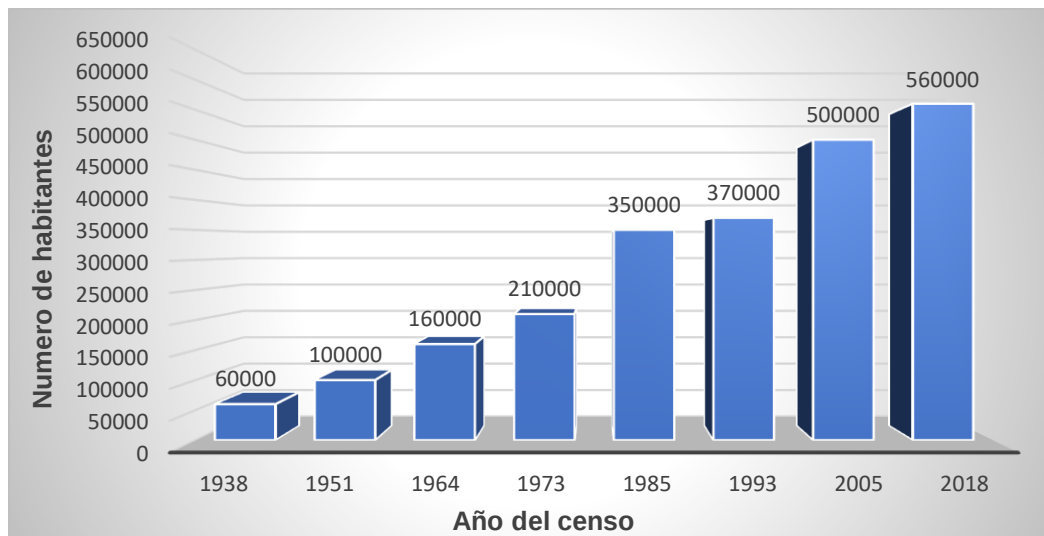
Figura 3. Foto Congestión vehicular Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué



Elaboración: Izq. (fotografía propia) propia - Der (www.elolfato.com)

Esta importante avenida fue diseñada y construida en la década del 90 donde según los registros del DANE (2019) la población no superaba los 350.000 habitantes y según la secretaria de tránsito los vehículos motorizados no superaban los 50.000 (ver Figura 4). Actualmente de acuerdo al censo del año 2018 realizado por el DANE se muestra que en Ibagué hay 575.000 habitantes (ver Figura 4).

Figura 4. Censo ciudad de Ibagué



Elaboración: propia, fuente DANE

En cuanto a la tasa de motorización, según las cifras obtenidas de la secretaria de tránsito y movilidad donde consta que se encuentran matriculados 240.000 vehículos motorizados, desglosados en 120.000 motocicletas y 120.000 vehículos entre particulares y servicio público (ver **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**).

Tabla 1. Vehículos matriculados en la ciudad de Ibagué - Colombia 2019

VEHÍCULOS	# DE VEHÍCULOS	% DE VEHÍCULOS
Motocicletas	117.662	49%
Automóviles	61.141	25%
Camiones	19.598	8,2%
Rutas escolares y de empresa	12.000	5,0%
Camperos	10.202	4,3%
Otros (ciclomotores, cuatrimotos, microbuses, remolques, semirremolques, tractores)	5.832	2,4%
Taxis	4.700	2,0%
Busetas	4.000	1,7%
Camiones	2.739	1,1%
Motocarros	1.726	0,7%
Volquetas	400	0,2%
TOTAL	240.000	100%

Elaboración: propia, fuente Secretaria de Tránsito y Movilidad de Ibagué

En cuanto a la accidentalidad, el corredor en estudio, presenta el 12,58% de los accidentes de la ciudad (ver Tabla 2) de los cuales, el 12.57% presentan consecuencias graves (muertes).

Tabla 2 Accidentalidad en la ciudad de Ibagué – Colombia

AÑO	# DE ACCIDENTES EN LA CIUDAD	# DE ACCIDENTES EN LA CALLE 83	
2015	2.575	330	12,82%
2016	3.714	388	10,45%
2017	2.949	370	12,55%
2018	2.174	347	15,96%
2019	2.518	318	12,63%
TOTAL	13.930	1.753	12,58%

Elaboración: propia, fuente Policía Metropolitana de Ibagué

2. Justificación

Esta investigación se justifica dado que el corredor en la actualidad presenta congestión vehicular y altos índices de accidentalidad. Actualmente, la Av. CLL 83 de la ciudad de Ibagué, no cuenta con la infraestructura adecuada para el tránsito de peatones, generando que en algunos puntos del corredor vial se vean obligados a compartir infraestructura con los automotores para poder transitar. La zona de estudio presenta un alto flujo peatonal generado por instituciones educativas, centros deportivos, centros comerciales y zonas residenciales.

En la carrera 9 sur vía al aeropuerto se encuentra la ciclorruta más grande de Ibagué, pero esta no cuenta con una red vial que la conecte con el resto de la ciudad. Con la construcción de esta ciclorruta aumentó el nivel de siniestralidad donde se ven involucrados biciusuarios en la avenida calle 83. La cercanía del parque deportivo de la ciudad que se encuentra ubicado en el corredor vial en estudio entre las carreras 9 sur y 6 sur hace necesario generar una red de infraestructura especial para biciusuarios que sea adecuada y segura.

En la ciudad de Ibagué se han implementado medidas para reducir la siniestralidad, una de estas es implementación de carriles que permitan realizar el denominado “giro inglés” para giros a la izquierda, sobre el margen derecho de la vía. Esta medida fue implementada en otra vía de la ciudad y logró reducir largas filas de vehículos y eliminar la congestión en este importante trayecto vial, pero no se garantizaron cómodos ni seguros pasos peatonales.

La optimización de la movilidad de la avenida 83 tendrá alto impacto social, debido al beneficio directo de los usuales transeúntes y residentes, e indirectamente a la población de las zonas circunvecinas, que se caracteriza por su uso institucional, comercial, educativo, residencial, y recreacional. Además, a ella convergen vías importantes de la ciudad de Ibagué, la vía al Aeropuerto Perales, accesos al Parque Deportivo, Colegios, Barrios, Urbanizaciones, Bibliotecas, y Centros comerciales. Por lo tanto, un propósito fundamental en primera instancia, es reducir los índices de accidentabilidad, donde se ven involucrados con alto riesgo los peatones, debido a inoperantes sistemas de circulación peatonal, por déficit de senderos u cruces que faciliten un tránsito seguro, y en segunda instancia, minimizar impactos ambientales negativos, que afectan considerablemente la salud de la población desde el punto de vista respiratorio, visual y auditivo.

La evaluación de diferentes alternativas y selección de una definitiva permitirá dar el primer paso para la reestructuración de este corredor, utilizando los resultados de este trabajo como base para una futura implementación.

3. Objetivos

Plantear un rediseño operacional de la Av. Calle 83 en la ciudad de Ibagué a partir del análisis de micro simulación de tráfico.

3.1. Objetivos Específicos

-  Realizar el estado del arte sobre estudios y diseños de infraestructura vial para peatones y biciusuarios.
-  Identificar los puntos críticos de accidentalidad en el corredor en estudio
-  Evaluar la percepción de los usuarios del corredor en estudio.
-  Analizar diferentes alternativas de solución al caso de estudio con el apoyo de micro-simulación de tránsito.

4. Estado del Arte

Una solución alternativa para crear condiciones de movilidad segura para peatones y ciclistas en cualquier ciudad es generar confiabilidad en los usuarios. Se debe partir de un diagnóstico detallado de la situación actual de ambos grupos, y la revisión crítica de las medidas tomadas no solo en la ciudad del conflicto, sino también otras ciudades locales o internacionales (Asistente & Moller, 2002). Del mismo modo, distintos autores muestran evidencia del creciente interés por integrar elementos de la estructura y el diseño de la ciudad en la evaluación y la gestión de la movilidad urbana. Estos han contribuido al desarrollo de nuevos métodos e instrumentos que profundicen en este aspecto. (Talavera-García et al., 2014). Métodos tales como la automatización de sistemas férreos, control de tráfico centralizado, sistemas de cámaras, sistemas de pago inteligentes, sensores para calcular la demanda, sistemas de pasos peatonales inteligentes, sistemas integrados de movilidad autosostenible.

Por otra parte, la identificación de entornos de movilidad podría considerarse un avance conceptual y metodológico importante, puesto que abre nuevas posibilidades para la generación de métodos que comprendan mejor vinculación entre movilidad y entorno urbano desde una perspectiva que pueda ser útil en la práctica de la planificación. De este modo, se presenta el método de caracterización peatonal de entornos de movilidad (Talavera-García et al., (2014) como herramienta útil para evaluarlos desde el punto de vista de su calidad peatonal, utilizando los cuatro factores siguientes: accesibilidad, seguridad, confort y atracción (Valenzuela-Montes & Talavera-García, 2015).

El interés de posicionar al peatón en un lugar destacado en la movilidad urbana, tanto por representar el modo de transporte más básico y que alimenta al resto de modos de transporte, como por mantener una relación intensa y directa con las actividades urbanas, conformando los denominados entornos de movilidad o entornos peatonales. Es por ello por lo que profundizar en el conocimiento de aquellos factores de los entornos construidos que mayor relación guardan con el peatón resulta fundamental, tanto para mejorar la calidad de la movilidad peatonal en las calles, como para lograr que las centralidades, el transporte público o los espacios públicos sean más accesibles (Valenzuela-Montes & Talavera-García, 2015) (Medina, 2016).

Por otra parte, diversos autores han coincidido en como el ciclismo ha sido comúnmente descuidado en la planificación del transporte urbano. Sin embargo, un cambio modal hacia modos suaves como el ciclismo parece ser una de las claves para avanzar hacia un paradigma de movilidad urbana sostenible (Orozco-Fontalvo et al., 2018). De manera análoga, diversos autores han coincidido en que uno de los puntos neurálgicos en la accidentalidad vial de ciclistas y peatones son los cruces peatonales. Razón por la cual se deben generar una evaluación que brinde un índice de seguridad de cruces peatonales (ISCP) sobre vialidades primarias, para calificar los cruceros peatonales semaforizados, y contrastar el ISCP con hechos de tránsito para probar, en forma empírica, si hay alguna asociación entre la calidad de los cruceros y la siniestralidad (López et al., 2019). Este estudio de los cruces peatonales permite la identificación de los criterios del índice mediante una revisión del estado de los mismos contra los indicadores de la accidentalidad generados por los entes de control estatales. Ponderando los criterios para generar el ISCP mediante el método de análisis multicriterio.

Teniendo en cuenta el mismo contexto de la accidentalidad vial, se debe explorar el comportamiento infractor de normas de tránsito en peatones y biciusuarios, para obtener una escala de auto reporte acerca de cuán frecuentemente éstos infringen normas de tránsito, cometen errores y tienen lapsus al usar las vías (Moyano Díaz & Ramos Alvarado, 2007). Otros autores han expresado que si bien es bueno conocer el contexto de la conducta de los actores en la movilidad, es importante conocer el grado de satisfacción de los mismos con la infraestructura de movilidad que presentan hoy en día las ciudades (Rossetti et al., 2017). A pesar del aumento del uso de la bicicleta y construcción de infraestructura para estas, organizaciones de ciclistas han criticado su diseño, argumentando que no considera sus preferencias y necesidades. Dado este contexto, se debe buscar cuantificar las preferencias de los biciusuarios por distintos tipos de ciclo facilidades con el uso de modelos de elección discreta, de tal forma de guiar la política pública a futuro.

Es evidente que el uso de la bicicleta y la caminata ayuda a los seres humanos a reducir los niveles de estrés, a mejorar problemas con la salud, a reducir riesgos de infarto, diabetes o enfermedades cerebrovasculares (Buekers et al., 2015); (Orozco-Fontalvo et al., 2018).

Teniendo en cuenta estos factores se debe impulsar el uso de alternativas para incentivar a las personas a su uso para la transitabilidad que generen un mejor impacto al planeta, a las personas y a la movilidad en el mundo.

En la ciudad de Ibagué se ha implementado una nueva infraestructura para los giros a la izquierda. Se trata de la construcción de un carril en el costado derecho de la calzada semaforizada para permitir el giro a la izquierda en una importante avenida de la ciudad. Esta solución también ha sido implementada en países como México, únicamente para el giro de vehículos de carga en zonas de alta influencia vehicular.

De igual manera (Nicholas V. Findler, 1997) argumentan que en los escenarios de tráfico se determinan completamente si se necesita un giro o no a la izquierda protegido o permitido. Describen una metodología de decisión en línea flexible y económica, en relación con el régimen de fases en una intersección. Por otra parte (Mesterton-Gibbons, 1996), habla de la probabilidad de giro a la izquierda y el intervalo de tiempo mínimo en el flujo que requiere esa maniobra. Si esta proporción es más alta de lo que se considera aceptable, entonces se necesita un carril para girar a la izquierda. Sin embargo (Lotte Larsen, 2002) habla del riesgo de estos giros sin tener una señalización adecuada y evidenciaron que, en las colisiones de giro a la izquierda, los factores de accidente más comunes fueron los errores de atención. También se observó que los conductores de edad avanzada (> 74) eran los más propensos a incidir en ellos.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene en cuanto a movilidad convertir al peatón en el eje de la misma Alhajyaseen et al., (2013) mencionan según estudio de 2013 que los conflictos entre peatones y vehículos se consideran un problema de seguridad común en las intersecciones señalizadas. La amenaza para la seguridad de los peatones se relaciona principalmente con la interacción con los vehículos que giran, especialmente los que giran a la izquierda. Este riesgo tiene como variables principales el movimiento de peatones en los cruces peatonales señalizados, las velocidades del vehículo en los puntos de conflicto y la aceptación de los conductores a los retrasos generados por los peatones.

Según Wu et al., (2016) los diseños de los carriles de giro a la izquierda en sentido de contraflujo se ha utilizado cada vez más en China para ayudar a aliviar la congestión del tráfico asociada con los vehículos que giran a la izquierda en las intersecciones señalizadas. Su objetivo principal fue proponer una estrategia de control de señal activada para mejorar las operaciones, de modo que la tasa de descarga de los vehículos que giran a la izquierda y la tasa de utilización del carril de contraflujo puedan maximizarse, y se realizaron experimentos de simulación para aumentar la capacidad y reducir el retraso para los vehículos que giran a la izquierda.

Otros estudios relacionados con giros a la izquierda muestran cómo se introducen comúnmente para proporcionar espacio, acomodar una desaceleración cómoda y el almacenamiento adecuado de los vehículos que giran. Pero pueden surgir deficiencias operativas debido a una longitud inadecuada por colas en un carril adyacente, se investigan los posibles beneficios operativos y de seguridad del tratamiento de carriles de giro a la izquierda al extender la longitud aguas arriba de una intersección señalizada. El beneficio de movilidad de estos carriles se demostró en términos de la reducción en el tiempo promedio de viaje tanto para girar a la izquierda como a través de vehículos (Tageldin et al., 2018).

Por otra parte Yang et al., (2019) realizaron investigaciones en las intersecciones señalizadas donde los giros a la izquierda toman una gran relevancia para dar solución a los problemas de movilidad. Se pueden proporcionar tres tipos de fases a los giros a la izquierda: fase solo protegida, fase solo permitida y una combinación de fase protegida y permitida (fase protegida / permitida). Ellos desarrollaron un modelo de colas de giro a la izquierda con segundas variables para evaluar analíticamente el rendimiento de los giros a la izquierda considerando el tipo de desfase, el tiempo de la señal, el volumen de giro a la izquierda y el tipo de carril de giro a la izquierda. Se obtienen tres conjuntos de medidas de rendimiento a la izquierda tales como medidas primarias de colas, medidas relacionadas con el consumo de combustible o emisiones, y medidas relacionadas con la seguridad en diferentes condiciones de tráfico.

Adicionalmente Zhao et al., (2019) estudiando esta problemática investigaron y concluyeron que para mejorar la capacidad práctica de las intersecciones en tándem y eliminar los conflictos entre las bicicletas de giro a la izquierda y los vehículos en la señal principal, se proponen cuatro diseños alternativos desde los aspectos de separación de tiempo y separación espacial. En términos de separación de tiempo, las bicicletas de giro a la izquierda y los vehículos de giro a la izquierda están separados por el cruce de dos pasos para el diseño de bicicletas a la izquierda y la fase exclusiva para el diseño de peatones y bicicletas. En términos de separación espacial, se proporciona un espacio de paso exclusivo para bicicletas de giro a la izquierda mediante el diseño parcial de giro a la izquierda en el área de clasificación y moviendo la línea de detención hacia atrás. Además, se establece un modelo de programación lineal, que combina diseños de optimización en un marco de optimización con el objetivo de maximizar la capacidad práctica de los vehículos. El beneficio del diseño de la línea de frenado es sensible a la longitud del ciclo y a la proporción de vehículos que giran a la izquierda. Funciona bien cuando el tiempo de ciclo supera los 90 segundos, y la proporción de vehículos que giran a la izquierda supera el 30%.

De igual manera los autores diversos autores Hidalgo-Solórzano et al., (2010) Miguel Valenzuela-Montes & Talavera-García, (2015), (Márquez, 2016) y Monteagudo, (2000), argumentan que en los escenarios de tráfico se determinan si surge o no la necesidad de

un giro a la izquierda protegido o permitido. Describen una metodología de decisión en línea flexible y económica, en relación con el régimen de fases en una intersección. Por otra parte Tang & Friedrich, (2016), Tageldin et al., (2018), Miguel Valenzuela-Montes & Talavera-García, (2015) y (Rossetti et al., 2017) hablan de la probabilidad de giro a la izquierda y el intervalo de tiempo mínimo en el flujo que requiere esa maniobra. Si esta proporción es más alta de lo que se considera aceptable, entonces se necesita un carril para girar a la izquierda. Sin embargo otros autores Stamatiadis et al., (2015), Yang et al., (2019) y Zhao & Liu, (2017) hablan del riesgo de estos giros sin tener una señalización adecuada y evidenciaron que en las colisiones de giro a la izquierda, los factores de accidente más comunes fueron los errores de atención. También se observó que los conductores de edad avanzada (> 74) eran los más propensos a incidir en ellos (Wu et al., 2019).

Un caso especial de solución en las intersecciones para los giros a la izquierda sucede en la ciudad de Ibagué, específicamente en la carrera 10 sur (Avenida Mirolando) en los sentidos de acceso y salida hacia la ciudad de Bogotá. Esta vía presenta doble calzada con áreas adyacentes de ocupación residencial, comercial y turístico. En esta importante arteria vial se presenta un alto volumen de tráfico, con una composición vehicular conformada por vehículos livianos, buses, busetas, camiones tipo C2P, C2G y C3. Además, presenta un número significativo de accesos laterales, salidas a barrios residenciales, talleres, locales comerciales y tres (3) intersecciones viales de relevante importancia. Estas confluencias generan movimientos vehiculares constantes, en el pasado se presentaban registros de movimientos imprudentes y temerarios con altos riesgos de accidentalidad vehicular y peatonal, presentando un alto número de colisiones y siniestros, sumándose la presencia de largas filas y por ende la congestión vehicular.

Luego de una serie de análisis y a raíz de lo anteriormente mencionado, se planteó la construcción de carriles de desaceleración sobre la margen derecha de las tres intersecciones viales (carrera 10 sur con las calles 117, 123 y 125), en el sentido de flujo vehicular Ibagué-Bogotá y viceversa, únicamente con la posibilidad de giro a la izquierda, bien sea para acceder a las calles arriba citadas, o para realizar sin riesgo giros en U. Adicionalmente se logró reducir las largas filas de vehículos y eliminar la congestión en este importante trayecto vial, pero no se garantizaron cómodos ni seguros pasos peatonales.

5. Metodología

Esta investigación se desarrolló a través de una metodología basada en la recopilación de información, en la realización de trabajos de campo (tales como topografía, aforos, auscultación vial, inventarios entre otros), el uso de ayudas tecnológicas y el uso de un software de micro simulación. Adicionalmente se planteó la siguiente metodología en fases de trabajo. (Ver Tabla 3)

Tabla 3. Metodología y Procedimiento

METODOS UTILIZADOS PARA EL PROYECTO		
FASE 1	Características del contexto de la situación de la malla vial de la calle 83	En esta fase se condensaron los aspectos teóricos conceptuales que sirvieron de cimiento para la investigación y le permitieron el paso a seguir en el desarrollo de las alternativas de solución.
FASE 2	Recopilación de la información	En esta etapa se contempló realizar la programación y establecer los recursos directos e indirectos para la realización del proyecto.
FASE 3	Recopilación de la información de fuente primaria	Recopilación de información en campo, tales como realización de aforos vehiculares y peatonales en puntos críticos, desarrollo de encuestas de evaluación sobre la percepción de la seguridad, la confiabilidad, la problemática, el estado actual de la vía, las sugerencias y las recomendaciones. Adicionalmente se realizó el levantamiento topográfico, el inventario vial y medición de la velocidad utilizando plataformas sociales de tránsito en tiempo real y asistentes de navegación.
FASE 4	Recopilación de la información de fuente secundaria	La investigación de la accidentalidad en la calle 83 avenida "Pedro Tafur", se desarrollará a través de registros de la Secretaria de Tránsito y Movilidad, de la Policía Metropolitana de la ciudad de Ibagué, del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio y registros de movilidad de la ciudad, consulta de artículos de investigación de diversos autores referentes a la movilidad, de seguridad vial, a la señalización y al transporte sostenible
FASE 5	Procesamiento y análisis de las informaciones primaria y secundaria	Evaluación y análisis de la capacidad y nivel de servicio. Cimentados en los resultados de los trabajos realizados en campo para así poder tener un concepto acertado y detallado del corredor vial.
FASE 6	Propuestas alternativas y formulación del diseño	Formulación de las alternativas basadas en los trabajos de campo y el análisis de la información arrojada. Formular un diseño óptimo para la movilidad peatonal. Fundamentado en el análisis de la situación, apoyado en un software de micro simulación PTV Vissim que brinda la posibilidad de evaluar el comportamiento y los niveles de servicio de la vía según la alternativa planteada.
FASE 7	Documento y socialización	

Fuente: Elaboración propia

6. Análisis de Datos

En esta importante arteria vial después de realizar los aforos vehiculares en los 7 puntos críticos que se identificaron, el resultado que se obtuvo presenta un alto volumen de tráfico, con una composición vehicular conformada por vehículos livianos, buses, busetas, camiones tipo C2P, C2G, C3. Adicional a esto en la intersección Mirolindo carrera 10 sur se cuenta con un volumen no tan alto como el anterior, pero si significativo de vehículos C2-S1, C2-S2, C2-S3, C3-S1, C3-S2, C3-S3.

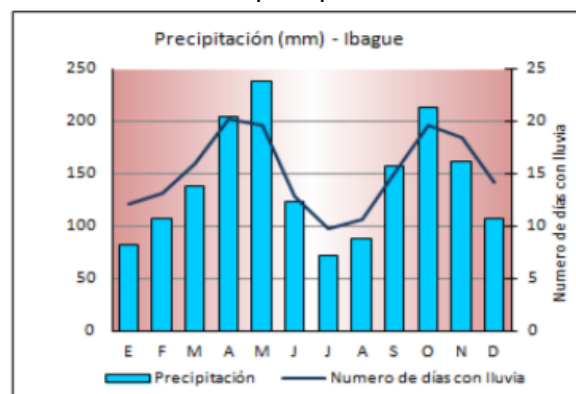
6.1. Características del Corredor Vial

6.1.1. Meteorología:

En Ibagué, los veranos son cortos y caliente; los inviernos son cortos, cómodos, húmedos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 17 °C a 28 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 31 °C.

La información publicada en este documento procede de la estación meteorológica Aeropuerto Perales, ubicada en 04° 25' 54.3" de latitud norte y 075° 08' 54.3" de longitud oeste y elevación de 928 metros sobre el nivel del mar. El clima de Ibagué se caracteriza por ser cálido – seco. El promedio de lluvia total anual es de 1691 mm. Durante el año las lluvias se distribuyen en dos temporadas secas y dos temporadas lluviosas. Los meses de julio y agosto son los más secos del año, aunque en enero y febrero se presenta una segunda temporada seca. Las temporadas de lluvia se extienden desde finales de marzo hasta principios de junio y desde finales de septiembre hasta principios de diciembre. (Figura 5). En los meses secos, llueve de 6 a 10 días/mes; en los meses de mayores lluvias alrededor de 20 días/mes.

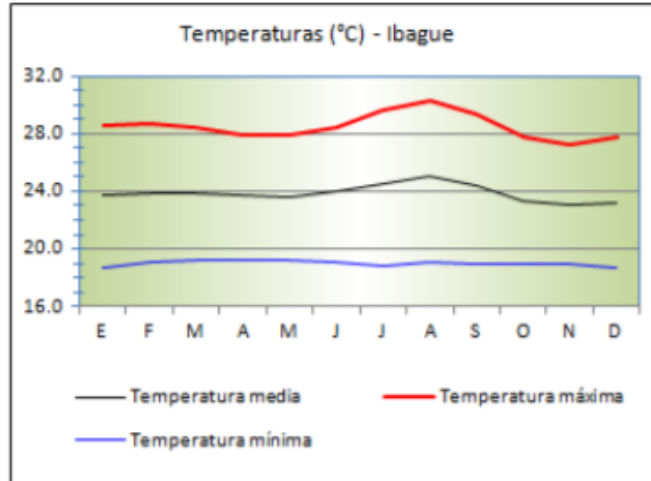
Figura 5. Grafica sobre la precipitación en la ciudad de Ibagué



Fuente: Ideam (2020)

Ciclo anual de las principales variables meteorológicas para el Aeropuerto Perales de Ibagué (Fuente, IDEAM) ver Figura 6

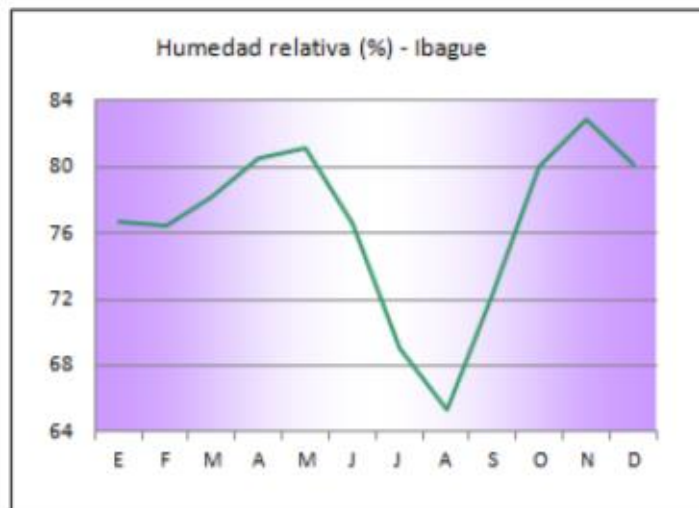
Figura 6. Grafica sobre la temperatura en la ciudad



Fuente: Ideam (2020)

La mayoría de las precipitaciones (50%) se presentan en horas de la madrugada, especialmente entre las 06:00 HLC (hora legal colombiana) con una frecuencia cercana al 10%. Ver Figura 7.

Figura 7. Humedad de la zona

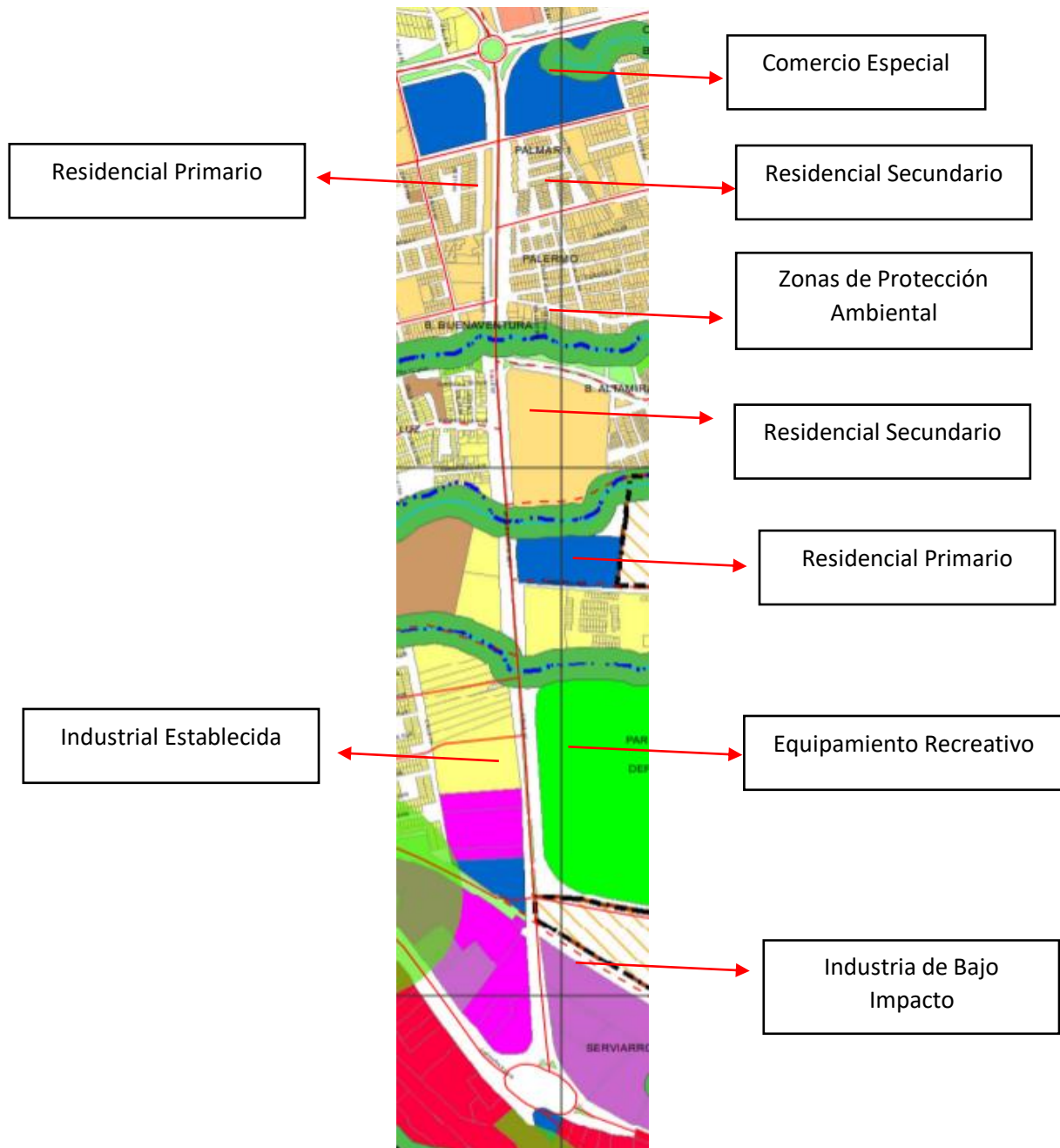


Fuente: Ideam (2020)

6.2. Usos del suelo:

En la Figura 8 se puede apreciar los distintos tipos de suelo que tiene el corredor vial avenida calle 83 “Pedro Tafur”.

Figura 8. usos de suelo Av. Pedro Tafur, Ibagué, Tolima.

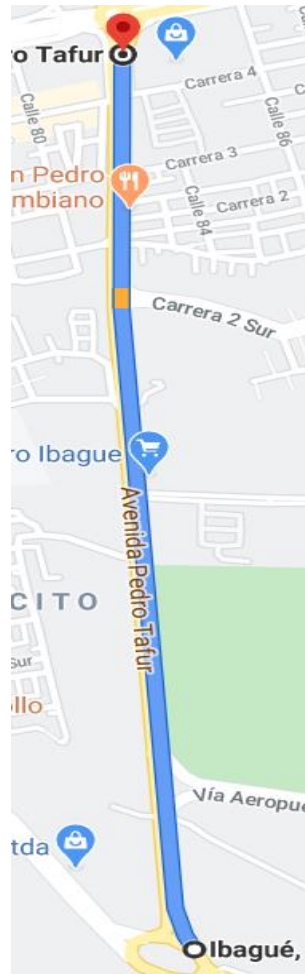


Fuente: Google earth con ajustes del autor

6.3. Velocidades

Se realizó el cálculo de las velocidades utilizando plataformas sociales de tránsito en tiempo real y asistentes de navegación, teniendo como base las distancias según el tramo, los tiempos de recorridos y la velocidad del recorrido de los mismos, como se muestra en la Figura 9. Igualmente, se realizó el recorrido en vehículo automotor para comparar los tiempos de recorrido.

Figura 9. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur



Velocidad carrera 5 – av. Mirolindo

Distancia= 1.9 km

Tiempo= 3 minutos

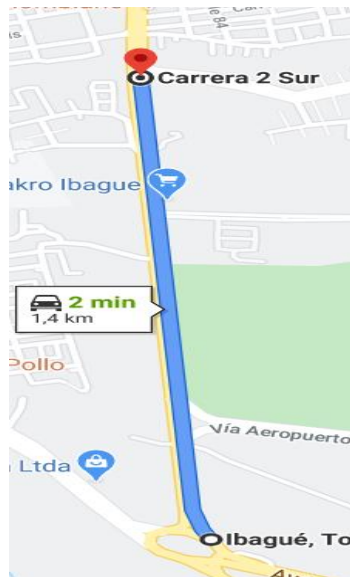
$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{1.9 \text{ km}}{3 \text{ min} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}} = 38 \text{ km/h}$$

Fuente: Google Maps

En la Figura 10 se muestra el cálculo de la velocidad del tramo 1 teniendo en cuenta la distancia y el tiempo de recorrido.

Figura 10. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 10 sur hasta la carrera 2 sur



Fuente: Google Maps

Velocidad carrera 2 sur – av.
Miro lindo

Distancia= 1.4 km

Tiempo= 2 minutos

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

$$v = \frac{1.4 \text{ km}}{2 \text{ min} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}} = 42 \text{ km/h}$$

En la Figura 11 se muestra el tramo entre la intersección “Miro lindo” carrera 10 sur hasta la intersección de la vía al aeropuerto carrera 9 sur.

Figura 11. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 10 sur hasta la carrera 9 sur



Fuente: Google Maps

Velocidad carrera 5 – carrera 1

Distancia= 0.45 km

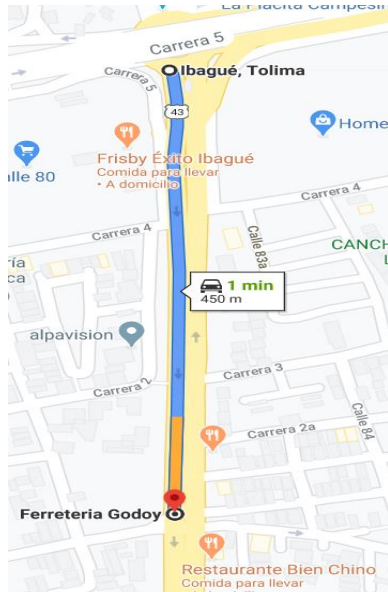
Tiempo= 1 minutos

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

$$v = \frac{0.45 \text{ km}}{1 \text{ min} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}} = 27 \text{ km/h}$$

En la Figura 12 se muestra el cálculo de la velocidad del tramo 2 desde la intersección de la carrera 5 con la intersección cra. 4 sur “Palermo”

Figura 12. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 5 hasta la carrera 4 sur intersección “Palermo”



Velocidad carrera 5 – carrera 1

Distancia= 0.45 km

Tiempo= 1 minutos

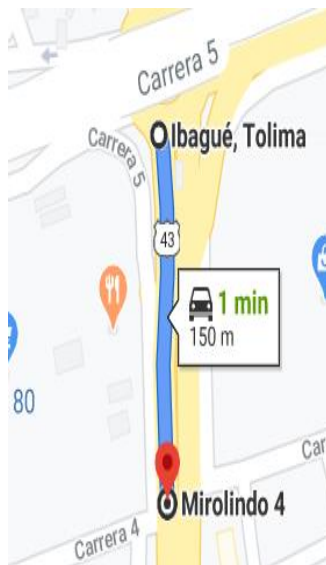
$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{0.45 \text{ km}}{1 \text{ min} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}} = 27 \text{ km/h}$$

Fuente: Google Maps

En la Figura 13 se toma el tramo intersección carrera 4 sur “Palermo” hasta la intersección carrera 5 en el sentido Sur Norte de la avenida calle 83 “Pedro Tafur”.

Figura 13. Cálculo de la velocidad media de la avenida Pedro Tafur desde la cra. 10 sur hasta la carrera 9 sur



Velocidad carrera 5 – carrera 4

Distancia= 0.15 km

Tiempo= 1 minutos

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

$$v = \frac{0.15 \text{ km}}{1 \text{ min} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}}} = 9 \text{ km/h}$$

Fuente: Google Maps

Con el fin de contrastar estas velocidades, se realizó un recorrido en vehículo particular en hora pico y hora valle. Se observó que en hora valle los vehículos transitan en velocidades hasta de 60 km/h y en hora pico alrededor de los 10 km/h.

6.4. Aforos Vehiculares:

Se realizaron aforos para tener los datos del volumen vehicular que tiene inferencia en el corredor vial. Los puntos de toma de información fueron las 6 intersecciones a lo largo de la avenida calle 83 “Pedro tafur”, en total se aforaron 12 estaciones distribuidas por sentido de la vía (Figura 14).

Figura 14. Foto aérea puntos críticos de la avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué



Elaboración: propia, a través de Google maps

En las 6 intersecciones aforadas se encontraron un total de 61 movimientos. De sur a norte se aforaron 34 movimientos y de norte a sur 27. Esta información se puede observar en el Anexo 1(pestaña: aforos sur norte y aforos norte sur).

Para la toma de información, se utilizó el formato mostrado en la Tabla 4.

Tabla 4. Modelo Formato de aforo

REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL TOLIMA				REGISTRO AFORO VEHICULAR					MUNICIPIO: IBAGUE		
FECHA 2020		HOJA 1		DE 2		FOLIO NUMERO			E S Q U E M A		
CONDICION CLIMATICA						HORARIO INICIO					
DESPEJADO						6:15 PM					
LOZALIZACION						8:15 PM					
INTERSECCIÓN COLEGIO CHAMPAGNAT											
MOV	PERIODO CADA 15 MINUTOS	VEHICULO LIVIANO	BUSES	C2P	C2G	C3	C4	C5	>C5	MOTO	BICICLETA
	6:15-6:30	412	7	7	1						
	6:30-6:45	401	11	6	2				1		
	6:45-7:00	323	13	5	1						
	7:00-7:15	352	11	11	7	1			2		
	TOTAL	1488	42	28	11	1			3		
OBSERVACIONES: AFORO VEHICULAR SENTIDO ÉXITO, MIROLINDO											

Fuente: Elaboración propia

Se emplearon alrededor de 40 personas en 3 sesiones de aforos con intervalos de 3 horas por día de 16:00 a 19:00.

La hora pico se presentó de 17:00 a 18:00, arrojando los siguientes volúmenes horarios de máxima demanda por intersección (Tabla 5).

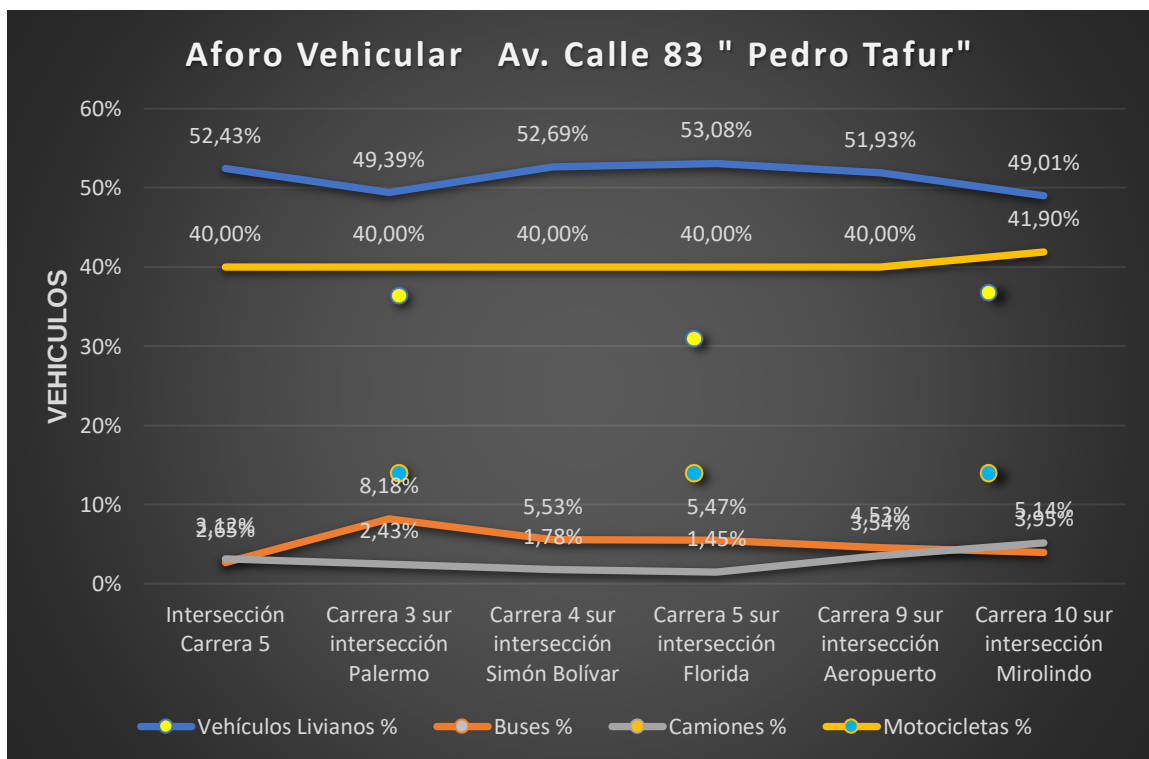
Tabla 5. Aforo Avenida 83 en la ciudad de Ibagué – Colombia

AFORO AV. CALLE 83 "PEDRO TAFUR"	
INTERSECCIÓN	VHMD
Intersección Carrera 5	3232
Carrera 3 sur intersección Palermo	2370
Carrera 4 sur intersección Simón Bolívar	3053
Carrera 5 sur intersección Florida	2919
Carrera 9 sur intersección Aeropuerto	2355
Carrera 10 sur intersección Mirolindo	1360

Elaboración: propia, fuente Policía Metropolitana de Ibagué

En la **Figura 15** se observan los porcentajes de cada tipo de vehículos en cada intersección.

Figura 15. Grafica de porcentajes de cada tipo de vehículo por intersección Av. calle 83 "Pedro tafur"



Fuente: Elaboración propia

6.5. Accidentalidad Vial y mapas de calor:

Basados en los datos de accidentalidad proporcionados por la Policía Metropolitana de Ibagué, se realizó la ubicación y georreferenciación para la identificación de puntos críticos. Debido a la falta de información completa de los siniestros en el corredor vial, se realizó una visita de campo para corroborar los sitios de alta ocurrencia de accidentes y apoyados en el levantamiento topográfico que se realizó, simultáneamente se pudieron crear con ayuda del software Render los mapas de calor que arrojaron los 5 puntos (ver Tabla 6) con mayor problemática en cuanto a este ítem se refiere.

Tabla 6. Tabla Accidentalidad en la Av. 83

TOTAL, ACCIDENTES (2015 - 2019)		
Accidentes en Av. 83	1753	100,00%
Carrera 10 sur intersección Mirolindo	422	24,07%
Carrera 8 sur intersección Aeropuerto	263	15,00%
Carrera 5 sur intersección Florida	56	3,19%
Carrera 3 sur intersección Palermo	429	24,47%
Intersección carrera 5	583	33,26%

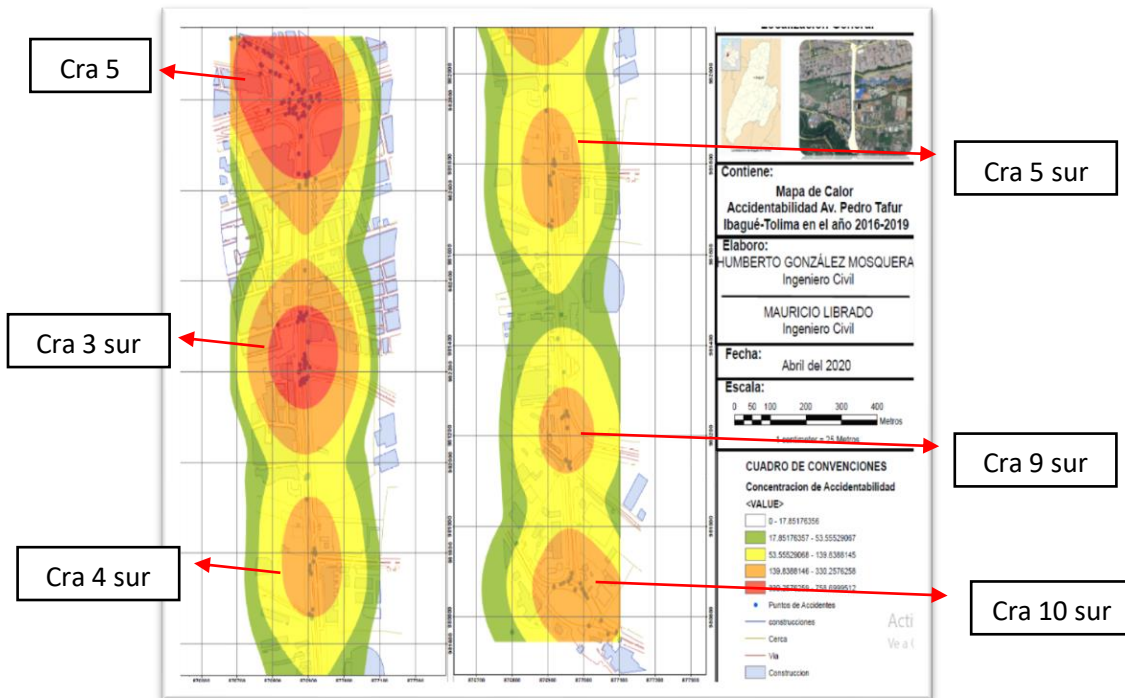
Fuente: Elaboración propia

Del total de los siniestros registrados, el 2.7% involucran peatones y el 1% a biciusuarios siendo este último el que tiene una tasa más alta de mortalidad a pesar de ser un porcentaje menor.

Una vez georreferenciados los siniestros viales, se identificaron 3 sitios de mayor riesgo, siendo la intersección cra. 3 sur el punto con mayor accidentalidad dentro del tramo y el sitio más importante a evaluar dentro de la micro simulación.

Para identificar los puntos críticos de siniestralidad, se elaboraron mapas de calor de todo el corredor vial. Se observa en la Figura 16 en color rojo los puntos de mayor concentración de siniestros: la crr 5, la crr 3 sur y crr 10 sur. Todos los mapas de calor se pueden observar en el anexo 2.

Figura 16. Mapas de calor de los registros de accidentalidad



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describe cada intersección por separado.

6.5.1. Carrera 10 sur intersección Mirolindo

Intersección Mirolindo: Esta intersección de tipo glorieta es la primera en el corredor vial de sur a norte. En el periodo del 2015 al 2019 se presentaron 422 accidentes correspondientes al 24% de los accidentes ocurridos en el corredor vial en total (ver Figura 17).

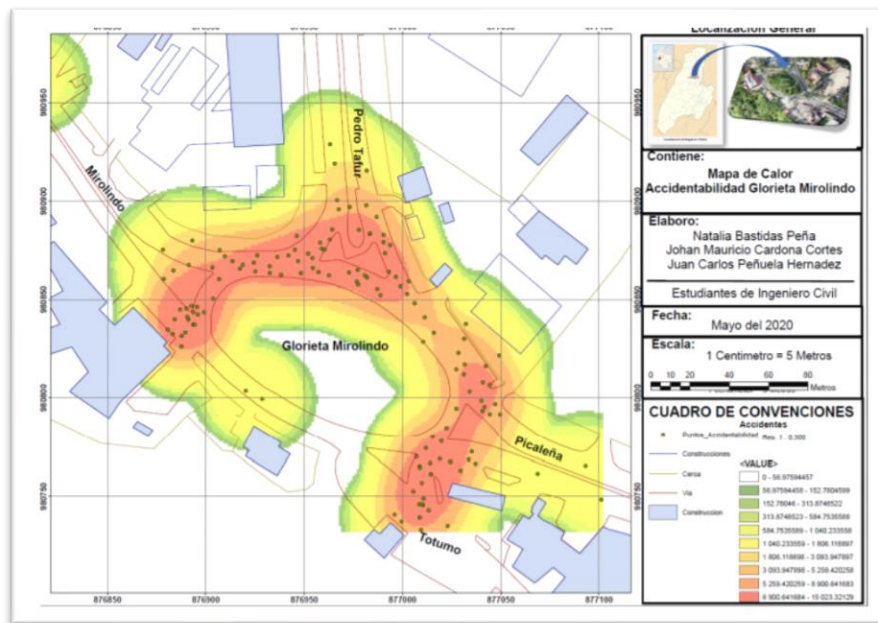
Figura 17. Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué Intersección Mirolindo



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18 se observa que la mayoría de los accidentes en esta intersección se presentan en el acceso de la Av. Mirolindo (sur – este) y la Av. Picalaña (sur-oeste).

Figura 18. Mapas de calor de los registros de accidentalidad intersección Mirolindo



Fuente: Elaboración propia

6.5.2. Carrera 3 sur intersección Palermo

Intersección Palermo carrera 3 sur: En esta intersección se presentaron 429 accidentes en los años del 2015 al 2019, representan el 24.5% de los accidentes ocurridos en el corredor vial. (ver Figura 19)

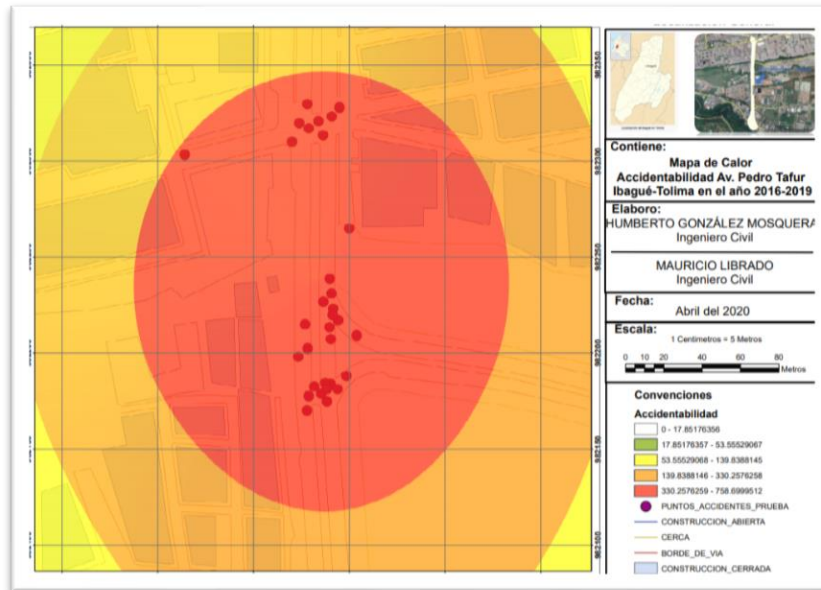
Figura 19. Foto Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué Intersección Palermo



Fuente: Elaboración propia

Esta intersección, es uno de los puntos críticos de alta siniestralidad encontrados en todo el tramo de estudio. En la Figura 20 se observa de color rojo la concentración de accidentes presentados. Una de las causas registradas por la Policía Metropolitana, es la infracción al semáforo en rojo, los usuarios de la vía tienden a ignorar la luz roja.

Figura 20. Mapas de calor de los registros de accidentalidad intersección Palermo



Fuente: Elaboración propia

6.5.3. Intersección carrera 5

Intersección carrera 5: Esta es la segunda glorieta encontrada en el corredor vial y es la última intersección de sur a norte. Se presentaron 583 accidentes que representan el 33.3% de los accidentes ocurridos en el corredor vial. (ver Figura 21).

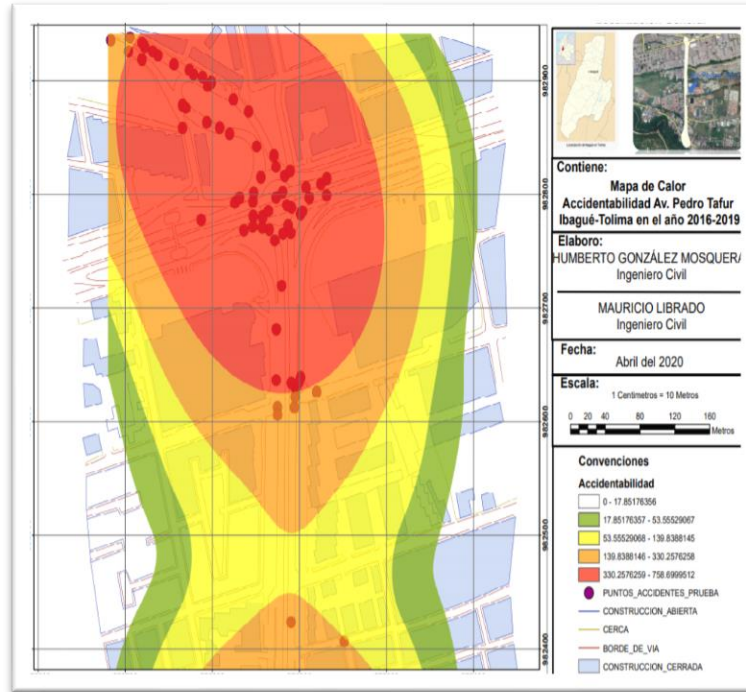
Figura 21. Foto Avenida Pedro Tafur calle 83 Ibagué intersección carrera 5



Fuente: Elaboración propia

Al igual que la glorieta mostrada anteriormente, los accidentes se generan a la salida de la Av. CLL 83 Figura 22. En esta intersección, no existe infraestructura para peatones. En el estudio de campo se observó que los usuarios que desean cruzar la Av. CLL 83, deben cruzar 6 carriles sin ningún tipo de infraestructura ni señalización adecuada para este fin.

Figura 22. Mapas de calor de los registros de accidentalidad intersección Carrera 5



Fuente: Elaboración propia

6.6. Levantamiento Topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico el día 24 de enero de 2020 realizado con dron cuyo objetivo fue realizar la fotogrametría a detalle mediante el método de fotointerpretación empleando un orto mosaico con poligonal abierto desde diferentes puntos estratégicos donde se encuentra la estructura del objeto del proyecto. Con la realización del levantamiento topográfico se identificó la geometría y el perfil del corredor vial. Y con los recorridos se constató las falencias para la movilidad de peatones, ciclistas y personas con algún tipo de discapacidad ya que no cuenta con un sistema continuo de andenes y rampas, tampoco con una ciclorruta que permita el libre tránsito de las mismas.

Este levantamiento se realizó por el método de orto-mosaico, partiendo del posicionamiento de los GPS'S y con una referencia tomada con placas del IGAC de posicionamiento Satelital GNSS CHC i50, con coordenadas amarradas a la red MAGNA SIRGAS COLOMBIA BOGOTA CENTRAL, este ejercicio se realizó para cada uno de GPS'S correspondientes.

Se realizaron 2 sesiones de GNSS cada una entre 0 y 180 minutos para cada punto monumentados (GPS 01 - GPS 02) en el área de influencia teniendo como base de amarre y ajuste el punto IBAG DE GALILEO INSTRUMENTS. Se posicionaron 2 mojones por el sector ver Figura 23.

Figura 23. Posicionamiento de los GPS en las intersecciones Cra. 10 sur (izq.) y cra. 5 (der.) principio y fin del corredor vial



Fuente: Elaboración propia

Se realizaron sobre el concreto, y en el punto de marcación con una lámina. Cada mojón se encuentra debidamente marcado en campo y con las coordenadas amarradas a la red MAGNA SIRGAS CENTRAL BOGOTA COLOMBIA como se puede apreciar en la

Tabla 7. Cuadro de coordenadas post proceso GPS.

PUNTO	COTA	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
1	1070.739	982826.315	876839.947	GPS 01
2	1093.000	980806.596	877044.396	GPS 02

Fuente: Consultor.

Posteriormente de realizar la toma de coordenadas de cada mojón con ayuda de la estación total, se empieza a planear el tiempo de vuelo detallando cada uno de los respectivos sectores que se necesitan dentro del modelo de teselas. (Borde de vía, Eje de vía, Construcciones, Postes, Alcantarillas – pozos de inspección – sumideros, cunetas entre otros detalles, Arboles y Cajas existentes. Por último, se realizó el levantamiento con el drone y se obtuvo un resultado óptimo para el proyecto. Ver Figura 24

Figura 24. Levantamiento Topográfico

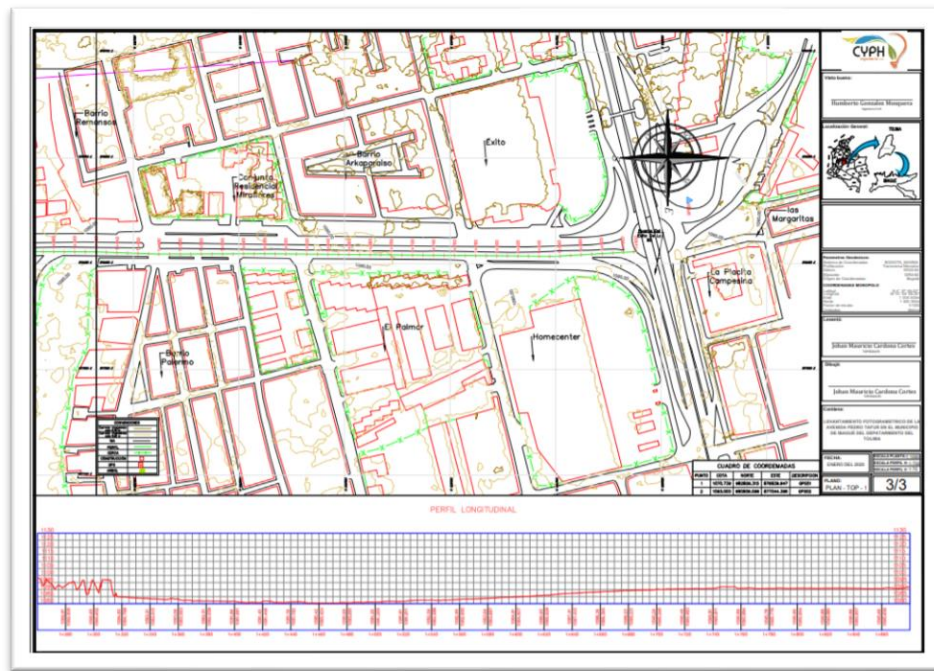


Elaboración Fuente Propia

6.6.1. Tramo 1 Avenida 83 (intersección cra. 5 – Intersección cra. 3 sur Palermo)

Se realizó el levantamiento topográfico del primer tramo donde se encuentra un ancho de calzada mayor que en los otros tramos con un promedio por calzada de 9.2 metros con 2 carriles por sentido, la pendiente promedio del tramo es del 3% (ver Figura 25). El levantamiento topográfico completo se puede observar en el anexo 3.

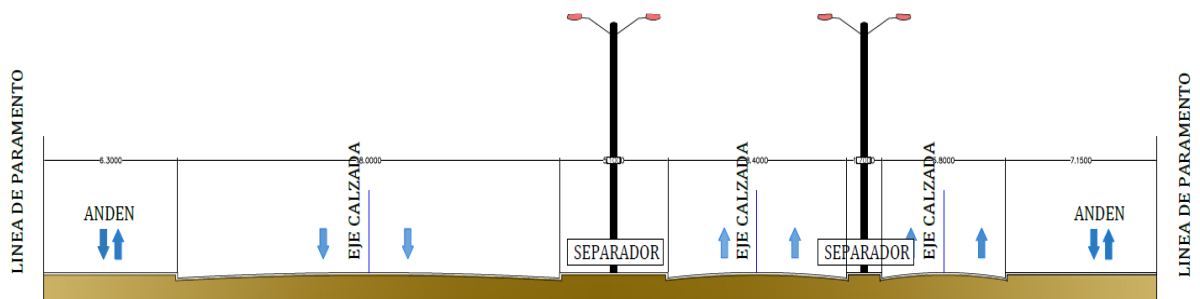
Figura 25. Levantamiento Topográfico Avenida 83 tramo 1(intersección cra. 5 – Intersección cra. 3 sur Palermo)



Fuente: Elaboración propia

La Figura 26 muestra la sección transversal del tramo 1.

Figura 26. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Carrera 4 Y Glorieta Carrera 5 Con Calle 83



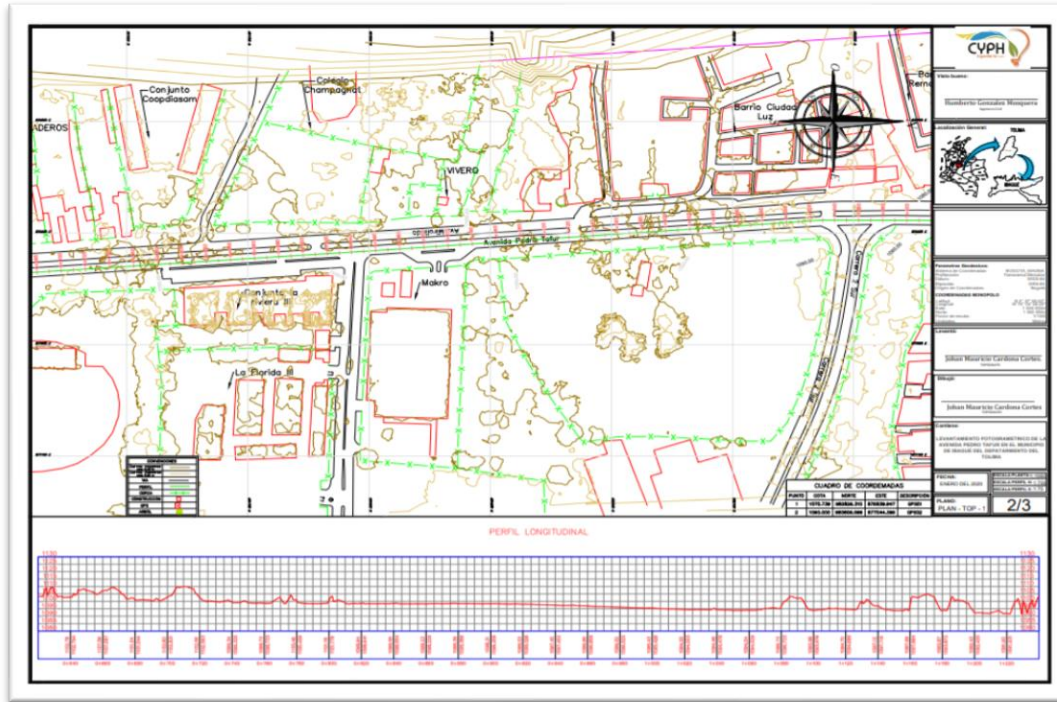
SECCION TRANSVERSAL VIAL CALLE 83 ENTRE CARRERA 4 Y GLORIETA CARRERA 5 CON CALLE 83

Fuente: Elaboración propia

6.6.2. Tramo 2 Avenida 83 (intersección cra. 4 sur Simón Bolívar – Intersección cra. 5 sur Florida)

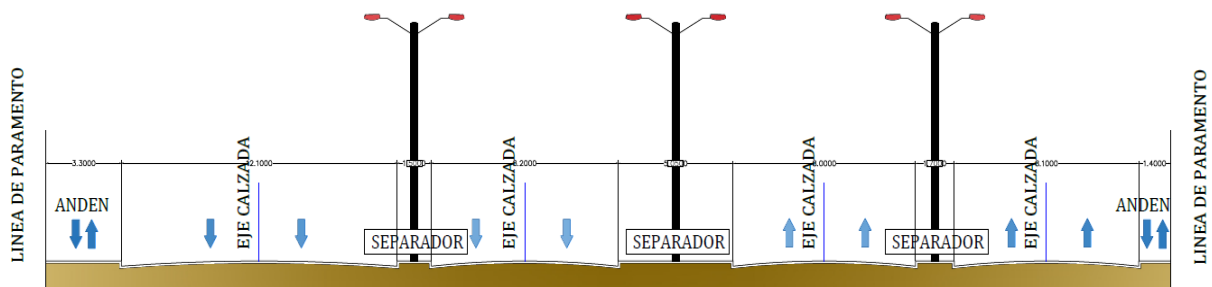
En el tramo 2 se evidencia un ancho de calzada de 8.25 m una pendiente promedio de 2.5% como se muestra en la Figura 27 y Figura 28.

Figura 27. Levantamiento Topográfico Avenida 83 tramo 2 (intersección cra. 4 Sur Simón Bolívar – Intersección cra. 5 sur Florida)



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Carrera 2 Sur Y Carrera 4



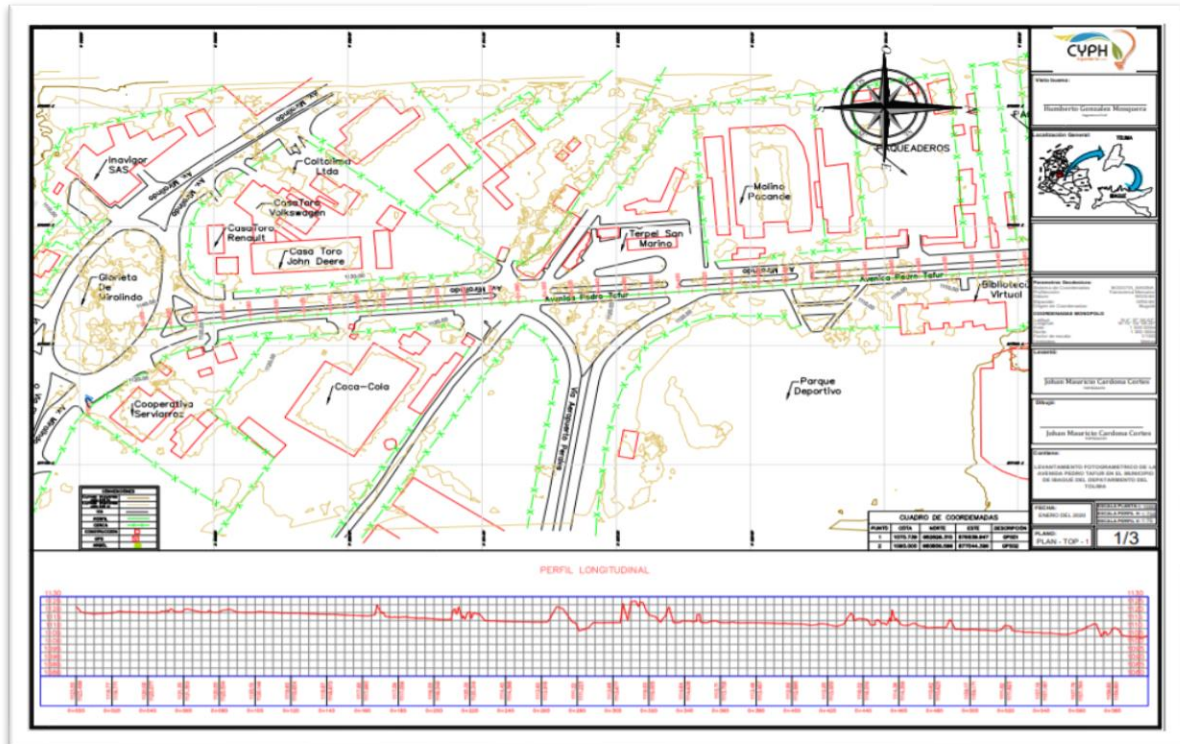
SECCION TRANSVERSAL VIAL CALLE 83 ENTRE CARRERA 2 SUR Y CARRERA 4

Fuente: Elaboración propia

6.6.3. Tramo 3 Avenida 83 (intersección cra. 5 sur Florida – Intersección cra. 10 sur Mirolindo)

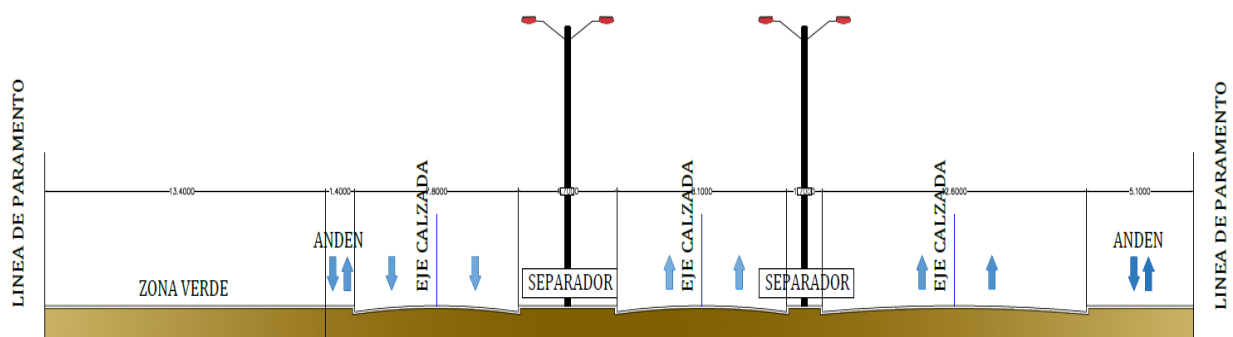
En el tramo 3 se evidencia un ancho de calzada de 8 m una pendiente promedio de 2.8% como se muestra en la Figura 29, Figura 30 y Figura 31.

Figura 29. Levantamiento Topográfico Avenida 83 tramo 2 (intersección cra. 5 sur Florida – Intersección cra. 10 sur Mirolindo)



Fuente: Elaboración propia

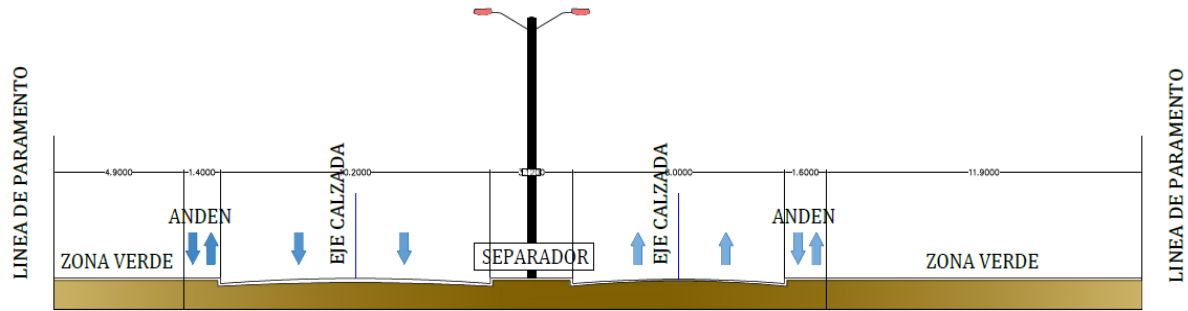
Figura 30. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Vía Aeropuerto Perales Y Carrera 2 Sur



SECCION TRANSVERSAL VIAL CALLE 83 ENTRE VIA AEROPUERTO PERALES Y CARRERA 2 SUR

Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Sección Transversal Vial Calle 83 Entre Vía Aeropuerto Perales Y la intersección Mirolindo



SECCION TRANSVERSAL VIAL CALLE 83 ENTRE GLORIETA MIROLINDO Y VIA AEROPUERTO PERALES

Fuente: Elaboración propia

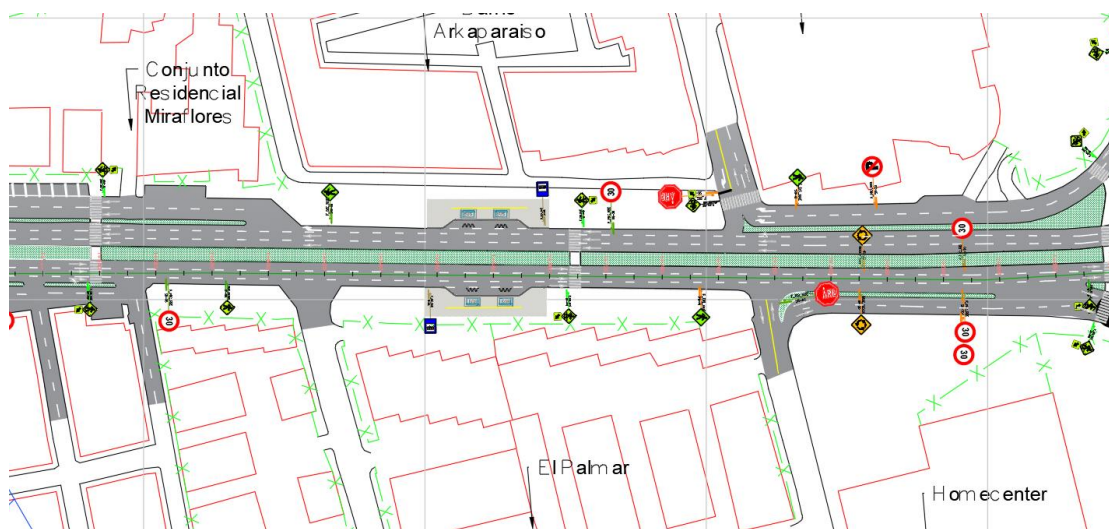
7.5. Inventario de señalización Vial

Para la ubicación de la señalización, se realizaron varias visitas de campo con el fin de ubicar y georreferenciar las señales existentes e identificar las faltantes, debido a la cantidad de árboles en la vía no se pudo realizar con el drone. Arrojando un resultado deficiente no solo por la falta de muchas de ellas sino también el precario estado en el que se encuentran las existentes. Este inventario de señalización se puede observar en su totalidad en el anexo 4.

En cuanto a las señales horizontales, en todo el tramo de estudio no se registró ningún tipo de demarcación. Para el año en curso (2020) se implementó un paso peatonal con estoperoles y demarcación de zona escolar debido a la presencia de un colegio en la calle 83 entre las careras 6 sur y 5 sur.

En la Figura 32 se observa un tramo del corredor vial como ejemplo del inventario de señalización realizado.

Figura 32. Inventario vial de la avenida calle 83 “Pedro Tafur en civil 3D



Elaboración Fuente Propia Civil 3D

Gracias a los recorridos de inspección se constataron las falencias de infraestructura para la movilidad de peatones, ciclistas y personas con algún tipo de discapacidad ya que no cuenta con un sistema continuo de andenes y rampas, tampoco con un ciclo ruta que permita el libre tránsito de las mismas. Además, no se cuenta con señalización del límite de velocidad en el corredor lo cual genera que los usuarios transiten a velocidades sin control lo cual genera riesgo para los usuarios. Adicional a esto no existen cámaras que regulen la velocidad reglamentaria que para este caso es de 40 km/h según el POT de la ciudad de Ibagué.

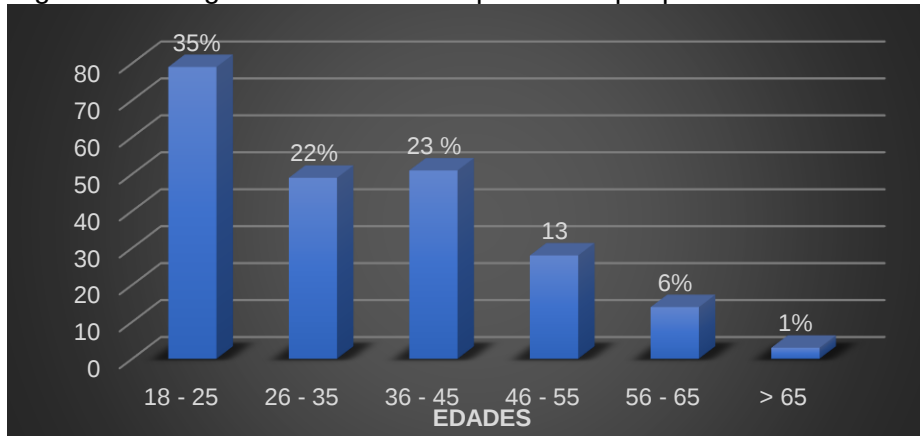
Las pocas señales que se encuentran actualmente están en mal estado y no existe actualmente una señalización que garantice el cruce seguro de los peatones a lo largo del corredor vial especialmente en los sitios donde se encuentran los colegios y la biblioteca virtual.

7.6. Encuesta de percepción de la Avenida Calle 83 “Pedro Tafur”

Se realizó una encuesta a usuarios del corredor sobre la percepción que tienen de la misma. La encuesta se creó en la aplicación formularios de Google y se realizó virtualmente, debido a la actual situación que afronta el país por la pandemia del COVID – 19. Se encuestaron 254 usuarios quienes opinaron sobre el estado de la vía, la seguridad en la misma, la percepción que tienen como actores de la movilidad en la avenida calle 83.

La muestra estuvo dividida por edades de la siguiente forma: entre 18 – 25 años (35%), 26 – 35 (22%) y 36 a 45 años (23%) como se puede apreciar en la Figura 33.

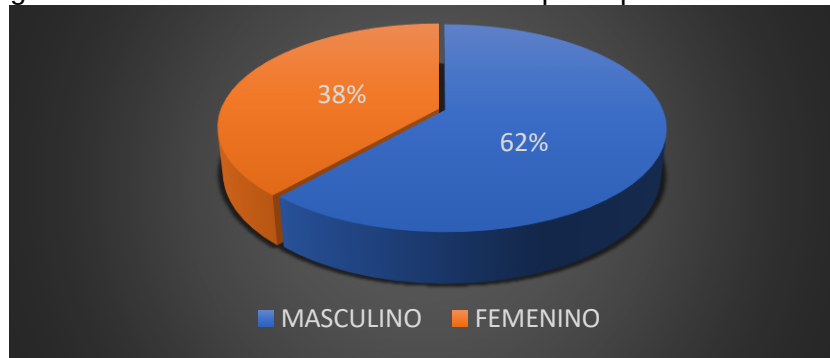
Figura 33. Rango de edades de las personas que presentaron la encuesta



Fuente: Encuesta Elaboración propia

Se evidencia que la encuesta fue contestada predominantemente por personas del sexo masculino con un 61.6% como se muestra en la Figura 34.

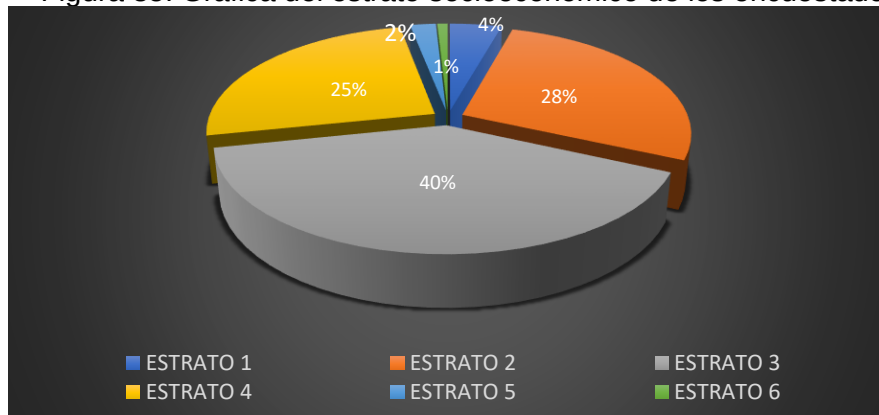
Figura 34. Grafica referente al sexo de los participantes de la encuesta



Fuente: Encuesta Elaboración propia

De la Figura 35, Se puede determinar que el área de influencia de la avenida calle 83 “Pedro Tafur” está conformada por los estratos 2 (27.2%), 3 (40.2%) y 4 (25%).

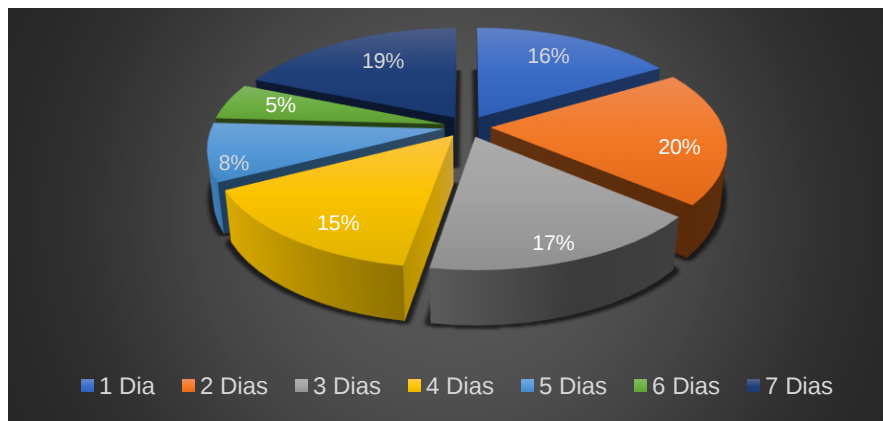
Figura 35. Grafica del estrato socioeconómico de los encuestados



Fuente: Encuesta Elaboración propia

El número de días en el que transitan por el corredor vial de estudio con más frecuencia es de 2 días (19.6%) y 7 días (18.8%) como se muestra en la Figura 36.

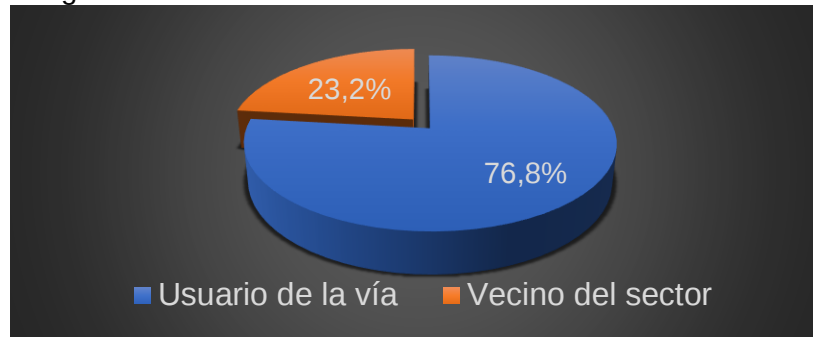
Figura 36. Grafica número de días en que los encuestados usan la vía



Fuente: Encuesta Elaboración propia

La principal interacción con la avenida “Pedro Tafur” es la del usuario de la vía con un valor de 76.3%. Figura 37.

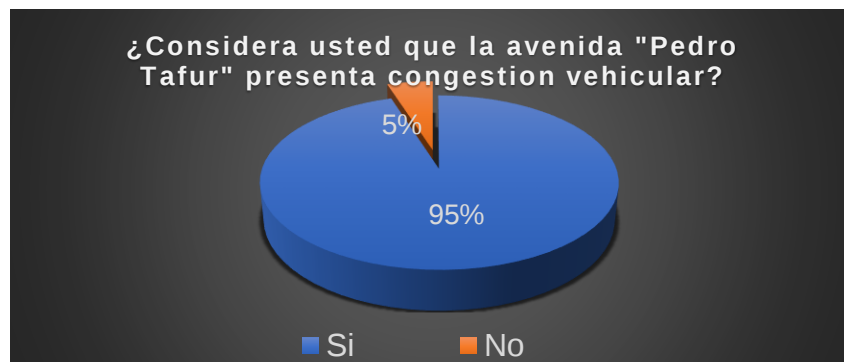
Figura 37. Grafica de Interacción con la avenida " Pedro tafur"



Fuente: Encuesta Elaboración propia

La percepción que tienen los encuestados sobre congestión vehicular es alta ya que el 96.1% de los encuestados contestaron que si se presenta a lo largo del corredor vial. Ver Figura 38.

Figura 38. Grafica sobre la percepción de la avenida "Pedro tafur"

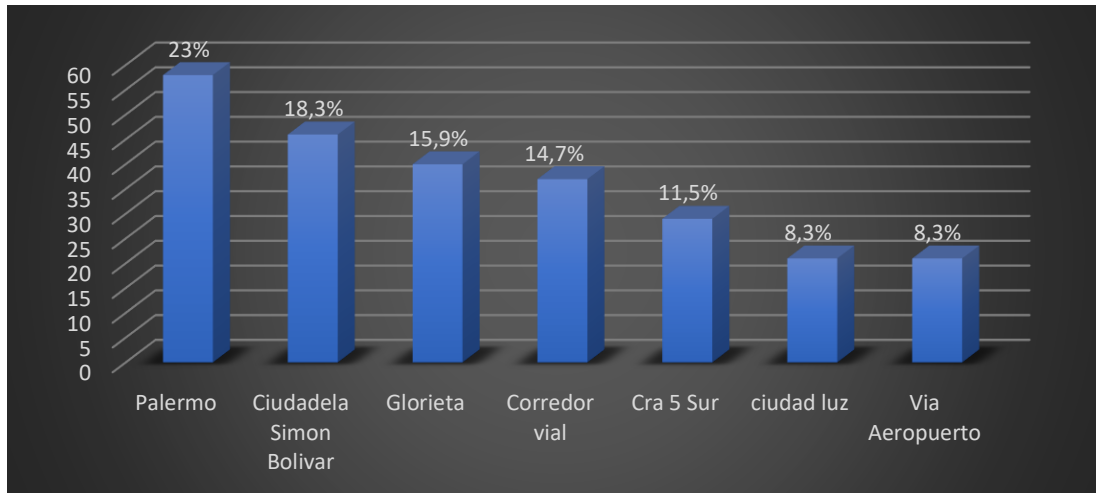


Fuente: Encuesta Elaboración propia

En cuanto a los sitios que presentan mayor congestión en el corredor vial, los encuestados señalaron que la intersección cra. 3 sur (Palermo), la cra. 4 sur (Ciudadela Simón Bolívar) y las glorietas son los sitios donde más se presenta. Ver

Figura 39.

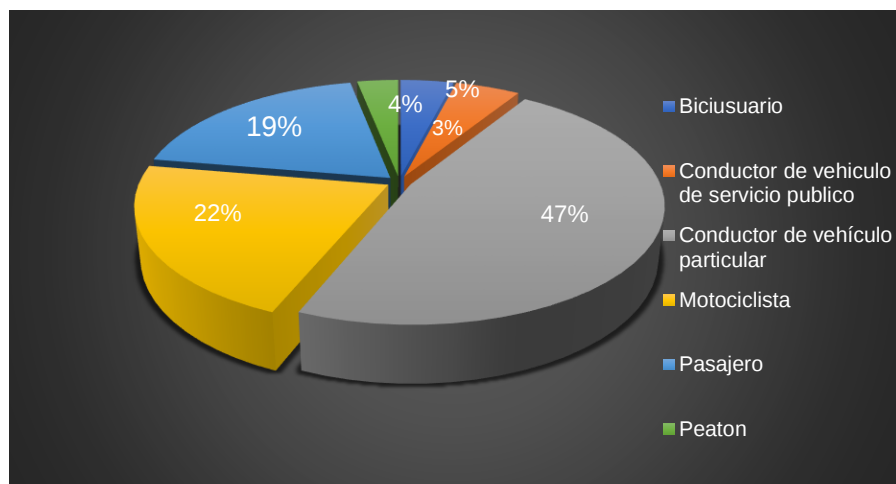
Figura 39. Grafica Sobre Percepción de Sitios con Mayor Congestión en la Av. Calle 83



Fuente: Encuesta Elaboración propia

El mayor porcentaje de los encuestados son conductores de vehículo particular que representan casi el 50% de los mismos, seguidos por motociclistas 22% y peatones 19%. Ver Figura 40.

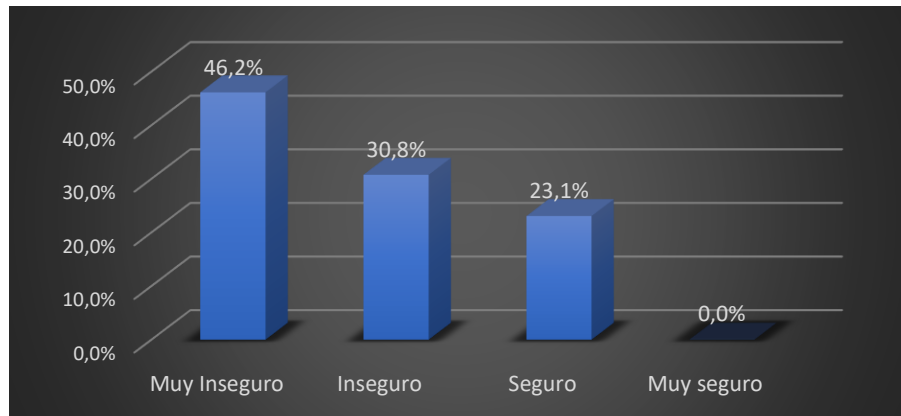
Figura 40. Grafica del Tipo de Usuario de la vía



Fuente: Encuesta Elaboración propia

En cuanto a la precepción de seguridad frente a la accidentalidad los usuarios de sienten en un 77% Inseguros, contrastando con el 23% que se sienten seguros. Ver Figura 41.

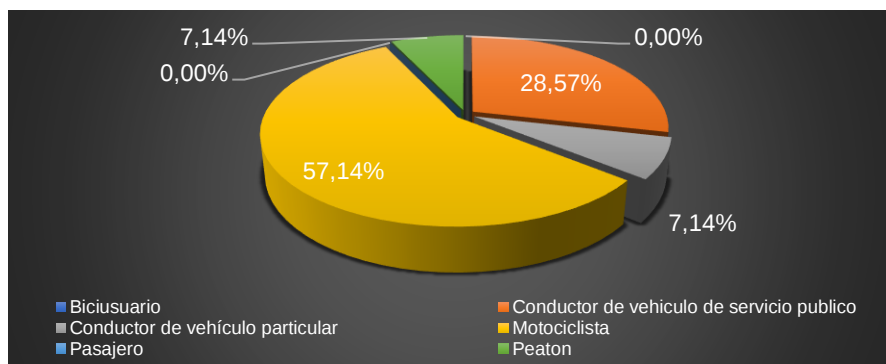
Figura 41. Encuesta sobre qué tan segura es la percepción de los usuarios de la vía



Fuente: Encuesta Elaboración propia

A la pregunta con cuál de los siguientes actores de la vía ha tenido mayor conflicto los encuestados en su mayoría opinaron que con los motociclistas con un 57%, seguido de los conductores de servicio público con un 29%. Ver Figura 42.

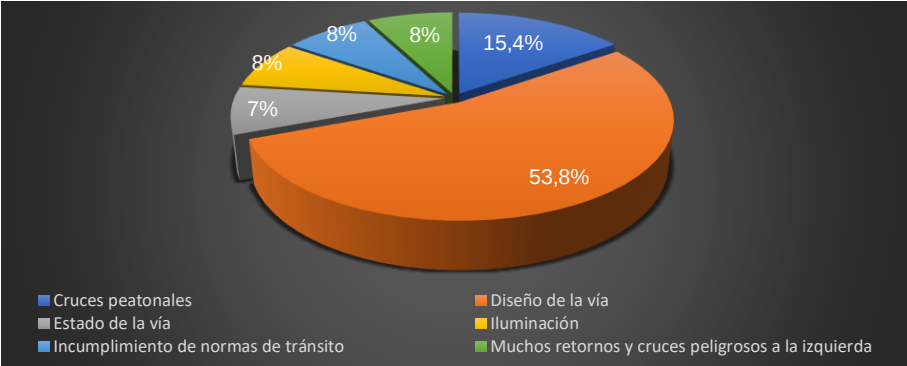
Figura 42. Grafica Encuesta sobre el actor con mayor conflicto en cuanto accidentalidad



Fuente: Encuesta Elaboración propia

De acuerdo a la encuesta el 54% de los encuestados tiene una percepción negativa sobre el diseño de la vía, ya que piensan que es la principal causa de accidentalidad, seguido de la falta de cruces peatonales. Ver Figura 43.

Figura 43. Grafica sobre la principal causa de accidentalidad en la Avenida Pedro Tafur

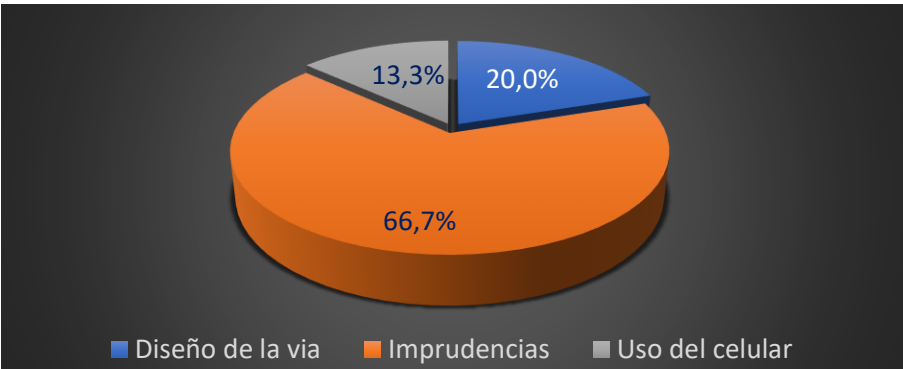


Fuente: Encuesta Elaboración propia

En cuanto al principal factor de ocurrencia de los accidentes el 67% de los encuestados manifiesta que estos se dan debido a las imprudencias cometidas por los diversos actores que día a día transitan por la vía. Ver

Figura 44

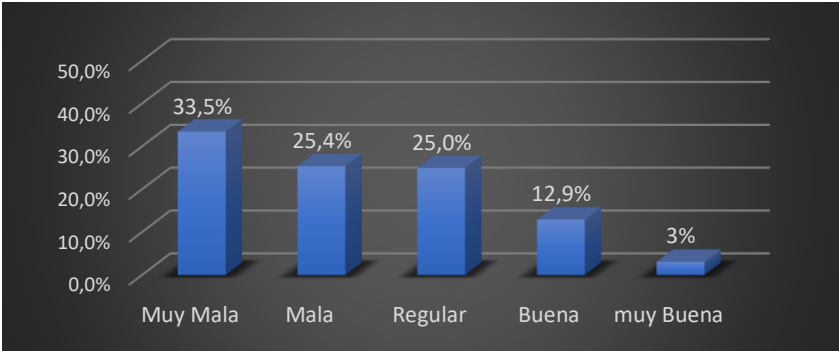
Figura 44. Grafica de encuesta sobre el principal factor de la ocurrencia de accidentes



Fuente: Encuesta Elaboración propia

De acuerdo a la encuesta el 59% de las personas califica que los andenes se encuentran en mal estado. Ver Figura 45

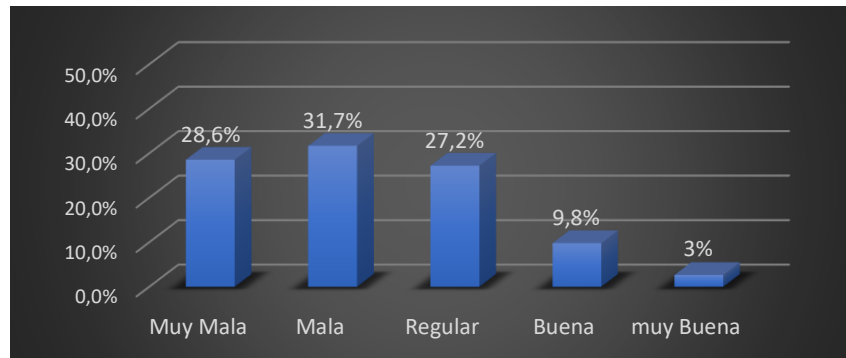
Figura 45. Grafica de calificación del estado de los andenes



Fuente: Encuesta Elaboración propia

De acuerdo a la encuesta el 60% de las personas califica que la iluminación de la vía como deficiente. Ver Figura 46

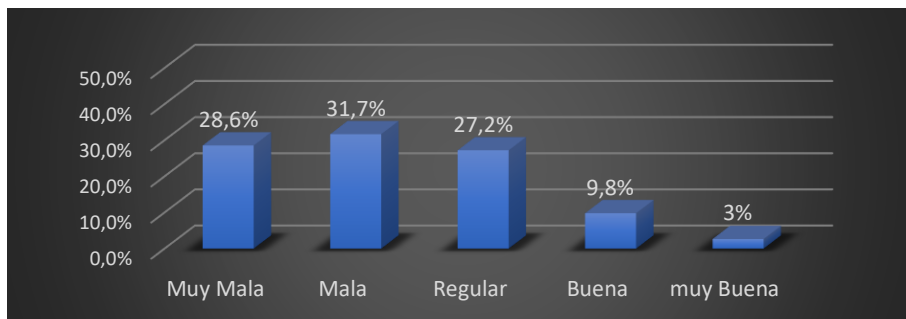
Figura 46. Grafica de calificación del estado de la iluminación



Fuente: Encuesta Elaboración propia

De acuerdo a la encuesta más del 60% de las personas piensa que el estado actual de la vía se encuentra en mal estado. Ver Figura 47

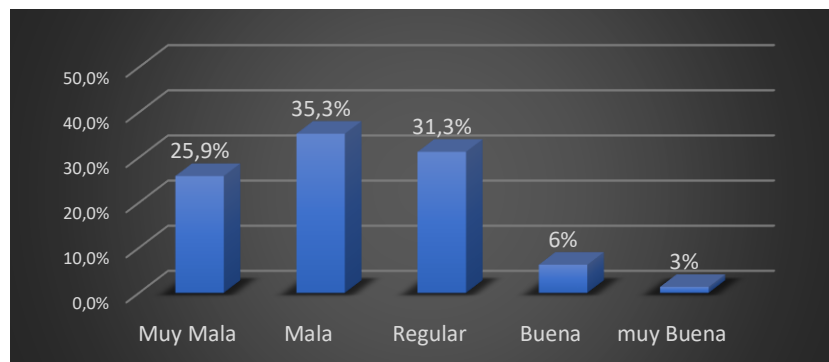
Figura 47. Grafica de calificación del estado de la vía



Fuente: Encuesta Elaboración propia

De acuerdo a la encuesta más del 90% de las personas califican como deficiente el estado de los cruces peatonales en el corredor vial. Ver Figura 48

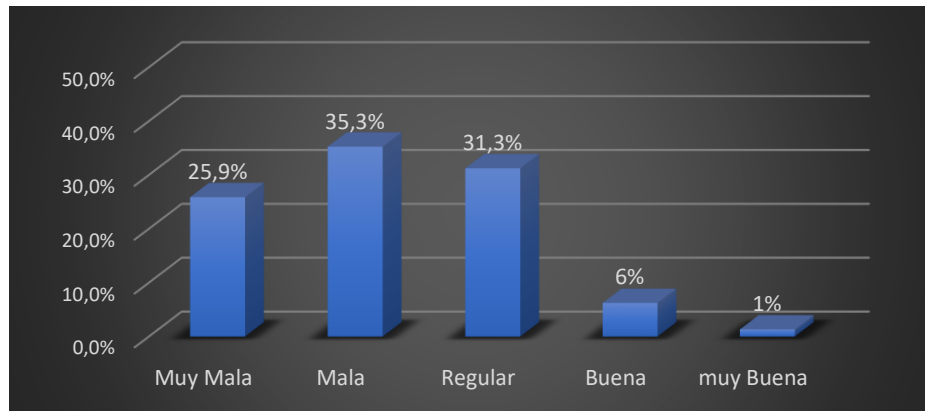
Figura 48. Grafica de calificación del estado de los cruces peatonales



Fuente: Encuesta Elaboración propia

De acuerdo a la encuesta el 61% de las personas piensan que el estado de la señalización de la vía es deficiente. Ver Figura 49

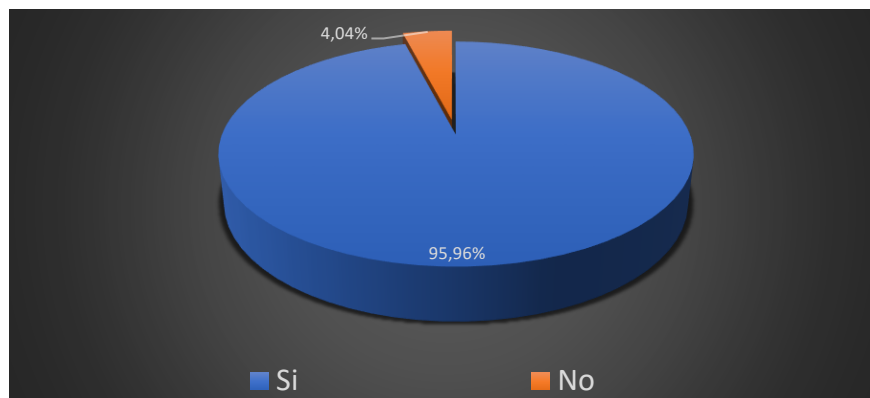
Figura 49. Grafica de calificación del estado de la señalización vial



Fuente: Encuesta Elaboración propia

El 96% de las personas encuestadas piensan que es necesaria una intervención en la avenida calle 83 "Pedro Tafur". Ver Figura 50

Figura 50. Grafica ¿cree usted que es necesario una intervención en la avenida "pedro tafur"?

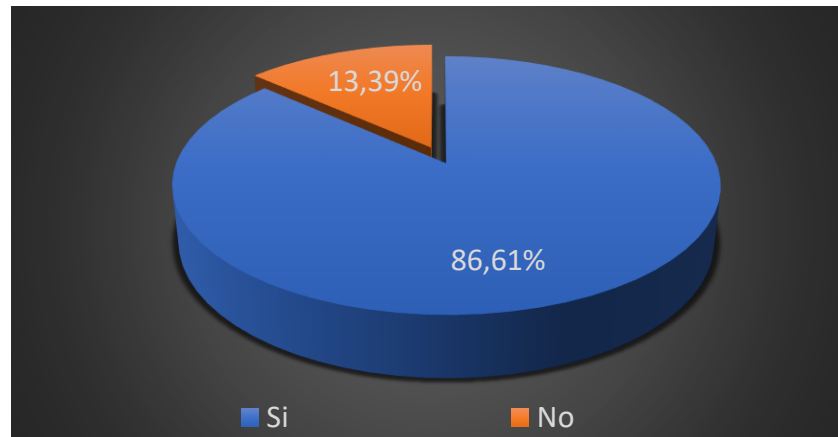


Fuente: Encuesta Elaboración propia

Después de conocer la definición de giro inglés y de explicar mediante ejemplos y ubicación, el 86% de las personas encuestadas piensan que es necesario la implementación de los mismos en la avenida calle 83 "Pedro Tafur". Ver Figura 51.

Los usuarios manifestaron la preferencia del giro inglés ya que es un ordenador de los movimientos vehiculares en una intersección, elimina los riesgos de giros a la izquierda por el carril interno y mejora el comportamiento humano de los usuarios de la vía.

Figura 51. Grafica ¿Considera la necesidad de implementar el "Giro Ingles"?



Fuente: Encuesta Elaboración propia

8. Resultados y conclusiones

En este capítulo se presentan los resultados de la evaluación de alternativas de solución para la zona de estudio.

8.1. Microsimulación

Con los datos recopilados a lo largo del proyecto información primaria y secundaria se realizó una microsimulación del estado actual del corredor vial con el software Vissim, se evalúa su capacidad de servicio, movilidad y problemas que genera esta importante arteria de la ciudad de Ibagué. La modelación se realizó en 2 tramos que se describen a continuación (el video de la microsimulación, así como los archivos del software VISSIM, se puede observar en el anexo 5):

-  **Tramo 1:** Corresponde en tramo comprendido entre la intersección Mirolindo ubicada en la carrera 10 sur y la intersección cra. 5 sur como se puede apreciar en la Figura 52.

Figura 52. Modelación en Vissim tramo 1 intersección Mirolindo cra. 10 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 53 se muestra la intersección cra. 9 sur vía al aeropuerto que es uno de los puntos de mayor importancia para evaluar en el tramo 1 con la microsimulación

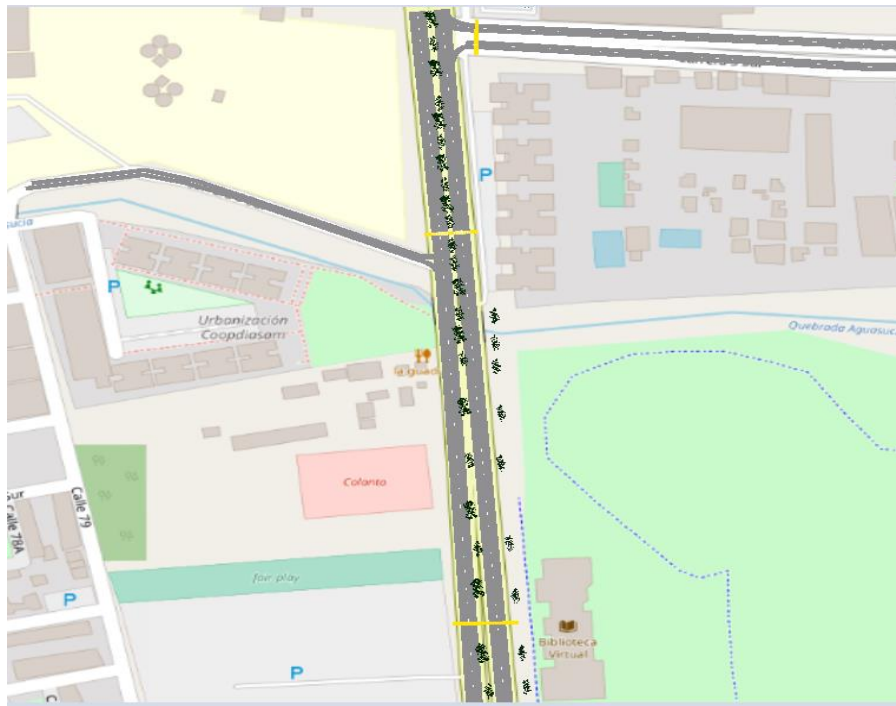
Figura 53. Modelación en Vissim tramo 1 intersección vía aeropuerto cra. 9 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 54 se muestra las intersecciones cra. 5 sur y cra. 6 sur entrada al barrio villa café, sitio donde se encuentran 2 colegios, diversas zonas residenciales y una zona comercial con un flujo importante de vehículos y peatones.

Figura 54. Modelación en Vissim tramo 1 intersecciones cra. 6 sur barrio Villa Café y cra. 5 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

-  **Tramo 2:** Corresponde en tramo comprendido entre la intersección cra. 5 sur y la glorieta ubicada en la intersección cra. 5 como se puede apreciar en la Figura 55.

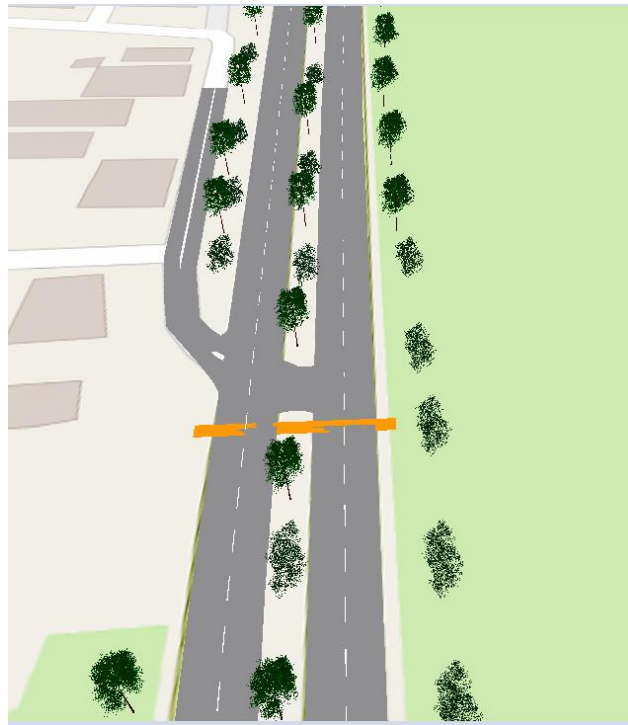
Figura 55. Modelación en Vissim tramo 2 entre intersección cra. 5 – intersección cra. 5 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 56, Figura 57 y Figura 58 se muestran los 3 puntos de mayor importancia para evaluar en el tramo 1 con la microsimulación

Figura 56. Modelación en Vissim tramo 2 intersección cra. 3 C sur barrio Ciudad Luz



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 57 se muestra la intersección cra. 4 sur entrada al barrio ciudadela Simón Bolívar uno de los puntos con mayor congestión vehicular

Figura 57. Modelación en Vissim tramo 2 intersección cra. 4 sur barrio Ciudadela Simón Bolívar



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 58 se muestra la modelación de la solución en la intersección cra. 3 sur “Palermo” que es uno de los puntos críticos del corredor vial.

Figura 58. Modelación en Vissim tramo 2 intersección cra. 3 sur Palermo



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 59 se muestran los otros puntos de la intersección cercanos a la cra. 5 donde finaliza este corredor vial

Figura 59. Modelación en Vissim tramo 2 glorieta intersección cra. 5



Fuente: Elaboración propia Vissim

8.2. Calibración del modelo

El modelo que se realiza en el software VISSIM se calibra mediante la aplicación del GEH que es un indicador que compara los volúmenes horario obtenidos en campo (C) contra los volúmenes horario medidos en el modelo (M) para determinar el nivel de error. Ver Figura 60.

Figura 60. Fórmula para la calibración del modelo por el método GEH

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

Fuente: Elaboración propia

Para considerar una calibración apropiada se considera tener el valor del GEH < 5, para este modelo la calibración estuvo por debajo de este valor como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Calibración del modelo por el método del GEH

DATA COLLECTION MEASUREMENT: No	TRAMO	UBICACIÓN	DATA COLLECTION POINTS	AFORO	MODELO	GEH
1	1	Av. calle 83 SN – cra. 8 sur	1,2	1345	1296	1,348
2	1	Av. calle 83 NS – cra. 6 sur	3,4	1075	1217	4,195
1	2	Av. calle 83 SN – cra. 4 sur	1,2	2047	2224	3,830
2	2	Av. calle 83 NS – cra. 3 sur	3,4	1510	1325	4,914

Fuente: Elaboración propia

8.3. Proyección del tránsito actual

Para este proyecto se tomaron los aforos tomados en campo los cuales se muestran en la Tabla 5. Para realizar el cálculo del volumen diario de vehículos para años futuros se utiliza la siguiente fórmula:

Figura 61. Formula de la proyección de transito

$$VDTf = VDT0 * (1 + Tc)^n$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

VDT0 = Volumen diario de vehículos para el año inicial del periodo

Tc = Tasa de crecimiento considerado para el periodo de años en el análisis (%) PIB 2019 (DANE, 2019)

n = Número de años del periodo considerado, igual a la diferencia numérica entre el año final y el año inicial.

Los resultados se muestran en la Tabla 10

Tabla 9. Fórmula para proyección de Volumen de tráfico

PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO	$VD\text{f} = VD\text{To} \times (1+TC)^n$	
	VDf:	Volumen diario de peatones para el año futuro
	VDTo:	Volumen diario de peatones para el año inicial del periodo
	TC:	Tasa de Crecimiento considerado para el periodo de años en análisis (%)
	n:	Número de años del periodo considerado, igual a la diferencia numérica entre el año final y el año inicial

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Proyección Volumen de Tráfico actual de la Av. Calle 83 "Pedro Tafur"

INTERSECCIÓN	AVENIDA CALLE 83 "PEDRO TAFUR"						
SENTIDO VEHICULAR	INT CRA 5	CRA 3 SUR	CRA 4 SUR	CRA 5 SUR	CRA 8 SUR	CRA 10 SUR	TOTAL
HMD	6 PM - 7 PM						
VHMD	3232	2370	3053	2919	2355	1360	15289
TC (%) Tasa de crecimiento poblacional	3,5						
Año Proyectado	VDf						
5	3839	2815	3626	3467	2797	1615	18159
10	4559	3343	4307	4118	3322	1918	21567
20	6431	4716	6075	5808	4686	2706	30422

Fuente: Elaboración propia

8.4. Análisis de colas y operación interna

En este capítulo se muestran los análisis de colas y niveles de servicio.

8.4.1. Análisis de colas y niveles de servicio del estado actual de la vía

Para este análisis se dividió el corredor vial en dos tramos para efectos de simulación.

8.4.1.2. Tramo 1

El primer tramo a estudiar va desde la intersección Mirolindo cra. 10 sur hasta la cra. 5 sur. Para realizar el análisis en el software VISSIM, se tomaron en este tramo, 5 nodos (Figura 62.).

Figura 62. Modelación de la Av. calle 83 tramo 1 con el aforo inicial tomado en campo



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Tabla 11 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C y D. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la cra. 9 sur intersección Aeropuerto con una longitud de 220.48 m y una demora promedio de 37.02 segundos por vehículo.

Tabla 11. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 1.

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	58,02	37,02	C	220,48
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR S AEROPUERTO	5,05	3,1	A	21,74
AV CALLE 83 NODO BIBLIOTECA VIRTUAL	4,87	0,67	A	21,75
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	27,98	10,16	D	60,04
AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	2,07	0,31	A	3,15

Fuente: Elaboración propia

✓ **Proyección a 5 años tramo 1**

En la Tabla 12 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia con proyección a 5 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C y D. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección vía aeropuerto cra. 9 sur 148.06 m y una demora promedio de 91.21 segundos por vehículo.

Tabla 12. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial proyección 5 años tramo 1

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	153,14	91,21	D	148,06
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR S AEROPUERTO	29,2	15,57	B	71,91
AV CALLE 83 NODO BIBLIOTECA VIRTUAL	24,22	6,14	A	83,91
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	5,69	0,93	D	20,26
AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	21,09	9,82	C	38,57

Fuente: Elaboración propia

✓ **Proyección a 10 años tramo 1**

En la Tabla 13 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia con proyección a 10 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio F. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura del nodo de la biblioteca virtual entre las carreras 9 sur y 6 sur de 200.75 m y una demora promedio de 98.57 segundos por vehículo.

Tabla 13. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial proyección 10 años tramo 1

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	147,65	98,57	F	150,22
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR S AEROPUERTO	33,58	66,36	D	170,59
AV CALLE 83 NODO BIBLIOTECA VIRTUAL	18,39	16,99	C	200,75
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	18,15	5,65	D	64,26

AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	103,99	48,66	F	132,79
-------------------------	--------	-------	---	--------

Fuente: Elaboración propia

✓ **Proyección a 20 años tramo 1**

En la Tabla 14 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia con proyección a 20 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio F. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección vía aeropuerto cra. 9 sur 342.96 m y con una demora promedio de 196 segundos por vehículo.

Tabla 14. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial proyección 20 años tramo 1

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	184,21	110,52	F	142,92
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR S AEROPUERTO	267,59	196,82	F	342,96
AV CALLE 83 NODO BIBLIOTECA VIRTUAL	112,15	31,89	D	311,35
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	111,71	57,5	E	206,61
AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	138,25	58,05	F	269,14

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 15 se encuentra el consolidado de los niveles de servicio del tramo 1. Se observa que los niveles de servicio arrojados son deficientes y empeoran en la proyección.

Tabla 15. Consolidados niveles de servicio tramo 1 estado actual

TRAMO 1				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	27,98	37,02	D	220,48
PROY 5 AÑOS	153,14	91,21	D	148,06
PROY 10 AÑOS	147,65	98,57	F	200,75
PROY 20 AÑOS	267,59	196,82	F	342,96

Fuente: Elaboración propia

8.4.1.2. Tramo 2

En el tramo 2 que se encuentra ubicado entre las intersecciones cra. 5 sur y la intersección cra. 5 glorieta, con el aforo inicial de la vía tomando como referencia 5 nodos de intersecciones para el estudio (ver Figura 63).

Figura 63. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 con el aforo inicial tomado en campo



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Tabla 16 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio F. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección cra. 3 sur “Palermo” con 208.65 m.

Tabla 16. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	89,32	56,93	F	168,25
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	149,76	119,05	F	208,65
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	80,08	67,93	F	175,01
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO GIRO	1,11	0,32	A	27,54
AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION	4,55	1,07	A	161,01

AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION INGRESO	8,72	3,41	A	49,42
--	------	------	---	-------

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección a 5 años tramo 2

En la Tabla 17 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia con proyección a 5 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio F. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección cra. 4 sur intersección Simón Bolívar con 208.32 m y una demora promedio de 69.37 segundos por vehículo.

Tabla 17. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2 con proyección a 5 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	74,93	65,04	F	162,66
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	90,39	69,37	F	208,32
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	87,09	77,89	F	174,97
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO GIRO	1,79	0,43	A	9,7
AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION	12,85	5,15	B	144,5
AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION INGRESO	9,12	2,31	A	49,3

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección a 10 años tramo 2

En la Tabla 18 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia con proyección a 10 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio F. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección cra. 4 sur “ciudadela Simón Bolívar” con 213.41 m y una demora promedio de 82.6 segundos por vehículo.

Tabla 18. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2 con proyección a 10 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	77,49	48,92	F	162,84
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	103,97	75,5	F	213,41
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	89,88	82,6	F	174,54

AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO GIRO	9,68	5,73	A	60,12
AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION	30,89	1,25	D	42,48
AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION INGRESO	7,29	1,73	A	52,62

Fuente: Elaboración propia

✓ **Proyección a 20 años tramo 2**

En la Tabla 19 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia con proyección a 20 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio F. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección cra. 3 sur “Palermo” con 211.59 m y una demora promedio de 161.37 segundos por vehículo.

Tabla 19. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo inicial tramo 2 con proyección a 20 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	187,29	161,37	F	163,51
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	179,53	123,86	F	208,44
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	116,39	109,62	F	211,59
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO GIRO	12,24	5,26	B	39,61
AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION	58,83	30,66	E	167,56
AV CALLE 83 - CRA 5 INTERSECCION INGRESO	48,75	18,34	C	57,7

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20 se evidencian los resultados consolidados de los niveles de servicio del tramo 2. En este caso, el nivel de servicio para todas las situaciones es deficiente.

Tabla 20. Consolidados niveles de servicio tramo 2 estado actual

TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	149,76	119,05	F	208,65
PROY 5 AÑOS	90,39	69,37	F	208,32
PROY 10 AÑOS	103,97	75,5	F	213,41

PROY 20 AÑOS	179,53	123,86	F	208,44
--------------	--------	--------	---	--------

Fuente: Elaboración propia

8.5. Propuesta Implementación de la pacificación del tráfico

Con el objeto de contribuir a la pacificación del tráfico, se determinó en el proyecto, plantear y proponer soluciones que brinden la reducción de la velocidad, e implementar señalización vertical y horizontal, a nuestro juicio faltante en el sector vial, tal que le brinde protagonismo fundamental al peatón, desde el punto de vista de su seguridad vial durante los recorridos y cruces en intersecciones. Lo anterior considerando que se trata de un sector residencial, comercial y escolar, por lo que deducimos que es permanente el tránsito peatonal.

Por lo anterior, en primera instancia se ha propuesto convertir en zona 30 la totalidad del sector de estudio, mediante la instalación de señales reglamentarias SR-30 (Velocidad Máxima 30 KPH), lo cual genera la reducción de la velocidad, fundamental para brindar a los peatones y residentes seguridad vial, tranquilidad, convivencia grata, de manera cotidiana hacer parte del entorno urbano, y en general bienestar personal.

Las propuestas contempladas para este estudio son:

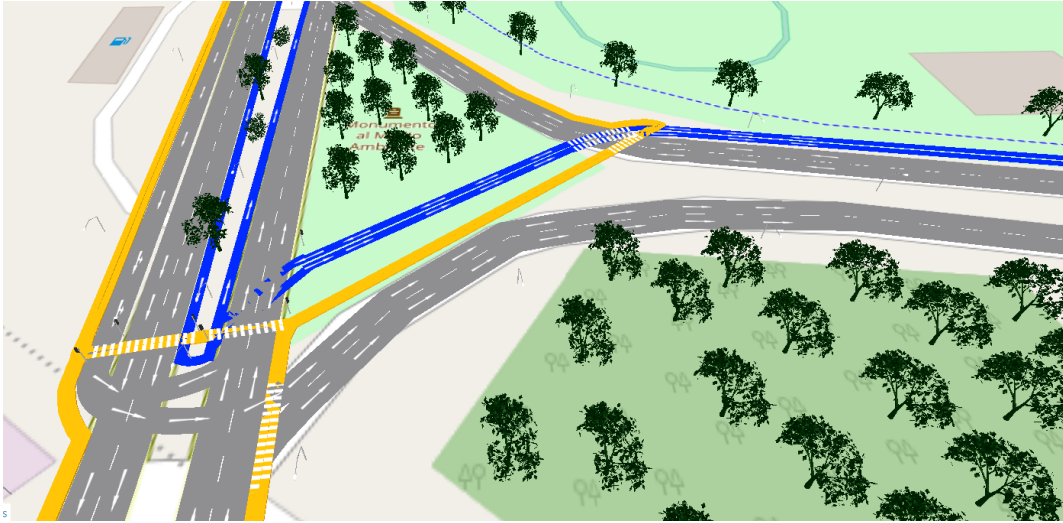
- **Implementación de giro inglés y cierre de retornos no semaforizados en todo el corredor:** El giro inglés consiste en la implementación de un carril de desaceleración sobre el costado derecho de la calzada existente semaforizado para permitir giros a la izquierda a nivel de forma controlada y segura.
- **Implementación de giro inglés, glorieta y cierre de retornos no semaforizados en todo el corredor:** Consiste en la implementación del giro inglés con la inclusión de una glorieta en la intersección Av. Calle 83 con carrera 3 sur “Palermo” detectado como el sitio mas crítico en cuanto a accidentalidad y congestión vehicular.
- **Implementación de giro inglés, glorieta holandesa y cierre de retornos no semaforizados en todo el corredor:** Consiste en la implementación del giro inglés con la inclusión de una glorieta tipo holandesa cuya característica principal es la generación de una glorieta circunscrita para giro de vehículos dentro de un anillo que permite el acceso y la movilidad prioritaria a peatones y biciusuarios.

8.6. Propuesta 1, Implementación de giro inglés y cierre de retornos

Una de las soluciones planteadas para el corredor vial teniendo en cuenta la información primaria, la información secundaria y los resultados obtenidos de la modelación del estado actual de la vía es la implementación del giro inglés y el cierre de los retornos para evitar cruces peligrosos.

8.6.1. Tramo 1:

Figura 65. Modelación de la Av. calle 83 tramo 1 solución giro ingles intersección Aeropuerto cra. 9 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

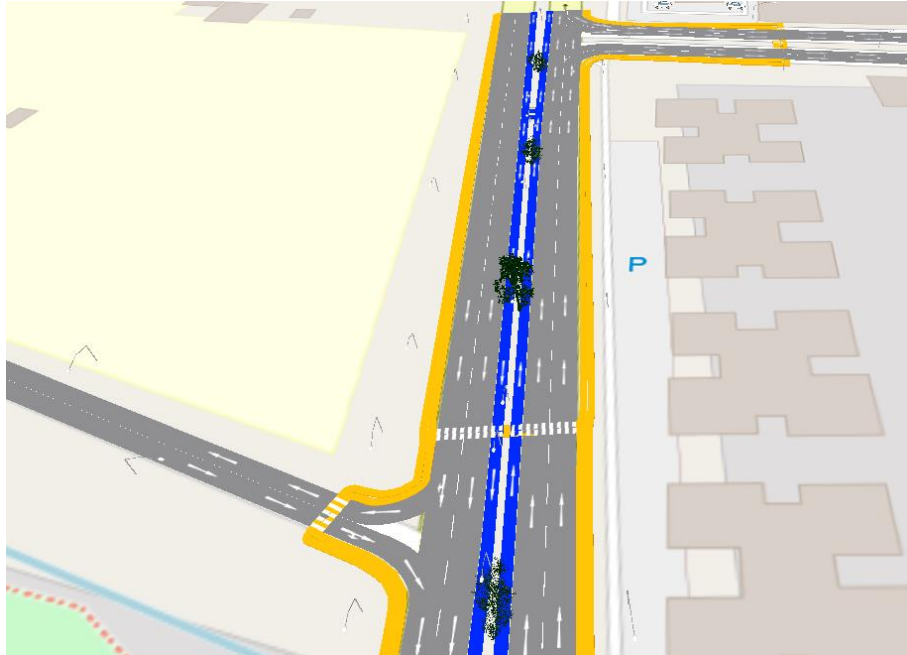
En la avenida calle 83 entre carreras 9 y 6 sur se adecuó un puente peatonal frente a la biblioteca virtual, sitio donde convergen estudiantes de distintas instituciones educativas de la ciudad y en el cruce peatonal entre las carreras 5 y 6 sur frente al colegio Champagnat se colocaron resaltes tipo pompeyano para darle prioridad al peatón, como se puede apreciar en la Figura 66.

Figura 66. Modelación Tramo 1 de la Av. calle 83 paso peatonal frente a la Biblioteca Virtual



Fuente: Elaboración propia Vissim

Figura 67. Modelación Tramo 1 Av. calle 83 intersección cra. 6 su Barrio villa Café – Cra. 5 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Tabla 21 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la biblioteca virtual entre las cras 8 sur y 5 sur 60.35 m y una demora de 9.76 segundos por vehículo.

Tabla 21. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo con la solución 1
Giro Ingles tramo 1.

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	14,47	9,76	B	59,99
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	13,4	1,06	B	60,35
AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	1,52	0,3	A	21,68

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección a 5 años propuesta 1 - tramo 1

En la Tabla 22 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 5 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro

tafur” a la altura de la intersección vía aeropuerto cra. 9 sur 105.20 m y con una demora promedio de 13.78 segundos por vehículo

Tabla 22. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Inglés protección 5 años tramo 1

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	23,77	13,78	C	105,2
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	13,88	0,88	B	81,05
AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	1,86	0,43	A	33,16

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección a 10 años propuesta 1 – tramo 1

En la Tabla 23 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 10 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección vía aeropuerto cra. 9 sur 159.53 m y una demora promedio de 13.86 segundos por vehículo.

Tabla 23. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Inglés protección 10 años tramo 1

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	21,12	13,86	C	159,53
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	15,79	1,46	C	92,81
AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	1,74	0,36	A	40,02

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección a 20 años propuesta 1 tramo 1

En la Tabla 24 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 20 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la

red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección vía aeropuerto cra. 9 sur 110.83 m con una demora promedio de 18.1 segundos por vehículo.

Tabla 24. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro Inglés protección 20 años tramo 1

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 9 SUR E AEROPUERTO	32,73	18,1	C	110,83
AV CALLE 83 - CRA 6 SUR ENTRADA VILLA CAFÉ	15,22	1,06	C	61,55
AV CALLE 83 - CRA 5 SUR	1,86	0,38	A	28,43

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 25 se muestran los consolidados de los niveles de servicio para la solución 1 del tramo 1.

Tabla 25. Consolidados niveles de servicio tramo 1 propuesta giro inglés y cierre de retornos

PROPUESTA 1 GIRO INGLES TRAMO 1				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	14,47	9,76	B	60,35
PROY 5 AÑOS	23,77	13,78	C	105,2
PROY 10 AÑOS	21,12	13,86	C	159,53
PROY 20 AÑOS	32,73	18,1	C	110,83

Fuente: Elaboración propia

8.6.2. Tramo 2

En el tramo 2 que se encuentra ubicado entre las intersecciones cra. 5 sur y la intersección cra. 5 glorieta, se proyectó eliminar los retornos a lo largo del corredor vial, en la intersección Ciudad Luz se propuso el giro inglés, se propuso eliminar el semáforo de la intersección Cra. 3 sur Palermo y dar prioridad a la avenida calle 83 como se muestra en la Figura 68.

Figura 68. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 69 se muestra la modelación de la solución en la intersección cra. 3 sur “Palermo” que es uno de los puntos críticos del corredor vial.

Figura 69. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Intersección Palermo Cra. 3 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 70 se muestra la modelación de la intersección cra. 4 sur Ciudadela Simón Bolívar que es otro de los puntos críticos del corredor en estudio.

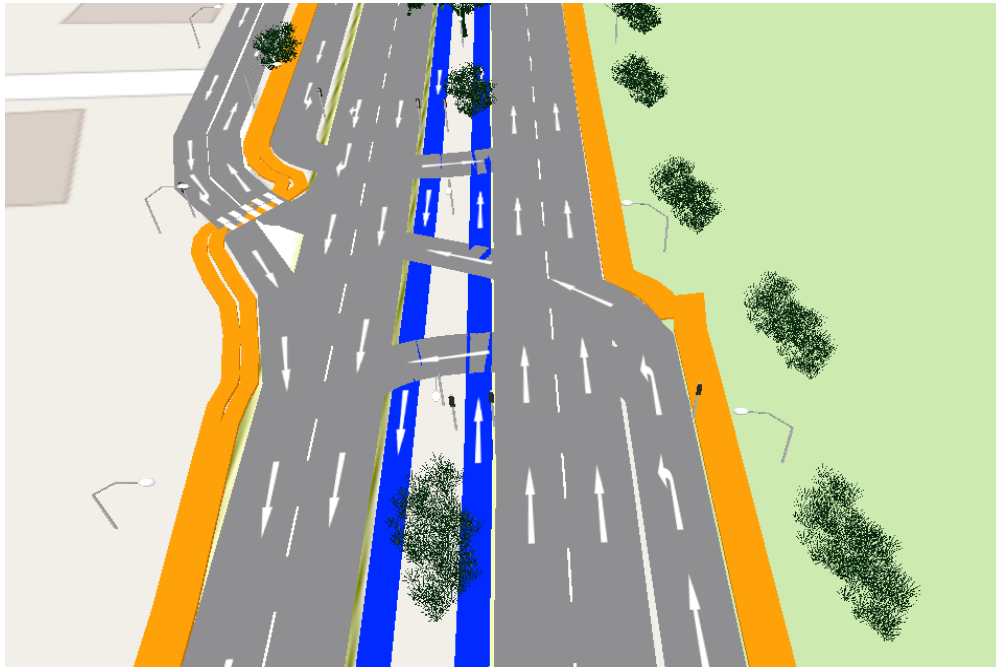
Figura 70. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Intersección Ciudadela Simón Bolívar Cra. 4 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 71 se muestra la modelación de la intersección cra. 3 C sur Ciudad Luz que es otro de los puntos críticos del corredor en estudio.

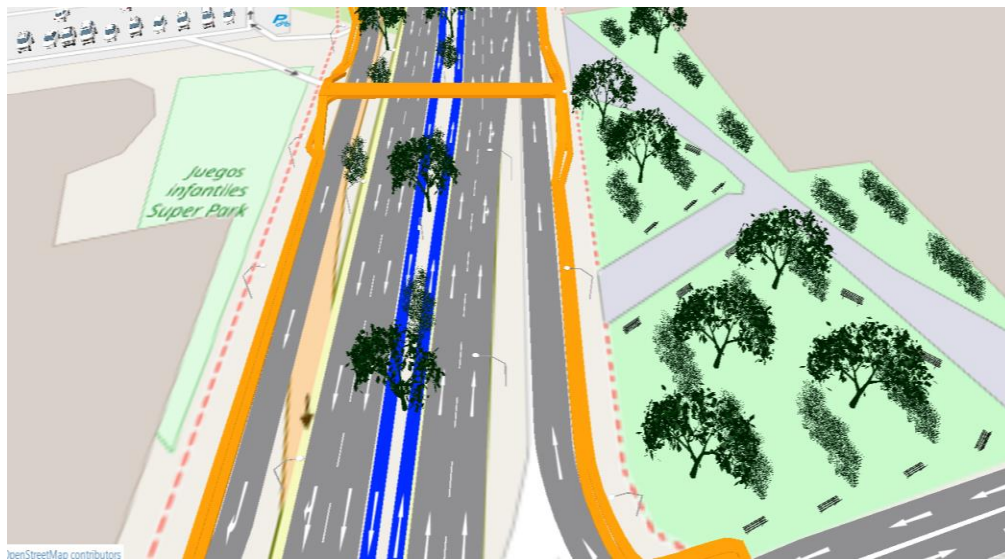
Figura 71. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Intersección Ciudad Luz Cra. 3 C sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 72 se propuso un puente peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre los almacenes de cadena éxito y home center donde no existe un cruce peatonal, este es un sitio crítico en cuanto a la accidentalidad donde se ven involucrados los peatones.

Figura 72. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 1 Giro ingles Puente Peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre el éxito y home center



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Tabla 26 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde

la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección ciudad luz cra. 3 sur 67.08 m. y una demora promedio de 16.08 segundos por vehículo.

Tabla 26. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro
Ingles tramo 2

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	1,88	0,49	A	42,44
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	0,05	0	A	35,71
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	0,83	0,17	A	53,21
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	5,09	2,4	A	54,22
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ	19,78	16,08	B	67,08

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 5 años Propuesta 1 – tramo 2

En la Tabla 27 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 5 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra. 3C sur 154.7 m con una demora promedio de 26.8 segundos por vehículo.

Tabla 27. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro
Ingles tramo 2 proyección 5 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	4,81	0,08	A	68,76
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	2,07	0,5	A	31,21
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	1,94	0,26	A	39,17
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	4,09	1,81	A	52,96
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ	32,11	26,8	C	154.7

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 10 años Propuesta 1 – tramo 2

En la Tabla 28 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 10 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de

servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra. 3C sur 157.65 m y una demora promedio de 42.15 segundos por vehículo.

Tabla 28. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro
Ingles tramo 2 proyección 10 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	4,09	1,59	A	37,56
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	0,05	0	A	27,6
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	5,35	1,49	B	39,87
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUADELA SIMON BOLIVAR	4,68	2,26	A	43,16
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	49,82	42,15	D	157,65

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 20 años Propuesta 1 – tramo 2

En la Tabla 29 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 20 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra. 3C sur 157.37 m.

Tabla 29. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta giro
Ingles tramo 2 proyección 20 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	2,75	0,67	A	26,81
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	2,75	0,67	A	50,18
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	28,76	56,58	D	32,69
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUADELA SIMON BOLIVAR	5,18	2,56	A	57,82
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	53,84	43,97	D	158,11

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 30 se encuentran consignados el consolidado de los niveles de servicio de la propuesta 1 para el tramo 2

Tabla 30. Consolidados niveles de servicio tramo 2 propuesta 1 giro inglés y cierre de retornos

PROPUESTA 1 GIRO INGLES TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
SOLUCION 1	19,78	16,08	B	67,08
PROY 5 AÑOS	32,11	26,8	C	154,7
PROY 10 AÑOS	49,82	42,15	D	157,65
PROY 20 AÑOS	53,84	43,97	D	158,11

Fuente: Elaboración propia

8.7. Propuesta 2, Implementación de giro inglés, glorieta y cierre de retornos

En esta propuesta, se plantea la implementación de giro inglés, glorieta y cierre de retornos para todo el tramo dos.

8.7.1. Tramo 1

Para el tramo 1, únicamente se plantea el giro inglés ya que solo con esta alternativa se mejora la situación actual.

8.7.2. Tramo 2

En el tramo 2 que se encuentra ubicado entre las intersecciones cra. 5 sur y la intersección carrera 5 glorieta, se proyectó eliminar los retornos a lo largo del corredor vial, en la intersección Ciudad Luz se propuso el giro inglés, se propuso eliminar el semáforo de la intersección Carrera 3 sur Palermo y diseñar una glorieta como solución dando prioridad a los vehículos de la avenida calle 83 como se muestra en la Figura 73.

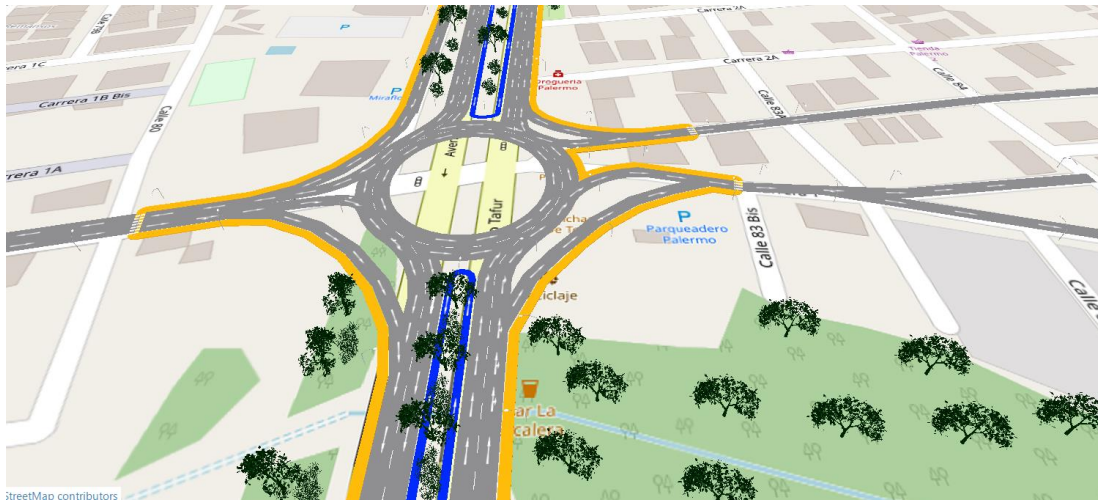
Figura 73. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 74 se muestra la modelación de la solución en la intersección cra. 3 sur “Palermo” que es uno de los puntos críticos del corredor vial.

Figura 74. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Intersección Palermo Cra. 3 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 75 se muestra la modelación de la intersección cra. 4 sur Ciudadela Simón Bolívar que es otro de los puntos críticos del corredor en estudio.

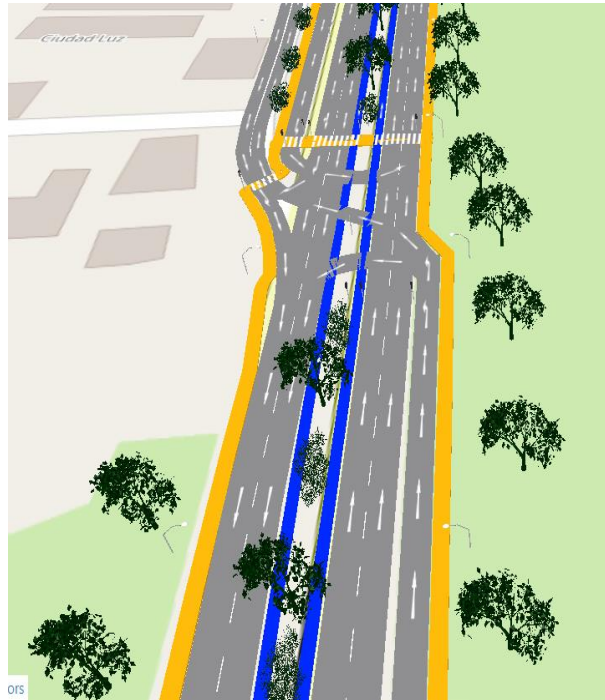
Figura 75. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Intersección Simón Bolívar Cra. 4 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 76 se muestra la modelación de la intersección cra. 3 C sur Ciudad Luz que es otro de los puntos críticos del corredor en estudio.

Figura 76. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta
Intersección Ciudad Luz cra. 3 C sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 77 se propuso un puente peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre los almacenes de cadena éxito y home center donde no existe un cruce peatonal, este es un sitio crítico en cuanto a la accidentalidad donde se ven involucrados los peatones.

Figura 77. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta
Puente Peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre el éxito y home center



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Tabla 31 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde

la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra. 3C sur 73.88 m con una demora promedio de 29.78 segundos por vehículo.

Tabla 31. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	1,26	0,11	A	42,92
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	0,16	0	A	21,76
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	10,3	3,47	B	66,34
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	7,27	2,52	A	43,42
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	35,5	29,78	B	73,88

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 5 años Propuesta 2 – tramo 2

En la Tabla 32 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 5 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra. 3C sur 152.08 m y una demora promedio de 35.19 segundos por vehículo.

Tabla 32. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2 proyección a 5 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	4,29	1,41	A	64,93
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	0,06	0	A	30,82
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	10,89	3,85	B	70,26
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	3,56	0,86	A	66,11
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	44,21	35,19	C	152,08

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 10 años Propuesta 2 – tramo 2

En la Tabla 33 determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 10 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B y D. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra. 3C sur 154.33 m y una demora promedio de 43.16 segundos por vehículo.

Tabla 33. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2 proyección a 10 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	2,82	3,05	A	51,38
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	0,06	0,05	A	30,82
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	9,4	10,42	B	70,23
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	3,77	3,31	A	66,11
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ	44,05	43,16	D	154,33

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 20 años Propuesta 2 – tramo 2

En la Tabla 34 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 20 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C y D. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra. 3C sur 82.59 m y una demora promedio de 26.56 segundos por vehículo.

Tabla 34. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta tramo 2 proyección a 20 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	4,59	1,34	A	55,2
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	0,35	0	A	34,26
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	19,68	7,59	C	104,23
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	6,7	1,64	A	55,24
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	33,55	26,56	D	82,59

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 35 se encuentran consignados los consolidados de los niveles de servicio de la propuesta 2 para el tramo 2.

Tabla 35. Consolidados niveles de servicio tramo 2 propuesta 1 giro inglés y cierre de retornos + glorieta en la intersección cra. 3 sur "Palermo"

PROPUESTA 2 GIRO INGLES + GLORIETA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
SOLUCION 2	35,5	29,78	B	73,88
PROY 5 AÑOS	44,21	35,19	C	152,08
PROY 10 AÑOS	44,05	43,16	D	154,33
PROY 20 AÑOS	33,55	26,56	D	104,23

Fuente: Elaboración propia

8.8. Propuesta 3, Implementación de giro inglés, glorieta holandesa y cierre de retornos innecesarios

En esta propuesta se cambia la glorieta tradicional y se incluye la implementación de la glorieta holandesa a lo largo del tramo dos.

8.8.1. Tramo 1

Para el tramo 1 no se hace necesario implementar una glorieta holandesa como se plantea en la solución 3 ya que la solución 1 del giro inglés en la intersección cra. 9 sur vía al aeropuerto es suficiente para mejorar los niveles de servicio en el tramo

8.8.2. Tramo 2

En el tramo 2 que se encuentra ubicado entre las intersecciones cra. 5 sur y la intersección cra. 5 glorieta, se proyectó eliminar los retornos a lo largo del corredor vial, en la intersección Ciudad Luz se propuso el giro inglés, se propuso eliminar el semáforo de la intersección Cra. 3 sur Palermo y diseñar una glorieta tipo holandesa con inclusión de ciclocarriles y pasos peatonales que se conectan entre si con los andenes del corredor vial como se muestra en la Figura 78.

Figura 78. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 3 Giro ingles + Glorieta holandesa



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 79 se muestra la modelación de la solución en la intersección cra 3 sur “Palermo” que es uno de los puntos críticos del corredor vial.

Figura 79, Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 3 Giro ingles + Glorieta holandesa Intersección cra. 3 sur “Palermo”



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 80 se muestra la modelación de la intersección cra. 4 sur Ciudadela Simón Bolívar que es otro de los puntos críticos del corredor en estudio.

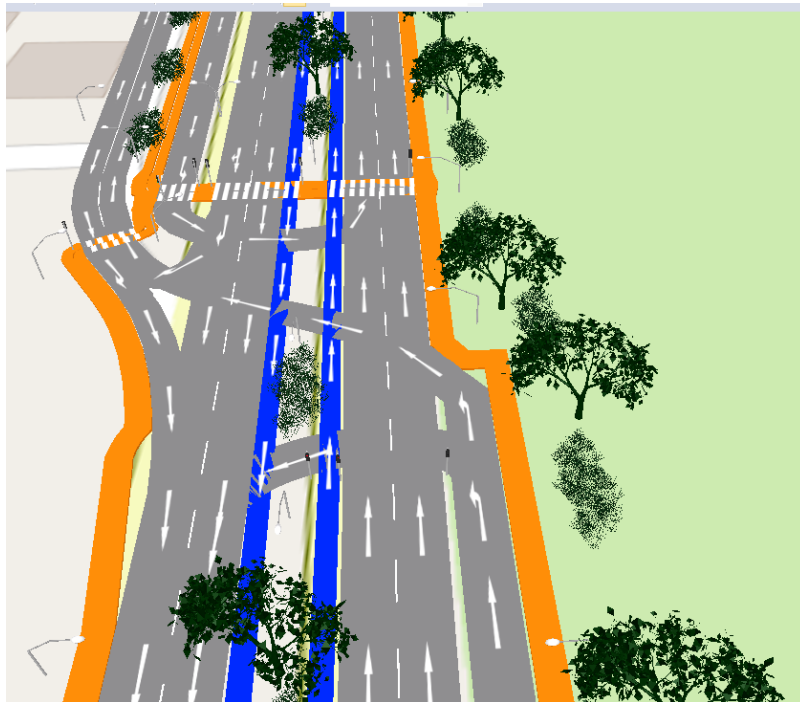
Figura 80. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta holandesa Intersección Simón Bolívar Cra. 4 sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 81 se muestra la modelación de la intersección cra. 3 C sur Ciudad Luz que es otro de los puntos críticos del corredor en estudio.

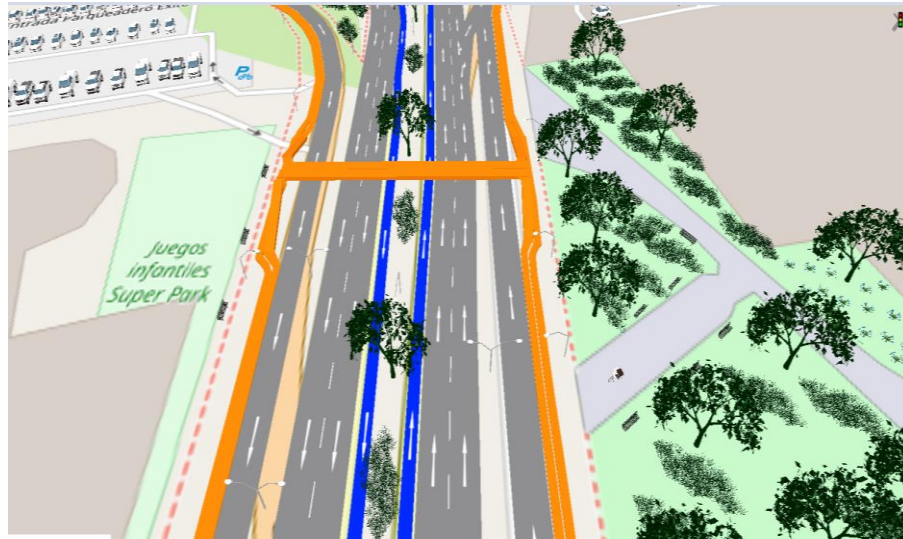
Figura 81. Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta holandesa Intersección Ciudad Luz cra. 3 C sur



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Figura 82 se muestra la modelación de la intersección cra. 3 C sur Ciudad Luz que es otro de los puntos críticos del corredor en estudio.

Figura 82 Modelación de la Av. calle 83 tramo 2 solución 2 Giro ingles + Glorieta Puente Peatonal cerca de la cra. 5 con Av. Calle 83 entre el éxito y home center



Fuente: Elaboración propia Vissim

En la Tabla 36 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio B. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección cra. 4 sur “Palermo” 70.58 m y una demora promedio de 13.45 segundos por vehículo.

Tabla 36. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 2 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	0,73	0	A	20,27
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	0,63	0	A	13,08
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	20,59	13,45	B	70,58
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	2,36	0,77	A	21,67
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ	47,74	37,68	B	44,71

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 5 años Propuesta 3 – tramo 2

En la Tabla 37 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 5 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la cra. 4 sur “Palermo” 98.55 m y una demora promedio de 28.56 segundos por vehículo.

Tabla 37. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 3 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2 proyección a 5 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	0,15	0	A	21,76
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	1,34	0,02	A	31,18
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	28,56	9,02	B	98,55
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	7,49	2,42	A	43,31
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ	37,59	32,16	C	51,82

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 10 años Propuesta 3 – tramo 2

En la Tabla 38 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 10 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio C y D. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la cra. 4 sur “Palermo” 100.17 m y una demora promedio de 29.08 segundos por vehículo.

Tabla 38. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 3 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2 proyección a 10 años

INTERSECCIÓN	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	0,18	0	A	21,76
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	1,41	0,03	A	31,18
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	29,08	9,93	C	100,17
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	9,23	3,97	A	39,55
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	40,2	34,5	D	68,08

Fuente: Elaboración propia

✓ Proyección 20 años Propuesta 3 – tramo 2

En la Tabla 39 se determinan los niveles de servicio en las intersecciones estudiadas dentro del área de influencia proyectada a 20 años, obteniendo que se encuentran en un nivel de servicio D. Además, se observan las colas máximas por acceso en cada intersección de la red de influencia, donde la mayor cola se encuentra ubicada en la avenida calle 83 “Pedro tafur” a la altura de la intersección Ciudad Luz cra 3C sur 88.95 m y con una demora promedio de 32.73 segundos por vehículo.

Tabla 39. Demoras y nivel de servicio por intersección del modelo Propuesta 3 giro Ingles + glorieta holandesa tramo 2 proyección a 20 años

INTERSECCIÓN	DEMORA S TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
AV CALLE 83 SN - CRA 3 C	0,74	0,05	A	28,44
AV CALLE 83 SN - CRA 2 C	3,26	0,15	A	55,23
AV CALLE 83 SN - CRA 3 SUR BARRIO PALERMO	48,29	19,25	D	83,76
AV CALLE 83 SN - CRA 4 SUR CIUDADELA SIMON BOLIVAR	7,5	2,35	A	66,38
AV CALLE 83 SN - CRA 3 A SUR CIUDAD LUZ E	40,38	32,73	D	88,95

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 40 se encuentran consignados los resultados de los niveles de servicio de la propuesta 3 en el tramo 2

Tabla 40. Consolidados niveles de servicio tramo 2 propuesta 3 giro inglés y cierre de retornos + glorieta holandesa en la intersección cra. 3 sur "Palermo"

PROPUESTA 3 GIRO INGLES + GLORIETA HOLANDESA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
SOLUCION 3	47,74	37,68	B	44,71
PROY 5 AÑOS	37,59	32,16	C	98,55
PROY 10 AÑOS	40,2	34,5	D	100,17
PROY 20 AÑOS	48,29	32,73	D	88,95

Fuente: Elaboración propia

8.9. Resumen de resultados de microsimulación

✓ Comparación tramo 1 entre la situación actual y la propuesta 1

En la Tabla 41 se puede ver como la solución del giro inglés y el cierre de los retornos y giros a la izquierda mejoran la calidad del servicio de la vía en el tramo 1 que va desde la intersección cra. 10 sur Mirolindo hasta la intersección cra. 5 sur, pasando de un nivel de servicio D a un nivel de servicio B, reduciendo las colas máximas de 220 m a 60 m y los tiempos promedio de demora por vehículo de 37.02 segundos a 9.76 segundos por vehículo.

Tabla 41. Comparación entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución con giro inglés para el tramo 1

ACTUAL TRAMO 1				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	27,98	37,02	D	220,48
PROY 5 AÑOS	153,14	91,21	D	148,06
PROY 10 AÑOS	147,65	98,57	F	200,75
PROY 20 AÑOS	267,59	196,82	F	342,96
PROPUESTA 1 GIRO INGLES TRAMO 1				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	14,47	9,76	B	60,35
PROY 5 AÑOS	23,77	13,78	C	105,2
PROY 10 AÑOS	21,12	13,86	C	159,53
PROY 20 AÑOS	32,73	18,1	C	110,83

Fuente: Elaboración propia

✓ Comparación tramo 2 entre la situación actual y la propuesta 1

En la Tabla 42 se evidencia como la solución del giro inglés y el cierre de los retornos y giros a la izquierda mejoran la calidad del servicio de la vía en el tramo 2 que va desde la intersección cra. 5 sur hasta la intersección cra. 5, pasando de un nivel de servicio F a un nivel de servicio B, reduciendo las colas máximas de 175 m a 67 m y los tiempos promedio de demora por vehículo de 67.93 segundos a 16.08 segundos por vehículo.

Tabla 42. Comparación entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución 1 con giro inglés para el tramo 2

ACTUAL TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	149,76	119,05	F	208,65
PROY 5 AÑOS	90,39	69,37	F	208,32
PROY 10 AÑOS	103,97	75,5	F	213,41
PROY 20 AÑOS	179,53	123,86	F	208,44
PROPUESTA 1 GIRO INGLES TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	19,78	16,08	B	67,08
PROY 5 AÑOS	32,11	26,8	C	154,7
PROY 10 AÑOS	49,82	42,15	D	157,65
PROY 20 AÑOS	53,84	43,97	D	158,11

Fuente: Elaboración propia

✓ Comparación tramo 2 entre la situación actual y la propuesta 2

En la Tabla 43 se muestra como la solución del giro inglés junto con la implementación de una glorieta en la intersección cra. 4 sur “Palermo” y el cierre de los retornos y giros a la izquierda mejoran la calidad del servicio de la vía en el tramo 2 que va desde la intersección cra. 5 sur hasta la intersección cra. 5, pasando de un nivel de servicio F a un nivel de servicio B, reduciendo las colas máximas de 175 m a 73 m y los tiempos promedio de demora por vehículo de 67.93 segundos a 29.78 segundos por vehículo.

Tabla 43. Comparación entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución 2 con giro inglés + glorieta para el tramo 2

ACTUAL TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	149,76	119,05	F	208,65
PROY 5 AÑOS	90,39	69,37	F	208,32
PROY 10 AÑOS	103,97	75,5	F	213,41
PROY 20 AÑOS	179,53	123,86	F	208,44
PROPUESTA 2 GIRO INGLES + GLORIETA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	35,5	29,78	B	73,88
PROY 5 AÑOS	44,21	35,19	C	152,08
PROY 10 AÑOS	44,05	43,16	D	154,33
PROY 20 AÑOS	33,55	26,56	D	104,23

Fuente: Elaboración propia

✓ Comparación tramo 2 entre la situación actual y la propuesta 3

En la Tabla 44 se muestra como la solución del giro inglés junto con la implementación de una glorieta holandesa que consiste en una glorieta tradicional más la inclusión de otra glorieta donde se le da prioridad a los peatones y biciusuarios en la intersección cra. 4 sur “Palermo” y el cierre de los retornos y giros a la izquierda mejoran la calidad del servicio de la vía en el tramo 2 que va desde la intersección cra. 5 sur hasta la intersección cra 5, pasando de un nivel de servicio F a un nivel de servicio B, reduciendo las colas máximas de 175 m a 71 m y los tiempos promedio de demora por vehículo de 67.93 segundos a 37.68 segundos por vehículo.

Tabla 44. Comparación entre la micro simulación del estado actual de la vía en el tramo y la solución 3 con giro inglés + glorieta holandesa para el tramo 2

ACTUAL TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	149,76	119,05	F	208,65
PROY 5 AÑOS	90,39	69,37	F	208,32
PROY 10 AÑOS	103,97	75,5	F	213,41
PROY 20 AÑOS	179,53	123,86	F	208,44
PROPUESTA 3 GIRO INGLES + GLORIETA HOLANDESA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	47,74	37,68	B	44,71
PROY 5 AÑOS	37,59	32,16	C	98,55
PROY 10 AÑOS	40,2	34,5	D	100,17
PROY 20 AÑOS	48,29	32,73	D	88,95

Fuente: Elaboración propia

✓ Comparación tramo 2 entre la propuesta 1 y la propuesta 2

En el proyecto para la solución del tramo 1 se plantea una sola alternativa ya que solo se encuentra una intersección que genera conflicto y con la implementación del giro inglés se logra dar solución a este. Sin embargo, en el tramo 2 se plantean 3 distintas soluciones en la Tabla 45 se muestra el paralelo de las soluciones 1 y 2 donde la única diferencia está en la intersección cra. 3 sur “Palermo” donde en la solución 1 se implementa la eliminación del semáforo y el cierre de los cruces directo de este a oeste y viceversa, mientras en la solución 2 se implementa una glorieta como solución a este punto.

Tabla 45. Comparación entre las soluciones 1 y 2 correspondientes al tramo 2

PROPUESTA 1 GIRO INGLES TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	19,78	16,08	B	67,08
PROY 5 AÑOS	32,11	26,8	C	154,7
PROY 10 AÑOS	49,82	42,15	D	157,65
PROY 20 AÑOS	53,84	43,97	D	158,11
PROPUESTA 2 GIRO INGLES + GLORIETA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	35,5	29,78	B	73,88
PROY 5 AÑOS	44,21	35,19	C	152,08
PROY 10 AÑOS	44,05	43,16	D	154,33
PROY 20 AÑOS	33,55	26,56	D	104,23

Fuente: Elaboración propia

También se puede apreciar en la Tabla 45 que el nivel de servicio de la propuesta 1 es un mejor frente a la propuesta 2 en cuanto a los ítems longitud máxima de colas con una diferencia de 7 metros y en el factor del promedio de las demoras de 13 segundos por vehículo. Ya en el análisis de las proyecciones futuras a 5, 10 y 20 años son más equivalentes en cuanto a las longitudes máximas de cola.

✓ Comparación tramo 2 entre la propuesta 1 y la propuesta 3

En la Tabla 46 se muestra el paralelo de la solución 1 pero ahora se encuentra la solución 3 que es la implementación de la glorieta holandesa en lugar de la glorieta tradicional, con el fin de mejorar la transitabilidad de peatones y biciusuarios para convertirlos en el eje de la movilidad en el corredor vial.

Tabla 46. Comparación entre las soluciones 1 y 3 correspondientes al tramo 2

PROPUESTA 1 GIRO INGLES TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	19,78	16,08	B	67,08
PROY 5 AÑOS	32,11	26,8	C	154,7
PROY 10 AÑOS	49,82	42,15	D	157,65
PROY 20 AÑOS	53,84	43,97	D	158,11
PROPUESTA 3 GIRO INGLES + GLORIETA HOLANDESA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	47,74	37,68	B	44,71
PROY 5 AÑOS	37,59	32,16	C	98,55
PROY 10 AÑOS	40,2	34,5	D	100,17
PROY 20 AÑOS	48,29	32,73	D	88,95

Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar en la Tabla 46 el paralelo entre el nivel de servicio de la propuesta 1 es mejor frente a la propuesta 3 en el factor del promedio de las demoras de 17 segundos por vehículo, en cuanto a los ítems longitud máxima de colas con una diferencia de 23 m a favor de la propuesta 3. Ya en el análisis de las proyecciones futuras a 5, 10 y 20 años la propuesta 3 tiene mejores resultados.

✓ Comparación tramo 2 entre la propuesta 2 y la propuesta 3

En la Tabla 47 se muestra el paralelo de la solución 2 implementación de glorieta tradicional versus solución 3 que es la implementación de la glorieta holandesa en lugar de la glorieta tradicional, con el fin de mejorar la transitabilidad de peatones y biciusuarios para convertirlos en el eje de la movilidad en el corredor vial.

Tabla 47. Comparación entre las soluciones 2 y 3 (glorietas) correspondientes al tramo 2

PROPUESTA 2 GIRO INGLES + GLORIETA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
PROPUESTA 1	35,5	29,78	B	73,88
PROY 5 AÑOS	44,21	35,19	C	152,08
PROY 10 AÑOS	44,05	43,16	D	154,33
PROY 20 AÑOS	33,55	26,56	D	104,23
PROPUESTA 3 GIRO INGLES + GLORIETA HOLANDESA TRAMO 2				
ALTERNATIVA	DEMORAS TOTALES (min)	PROMEDIO DE DEMORAS (seg/veh)	NIVEL DE SERVICIO	LONGITUD MAXIMA DE COLAS (M)
ACTUAL	47,74	37,68	B	44,71
PROY 5 AÑOS	37,59	32,16	C	98,55
PROY 10 AÑOS	40,2	34,5	D	100,17
PROY 20 AÑOS	48,29	32,73	D	88,95

Fuente: Elaboración propia

También, se aprecia el paralelo entre el nivel de servicio de la propuesta 2 es mejor frente a la propuesta 3 en el factor del promedio de las demoras de 8 segundos por vehículo, en cuanto a los ítems longitud máxima de colas con una diferencia de 30 m a favor de la propuesta 3. Ya en el análisis de las proyecciones futuras a 5, 10 y 20 años la propuesta 3 tiene mejores resultados.

8.10. Elección de la mejor alternativa

Teniendo en cuenta las alternativas seleccionadas y evaluadas en el software PTV VISSIM, se ha determinado que la alternativa ideal es la propuesta # 3, la cual plantea giro inglés en las intersecciones que conectan la calle 83 con la carrera 3C sur (acceso a Ciudad Luz) y con la carrera 9 sur (Vía al aeropuerto), una glorieta tipo holandesa en la intersección de la calle 83 con la carrera 4 sur (acceso al Barrio Palermo) (ver Figura 83), y los cierres de los retornos a lo largo de la vía. Si bien los resultados longitud de las colas máximas de las otras propuestas son mejores, aunque no por un margen importante esta alternativa mejora el promedio de demoras (segundos por vehículo), además, es la alternativa que nos brinda el mejor nivel de servicio para peatones y biciusuarios que es el principio básico de este proyecto convertir al peatón como el protagonista fundamental y el eje de la movilidad vial.

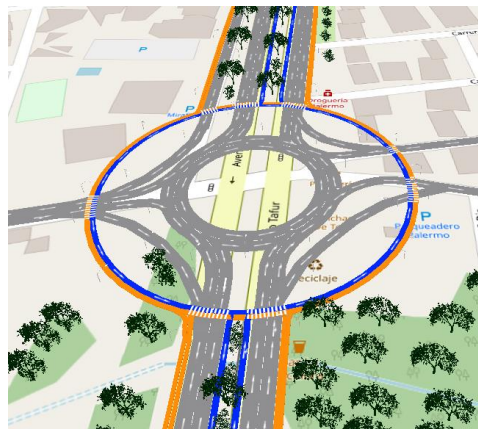
Figura 83, Glorieta holandesa



Fuente: Terry-Harris.com

En la Figura 84 se observa la imagen de la glorieta tipo holandesa generada en la microsimulación con el software PTV Vissim en la intersección avenida calle 83 “Pedro Tafur” con carrera 3 sur “Palermo”. Donde se muestra que el anillo que permite el acceso y la movilidad prioritaria a peatones y biciusuarios tiene un radio mayor a la glorieta circunscrita y se comunica con una red generada de andenes y ciclorrutas a lo largo del corredor vial.

Figura 84, Glorieta holandesa



Fuente: Elaboración propia Vissim

9. Conclusiones

- ✓ Realizar el estado del arte permitió encontrar estudios de infraestructura vial referentes a integrar dicha infraestructura con el entorno y el diseño urbano de ciudad, para la evaluación y la gestión de la movilidad urbana. Los diferentes autores consultados consideran realizar el análisis de sistemas integrados de movilidad autosostenible, planteando pasos peatonales inteligentes que van a mejorar la calidad de la movilidad peatonal en intersecciones o donde sea viable, con inclusión de bicicarriles, hasta ahora sistema descuidado dentro de la planificación del transporte, pero apuntando a posicionarlo junto al peatón como protagonistas fundamentales de la movilidad autosostenible.
- ✓ De acuerdo a las inspecciones y los análisis efectuados a la calle 83, se identificaron factores incidentes en la accidentalidad de peatones, encabezados por el exceso de velocidad ante la deficiente señalización reglamentaria de velocidad máxima, el precario sistema de alumbrado público, el mal estado y deficiente número de reductores de velocidad, las maniobras imprudentes de los conductores de vehículos motorizados y no motorizados, por giros a través de brechas existentes en el separador de la vía, giros en U y a la izquierda sin control semafórico, inexistencia de señales preventivas indicando zonas y cruces escolares y peatonales, inexistencia de marcas viales (cebras, flechas, líneas de carril, ceda el paso, las leyendas: despacio, zona escolar y pare), los baches notorios sobre la superficie de rodadura, las continuas distracciones de peatones y conductores por el uso desmedido del celular y el avanzado deterioro del estado de los andenes.
- ✓ En cuanto a la identificación de puntos críticos, los aforos de conteo vehicular y peatonal, son indicadores referentes de los volúmenes horarios de máxima demanda, registrados en las estaciones designadas para ello, y realizando esta labor permitió definir sitios críticos, no necesariamente por el volumen de circulación, sino por las abundantes fallas citadas y las maniobras imprudentes en cada sitio. Los sitios denominados críticos son: Intersección calle 83 y Avenida Aeropuerto Perales, intersección calle 83 y Ciudad Luz, intersección calle 83 con el acceso al Barrio Simón Bolívar, e intersección de la calle 83 con el acceso al barrio Palermo.
- ✓ Considerando que en el desarrollo del proyecto de la calle 83, se generó la optimización de la movilidad vehicular y peatonal, la premisa fue brindar una movilidad con protagonismo fundamental al peatón. La existencia de colegios, una biblioteca, el centro deportivo, zonas residenciales y comerciales dentro del perímetro urbano de la calle 83, fue base para la proyección de dos aspectos relevantes. El primero de ello fue la proyección de andenes en ambas márgenes, con áreas funcionales y suficientes para los diarios recorridos de peatones, resaltando que se incluyó un trazado de andenes con las mismas características en la alternativa de solución donde se proyectó la glorieta holandesa. El segundo aspecto de vital importancia, fue la implementación de la zona 30, en la cual se estableció la señalización necesaria para la adaptación del tránsito vehicular a una velocidad máxima de 30 km/h, la localización estratégica de un puente peatonal y

reductores de velocidad, en sitios con importante concentración de peatones (estudiantes, residentes y usuarios del sector), con el fin de permitirle a ellos cruces permanentes y seguros, incluyendo peatones de movilidad reducida y biciusuarios.

- ✓ Los resultados de la encuesta muestran que la mayoría de las personas se identifican a través de sus respuestas con la problemática actual de la vía, lo cual ratifica el enfoque de este proyecto.
- ✓ Al realizar el análisis de las alternativas se concluyó que la mejor propuesta es la número 3 Implementación de giro inglés, glorieta holandesa y cierre de retornos no semaforizados en todo el corredor, ya que esta arroja los mejores niveles de servicio para peatones y biciusuarios.
- ✓ Este proyecto será socializado con la Alcaldía y la Secretaría de Movilidad de la ciudad de Ibagué con el fin de considerar la implementación del mismo como una posible alternativa para mejorar la movilidad de la calle 83 en la ciudad de Ibagué.
- ✓ Se lograron los objetivos propuestos en el proyecto con algunas limitaciones que se describen a continuación.

10. Limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones

- ✓ Entre las limitaciones para realizar este proyecto se encontraron:
 - Para la toma de información primaria la limitación principal fue la cuarentena por COVID-19. Por esto, se retrasaron los tiempos de toma de información a la espera de poder realizar el conteo vehicular una vez se retomaron actividades en la ciudad de Ibagué.
 - En cuanto a la aplicación de la encuesta a usuarios, se realizó vía WhatsApp ya que, por la limitación de la pandemia no se pudo realizar personalmente.
 - Para la realización de los aforos peatonales se presentó la dificultad de hacer los recorridos en campo debido a la rigurosa contingencia que aplicó la alcaldía de la ciudad e imposibilitó la realización de los mismos.
 - La micro simulación se realizó por acceso remoto a la sala de geomática de la Universidad Santo Tomás donde se encuentra instalado el software VISSIM. Este acceso se vio afectado en varias ocasiones dejando sin acceso a los autores, dificultando y atrasando por varias semanas el desarrollo de la simulación.
- ✓ Para futuras investigaciones se recomienda tener en cuenta la implementación de carril exclusivo para sistemas de transporte público dentro de las alternativas propuestas.

11. Bibliografía

- Alhajyaseen, W. K. M., Asano, M., & Nakamura, H. (2013). Left-turn gap acceptance models considering pedestrian movement characteristics. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.04.006>
- Asistente, S. P., & Moller, R. (2002). *¿Cómo crear condiciones para la movilidad segura de peatones y ciclistas en santiago de Cali?*. Ingeniería y competitividad, 4(1), 34-46. https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2318/3068.
- CNPV-2018-Poblacion-Ajustada-por-Cobertura. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2019). <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-presentacion-omision-censal.pdf>
- Cundinamarca, G. de, & Movilidad, S. de T. y. (2009). *Plan Vial Del Departamento De Cundinamarca* (p. 277). http://dirinfra.mintransporte.gov.co/PVR_DATA/DOCUMENTS/plan_cundinamarca.pdf
- Gobernación de Cundinamarca. (2018). Plan de Desarrollo Cundinamarca 2016 - 2020. DANE, 229.
- Hidalgo-Solórzano, E., Campuzano-Rincón, J., Rodríguez-Hernández, J. M., Chias-Becerril, L., Reséndiz-López, H., Sánchez-Restrepo, H., Baranda-Sepúlveda, B., Franco-Arias, C., & Híjar, M. (2010). [Use and non-use of pedestrian bridges in Mexico City. The pedestrian perspective]. *Salud Publica de Mexico*, 52(6), 502–510. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342010000600004>
- López, R. P., Escamilla, J. A. M., Cos, C. A. C., Fabela, L. Y. V., Meaney, T. S., Gama, A. M., Arreola, M. L., & De Los Dolores Sánchez Castañeda, M. (2019). Proposed pedestrian crosswalk safety rating for Mexico City. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 43. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2019.6>
- Lotte Larsen, P. K. (2002). *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/abs/pii/S0001457501000343#>
- Márquez, L. (2016). La percepción de seguridad en la demanda de transporte de la integración bicicletometro en Bogotá, Colombia. *Lecturas de Economía*, 84. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n84a05>
- Mesterton-Gibbons, M. (1996). Traffic flow at a T-junction: A sufficient condition for a left-turn lane. *Mathematical and Computer Modelling*, 24(7), 53–57. [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(96\)00126-4](https://doi.org/10.1016/0895-7177(96)00126-4)
- Miguel Valenzuela-Montes, L., & Talavera-García, R. (2015). *Entornos de movilidad peatonal: enfoques, factores y condicionantes*. Eure Santiago, 41(123), 5-17. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612015000300001
- Monteagudo, M. J. (2000). *Los Ancianos como Grupo de Riesgo en Trafico: Un estudio descriptivo sobre el comportamiento peatonal e implicaciones para la seguridad vial*,

Universidad de Valencia.doctoral thesis.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=79171>

- Moyano Díaz, E., & Ramos Alvarado, N. (2007). Bienestar subjetivo: midiendo satisfacción vital, felicidad y salud en población chilena de la Región Maule. *Universum (Talca)*.
<https://doi.org/10.4067/s0718-23762007000200012>
- Nicholas V. Findler, S. S. (Junio de 1997). *Science Direct*. Obtenido de <https://www-sciencedirect-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/abs/pii/S0952197697000109#>
- Orozco-Fontalvo, M., Arévalo-Támara, A., Guerrero-Barbosa, T., & Gutiérrez-Torres, M. (2018). Bicycle choice modeling: A study of university trips in a small Colombian city. *Journal of Transport and Health*, 9, 264–274. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.01.014>
- Policia Metropolitana de Ibagué (2019)
- Rossetti, T., Guevara, C. A., Galilea, P., & Hurtubia, R. (2017). Sobre la inclusión de variables latentes perceptuales en modelos de elección discreta: una aplicación a infraestructura ciclista. *18 Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, October*, 1–16.
- Stamatiadis, N., Hedges, A., & Kirk, A. (2015). A simulation-based approach in determining permitted left-turn capacities. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 55, 486–495. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.044>
- Tageldin, A., Sayed, T., & Ismail, K. (2018). Evaluating the safety and operational impacts of left-turn bay extension at signalized intersections using automated video analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 120(August), 13–27.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.07.029>
- Talavera-Garcia, R., Soria-Lara, J. A., Valenzuela-Montes, L. (2014). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*60(1, 161-187)). <https://dag.revista.uab.es/article/viewFile/v60-n1-talavera-soria-valenzuela/pdf-es>
- Tang, Q., & Friedrich, B. (2016). Minimization of Travel Time in Signalized Networks by Prohibiting Left Turns. *Transportation Research Procedia*, 14(0), 3446–3455.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.306>
- Wu, J., Liu, P., Qin, X., Zhou, H., & Yang, Z. (2019). Developing an actuated signal control strategy to improve the operations of contraflow left-turn lane design at signalized intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 104(March), 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.04.028>
- Wu, J., Liu, P., Tian, Z. Z., & Xu, C. (2016). Operational analysis of the contraflow left-turn lane design at signalized intersections in China. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, 228–241. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.06.011>
- Yang, Q., Shi, Z., Tang, M. an, Gao, F., & Yu, S. (2019). Modeling the permissive-only left-turn queue at signals. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 525, 315–325. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.03.070>

- Zhao, J., & Liu, Y. (2017). Safety evaluation of intersections with dynamic use of exit-lanes for left-turn using field data. *Accident Analysis and Prevention*, 102, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.02.023>
- Zhao, J., Yan, J., & Wang, J. (2019). Analysis of alternative treatments for left turn bicycles at tandem intersections. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 126(June), 314–328. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.06.020>