

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR PARA OPTIMIZAR EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. SIMÓN BOLÍVAR CON LA AV. 25 DE NOVIEMBRE Y CALLE AMAZONAS, CIUDAD DE MOQUEGUA - 2023”**

**PARA OPTAR:  
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. BRISHELY XIOMARA LUIS CONDE  
Bach. RICAR WILLIAMS LUNA JARRO**

**TACNA – PERÚ  
2023**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR PARA OPTIMIZAR EL  
NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV.  
SIMÓN BOLÍVAR CON LA AV. 25 DE NOVIEMBRE Y CALLE  
AMAZONAS, CIUDAD DE MOQUEGUA - 2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 22 de noviembre del 2024, estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE**

**SECRETARIO : Mag. OMAR ARTURO CUTIMBO TICONA**

**VOCAL : Dr. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ**

**ASESOR : Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN  
JUÁREZ**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Brishely Xiomara Luis Conde y Richar Williams Luna Jarro, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 72170747 y 48045940 respectivamente, así como Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juárez con DNI 00794213; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulada: “*Análisis del flujo vehicular para optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas, ciudad de Moquegua - 2023*”, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Civil*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la *tesis*, así como por los derechos asociados a la obra.

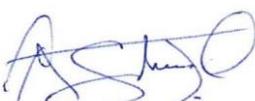
En consecuencia, nos comprometemos ante *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 22 de noviembre de 2024.

  
Bach. Brishely Xiomara Luis Conde  
DNI: 72170747

  
Bach. Richar Williams Luna Jarro  
DNI: 48045940

  
Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juárez  
DNI: 00794213

## **DEDICATORIA**

La presente tesis va dedicado a mi madre Yessica, y a mis abuelos Isidora y Carlos por el amor, el esfuerzo, la paciencia y el apoyo incondicional que me brindan, siempre reconoceré su apoyo moral y económico para mi educación. Además del gran el esfuerzo que hicieron para permitirme llegar a cumplir un sueño más.

A mi tío Mario por el apoyo incondicional, por sus consejos, por ser un ejemplo de superación y haberme guiado día a día en mis estudios en el transcurso de mi vida.

Brishely Xiomara Luis Conde

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su infinita misericordia y su amor celestial, por ser mi fuerza y mi fortaleza, quien ha guiado mis pasos dando luz a mi camino.

A mis padres, Rubén y Rosa, por inculcarme hacer lo correcto ante los ojos del señor, que con su amor y paciencia me han formado como un profesional de bien.

A mis hermanos Alex y Ángel, por su apoyo inmensurable y ser mis mejores compañeros de vida quien a su vez han estado en todas mis luchas.

Richar Williams Luna Jarro

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todopoderoso, por iluminar nuestros caminos y darnos fortaleza para culminar con la meta propuesta, por darnos sabiduría para mejorar día a día en lo adverso y por guiar siempre nuestros pasos.

A nuestras familias, quienes nos brindaron su apoyo constante e incondicional durante nuestra formación personal y profesional. Por sus consejos para poder hacer nuestros sueños realidad y por la fortaleza y confianza que nos dieron en todo momento.

A todos los profesionales y compañeros quienes de una u otra manera compartieron sus conocimientos y experiencias desinteresadamente, nos brindaron su apoyo incondicional para lograr la culminación de esta investigación.

Brishely Xiomara Luis Conde

Richar Williams Luna Jarro

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Descripción del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	6
1.2.1. Problema general .....	6
1.2.2. Problemas específicos.....	6
1.3. Justificación e importancia.....	7
1.3.1. Social.....	7
1.3.2. Económico.....	8
1.3.3. Ambiental .....	8
1.4. Objetivos .....	9
1.4.1. Objetivo general .....	9
1.4.2. Objetivos específicos.....	9
1.5. Hipótesis.....	9
1.5.1. Hipótesis general.....	9
1.5.2. Hipótesis específicas .....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes del estudio .....	10
2.1.1. Internacionales .....	10
2.1.2. Nacionales.....	11
2.2. Bases teóricas .....	15
2.2.1. Flujo vehicular .....	15
2.2.2. Capacidad de la vía en intersecciones semaforizadas .....	16
2.2.3. Volumen de tránsito horario.....	17
2.2.4. Volumen horario de máxima demanda .....	18
2.2.5. Semáforos .....	20

2.2.6.	Demoras.....	21
2.2.7.	Niveles de servicio.....	22
2.2.8.	Análisis operacional del HCM 2010 .....	24
2.2.9.	Datos de entrada.....	26
2.2.10.	Determinación de grupo de movimiento y grupo de carriles .....	28
2.2.11.	Determinación de la tasa de ajuste de flujo de demanda .....	30
2.2.12.	Determinación del factor de la hora pico (FHP) .....	30
2.2.13.	Obtención de la tasa de flujo de saturación .....	31
2.2.14.	Factor de ajuste por ancho de carriles.....	32
2.2.15.	Factor de ajuste para vehículos pesados .....	32
2.2.16.	Factor de ajuste por pendiente .....	33
2.2.17.	Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles ...	33
2.2.18.	Factor de ajuste por bloqueo de buses.....	34
2.2.19.	Factor de ajuste por tipo de área.....	35
2.2.20.	Factor de ajuste por utilización de carriles.....	35
2.2.21.	Factor de ajuste por giros a la derecha .....	36
2.2.22.	Factor de ajuste por giros a la izquierda.....	37
2.2.23.	Factor de ajuste por peatones y bicicletas.....	37
2.2.24.	Determinación de la capacidad y la relación volumen-capacidad.....	38
2.2.25.	Determinación de las demoras .....	39
2.2.26.	Determinación de las demoras agregadas .....	45
2.3.	Definición de términos .....	46
2.3.1.	Accesos.....	46
2.3.2.	Capacidad de Vía .....	46
2.3.3.	Carril de tránsito .....	46
2.3.4.	Ciclo .....	46
2.3.5.	Clasificación vehicular .....	47
2.3.6.	Conteo de tráfico .....	47
2.3.7.	Duración de ciclo.....	47
2.3.8.	Estacionamiento .....	48
2.3.9.	Fase .....	48
2.3.10.	Flujo de saturación .....	48
2.3.11.	inter tramo .....	49
2.3.12.	Nivel de servicio .....	49
2.3.13.	Proporción de verde .....	49
2.3.14.	Rojo efectivo.....	50
2.3.15.	Tasa de flujo.....	50
2.3.16.	Tiempo de cambio .....	50
2.3.17.	Tiempo verde .....	51

2.3.18. Tiempo de verde efectivo .....	51
2.3.19. Volumen de tránsito.....	51
2.3.20. Volumen horario de máxima demanda .....	52
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	53
3.1. Diseño de investigación.....	53
3.2. Acciones y actividades .....	53
3.3. Materiales y/o instrumentos .....	60
3.4. Población y/o muestra de estudio.....	61
3.4.1. Población.....	61
3.4.2. Muestra .....	61
3.5. Operacionalización de variables .....	61
3.6. Procesamiento y análisis de datos .....	62
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	63
4.1. Descripción del Trabajo de Campo.....	63
4.2. Inter tramo de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre .....	63
4.2.1. Datos de la inter tramo vial .....	63
4.2.2. Resultados de la situación actual del inter tramo.....	84
4.3. Inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas .....	88
4.3.1. Datos del inter tramo vial .....	88
4.3.2. Resultados de la situación actual del inter tramo.....	109
4.4. Propuesta de solución para el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre .....	114
4.4.1. Explicación de la propuesta.....	114
4.4.2. Aplicación de la metodología HCM 2010 .....	116
4.5. Propuesta de solución para el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas .....	121
4.5.1. Explicación de la propuesta.....	121
4.5.2. Aplicación de la metodología HCM 2010 .....	123
CAPÍTULO V: DISCUSIONES .....	128
CONCLUSIONES .....	130
RECOMENDACIONES.....	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	134
Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	135
Anexo 2: FORMATO CONTEO VEHICULAR .....	136

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de servicio en intersecciones Semaforizadas.....	23
Tabla 2. Parámetros de entrada según el tipo de condición para un inter tramo semaforizado .....	27
Tabla 3. Factor de ajuste por ancho de carriles .....	32
Tabla 4. Tipos de llegada según el comportamiento del pelotón vehicular .....	40
Tabla 5. Relación entre el pelotón y los tipos de llegada .....	41
Tabla 6. Factor de ajuste suplementario de secuencia .....	42
Tabla 7. Operacionalización de variables .....	61
Tabla 8. Aforo del día Lunes 21 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	69
Tabla 9. Aforo del día Miércoles 23 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	70
Tabla 10. Aforo del día Sábado 26 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	71
Tabla 11. Resumen del aforo vehicular de la estación 1 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	72
Tabla 12. Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 1 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	73
Tabla 13. Parámetros de entrada de la estación 1 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	74
Tabla 14. Resumen del aforo vehicular de la estación 2 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	75
Tabla 15. Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 2 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	76
Tabla 16. Parámetros de entrada de la estación 2 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	77
Tabla 17. Resumen del aforo vehicular de la estación 3 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	78
Tabla 18. Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 3 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre.....	79
Tabla 19. Parámetros de entrada de la estación 3 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	80
Tabla 20. Resumen del aforo vehicular de la estación 4 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	81
Tabla 21. Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 4 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	82
Tabla 22. Parámetros de entrada de la estación 4 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	83

Tabla 23. Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	84
Tabla 24. Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	85
Tabla 25. Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	86
Tabla 26. Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	86
Tabla 27. Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	88
Tabla 28. Aforo del día Lunes 21 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	94
Tabla 29. Aforo del día Miércoles 23 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	95
Tabla 30. Aforo del día Sábado 26 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	96
Tabla 31. Resumen de aforo vehicular de la estación 5 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	97
Tabla 32. Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 5 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	98
Tabla 33. Parámetros de entrada de la estación 5 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	99
Tabla 34. Resumen de aforo vehicular de la estación 6 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	100
Tabla 35. Resumen del porcentaje de vehículos pesados en la estación 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar y la calle Amazonas .....	101
Tabla 36. Parámetros de entrada de la estación 6 en el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas.....	102
Tabla 37. Resumen de aforo vehicular de la estación 7 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	103
Tabla 38. Parámetros de entrada de la estación 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	104
Tabla 39. Parámetros de entrada de la estación 7 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	105
Tabla 40. Resumen de aforo vehicular de la estación 8 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	106
Tabla 41. Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 8 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	107
Tabla 42. Parámetros de entrada de la estación 8 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	108
Tabla 43. Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	109

Tabla 44. Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	110
Tabla 45. Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	111
Tabla 46. Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas.....	111
Tabla 47. Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	113
Tabla 48. Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	116
Tabla 49. Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	117
Tabla 50. Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	118
Tabla 51. Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	118
Tabla 52. Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	120
Tabla 53. Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	123
Tabla 54. Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	124
Tabla 55. Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	125
Tabla 56. Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	125
Tabla 57. Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	127

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	4
Figura 2. Lugares con gran afluencia próximos al inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	5
Figura 3. Inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	5
Figura 4. Lugares con gran afluencia próximos al inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	6
Figura 5. Niveles de servicio.....	24
Figura 6. Metodología operacional para intersecciones semaforizadas.....	25
Figura 7. Grupo de carriles típicos para análisis .....	29
Figura 8. Aforo vehicular turno mañana 7 h. – 9 h. ....	53
Figura 9. Congestión vehicular de la mañana.....	54
Figura 10. Aforo vehicular turno mediodía 12 h – 14 h. ....	54
Figura 11. Congestión vehicular del medio día .....	54
Figura 12. Aforo vehicular turno noche 18 h. – 20 h. ....	55
Figura 13. Congestión vehicular de la noche.....	55
Figura 14. Aforo vehicular turno mañana 7 h. – 9 h. ....	56
Figura 15. Congestión vehicular de la mañana.....	56
Figura 16. Aforo vehicular turno mediodía 12 h – 14 h. ....	56
Figura 17. Congestión vehicular del medio día .....	57
Figura 18. Aforo vehicular turno noche 18 h. – 20 h. ....	57
Figura 19. Congestión vehicular de la noche.....	57
Figura 20. Toma de medidas de la veredas y berma .....	58
Figura 21. Toma de medidas del sardinel central y calzada .....	58
Figura 22. Recolección de tiempos de los semáforos.....	59
Figura 23. Toma de medidas de la berma y vereda.....	59
Figura 24. Toma de medidas de la calzada y berma central.....	60
Figura 25. Recolección de tiempos de los semáforos.....	60
Figura 26. Vista satelital del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	64
Figura 27. Identificación de accesos en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	64
Figura 28. Tramo vial del acceso 1 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	65
Figura 29. Tramo vial del acceso 2 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	65
Figura 30. Tramo vial del acceso 3 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.....	66

Figura 31. Tramo vial del acceso 4 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	66
Figura 32. Ubicación de las estaciones de conteo en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	67
Figura 33. Esquema de carriles y giros en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	67
Figura 34. Tiempos semafóricos en el inter tramo de la Av. Simón bolívar con Av.25 de noviembre .....	68
Figura 35. Diagrama de fases en el inter tramo de la Av. Simón bolívar con Av. 25 de noviembre .....	68
Figura 36. Pendiente de la estación 1 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	73
Figura 37. Pendiente de la estación 2 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	76
Figura 38. Pendiente de la estación 3 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	79
Figura 39. Pendiente de la estación 4 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	82
Figura 40. Vista satelital del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas	89
Figura 41. Identificación de accesos en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	89
Figura 42. Tramo vial del acceso 5 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	90
Figura 43. Tramo vial del acceso 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	90
Figura 44. Tramo vial del acceso 7 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	91
Figura 45. Tramo vial del acceso 8 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	91
Figura 46. Ubicación de las estaciones de conteo del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	92
Figura 47. Esquema de carriles y giros del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	92
Figura 48. Tiempos semafóricos del inter tramo de la Av. Simón bolívar con calle Amazonas.....	93
Figura 49. Diagrama de fases del inter tramo de la Av. Simón bolívar con calle Amazonas.....	93
Figura 50. Pendiente de la estación 5 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	98
Figura 51. Pendiente de la estación 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	101
Figura 52. Pendiente de la estación 7 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	104

Figura 53. Pendiente de la estación 8 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	107
Figura 54. Propuesta del tiempo de semaforización del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	115
Figura 55. Propuesta del diagrama de fases del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre .....	115
Figura 56. Propuesta de los tiempos semafóricos del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas.....	122
Figura 57. Propuesta del diagrama de fases del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas.....	122

## RESUMEN

El objetivo principal de este estudio de tesis es evaluar el flujo de vehículos en el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre y la calle Amazonas en Moquegua. Este inter tramo es crucial debido a que la avenida Simón Bolívar es una de las principales vías de la ciudad, con alta congestión vehicular debido al tránsito tanto de vehículos ligeros como pesados. El estudio de tráfico se hace necesario para asegurar la fluidez y operatividad de esta importante vía. La investigación se clasifica como aplicada y descriptiva-explicativa. El análisis de la investigación se basó en la metodología operacional para intersecciones semaforizadas de acuerdo con el Manual de Capacidad de Carreteras, que sirve para evaluar la capacidad y calidad del nivel de servicio de la vía. Para esto, se realizó aforos vehiculares los días lunes, miércoles y sábado en las horas con mayor flujo vehicular, se tomó los tiempos semafóricos y las medidas de las secciones viales, para luego estimar los niveles de servicio y analizar los resultados actuales, siendo estos de un nivel de servicio "D" para ambas intersecciones de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre y calle Amazonas. A continuación, se proponen soluciones alternativas como la limitación del estacionamiento, la prohibición del tránsito de vehículos pesados en la avenida 25 de noviembre y la calle Amazonas, así como la mejora en los tiempos y la reducción del ciclo de los semáforos. Estas medidas están destinadas a mejorar la circulación vehicular y reducir los niveles de congestión previamente identificados, con el objetivo de elevar el nivel de servicio a "B" en ambas intersecciones.

**Palabras clave:** inter tramo vial; flujo vehicular; congestión vehicular; nivel de servicio; HCM 2010.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis is to evaluate the vehicular flow at the road intersection of Simón Bolívar avenue with 25 de november avenue and Amazonas street in the city of Moquegua, this is because Simón Bolívar avenue is one of the main arteries of the city, which is why it presents great traffic congestion due to the number of light and heavy vehicles that circulate on the road, seeing the need to carry out the traffic study in order to guarantee the traffic passability and operability of the road. The thesis presents a type of Applied research and a level of research considered as descriptive explanatory research. The research analysis was based on the operational methodology for signalized intersections in accordance with the Highway Capacity Manual (HCM 2010), which serves to evaluate the capacity and quality of the road service level. For this, vehicle gauging was carried out on monday, wednesday and saturday during the hours with the highest traffic flow, the traffic light times and measurements of the road sections were taken, to then estimate the service levels and analyze the current results, these being of a "D" level of service for both intersections of Simón Bolívar avenue with 25 de noviembre avenue and Amazonas street. Subsequently, alternative solutions are proposed such as parking restriction, elimination of the passage of heavy vehicles on 25 de noviembre avenue as well as on Amazonas Street and the optimization of traffic light times and reduction of the traffic light cycle, in order to optimize the flow. vehicular traffic and reduce the previously estimated service levels, moving to a "B" service level for both intersections.

**Keywords:** Road intersection; traffic flow; traffic congestion; level of service; HCM 2010.

## INTRODUCCIÓN

Los problemas de tráfico y la congestión vehicular han ido en aumento a nivel mundial debido al incremento del parque automotor, el crecimiento demográfico descontrolado y la falta de planificación urbana y de tránsito, ocasionando un peligro sobre la calidad de vida urbana, así como los impactos negativos que tiene a corto y largo plazo, lo que nos indica que seguirá agravándose.

La presente investigación busca mejorar del flujo vehicular en el inter tramo semaforizado de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre y calle Amazonas en la ciudad de Moquegua, en vista de los inconvenientes observados en la zona como la congestión vehicular, accidentes de tránsito y la contaminación ambiental. Para alcanzar este objetivo se ha visto evaluar la condición actual de las intersecciones, determinar el nivel de servicio y analizar la mejor alternativa de solución para mejorar la transitabilidad vehicular. Esta investigación comprende cinco capítulos que se presentan a continuación:

El capítulo I describe la problemática de este trabajo, así como la formulación del problema general y específicos encontrados en las intersecciones estudiadas; posteriormente se expuso la razón para llevar a cabo este estudio e importancia de la investigación influyendo positivamente en los aspectos sociales, económicos y ambientales. Finalmente se estableció los objetivos y las hipótesis tanto generales como específicas para ambos casos.

En el capítulo II se presenta el marco teórico donde se describe los antecedentes del estudio existentes siendo internacionales y nacionales, también se menciona las bases teóricas con relación a los conceptos del tema como flujo vehicular, niveles de servicio y la Metodología de Análisis Operacional HCM 2010 y finalmente un listado de definición de términos.

En el capítulo III se presenta el marco metodológico compuesto por el diseño de la investigación, acciones y actividades realizadas en el presente trabajo donde se recolectan toda información, materiales y/o instrumentos utilizados respecto a la recopilación de datos, población y muestra del estudio, la operacionalización de variables y el procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo IV se muestra los resultados obtenidos para el trabajo de investigación, describiendo el trabajo realizado en campo y presentando los datos en conjunto con los cálculos realizados para poder obtener el nivel de servicio actual en

cada una de las intersecciones estudiadas. Posteriormente se analizó y estudió las posibles opciones propuestas para abordar y mejorar la situación del congestionamiento existente, realizando nuevos cálculos y obteniendo un resultado factible.

EL capítulo V presenta las discusiones de los resultados tanto actuales como de la propuesta de solución planteada, se llegó a una conclusión positiva con respecto a la realización de este trabajo de investigación.

Por último, se presenta las conclusiones y recomendaciones recopiladas a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo de investigación.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

La zona urbana es el lugar donde las personas tienen mayores probabilidades de ser víctimas de accidentes de tránsito. Los tipos de accidentes más comunes incluyen colisiones entre vehículos y atropellos de peatones. En estos incidentes, los automóviles son los vehículos que más frecuentemente se ven involucrados a lo largo del año. Esta elevada incidencia de accidentes resalta la necesidad de implementar medidas de seguridad y mejorar la gestión del tráfico en las áreas urbanas.

La falta de una planificación urbana adecuada por parte de las autoridades ha llevado a que las vías sean incapaces de manejar el volumen de vehículos que las transitan. Esta incapacidad genera molestias significativas para pasajeros, conductores, peatones y otros transeúntes. Como resultado, se producen pérdidas de tiempo innecesarias, niveles insalubres de estrés, accidentes de tránsito, y aumentos en la contaminación atmosférica y acústica. Estos problemas subrayan la importancia de una planificación y gestión urbanas más eficaces.

En la ciudad de Moquegua, el inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre, así como el inter tramo con la calle Amazonas, son puntos críticos debido al alto volumen de tráfico. Estas avenidas soportan tanto el transporte público como el privado de manera masiva, lo que las convierte en algunas de las vías con mayor demanda de flujo vehicular. Además, la presencia de grandes aglomeraciones de personas durante los días de ferias y en la época escolar contribuye a una congestión vehicular excesiva, resultando en un nivel de servicio muy crítico.

La proximidad del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre a varios lugares clave de la ciudad exacerba la congestión. Entre estos lugares se encuentran la I.E. Daniel Becerra Ocampo, Innova School Moquegua, el Gobierno Regional Moquegua, la Universidad Nacional de Moquegua, el mercado Carrillo, la Región Policial Moquegua, la I.E. Emblemática Simón Bolívar, la iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días, el grifo municipal Mariscal Nieto, la Clínica Santa Catalina y el estadio 25 de noviembre. Esta concentración de destinos esenciales en las inmediaciones del inter tramo agrava los problemas de tráfico y dificulta la fluidez vehicular.

La Figura 1 presenta un plano detallado del inter tramo vial entre la avenida Simón Bolívar y la avenida 25 de noviembre. Este plano proporciona una visión clara de

la estructura y disposición del inter tramo, permitiendo identificar puntos conflictivos y áreas de alta densidad de tráfico.

En la Figura 2 se puede observar una imagen satelital del inter tramo mencionado, que muestra la ubicación de los lugares cercanos con mayor afluencia de personas. Esta visualización ayuda a comprender mejor la dinámica del tráfico y a identificar patrones de congestión recurrentes.

La Figura 3 ofrece un plano del inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con la calle Amazonas. Este plano es crucial para entender cómo se distribuye el tráfico en otra de las áreas más transitadas de la ciudad y para identificar posibles intervenciones que podrían mejorar el flujo vehicular.

Finalmente, la Figura 4 muestra una vista satelital del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la calle Amazonas, destacando los lugares próximos que presentan una alta afluencia de personas. Esta vista satelital es fundamental para planificar mejoras en la infraestructura y en la gestión del tráfico, ya que proporciona un contexto visual integral de los desafíos presentes en esta área crítica.

### **Figura 1**

*Inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre*



*Nota. Tomado del Plan de Desarrollo Urbano Moquegua – Samegua 2016 – 2026 por (Municipalidad Provincial Mariscal Nieto, 2016)*

**Figura 2**

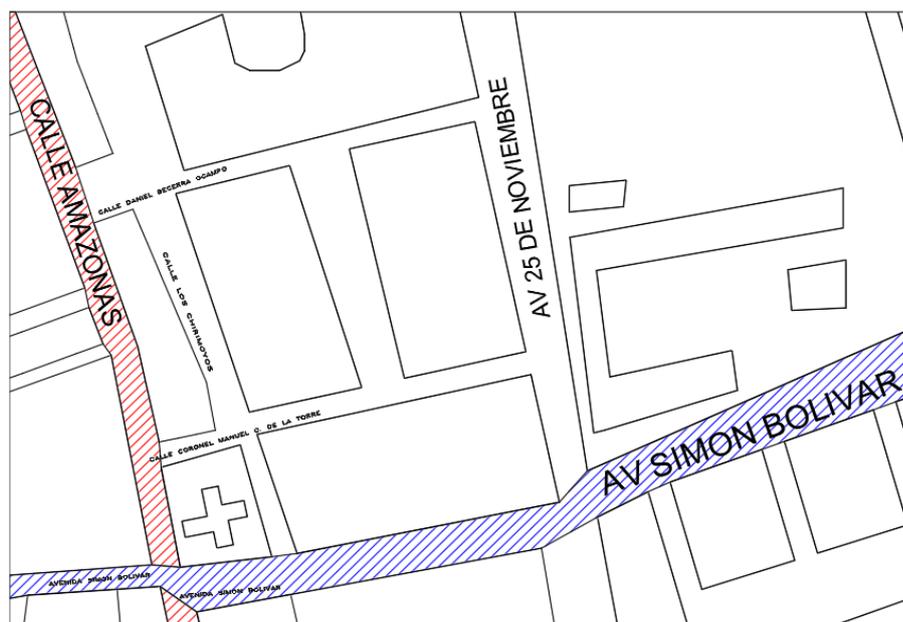
*Lugares con gran afluencia próximos al inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre*



*Nota. Adaptado de Google Earth*

**Figura 3**

*Inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas*



*Nota. Tomado del Plan de Desarrollo Urbano Moquegua – Samegua 2016 – 2026 por (Municipalidad Provincial Mariscal Nieto, 2016)*

## Figura 4

Lugares con gran afluencia próximos al inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas



Nota: Adaptado de Google Earth

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general

¿De qué manera realizando un análisis de flujo vehicular se logra optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el diagnóstico actual del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?
- ¿Cuál es el nivel de servicio actual y estado de semaforización en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?
- ¿Cuál es la mejor propuesta para optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?

### **1.3. Justificación e importancia**

En el estudio presentado se tiene como objetivo principal establecer los niveles de servicio en cada uno de los accesos del inter tramo vial estudiado. Este análisis es crucial para entender cómo se comporta el tráfico en las diferentes entradas y salidas, identificando los puntos críticos donde se producen mayores retrasos y congestiones. La información obtenida permitirá una comprensión detallada del rendimiento actual del inter tramo, lo que es fundamental para cualquier plan de mejora. Con los datos recolectados y el análisis de los niveles de servicio, se buscarán alternativas de solución que contribuyan al mejoramiento y desarrollo de un sistema de tránsito óptimo en Moquegua. Estas soluciones podrían incluir ajustes en la sincronización de semáforos, rediseño de carriles, implementación de tecnología de gestión inteligente del tráfico y mejoras en la señalización. El objetivo es no solo aliviar la congestión actual, sino también crear un sistema de tránsito que sea eficiente, seguro y sostenible a largo plazo. Actualmente, la ciudad de Moquegua carece de investigaciones o estudios previos sobre el tráfico vehicular, lo que hace que esta investigación sea aún más relevante y necesaria. La ausencia de datos históricos y análisis previos significa que las autoridades y planificadores urbanos han estado trabajando sin una base sólida de información. Esta investigación llenará ese vacío, proporcionando datos empíricos y análisis detallados que servirán como fundamento para futuras decisiones y políticas de gestión del tráfico en la ciudad. Esta investigación influye positivamente en los siguientes aspectos:

#### **1.3.1. Social**

Se busca reducir significativamente el tiempo perdido debido a la congestión vehicular en las intersecciones clave de Moquegua. La congestión no solo ralentiza el flujo de vehículos, sino que también genera altos niveles de estrés, fatiga y malestar general entre los conductores, pasajeros y peatones. La disminución del tiempo de espera y la mejora en la fluidez del tráfico contribuirán a un entorno urbano más agradable y eficiente, mejorar la calidad de vida de todos los beneficiarios del sistema de transporte. Además de mejorar el flujo vehicular, la investigación también tiene como meta reducir las pérdidas de vidas humanas ocasionadas por accidentes de tránsito. La congestión aumenta la probabilidad de colisiones y otros tipos de accidentes, poniendo en riesgo la seguridad de los ciudadanos. Al implementar estrategias efectivas de gestión del tráfico y optimizar el diseño de las intersecciones, se espera disminuir la tasa de accidentes, creando un entorno vial más seguro y protegido para todos los habitantes de Moquegua.

### **1.3.2. Económico**

Desde una perspectiva económica, la mejora del flujo vehicular en Moquegua tendrá un efecto significativo en la reducción del tiempo de desplazamiento a través de la ciudad. Un tráfico más fluido implica menos tiempo detenido en congestiones, lo que se traduce en una mayor eficiencia para los conductores y pasajeros. La disminución del tiempo de viaje no solo beneficia a los individuos en términos de productividad y calidad de vida, sino que también tiene un impacto positivo en el comercio y los negocios locales, ya que facilita la movilidad y el acceso a varias ubicaciones de la ciudad. La optimización del tráfico también resultará en una considerable reducción de los costos operacionales de los vehículos. Al disminuir los tiempos de espera y la necesidad de detenerse y arrancar constantemente, los vehículos consumen menos combustible, lo que representa un ahorro económico significativo para los conductores. Este ahorro en combustible no solo reduce los gastos individuales, sino que también tiene beneficios ambientales al disminuir la emisión de gases contaminantes. En conjunto, estos factores contribuyen a una economía más sostenible y a una mejora en la calidad del aire en Moquegua.

### **1.3.3. Ambiental**

La principal fuente de contaminación atmosférica en Moquegua proviene de la emisión de gases tóxicos liberados por los motores de los vehículos. Estos gases, incluyendo el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y las partículas en suspensión, no solo deterioran la calidad del aire, sino que también representan serios riesgos para la salud pública. Mejorar el flujo vehicular en las intersecciones viales reducirá significativamente el tiempo que los vehículos pasan en ralentí, disminuyendo así la cantidad de emisiones contaminantes y contribuyendo a un ambiente más limpio y saludable para todos los residentes. Además de la contaminación atmosférica, el ruido producido por el congestionamiento vehicular durante las horas pico es una importante fuente de contaminación acústica. Este ruido excesivo genera molestias y puede afectar negativamente la salud de las personas, causando estrés y problemas auditivos a largo plazo. Al optimizar el flujo vehicular y reducir los embotellamientos, se disminuirá el ruido asociado con los motores en marcha y los bocinazos, creando un entorno urbano más tranquilo y una mejora en la calidad de vida para todos los beneficiarios en las zonas más transitadas de Moquegua.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar un análisis de flujo vehicular para optimizar el nivel de servicio en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar el diagnóstico del flujo vehicular en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.
- b. Determinar el nivel de servicio y estado de semaforización en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.
- c. Realizar diversas alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio de las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

Realizando el análisis del flujo vehicular se logra favorablemente optimizar el nivel de servicio en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- a. El diagnóstico del flujo vehicular es deficiente en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua.
- b. El inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua, revelan un nivel de servicio deficiente.
- c. Con la mejor propuesta se mejora el nivel de servicio en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. Internacionales

Chicaiza et al. (2021), de acuerdo a su investigación titulada "Determinación del nivel de servicio de la Av. Mariscal Sucre, Tramo I, comprendido entre la inter tramo con la Av. Universitaria hasta el redondel del Condado (Av. De la Prensa) y propuestas técnicas para mejorarlo", realizado bajo la modalidad de Estudio Técnico para la obtención del título de Ingeniero Civil en Ecuador, se centra en identificar las causas principales de la congestión vehicular en esta área en particular. El estudio incluye un análisis detallado del tráfico actual y proyectado, haciendo uso de la metodología de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras. El análisis determinó que la avenida Mariscal Sucre tiene actualmente un nivel de servicio C, con una capacidad de 1617 vehículos por hora por carril, lo que indica problemas significativos durante las horas pico. Como solución propuesta, se recomienda la rehabilitación de la señalización tanto horizontal como vertical, así como la reubicación estratégica de las paradas de autobús. Estas medidas están diseñadas para mejorar la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de viaje, contribuyendo así a una movilidad más eficiente y segura en la zona estudiada.

Ashhad et al. (2020) de acuerdo a su investigación titulada "Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil – Ecuador", el objetivo principal es explorar opciones para mejorar la calidad del servicio en una vía principal de la ciudad. Para este fin, se llevaron a cabo conteos manuales y clasificaciones de vehículos durante una semana, junto con la evaluación de los tiempos semafóricos. Se llegaron a identificar como principales causas del congestionamiento la distribución ineficiente de los tiempos en el ciclo semafórico y las obstrucciones ocasionadas por los autobuses de la Metro vía durante las operaciones de recogida y entrega; en conclusión, se recomienda actualizar y ajustar el sistema semafórico existente, abrir una vía adicional para mejorar el flujo de salida, y establecer medidas efectivas para mitigar las obstrucciones causadas por los vehículos de la Metrovía. Estas intervenciones están diseñadas para optimizar la movilidad en la vía principal estudiada, reduciendo así la congestión vehicular y mejorando la experiencia de transporte para los usuarios en Guayaquil.

Rausell, (2020), en su investigación titulada "Mejora de la capacidad y funcionalidad de la inter tramo semaforizada en la avenida Fernando Abril Martorell con la Carretera de Malilla mediante la aplicación del High Capacity Manual 2010", realizada como parte del Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos en España, se estudia el comportamiento actual y futuro de esta inter tramo crucial. El estudio utiliza datos actuales y aplica el Highway Capacity Manual 2010 para analizar el rendimiento actual de la inter tramo y proyectar cómo se comportará en el futuro. Se emplean técnicas avanzadas de análisis de tráfico para evaluar diferentes escenarios y se elabora un estudio económico detallado para determinar la viabilidad y la rentabilidad de las soluciones propuestas. Este enfoque integral busca no solo mejorar la capacidad de la inter tramo, sino también optimizar su funcionalidad para mejorar la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de viaje en la avenida Fernando Abril Martorell y la Carretera de Malilla en España.

Romero et al. (2017), en su investigación titulada "Análisis de la inter tramo entre la Av. De las Américas y ruta Machángara, con posible mejoramiento vial", desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en Ecuador, se enfoca en proponer diversas alternativas de diseño para una mejora de la calidad del servicio en cada entrada de la inter tramo estudiada. Para alcanzar sus objetivos, se realizaron conteos detallados del volumen de tráfico mediante métodos manuales y automáticos, así como el registro de placas y levantamientos topográficos del redondel. Los resultados del estudio revelaron que la inter tramo está severamente colapsada, con flujos vehiculares que superan de 2 a 3 veces la capacidad que puede soportar. Este congestionamiento conlleva demoras promedio de aproximadamente 10 minutos, lo que se traduce en un nivel de servicio F según la clasificación del Highway Capacity Manual 2010. El análisis realizado considera alternativas como pasos a desnivel, óvalos e intersecciones señalizadas, evaluando cada opción con base en criterios técnicos y económicos para determinar la solución más efectiva y viable para mejorar la movilidad en la inter tramo entre la Av. De las Américas y la ruta Machángara en Ecuador.

### **2.1.2. Nacionales**

Vicente et al. (2022), en su investigación titulada "Optimización de flujos vehiculares para disminuir el congestionamiento de tránsito en la inter tramo de la avenida 28 de Julio con calle Zepita y Jirón Moquegua, Distrito de Ilo, 2022", muestra como objetivo principal la mejora de los flujos vehiculares para reducir el congestionamiento en estas intersecciones específicas. Para lograr este propósito, se propuso un rediseño de las fases semafóricas y del ciclo total semafórico en ambas intersecciones, estableciendo

un tiempo de ciclo semafórico de 50 segundos. Este ajuste se implementó con el fin de optimizar la sincronización de los semáforos y mejorar la fluidez del tráfico en estas áreas críticas de Ilo. Los resultados obtenidos fueron significativos: para la inter tramo de la avenida 28 de Julio con calle Zepita, la demora promedio por vehículo se redujo de 37.38 segundos a 13.91 segundos, mejorando el nivel de servicio de "D" a "B". En cuanto a la inter tramo de la avenida 28 de Julio con Jirón Moquegua, la demora promedio por vehículo disminuyó de 149.18 segundos a 23.52 segundos, elevando el nivel de servicio de "F" a "C". Estos hallazgos indican que las modificaciones propuestas fueron efectivas para optimizar la movilidad vehicular en las intersecciones estudiadas, demostrando un notable aumento en la eficiencia del tráfico y una reducción significativa en los tiempos de espera para los conductores en el Distrito de Ilo.

Gonzales et al. (2021), "Niveles de servicio de la infraestructura vial para optimizar la transitabilidad vehicular en avenidas urbanas", el objetivo principal es determinar los niveles de servicio para mejorar la transitabilidad mediante un estudio exhaustivo de tráfico y simulación digital. Para ello, se emplearon metodologías avanzadas como el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) junto con herramientas como SUMO, ArcGIS Pro y OpenStreetMap. El estudio concluyó con dos propuestas fundamentales para mejorar la transitabilidad vehicular en la zona de estudio. En la Propuesta 1, orientada de Norte a Sur, se observó una notable mejora en el tiempo de recorrido, logrando optimizar la demora promedio en 3.14 segundos por vehículo. Esta propuesta está diseñada para incrementar la eficiencia del flujo vehicular en esa dirección específica. Por otro lado, la Propuesta 2, enfocada de Sur a Norte, también mostró mejoras significativas en comparación con el tiempo de recorrido actual. En el escenario más óptimo, se redujo el tiempo de viaje a 5.3 minutos, proporcionando una alternativa eficaz para mejorar la movilidad en sentido contrario. Estas propuestas están respaldadas por datos y simulaciones detalladas que demostraron su efectividad para optimizar la transitabilidad vehicular en las avenidas urbanas analizadas. Los resultados subrayan la importancia de implementar estrategias específicas basadas en análisis técnicos profundos para mejorar la infraestructura vial y la experiencia de transporte en áreas urbanas.

Zapata, (2020), en su investigación titulada "Nivel de servicio y mejoramiento de Diseño Geométrico en avenida Prolongación Grau de la ciudad de Piura", presenta como un principal objetivo el proponer la optimización del Diseño Geométrico y mejorar el Nivel de Servicio para abordar la congestión vehicular en esta vía específica. Para lograr este objetivo, se procedió a realizar un estudio exhaustivo que incluyó un aforo vehicular continuo durante 7 días y el análisis de tráfico utilizando la metodología del

Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010), junto con el uso del software SYNCHRO 8 para simulaciones detalladas. Los resultados obtenidos revelaron que los carriles compartidos que permiten giros a la izquierda junto con el flujo recto en las intersecciones saturadas no son compatibles en el estado actual. Esto condujo a la evaluación de un nivel de servicio categorizado como F en todas las intersecciones estudiadas, indicando una capacidad insuficiente y altos niveles de retraso para los usuarios. Como conclusión del estudio, se propusieron dos principales acciones correctivas. Primero, se recomendó una mejor planificación de los giros para una optimización de la capacidad y reducir retrasos en las intersecciones. Segundo, se planteó un rediseño geométrico integral que optimizara la configuración de las intersecciones, aumentando así la capacidad de manejo del tráfico. Estas propuestas están respaldadas por análisis técnicos detallados y simulaciones precisas, que demostraron su potencial para mitigar la congestión vehicular y mejorar significativamente la fluidez del tráfico en la avenida Prolongación Grau de Piura.

Flores et al. (2020), en su investigación titulada "Optimización del tránsito en avenida Jorge Basadre Grohmann, tramo avenida Pinto – avenida Tarata, Distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2020", donde se consideró como objetivo principal mejorar el flujo vehicular y reducir los niveles de servicio en cada inter tramo vial semaforizada de la avenida Jorge Basadre Grohmann, utilizando la metodología del Análisis Operacional basada en el HCM 2010. El estudio se basa en la recopilación de aforos vehiculares, el análisis de características geométricas y la evaluación de los tiempos semaforicos. Según los resultados actuales, la inter tramo de la Av. Gustavo Pinto con Av. Jorge Basadre Grohmann alcanzó un nivel de servicio D, mientras que la inter tramo de la Av. internacional con Av. Jorge Basadre Grohmann obtuvo un nivel de servicio B. Además, en la inter tramo de la Av. Tarata con Av. Jorge Basadre Gr. Como propuestas para mejorar la situación actual, se están considerando diversas estrategias destinadas a optimizar el flujo del vehículo. Tras la implementación de estas medidas correctivas, se proyecta una mejora considerable en las intersecciones mencionadas, alcanzando un nivel de servicio A. Esto implicaría una notable reducción en los tiempos de espera y una mayor eficiencia en la circulación de vehículos a lo largo de la avenida Jorge Basadre Grohmann en el Distrito Alto de la Alianza, Tacna. Estas conclusiones están respaldadas por análisis detallados y simulaciones que indican el impacto positivo de las mejoras propuestas, demostrando así la efectividad de las estrategias diseñadas para optimizar el tránsito en esta importante vía urbana.

Goicochea (2019), "Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular en la inter tramo semaforizada de la avenida Vía de Evitamiento Norte y el Jirón Manuel Seoane,

aplicando la metodología del HCM 2010 – Cajamarca", el propósito principal es examinar el nivel de servicio y la capacidad vehicular de esta inter tramo específica utilizando la metodología del Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010). Para llevar a cabo este estudio, se establecieron inicialmente se examinaron las características geométricas de la inter tramo y se llevaron de acuerdo a un aforo vehicular continuo durante 7 días, con registros cada 15 minutos. Además, se llevaron a cabo mediciones detalladas de los ciclos semafóricos para comprender mejor el funcionamiento actual de la inter tramo. Los resultados obtenidos indicaron que la capacidad máxima teórica de la inter tramo es de 1500 vehículos por hora, mientras que el volumen horario de máxima demanda alcanzó los 3,023 vehículos por hora. Este alto volumen contribuyó a un tiempo de demora promedio de 68.21 segundos por vehículo, lo cual resultó en un nivel de servicio categorizado como E según la escala del HCM 2010. Con base en estos hallazgos, se identificó la necesidad de implementar mejoras significativas en la inter tramo para aumentar su capacidad y mejorar el nivel de servicio. Se propusieron diversas medidas correctivas, como ajustes en los tiempos y la coordinación de los semáforos, así como posibles modificaciones geométricas para optimizar el flujo vehicular y reducir los tiempos de espera. Estas recomendaciones están respaldadas por un análisis riguroso y simulaciones que proyectan mejoras sustanciales en la eficiencia operativa de la inter tramo, contribuyendo así a una mejor experiencia de movilidad para los usuarios en Cajamarca.

Sánchez (2019), en su investigación titulada "Evaluación del nivel de servicio y propuestas de mejora en el eje vial de las calles Tres Cruces de Oro y Cascaparo de la ciudad del Cusco utilizando la metodología del HCM 2010 y micro simulación virtual", el objetivo principal es analizar detalladamente el nivel de servicio de estas calles y proponer mejoras efectivas utilizando metodologías avanzadas como el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) y la micro simulación en el programa PTV VISSIM 7.0. Para llevar a cabo el estudio, se evaluaron varios aspectos clave como el diseño geométrico de las calles, la capacidad vehicular, el flujo vehicular y peatonal. Los resultados revelaron niveles de servicio que fluctuaban entre E y F, lo cual indica una capacidad insuficiente y tiempos de espera prolongados en las intersecciones analizadas. Entre las propuestas de mejora planteadas, se destacó el rediseño geométrico como una opción viable para optimizar la circulación vehicular y peatonal. Además, se sugirió el reordenamiento de la circulación y mejoras en la coordinación semafórica como medidas complementarias para mejorar la eficiencia del tráfico. De todas las opciones consideradas, la propuesta de reordenamiento de la circulación demostró ser la más efectiva, mostrando resultados positivos en las simulaciones

realizadas. Este enfoque no solo mejoraría los niveles de servicio en las calles Tres Cruces de Oro y Cascaparo, sino que también contribuiría significativamente a reducir los tiempos de viaje y mejorar la experiencia de movilidad tanto para conductores como para peatones en la ciudad del Cusco. Estas conclusiones se basan en un análisis exhaustivo respaldado por técnicas avanzadas de simulación, garantizando la viabilidad y efectividad de las propuestas de mejora sugeridas para el eje vial estudiado.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Flujo vehicular**

Como afirmaron Reyes et al. (2007) se exploran dos tipos principales: el flujo ininterrumpido y el flujo interrumpido, ambos cruciales para calcular la eficacia y funcionalidad de una vía.

#### **a) Flujo ininterrumpido**

El flujo ininterrumpido se refiere a la circulación de vehículos que no están sujetos a regulaciones externas directas, como semáforos u otras formas de control de tráfico. En este tipo de flujo, las interacciones entre vehículos y la vía son determinantes clave en la dinámica del tráfico. Las características principales incluyen:

- **Interacciones vehiculares:** Los vehículos interactúan entre sí de manera continua y dinámica, ajustando su velocidad y posición para mantener un flujo constante y seguro.
- **Interacciones vehículo-vía:** La adaptación de los conductores al diseño de la vía, incluyendo curvas, pendientes y señalización horizontal, juega un papel crucial en la fluidez del tráfico.
- **Eficiencia operativa:** En ausencia de regulaciones externas, la eficiencia del flujo depende en gran medida de la habilidad de los conductores para adaptarse a las condiciones cambiantes de la vía y del tráfico

Este tipo de flujo es típico en autopistas, carreteras principales y en zonas de tráfico fluido donde los conductores pueden mantener velocidades constantes y predecibles, minimizando las detenciones y aumentando la capacidad de la vía.

### **b) Flujo interrumpido**

El flujo interrumpido ocurre cuando la circulación de vehículos está regulada por dispositivos externos como semáforos, señales de tráfico, o en situaciones donde los vehículos deben detenerse o reducir la velocidad debido a condiciones de tráfico o peatonales. Características importantes de este tipo de flujo incluyen:

- Regulación externa: El movimiento de los vehículos está controlado por semáforos u otros dispositivos de control de tráfico, que establecen intervalos y patrones de circulación.
- interrupciones frecuentes: Los vehículos deben detenerse periódicamente, lo que puede resultar en congestión y tiempos de espera.
- Mayor complejidad de gestión: La eficiencia del flujo vehicular el éxito radica en la coordinación efectiva de los dispositivos de control de tráfico y en la respuesta de los conductores ante estas señales.

Este tipo de flujo es común en áreas urbanas densamente pobladas, intersecciones principales y zonas con alta actividad peatonal, donde es necesario regular y gestionar el tráfico de manera efectiva para garantizar la seguridad y eficiencia del movimiento vehicular.

### **2.2.2. Capacidad de la vía en intersecciones semaforizadas**

Como afirmo HCM (2010). La capacidad del inter tramo se define como el máximo volumen de tráfico que puede pasar a través de ella bajo condiciones normales de tráfico y operación de semáforos. Aquí se explican los elementos esenciales relacionados con este concepto:

#### **a) Definición de capacidad**

La capacidad de una inter tramo se determina para cada grupo de carriles que convergen en el cruce. Es la máxima cantidad de vehículos que pueden cruzar el inter tramo por hora bajo condiciones ideales de tráfico y gestión semafórica.

#### **b) Medición del flujo**

El flujo de tráfico se mide típicamente en ciclos de 15 minutos, donde se registra la cantidad de vehículos que pasan por la inter tramo durante ese intervalo de tiempo. Esta medición se utiliza para calcular la tasa de flujo vehicular promedio por hora.

**c) Capacidad según el HCM 2010**

El Highway Capacity Manual proporciona metodologías y estándares reconocidos internacionalmente para determinar la capacidad de diferentes tipos de intersecciones y configuraciones viales. Utiliza modelos y análisis basados en datos empíricos y teóricos para evaluar la capacidad bajo diversas condiciones de tráfico, incluyendo variaciones en la demanda vehicular y configuraciones de semaforización.

**d) Factores que afectan la capacidad**

La capacidad de un inter tramo puede verse afectada por varios factores, como la geometría de la vía, el tipo y la configuración de los semáforos, la presencia de peatones y ciclistas, y las condiciones meteorológicas. Estos elementos influyen en la fluidez del tráfico y en la capacidad efectiva de la inter tramo para manejar volúmenes de tráfico fluctuantes.

**e) importancia para la planificación vial**

Comprender la capacidad de las intersecciones es crucial para la planificación y el diseño de infraestructuras viales eficientes y seguras. Permite identificar puntos críticos de congestión, optimizar la coordinación semafórica, y diseñar estrategias para optimizar el flujo de tráfico y disminuir los tiempos de espera.

### **2.2.3. Volumen de tránsito horario**

Como afirmo Goicochea (2019), el volumen de tránsito horario es una medida fundamental en el estudio del flujo vehicular y la planificación del transporte urbano. Aquí se exploran los aspectos esenciales de este concepto según la definición proporcionada.

**a) Definición y unidades**

El volumen de tránsito horario se refiere al número de vehículos que atraviesan por un punto específico de la vía en una hora determinada. Esta medida también puede extrapolarse para obtener el volumen diario de tránsito. Las unidades comúnmente utilizadas para expresar el volumen de tránsito son vehículos por hora (veh/h) y vehículos por día (veh/d).

**b) Puntos de medición**

El volumen de tránsito se puede medir en diferentes puntos estratégicos, como segmentos de carreteras, intersecciones, cruces peatonales o cualquier lugar donde se desee conocer el número de vehículos que atraviesan en un intervalo de tiempo determinado. Esta información es crucial para la evaluación de la capacidad vial y la gestión del tráfico.

**c) importancia para la planificación urbana**

El conocimiento del volumen de tránsito horario es fundamental para la planificación y el diseño de infraestructuras viales eficientes. Permite a los planificadores y ingenieros de tráfico estimar la demanda vehicular, identificar patrones de movilidad, y anticipar puntos de congestión y necesidades de mejora en la red vial.

**d) Factores que influyen**

El volumen de tránsito puede variar significativamente según diversos factores, como la hora del día, los días de la semana, eventos especiales, condiciones climáticas, y cambios en la infraestructura vial. Estos factores deben considerarse al realizar estudios de tráfico y al proponer soluciones para mejorar la movilidad urbana.

**e) Técnicas de medición**

Para medir el volumen de tránsito horario, se utilizan técnicas como conteos manuales, conteos automáticos mediante dispositivos electrónicos, cámaras de video, sensores de inducción magnética, entre otros métodos avanzados de recolección de datos. La precisión y la confiabilidad de estos datos son fundamentales para una correcta planificación y gestión del tráfico.

**2.2.4. Volumen horario de máxima demanda**

Según Chávez (2005) indica que el volumen máximo de vehículos por hora es un concepto clave en la gestión del tráfico y la planificación vial, ya que representa el momento del día en el que se registra el mayor flujo de vehículos en una determinada vía o inter tramo, de la siguiente manera:

**a) Definición y características**

El volumen horario de máxima demanda se refiere a la máxima cantidad de vehículos que transitan por un punto específico de la vía durante un periodo continuo de 60 minutos. Este periodo de máxima demanda puede ocurrir en cualquier momento del día y representa el punto más alto de flujo vehicular que se experimenta en una vía o un carril en particular.

**b) importancia para la planificación vial**

Conocer el volumen de tráfico más alto observado en cierta hora específica y dimensionar adecuadamente la infraestructura vial. Permite a los ingenieros de tráfico y planificadores anticipar las necesidades de capacidad y determinar las soluciones apropiadas para manejar eficazmente los picos de tráfico. Esto incluye la optimización de semáforos, la implementación de carriles adicionales, y otras medidas para mejorar la fluidez del tráfico durante estos periodos críticos.

**c) Medición y técnicas utilizadas**

Para calcular el volumen del tráfico más alto en cierta hora específica, se realizan conteos de tráfico detallados y continuos a lo largo de un periodo prolongado, generalmente durante todo el día. Estos conteos pueden ser manuales o automáticos, utilizando dispositivos como cámaras de video, sensores de inducción magnética, o sistemas de detección electrónica avanzados.

**d) Variabilidad según condiciones**

El volumen horario de máxima demanda puede variar significativamente según diversas condiciones, como días laborables versus fines de semana, horarios punta versus horas valle, eventos especiales, condiciones climáticas, entre otros factores. Es crucial considerar esta variabilidad al analizar y planificar la capacidad vial para garantizar una adecuada gestión del tráfico en todas las circunstancias.

**e) Aplicación en diseño y gestión**

La información sobre el volumen horario de máxima demanda se emplea para diseñar infraestructuras viales que puedan gestionar de manera eficiente el tráfico durante los periodos de mayor intensidad. Además, ayuda a establecer

políticas de gestión del tráfico que mejoren la movilidad urbana y reduzcan la congestión en las vías críticas.

### 2.2.5. Semáforos

Según HCM (2010), los semáforos son dispositivos fundamentales en la regulación del tráfico urbano, definidos y operados según los principios establecidos por el Highway Capacity. A continuación, se detallan los términos y conceptos asociados con los semáforos:

- a) *Ciclo semafórico*: Es el intervalo completo de tiempo desde que una fase específica comienza hasta que vuelve a repetirse. Este ciclo incluye todas las fases del semáforo, como verde, amarillo y rojo para diferentes direcciones de tráfico.
- b) *Duración de ciclo*: Es el tiempo total que lleva completar un ciclo semafórico, desde el inicio de una fase verde hasta su repetición. El tiempo de duración del ciclo se determina según las necesidades de la inter tramo y puede variar dependiendo del flujo de tráfico y las condiciones locales.
- c) *Fase*: Cada parte individual del ciclo semafórico dedicada a permitir el movimiento de vehículos en una dirección específica. Por ejemplo, una fase puede permitir el movimiento de vehículos en dirección norte-sur, mientras que otra fase permite el movimiento este-oeste.
- d) *Intervalo*: Es el tiempo de transición entre dos fases consecutivas en el ciclo semafórico. Durante este tiempo, los semáforos pueden mostrar luz amarilla o pueden estar en fase roja en todas las direcciones para asegurar una transición segura entre los flujos de tráfico.
- e) *Tiempo de cambio*: Es el tiempo requerido para que el semáforo cambie de una fase a la siguiente. Durante este período, se puede mostrar luz amarilla en todas las direcciones antes de que comience una nueva fase verde.
- f) *Tiempo verde*: Es el tiempo asignado para permitir que los vehículos circulen en una dirección específica de la inter tramo cuando el semáforo muestra luz verde. Este tiempo se calcula en función del volumen de tráfico y la capacidad de la inter tramo.
- g) *Tiempo perdido*: Hace referencia al tiempo durante el cual no se utiliza el semáforo, como cuando todas las direcciones tienen luz roja al mismo tiempo. Este tiempo perdido contribuye a la congestión y puede reducir la eficiencia del flujo vehicular.

- h) *Tiempo de verde efectivo*: Es el tiempo de verde utilizado efectivamente por los vehículos para avanzar a través de la inter tramo. Se calcula restando el tiempo perdido del tiempo total de verde asignado.
- i) *Proporción de verde y rojo efectivo*: Es la relación entre el tiempo efectivo de verde y rojo en una inter tramo. Una alta proporción de verde efectivo indica una gestión eficiente del semáforo, maximizando el tiempo disponible para que los vehículos se muevan.

### **2.2.6. Demoras**

Según Goicochea (2019) indica que las demoras en el contexto del análisis del flujo vehicular son indicadores cruciales del rendimiento de un sistema de transporte, particularmente en intersecciones viales. Aquí se detallan los conceptos asociados con las demoras según el Highway Capacity Manual (HCM) y otras fuentes especializadas:

#### **a) Definición y componentes de la demora**

La demora se define como el tiempo adicional que los vehículos deben esperar o tardan en cruzar una inter tramo debido a la presencia de otros vehículos o condiciones de tráfico. Según Goicochea Casas (2019), la demora se compone principalmente de:

- Ralentización de los vehículos que se acercan al inter tramo.
- Tiempo de parada en el inter tramo debido a la luz roja del semáforo.
- Tiempo necesario para avanzar desde la cola hasta el punto de salida.
- Tiempo de aceleración hasta alcanzar la velocidad deseada después de cruzar el inter tramo.

#### **b) Tipos de demora**

- Demora uniforme: Ocurre cuando la llegada de los vehículos al inter tramo se distribuye uniformemente a lo largo del tiempo, sin que se produzca saturación durante ningún ciclo semafórico. Esto implica tiempos de espera relativamente predecibles y consistentes.
- Demora incremental: Se produce cuando algunos ciclos semafóricos experimentan saturación debido a llegadas aleatorias de vehículos que exceden la capacidad de la inter tramo en ese momento. Esto puede llevar a tiempos de espera variables y a veces prolongados para los conductores.

- Demora por cola inicial: Ocurre cuando todavía hay vehículos en cola esperando para cruzar el inter tramo. Los vehículos en la parte delantera de la cola deben despejar primero la inter tramo antes de que puedan avanzar los vehículos que están detrás. Esta situación puede prolongar significativamente los tiempos de espera, especialmente durante periodos de alta demanda de tráfico.

#### c) **Medición y gestión**

Las demoras se miden generalmente en segundos por vehículo y son críticas para evaluar la eficiencia operativa de una inter tramo. Reducir las demoras no solo mejora la fluidez del tráfico y la satisfacción de los usuarios, sino que también contribuye a la reducción de emisiones de contaminantes y mejora la seguridad vial.

#### d) **Aplicación en el diseño vial**

Comprender los tipos y causas de las demoras es fundamental para diseñar estrategias efectivas de gestión del tráfico, que pueden incluir la optimización de los tiempos semafóricos, la implementación de carriles adicionales, la reubicación de paradas de autobuses, entre otras medidas para mejorar el flujo vehicular y reducir los tiempos de espera en las intersecciones.

### 2.2.7. Niveles de servicio

Según HCM (2010), los niveles de servicio son una medida fundamental para evaluar la eficiencia y la capacidad operativa de las intersecciones viales, proporcionando una descripción clara de la calidad del servicio ofrecido a los usuarios de la vía. Se definen seis tipos de niveles de servicio basados principalmente en la demora experimentada por los vehículos y la relación entre el volumen de tráfico y la capacidad del inter tramo.

- a) *Nivel A*: Este nivel se caracteriza por demoras mínimas, generalmente inferiores a 10 segundos por vehículo, y una relación volumen-capacidad menor a 1.0. Se presenta cuando el tráfico es ligero/o el ciclo semafórico es muy corto. La mayoría de los vehículos llegan durante la luz verde y cruzan el inter tramo sin detenerse notablemente.
- b) *Nivel B*: En este nivel, las demoras oscilan entre 10 y 20 segundos por vehículo, con una relación volumen-capacidad inferior a 1.0. Se presenta cuando el tráfico es moderado y/o el ciclo semafórico es corto. Aunque más vehículos

pueden detenerse brevemente, la fluidez general del tráfico se mantiene relativamente alta.

- c) *Nivel C*: Aquí las demoras varían entre 20 y 35 segundos por vehículo, y la relación volumen-capacidad sigue siendo inferior a 1.0. Este nivel se asigna cuando la operación del inter tramo es moderada y la duración del ciclo semafórico es adecuada. Comienza a observarse un incremento en la cantidad de vehículos que deben detenerse durante los ciclos semafóricos.
- d) *Nivel D*: Las demoras en este nivel van de 35 a 55 segundos por vehículo, y la relación volumen a capacidad sigue siendo menor a 1.0. Se observa cuando el tráfico es alto y/o el ciclo semafórico es largo. Varios vehículos experimentan demoras notables y pueden aparecer problemas individuales en el ciclo semafórico.
- e) *Nivel E*: Se caracteriza por demoras entre 55 y 80 segundos, y la relación volumen-capacidad sigue siendo inferior a 1.0. Este nivel se presenta cuando hay un alto volumen de tráfico y el ciclo semafórico es prolongado. Las interrupciones en los ciclos semafóricos son más frecuentes y los tiempos de espera se vuelven significativos para muchos vehículos.
- f) *Nivel F*: En este nivel, las demoras superan los 80 segundos por vehículo, o la relación volumen a capacidad es mayor a 1.0. Se presenta cuando el tráfico es extremadamente alto y/o el ciclo semafórico es demasiado largo para manejar eficientemente la demanda de vehículos. La cola de vehículos puede volverse tan extensa que no se puede eliminar completamente durante los ciclos semafóricos, lo que indica una capacidad insuficiente del inter tramo.

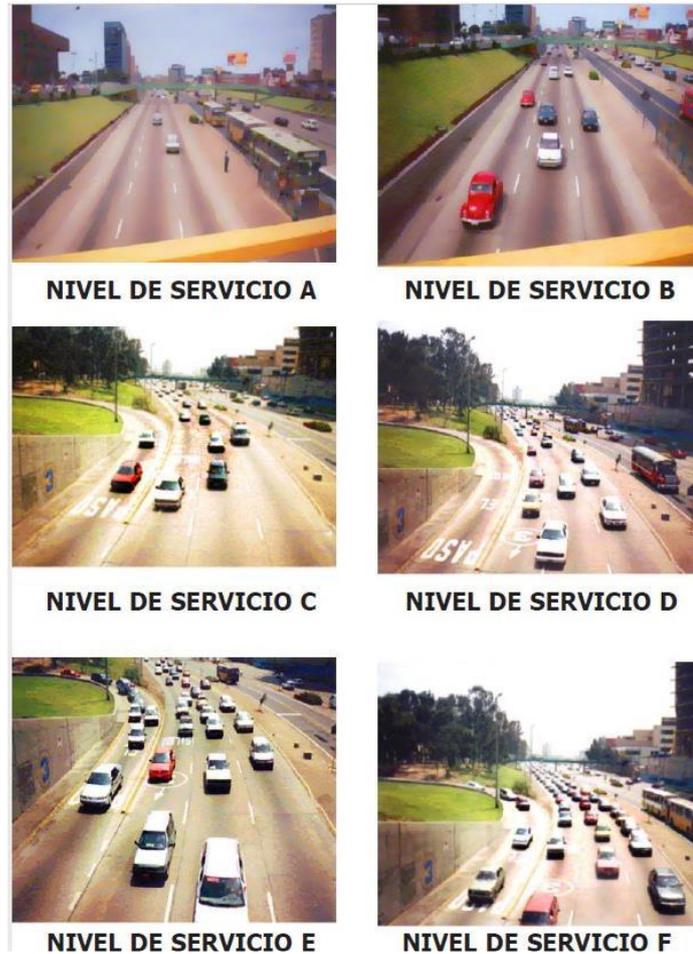
En la Tabla 1 se muestra las demoras de control para intersecciones semaforizada de cada uno de los Niveles de servicio y en la Figura 5 tenemos imágenes de los diferentes niveles de servicio.

**Tabla 1**

*Niveles de servicio en intersecciones Semaforizadas*

<b>Nivel de servicio</b>	<b>Demora por control (s/veh)</b>
A	< 10
B	> 10 – 20
C	> 20 – 35
D	> 35 – 55
E	> 55 – 80
F	> 80

*Nota.* Tomado del *Manual de Capacidad de Carreteras* (2010)

**Figura 5***Niveles de servicio*

*Nota. Tomado del Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas por (2005)*

### **2.2.8. Análisis operacional del HCM 2010**

El análisis operacional según el Highway Capacity Manual (2010), es una metodología detallada que requiere una recopilación exhaustiva de datos relacionados con el tráfico, las características geométricas de la vía y las condiciones de señalización. Su objetivo principal es determinar valores precisos para condiciones específicas que no están explícitamente definidas en los estándares.

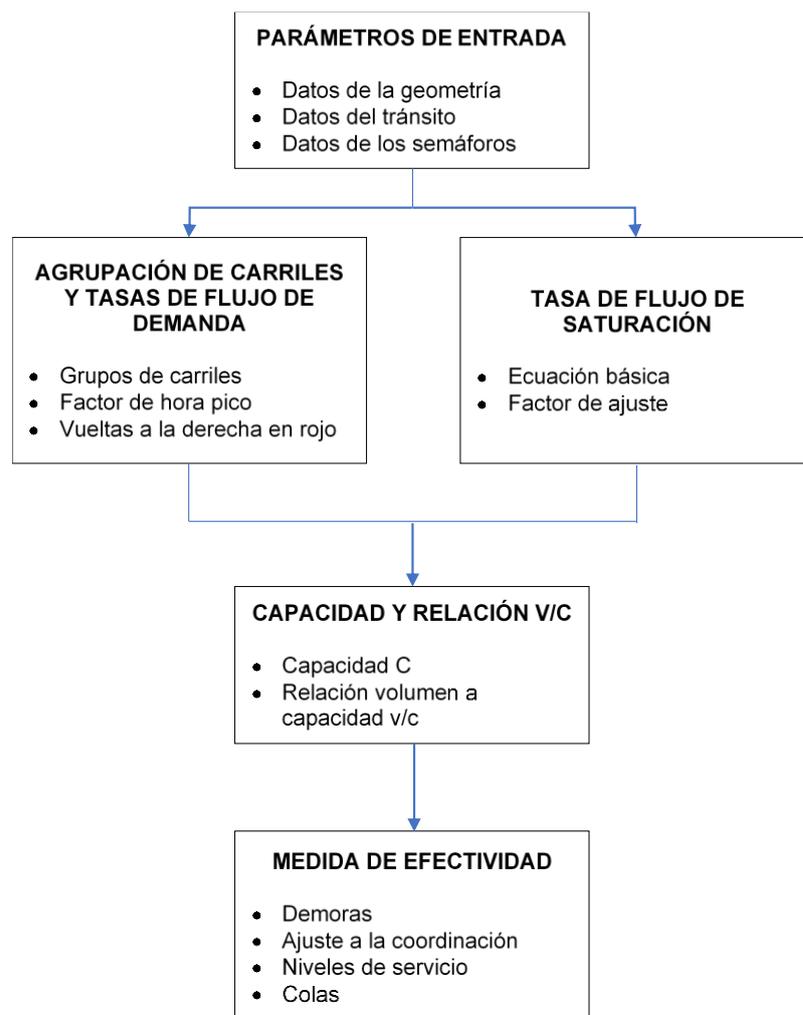
Para llevar a cabo un análisis operacional, se deben considerar múltiples aspectos que afectan el funcionamiento del inter tramo semaforizado. Estos incluyen el volumen de tráfico, la distribución de los flujos vehiculares, los tiempos de ciclo semafórico, las características geométricas como el número de carriles y la longitud de las colas, entre otros.

La Figura 6 muestra un diagrama ilustrativo de la metodología operacional para intersecciones semaforizadas, según lo definido en el HCM. Este diagrama puede incluir diferentes fases del ciclo semafórico, tiempos de cambio entre fases, duración del ciclo completo, tiempos de verde efectivo y tiempos perdidos. Cada uno de estos componentes es crucial para calcular con precisión la capacidad del inter tramo y determinar el nivel de servicio correspondiente.

La aplicación del análisis operacional del HCM implica el uso de software especializado y herramientas de simulación que permiten modelar el comportamiento del tráfico bajo diversas condiciones. Esto facilita la evaluación de diferentes escenarios y la identificación de mejoras potenciales que pueden aumentar la eficiencia del flujo vehicular y reducir las demoras en las intersecciones.

**Figura 6**

*Metodología operacional para intersecciones semaforizadas*



*Nota.* Adaptado del *Manual de Capacidad de Carreteras* (HCM, 2010)

### 2.2.9. Datos de entrada

Según el Manual de Capacidad de Carreteras (2010), los datos de entrada para realizar un análisis detallado se dividen en tres tipos principales de condiciones: geométricas, de tránsito y de semaforización. Estos parámetros son fundamentales para poder evaluar y calcular de manera precisa el funcionamiento para determinar la capacidad del inter tramo con semáforos, se presentan los tipos de datos y los parámetros específicos que deben considerarse, detallados en la Tabla 2:

#### a) Condiciones Geométricas

Las condiciones geométricas se refieren a las características físicas y espaciales del inter tramo y sus componentes. Los parámetros de entrada incluyen:

- Número de carriles por dirección: Indica la cantidad de carriles disponibles para el tráfico en cada dirección del inter tramo.
- Ancho de carriles: Especifica el ancho de cada carril de la vía, lo cual influye en la capacidad del inter tramo.
- Longitud de colas de vehículos: La longitud de las colas de vehículos que se forman en las distintas fases del ciclo semafórico.
- Longitud de las zonas de almacenamiento: Espacios designados para que los vehículos esperen en el inter tramo sin bloquear el flujo de tráfico en vías adyacentes.
- Radio de giro: El radio de curvatura de las esquinas del inter tramo, afectando la capacidad de los vehículos para girar con seguridad.
- Distancia entre intersecciones: La distancia entre un inter tramo y el siguiente, lo cual afecta la operación de las intersecciones en conjunto.

#### b) Condiciones de Tránsito

Las condiciones de tránsito se refieren a la cantidad y al tipo de vehículos que circulan por el inter tramo en diversos momentos del día. Los parámetros de entrada incluyen:

- Volumen de tráfico: El número total de vehículos que cruzan el inter tramo durante un período de tiempo determinado, generalmente medido en vehículos por hora.
- Composición de tráfico: La proporción de vehículos livianos, vehículos pesados, bicicletas y peatones que utiliza el inter tramo.

- Patrones de demanda: Los patrones de flujo de tráfico durante las diferentes horas del día y días de la semana, incluyendo las horas pico.

### c) Condiciones de SemafORIZACIÓN

Las condiciones de semafORIZACIÓN se refieren a los parámetros relacionados con el control del tráfico mediante señales semaforicas. Los parámetros de entrada incluyen:

- Duración del ciclo semaforico: La duración total necesaria para completar un ciclo completo de todas las fases semaforicas.
- Duración de las fases semaforicas: El tiempo asignado a cada fase específica dentro del ciclo semaforico completo.
- Coordinación semaforica: La sincronización de las señales semaforicas en una serie de intersecciones para optimizar el flujo de tráfico a través de una arteria vial.
- Tipo de control semaforico: Si es un control manual, automático o adaptativo, que influye en la eficiencia del control del tráfico en el inter tramo.

**Tabla 2**

*Parámetros de entrada según el tipo de condición para un inter tramo semaforizado*

Tipo de condición	Parámetros
Geométricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de área</li> <li>• Número de carriles, N</li> <li>• Ancho promedio de carriles, W (m)</li> <li>• Pendiente, G (%)</li> <li>• Existencia de carriles exclusivos, LT o RT</li> <li>• Longitud de bahías, LT o RT, Ls (m)</li> <li>• Estacionamiento</li> </ul>
De tránsito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de demanda por movimiento, V (veh/h)</li> <li>• Tasa de flujo de saturación base, So (veh livianos/h/carril)</li> <li>• Factor de hora de máxima demanda, FHMD</li> <li>• Porcentaje de vehículos pesados, HV (%)</li> <li>• Tasa de flujo peatonal en el acceso, Vpea (peatones/h)</li> <li>• Autobuses que paran en la inter tramo, Nb (autobuses/h)</li> <li>• Actividad de estacionamiento, Nm (maniobras)</li> <li>• Tipo de llegadas, AT</li> <li>• Proporción de vehículos que llegan en verde, P</li> <li>• Velocidad de aproximación, Sa (km/h)</li> </ul>

(continúa)

Tabla 2 (continuación)

Tipo de condición	Parámetros
De semaforización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longitud de ciclo, <math>c</math> (s)</li> <li>• Tiempo verde, <math>G</math> (s)</li> <li>• Velocidad de aproximación, <math>S_a</math> (km/h)</li> <li>• Ámbar (s)</li> <li>• Amarillo + todo rojo, intervalo de cambio y despeje, entre verde, <math>Y</math>(s)</li> <li>• Operación accionada o prefijada</li> <li>• Botón peatonal</li> <li>• Verde mínimo peatonal, <math>G_p</math> (s)</li> <li>• Plan de fases</li> <li>• Periodo de análisis, <math>T</math> (h)</li> </ul>

### 2.2.10. Determinación de grupo de movimiento y grupo de carriles

Según HCM (2010), el grupo de movimiento se refiere a las direcciones específicas en las que los vehículos pueden moverse a través del inter tramo. Cada grupo de movimiento tiene asociado un volumen de demanda de vehículos por hora y se define por las propiedades del flujo vehicular en que se incluye en esa dirección particular.

Para identificar los grupos de movimiento, se consideran las siguientes características:

#### a) Movimiento vehicular

Se identifica el movimiento principal que realizan los vehículos en cada dirección (derecha, izquierda, recto).

#### b) Demanda de tráfico

Se cuantifica el número de vehículos que demandan pasar por cada movimiento en un período de tiempo específico (generalmente por hora).

#### c) Tipo de vehículos

Se determina si los movimientos son realizados por vehículos livianos o vehículos pesados (como camiones), ya que estos pueden tener diferentes impactos en la capacidad del inter tramo.

#### d) Condiciones de semaforización

Se toma en cuenta la distribución de tiempos de verde y las fases del semáforo que afectan la eficiencia de los movimientos en el inter tramo.

El grupo de carriles se refiere a los carriles específicos en el inter tramo que están asignados para un grupo de movimiento particular. Estos carriles son utilizados por los vehículos que realizan un tipo específico de movimiento (giro a la derecha, giro a la izquierda, o avance recto).

Para identificar los grupos de carriles, se toman en cuenta las siguientes características:

- Disposición geométrica: Se analiza la disposición de los carriles en el inter tramo, considerando la presencia de carriles exclusivos destinados tanto para giros a la izquierda como para giros a la derecha.
- Capacidad y flujo de vehículos: La capacidad de cada carril para gestionar el flujo de vehículos se evalúa en función de la tasa de flujo de saturación y las condiciones de tráfico.
- Funcionamiento semafórico: Se considera la asignación del tiempo verde para cada grupo de carriles, asegurando que se optimice el movimiento de vehículos del inter tramo.

**Figura 7**

*Grupo de carriles típicos para análisis*

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right: 	MG 1: 	LG 1: 
2	Exclusive left:  Thru. & right: 	MG 1:  MG 2: 	LG 1:  LG 2: 
2	Left & thru.:  Thru. & right: 	MG 1: 	LG 1:  LG 2: 
3	Exclusive left:  Exclusive left:  Through:  Through:  Thru. & right: 	MG 1:  MG 2: 	LG 1:  LG 2:  LG 3: 

*Nota. Tomado del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010)*

### 2.2.11. Determinación de la tasa de ajuste de flujo de demanda

La tasa de ajuste del flujo vehicular se calcula en el proceso de los 15 minutos de mayor demanda, se procederá a dividir el volumen horario total entre el factor de hora pico (FHP), como se indica en la ecuación 1. (HCM, 2010)

$$v_p = \frac{V}{FHP} \quad (1)$$

Donde:

$v_p$ : Tasa de ajuste de flujo de demanda en un periodo de 15 minutos (veh/h)

$V$ : Volumen por hora total (veh/h)

$FHP$ : Factor de hora pico

### 2.2.12. Determinación del factor de la hora pico (FHP)

El factor de la hora pico (FHP) es la medida crucial en el análisis de tráfico que usa para determinar la relación entre el volumen máximo de vehículos en una hora y el volumen máximo durante un periodo de 15 minutos. Este factor ofrece información esencial sobre la concentración y distribución del tráfico en una vía o inter tramo específica durante las horas de mayor demanda, como se muestra en la ecuación 2. (Villaverde Ospinal, 2019)

$$FHP = \frac{V}{4 \cdot V_{15}} \quad (2)$$

Donde:

$V$ : Volumen máximo en una hora

$V_{15}$ : Volumen máximo durante un periodo de 15 minutos

El factor de hora pico se utiliza principalmente para ajustar las estimaciones de volumen de tráfico basadas en conteos realizados durante periodos más cortos (como 15 minutos) a valores equivalentes de una hora completa. Esto es esencial para el diseño y la planificación de infraestructuras viales, ya que permite estimar con mayor precisión las capacidades y demandas de tráfico en diferentes momentos del día, especialmente durante las horas de mayor congestión.

La importancia del factor de hora pico radica en su capacidad para proporcionar datos ajustados que reflejan las condiciones reales de tráfico en una vía, lo cual es crucial para la toma de decisiones fundamentadas en el diseño y la gestión del sistema de transporte urbano y rural.

Esta métrica se aplica ampliamente en estudios de ingeniería de tráfico y planificación vial urbana para mejorar la eficiencia y seguridad de las redes viales, asegurando que las capacidades de las vías y las intersecciones puedan manejar adecuadamente el volumen de tráfico durante las horas pico.

### 2.2.13. Obtención de la tasa de flujo de saturación

La tasa de flujo de saturación es la cantidad máxima de vehículos por hora que puede soportar el conjunto de carriles, asumiendo que tienen luz verde de manera continua (es decir,  $g/C = 1$ ) esto según (Garber & Hoel, 2005). La ecuación 3 nos permite determinar el flujo de saturación del grupo de carriles.

$$S = S_o \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \quad (3)$$

Donde:

- $S$ : Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (veh/h verde)
- $S_o$ : Tasa de flujo de saturación base para vehículos ligeros en vehículos por hora por carril.
- $N$ : Cantidad de carriles.
- $f_w$ : Factor de ajuste por ancho del carril y geometría de la vía.
- $f_{HV}$ : Factor de ajuste por porcentaje de vehículos pesados.
- $f_g$ : Factor de ajuste por grado de pendiente de la vía.
- $f_p$ : Factor de ajuste por tipo de llegada de vehículos.
- $f_{bb}$ : Factor de ajuste por autobuses que paran en la inter tramo.
- $f_a$ : Factor de ajuste por actividad de estacionamiento.
- $f_{LU}$ : Factor de ajuste por la existencia de carriles exclusivos (Left Turn, giro a la izquierda).
- $f_{LT}$ : Factor de ajuste por longitud de bahía de giro a la izquierda.
- $f_{RT}$ : Factor de ajuste por longitud de bahía de giro a la derecha.
- $f_{Lpb}$ : Factor de ajuste por operación de semáforo para carriles de giro a la izquierda.

$fRpb$ : Factor de ajuste por operación de semáforo para carriles de giro a la derecha.

El flujo de saturación base ( $S_0$ ) es necesario cuando el inter tramo está ubicado en un área urbana con habitantes mayores a 250 000, según el HCM 2010 este flujo es de 1900 veh/carril/h y en otras ciudades es 1750 veh/carril/h. (Rodríguez Urrego, 2015)

#### 2.2.14. Factor de ajuste por ancho de carriles

De acuerdo con el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010), indica los efectos negativos de los carriles reducidos en el caudal de saturación y facilita un caudal mayor en los carriles amplios.

El ancho estándar es de 3,65 m., en caso el ancho sea mayor a 4,8 m. se debe analizar como si fueran 2 carriles; no se debe calcular un ancho menor a 2,4 m. Los valores que se manejan son factores únicos que se muestran en la Tabla 3. (Rodríguez Urrego, 2015)

**Tabla 3**

*Factor de ajuste por ancho de carriles*

Ancho de carril (m)	Factor de ajuste (fw)
< 3,0	0,96
≥ 3.0 – 3,92	1,00
> 3,92	1,04

*Nota. Adaptado del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010)*

#### 2.2.15. Factor de ajuste para vehículos pesados

Según el HCM (2010), el factor para vehículos pesados ( $f_w$ ) indica la diferencia de espacio adicional que está siendo ocupado por un vehículo grande y la complejidad de su manejo en comparación con un automóvil convencional. Es importante destacar que este factor no incluye los autobuses locales que hacen paradas en el área del inter tramo. Además, la ecuación 4 se utiliza para determinar este factor específico aplicado a los vehículos pesados.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)} \quad (4)$$

Donde:

$\%HV$ : Porcentaje de vehículos pesados del grupo

$E_T$ : Número equivalente de vehículos livianos por cada vehículo pesado es 2.0

### 2.2.16. Factor de ajuste por pendiente

Según HCM (2010), aborda detalladamente cómo las rampas y pendientes afectan la capacidad de las vías. Este factor es crucial, ya que gradientes que van desde -6% hasta 10% pueden influir significativamente en la eficiencia del tráfico. Según el manual, las pendientes ascendentes tienen un impacto positivo al facilitar el movimiento de los vehículos, mientras que las descendentes pueden reducir la capacidad operativa debido a la necesidad de mayor control de velocidad y frenado. La ecuación 5 del HCM 2010 proporciona un método para calcular el factor de ajuste por pendiente, considerando el porcentaje de inclinación del terreno. Esta herramienta es fundamental para evaluar cómo las condiciones topográficas específicas afectan el rendimiento de una vía, permitiendo diseñar intervenciones adecuadas para mejorar la fluidez del tráfico en diferentes tipos de entornos geográficos y urbanos.

$$fg = 1 - \frac{\%G}{200} \quad (5)$$

Donde:

$\%G$ : Porcentaje de pendiente del acceso

### 2.2.17. Factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

De acuerdo a HCM (2010) en las intersecciones, es crucial considerar el impacto de los autobuses que realizan paradas para carga y descarga de pasajeros, tanto antes como después de cruzar el inter tramo, a una distancia aproximada de 76 metros de la línea de parada. Según el Manual de Capacidad de Carreteras, la ecuación 6 proporciona un método para calcular el factor de ajuste por estacionamiento en estas situaciones. La ecuación 6, permite calcular el factor de ajuste por estacionamiento.

$$fp = \frac{N - 0,1 - \frac{18 \cdot Nm}{3600}}{N} \geq 0,050 \quad (6)$$

Donde:

$Nm$ : Cantidad de maniobras de estacionamiento (maniobras/h)

$N$ : Cantidad de carriles del grupo de carriles

Es crucial mantener un límite máximo de 180 movimientos por hora y un valor mínimo de 0,050 para este factor, dado que cada maniobra de estacionamiento puede causar obstrucciones en el tráfico adyacente durante aproximadamente 18 segundos en promedio según lo estipulado. Esto subraya la importancia de gestionar eficazmente las operaciones de carga y descarga en las áreas cercanas a las intersecciones para minimizar las interrupciones al flujo vehicular.

### 2.2.18. Factor de ajuste por bloqueo de buses

La presencia de los autobuses que se detienen para recoger o dejar pasajeros en una parada cercana del inter tramo tiene un impacto significativo en el flujo de tráfico vehicular esto según el Manual de Capacidad de Carreteras (2010), este fenómeno, conocido como bloqueo de buses, puede generar congestión y aumentar las demoras en el inter tramo. La ecuación 7 del HCM proporciona una metodología para calcular el factor de ajuste específico para este tipo de situación. Describe el efecto de los buses que se frenan para cargar o descargar pasajeros en una parada de autobús cercana del inter tramo. La ecuación 7 nos muestra como calcular el factor de ajuste por bloqueo de buses.

$$fbb = \frac{N - \frac{14.4 \cdot Nb}{3600}}{N} \geq 0,050 \quad (7)$$

Donde:

$N$ : Cantidad de carriles del grupo de carriles

$Nb$ : Cantidad de buses que paran por hora

Este factor de ajuste por bloqueo de buses considera la cantidad de tiempo que los buses pasan detenidos en la parada y cómo esta acción afecta la fluidez del tráfico circundante. Es crucial entender y gestionar eficazmente estos tiempos de parada para minimizar el impacto negativo en la capacidad operativa de las intersecciones y mantener un flujo vehicular óptimo.

### 2.2.19. Factor de ajuste por tipo de área.

En comparación con otras ubicaciones, las intersecciones dentro del Distrito Central de Negocios (CBD) suelen ser menos eficientes debido a varios factores, como el diseño geométrico complejo y los altos volúmenes de tráfico y peatones. El Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010) indica que estas intersecciones pueden experimentar mayores niveles de congestión y demoras debido a estas condiciones.

El término "CBD" se refiere al Distrito Central de Negocios, que representa el centro neurálgico de una ciudad, caracterizado por una intensa actividad comercial y de negocios. En estas áreas urbanas densamente pobladas, el diseño geométrico de las intersecciones a menudo debe ser cuidadosamente planificado para facilitar el flujo eficiente de vehículos y peatones. Cuando se implementan soluciones de diseño que permiten una mejor circulación de los automóviles, como cambios en la geometría de las intersecciones o ajustes en los tiempos semafóricos, se puede mejorar la capacidad operativa de estas intersecciones. El valor de 0,90 mencionado en el HCM 2010 indica un factor de ajuste utilizado específicamente en intersecciones dentro de áreas CBD, reflejando una mejora potencial en el desempeño del tráfico cuando se aplican estrategias de diseño adecuadas.

### 2.2.20. Factor de ajuste por utilización de carriles

El factor de ajuste por utilización de carriles se emplea para determinar la capacidad máxima de flujo en grupos de carriles que contienen más de un carril exclusivo. Si un grupo de carriles incluye un carril compartido o exclusivo, el factor de ajuste se considera 1,0 esto de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras según HCM (2010). Este factor es crucial para estimar con precisión la capacidad de flujo de vehículos en intersecciones y áreas de tráfico donde la configuración de los carriles puede variar significativamente. La ecuación 8 proporciona el cálculo específico para este factor, considerando las condiciones geométricas y operativas que afectan el rendimiento del tráfico en dichas áreas. Ajustar correctamente este factor permite optimizar el diseño, la administración y dirección del tráfico en el inter tramo con múltiples configuraciones de carriles

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N \cdot v_{gl}} \quad (8)$$

Donde:

$v_g$ : Tasa de flujo de demanda no ajustada del grupo de carril

$N$  : Número de carriles exclusivos del grupo

$v_{gl}$ : Tasa de flujo de demanda no ajustada en el carril exclusivo con mayor tránsito de todos los carriles

### 2.2.21. Factor de ajuste por giros a la derecha

Según las directrices del Manual de Capacidad de Carreteras, HCM (2010), el factor de corrección por giros hacia la derecha se emplea para describir cómo la configuración geométrica de estos giros influye en la capacidad máxima de flujo en un conjunto de carriles. Cuando el grupo de carriles no incluye giros a la derecha, el factor de ajuste es 1,0. Sin embargo, cuando se consideran giros a la derecha, se aplican ecuaciones específicas dependiendo de si los carriles son exclusivos para giros, compartidos o tienen un solo carril. La ecuación 9 se utiliza para calcular el factor de ajuste por giros a la derecha en carriles exclusivos, la ecuación 10 se emplea para carriles compartidos y la ecuación 11 se aplica cuando hay un único carril. Estas ecuaciones permiten incorporar de manera precisa cómo la presencia y configuración de los giros a la derecha influyen en la capacidad de flujo vehicular en intersecciones y áreas de tráfico, facilitando así el diseño y la gestión eficiente del tráfico en estas ubicaciones.

Carril exclusivo:

$$f_{RT} = 0,85 \quad (9)$$

Carril compartido:

$$f_{RT} = 1 - 0,15 \cdot P_{RT} \quad (10)$$

Carril único:

$$f_{RT} = 1 - 0,135 \cdot P_{RT} \quad (11)$$

Donde:

$P_{RT}$ : Cantidad equivalente de automóviles que giran a la derecha en el grupo de carriles

### 2.2.22. Factor de ajuste por giros a la izquierda.

De acuerdo a las directrices del Manual de Capacidad de Carreteras HCM (2010), el factor de ajuste por giros a la izquierda se utiliza para representar cómo la geometría de estos giros afecta el flujo de saturación en un grupo de carriles. Cuando el grupo de carriles no incluye giros a la izquierda, el factor de ajuste es 1,0. Sin embargo, cuando se consideran giros a la izquierda, se aplican ecuaciones específicas dependiendo de si los carriles son exclusivos para giros o compartidos. La ecuación 12 se emplea para establecer el factor de corrección por giros a la izquierda en carriles dedicados, mientras que la ecuación 13 se aplica cuando hay carriles compartidos. Estas ecuaciones permiten capturar de manera precisa cómo la presencia y configuración de los giros a la izquierda afectan la capacidad de flujo vehicular en intersecciones y áreas de tráfico, facilitando así el diseño y la gestión eficiente del tráfico en estas ubicaciones urbanas.

Carril exclusivo:

$$f_{LT} = 0,95 \quad (12)$$

Carril compartido:

$$f_{LT} = \frac{1}{1 + 0,05 \cdot P_{LT}} \quad (13)$$

Donde:

$P_{LT}$ : Cantidad equivalente de automóviles que giran a la izquierda en el grupo de carriles

### 2.2.23. Factor de ajuste por peatones y bicicletas

Para calcular tanto el ajuste para peatones y bicicletas que giran a la izquierda  $f_{Lpb}$  como a la derecha  $f_{Rpb}$ , se considera el conflicto entre vehículos que giran y la presencia de peatones y bicicletas. El porcentaje de tiempo que se pasa en verde en las zonas de conflicto depende de su ocupación y del número de carriles que reciben tráfico del giro. Estos factores solo se consideran si existe conflicto peatón/ciclista con vehículos y solo se aplican para carriles exclusivos; en caso de no existir conflicto ambos factores serán de 1. (HCM, 2010). La ecuación 14 y 15 permite determinar los ajustes por peatones y bicicletas que realizan giros a la izquierda y derecha, de manera correspondiente.

Izquierda:

$$f_{Lpb} = 1 - P_{LT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{LTA}) \quad (14)$$

Derecha:

$$f_{Rpb} = 1 - P_{RT}(1 - A_{pbT})(1 - P_{RTA}) \quad (15)$$

Donde:

$P_{LT}$ : Proporción de giros a la izquierda en el grupo de carriles

$P_{LTA}$ : Proporción de giros a la izquierda de la fase protegida sobre el total de verde del grupo de carriles

$A_{pbT}$ : Ajuste en la fase permitida

$P_{RT}$ : Proporción de giros a la derecha en el grupo de carriles

$P_{RTA}$ : Proporción de giros a la derecha de la fase protegida sobre el total de verde del grupo de carriles

## 2.2.24. Determinación de la capacidad y la relación volumen-capacidad

### 2.2.24.1. Capacidad

Según el HCM (2010), la capacidad de un grupo de carriles que maneja un flujo de tráfico sin permitir giros a la izquierda se calcula utilizando la ecuación 16, la cual define la capacidad del conjunto de carriles en vehículos por hora.

$$C = S \left( \frac{g_i}{c} \right) \quad (16)$$

Donde:

$C$ : Capacidad del grupo de carriles  $i$  (veh/h)

$S$ : Tasa de flujo de saturación del grupo de carriles  $i$  (veh/h)

$g_i$ : Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (seg)

$c$ : Ciclo del semáforo (s)

$g_i/c$ : Proporción de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$

### 2.2.24.2. Relación volumen-capacidad

Tiene como definición la proporción entre el volumen del conjunto de carriles y su capacidad, también es conocida como grado de saturación y tiene como símbolo  $X_i$ . Cuando este valor es mayor a 1, indica un exceso de demanda sobre la capacidad. (HCM, 2010). La ecuación 17, sirve para calcular la relación que existe entre el volumen y la capacidad.

$$X_i = \frac{v_i}{C} \quad (17)$$

Donde:

$v_i$ : Tasa de flujo de tráfico actual o proyectado del grupo de carriles  $i$  (veh/h)

$C$ : Capacidad del grupo de carriles (veh/h)

### 2.2.25. Determinación de las demoras

La demora determinada muestra el tiempo medio de inspección de los vehículos en su totalidad que llegaron durante el tiempo establecido por el estudio, esto incluye retrasos para los vehículos que todavía están en línea al final del periodo de análisis. (HCM, 2010). La ecuación 18, sirve para calcular la demora promedio por vehículo de un grupo de carriles.

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (18)$$

Donde:

$d_1$ : demora uniforme (seg/veh), suponiendo llegadas uniformes

$PF$ : factor de ajuste por coordinación de los semáforos.

$d_2$ : demora incremental (seg/veh), considera el efecto de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas en el periodo de análisis.

$d_3$ : demora por cola inicial (seg/veh), considera las demoras experimentadas por todos los vehículos debido a la presencia de colas previas antes del inicio del periodo de análisis.

### 2.2.25.1. Factor de ajuste por coordinación de los semáforos

La configuración de los semáforos afecta primordialmente a la demora uniforme, con una buena configuración el porcentaje de vehículos que llegan a la zona en verde será alto. (HCM, 2010). La ecuación 19 nos permite calcular el factor de corrección debido a la coordinación de los semáforos.

$$PF = \frac{(1 - P) \cdot f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{c}\right)} \quad (19)$$

Donde:

$P$ : Proporción de vehículos que llegan en verde

$g/c$ : Proporción de verde efectivo

$f_{PA}$ : Factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde

$PF = 1,00$  para intersecciones aisladas.

El valor de  $P$  puede ser calculado en campo como la proporción de vehículos que llegan a la línea de parada o se unen a la cola, ya sea en condiciones estacionarias o en movimiento, mientras se encuentran en la fase verde del semáforo; esto también puede determinarse por el tipo de llegada a la inter tramo (AT) que se muestra en la Tabla 4. (Villaverde Ospinal, 2019)

**Tabla 4**

*Tipos de llegada según el comportamiento del pelotón vehicular*

Tipos de llegada	Descripción
1	Pelotón denso: Este tipo de agrupamiento de vehículos constituye un porcentaje del 80% más del volumen de acuerdo al grupo de carriles y alcanza la inter tramo justo al comenzar la fase roja. Se observa comúnmente en enlaces de red donde la progresión es muy baja, lo que significa que los vehículos tienden a agruparse y alcanzar la inter tramo justo cuando la señal cambia a rojo.
2	Pelotón moderadamente denso: Este grupo de vehículos llega en medio de la fase roja o durante la fase roja. Corresponde entre el 40% y el 80% del volumen total del grupo de carriles Es característico de calles de dos sentidos con progresión desfavorable, donde los vehículos tienen menos oportunidades de avanzar fluidamente debido a la coordinación limitada de las señales.

(continúa)

Tabla 4 (Continuación)

Tipos de llegada	Descripción
3	Llegadas aleatorias, Este patrón implica representa menos del 40% del volumen total del grupo de carriles y es común en intersecciones aisladas no interconectadas, donde los peatones también están dispersos. La operación puede ser coordinada con una progresión mínima, lo que significa que los vehículos llegan de manera irregular y no en grupos significativos.
4	Pelotón moderadamente denso, En este caso, el pelotón llega a la mitad de la fase verde o durante la fase. Representa entre el 40% y el 80% del volumen total del grupo de carriles. Se observa en calles de dos sentidos con una progresión favorable, lo que permite que los vehículos avancen de manera más fluida en comparación con las progresiones desfavorables.
5	Pelotón denso a moderadamente denso, Este tipo de pelotón representa más del 80% del volumen del grupo de carriles y llega justo al inicio de la fase verde. Es típico en rutas donde las entradas de calles laterales tienen un tráfico bajo a moderado y la progresión es altamente favorable, permitiendo que los vehículos continúen su marcha sin mayores interrupciones.
6	Llegada reservada, Este patrón se observa en rutas con una calidad de progresión excepcional, casi ideal. Representa pelotones muy densos que se desplazan por intersecciones estrechamente espaciadas y con entradas de calles laterales mínimas o insignificantes. Aquí, los vehículos experimentan una mínima interrupción en su avance, lo que facilita una progresión casi continua y eficiente a través de la red de carreteras.

*Nota.* Adaptado de la Revista RIEMAT, Vol. 6, Núm. 2 (Vera y otros, 2021)

De acuerdo con el HCM (2010), considera que lo ideal es observar en campo el tipo de llegada, no obstante, al no poder cuantificarlo, se puede vincular con la relación del pelotón ( $R_p$ ), el cual se muestra en la Tabla 5 y se puede calcular mediante la ecuación 20. El factor de ajuste suplementario de la secuencia ( $f_{PA}$ ) se puede determinar mediante la Tabla 6 (Villaverde Ospinal, 2019)

**Tabla 5**

*Relación entre el pelotón y los tipos de llegada*

Tipos de llegada	Rango de proporción de pelotón ( $R_p$ )	Valor por defecto ( $R_p$ )	Calidad de progresión
1	$\leq 0,50$	0,333	Muy pobre
2	$> 0,50 - 0,85$	0,667	Desfavorable
3	$> 0,85 - 1,15$	1,000	Llegadas aleatorias
4	$> 1,15 - 1,50$	1,333	Favorable
5	$> 1,50 - 2,00$	1,667	Altamente favorable
6	$> 2,00$	2,000	Excepcional

*Nota.* Adaptado de Villaverde Ospinal (2019).

$$R_p = \frac{P}{(g^i/c)} \quad (20)$$

Donde:

$P$ : Proporción de vehículos que llegan en la fase verde ( $P \leq 1$ )

$g^i$ : Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles  $i$  (seg)

$c$ : Ciclo del semáforo (s)

**Tabla 6**

*Factor de ajuste suplementario de secuencia*

Relación ( $g/c$ )	Tipo de llegada (AT)					
	AT 1	AT 2	AT 3	AT 4	AT 5	AT 6
0,20	1,167	1,007	1,000	1,000	0,833	0,750
0,30	1,286	1,063	1,000	0,986	0,714	0,571
0,40	1,445	1,136	1,000	0,895	0,555	0,333
0,50	1,667	1,240	1,000	0,767	0,333	0,000
0,60	2,001	1,395	1,000	0,576	0,000	0,000
0,70	2,556	1,653	1,000	0,256	0,000	0,000
$f_{PA}$	<b>1,00</b>	<b>0,93</b>	<b>1,00</b>	<b>1,15</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
$R_p$ por defecto	0,333	0,667	1,000	1,333	1,667	2,000

*Nota.* Adaptado de Villaverde Ospinal (2019).

### 2.2.25.2. Demora uniforme

Según el Manual de Capacidad de Carreteras (2010), se parte del supuesto que las llegadas de vehículos ocurren de manera aleatoria a lo largo de todo el ciclo de semáforo. Esto implica que se considera un período efectivo de verde y un flujo de saturación constante durante ese intervalo. La ecuación 21 del manual se utiliza para calcular la demora uniforme mencionada anteriormente, la cual es una medida del tiempo promedio que los vehículos esperan en el inter tramo sin que se produzca saturación en ningún ciclo específico del semáforo.

$$d1 = \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]} \quad (21)$$

Donde:

$c$ : Ciclo semafórico

$g/c$ : Proporción de verde efectivo

$\min(1, X)$ : Relación volumen/capacidad del acceso

### 2.2.25.3. Demora incremental

Según el Manual de Capacidad de Carreteras (2010), la demora en el inter tramo consta de dos componentes principales. El primero se refiere a las fluctuaciones aleatorias, que incluyen las demoras debido a la variabilidad en la llegada de vehículos y otros factores imprevisibles que pueden causar retrasos en los ciclos semafóricos. El segundo componente aborda el retraso causado por la sobresaturación durante el periodo de análisis, que ocurre cuando la demanda de vehículos supera la capacidad máxima que el inter tramo puede manejar eficientemente. La ecuación 22 del manual se utiliza para calcular la demora incremental mencionada anteriormente. Esta demora incremental representa el tiempo adicional que los vehículos experimentan debido a los ciclos de semáforo que se saturan ocasionalmente, causando mayores tiempos de espera y retrasos en el inter tramo.

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot l \cdot X}{C \cdot T}} \right] \quad (22)$$

Donde:

$T$ : duración del periodo de análisis (0,25 h)

$k$ : factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones actuadas.  $k = 0,50$  para intersecciones prefijadas

$l$ : factor de ajuste por entradas en el inter tramo corriente arriba.  $l = 1,00$  para intersecciones aisladas

$X$ : Relación volumen/capacidad para el grupo de carriles

$C$ : Capacidad de grupo de carriles (veh/h)

### 2.2.25.4. Demora por cola inicial

De acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras (2010), la demora por cola inicial se define como el tiempo adicional que los vehículos deben esperar debido a la existencia de una fila de vehículos previa en el inter tramo. Esta demora se produce cuando los vehículos llegan y encuentran otros vehículos ya detenidos o en proceso de avanzar

desde la cola hacia el inter tramo. La ecuación 23 del manual proporciona una forma de calcular la demora por cola inicial. Esta ecuación considera diversos factores como el volumen de tráfico, la capacidad del inter tramo y el tiempo de espera acumulado debido a la cola existente en el momento de la llegada del vehículo.

$$d3 = \frac{1800 \cdot Qb(1 + u)t}{C \cdot T} \quad (23)$$

Donde:

$Qb$ : Cola inicial al principio del periodo  $T$  (veh)

$C$ : Capacidad del grupo de carriles (veh/h)

$T$ : Duración del periodo de análisis (0,25 h)

$t$ : Duración de la demanda insatisfecha (h)

$u$ : Parámetro de demora

Se tiene 5 casos de análisis para poder encontrar la demora por cola inicial:

- Caso 1: Sin cola inicial, periodo de análisis no saturado,  $d3 = 0$
- Caso 2: Sin cola inicial, periodo inicial sobresaturado,  $d3 = 0$
- Caso 3: La cola inicial  $Q_b$  más la demanda total en el periodo  $qT$  es menor a la capacidad disponible ( $cT$ ),  $Q_b + qT < cT$
- Caso 4: Existe una demanda insatisfecha decreciente en el periodo  $T$ . La demanda será menor que la capacidad,  $qT < cT$
- Caso 5: La demanda sobrepasa a la capacidad en el periodo  $T$ ,  $qT > cT$

Para los casos 1 y 2 se utiliza la ecuación 21 y 23 para calcular la demora uniforme y la demora adicional debido a la cola inicial, respectivamente.

Para calcular los parámetros  $t$  y  $u$  de los casos 3, 4 y 5 se utiliza la ecuación 24 y 25.

$$t = \min \left[ T, \frac{Q_b}{C[1 - \min(1, X)]} \right] \quad Q_b = 0, \text{ entonces } t = 0 \quad (24)$$

$$t = 1 - \left[ \frac{cT}{Q_b[1 - \min(1, X)]} \right] \quad t < T, \text{ entonces } u = 0 \quad (25)$$

### 2.2.26. Determinación de las demoras agregadas

Según Villaverde (2019), el cálculo de las demoras agregadas proporciona una medida crucial: el retraso de control individual por vehículo para cada grupo de carriles en el inter tramo. Esta demora individual refleja el tiempo adicional que cada vehículo experimenta debido a factores como el volumen de tráfico, la geometría del inter tramo y la operación del semáforo. Para obtener una visión completa de la eficiencia operativa del inter tramo, es esencial ponderar adecuadamente estas demoras individuales de cada grupo de carriles. La ponderación se realiza utilizando la ecuación 26, la cual permite combinar el retraso de todos los grupos de carriles y calcular de esta manera la demora total en el acceso. Este enfoque no solo ayuda a identificar los puntos críticos de congestión, sino que también proporciona información clave para implementar estrategias efectivas de gestión del tráfico y mejorar la fluidez vehicular en las intersecciones.

$$d_A = \frac{\sum d_i \cdot v_i}{\sum v_i} \quad (26)$$

Donde:

$d_i$ : Demora del grupo de carriles  $i$ , en el acceso A (s/veh)

$v_i$ : Flujo ajustado del grupo de carriles  $i$  (veh/h)

La ecuación 27 se utiliza para determinar la demora promedio de control en toda la inter tramo ( $d_I$ ), ponderando las demoras individuales de control de los accesos.

$$d_I = \frac{\sum d_A \cdot v_A}{\sum v_A} \quad (27)$$

Donde:

$d_A$ : Demora del acceso A (s/veh)

$v_A$ : Flujo ajustado del acceso A (veh/h)

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Accesos**

Según Chávez (2005), los accesos se refieren a las áreas de una vía diseñadas para permitir el flujo de vehículos o peatones hacia o desde ubicaciones específicas. Estas áreas están estratégicamente ubicadas para facilitar la entrada y salida de vehículos y peatones hacia o desde zonas o áreas determinadas. La función principal de los accesos es proporcionar facilidades que permitan el servicio eficiente y seguro a usuarios que se desplazan hacia destinos particulares, contribuyendo así a la organización y funcionalidad adecuada de la infraestructura vial urbana o rural.

### **2.3.2. Capacidad de Vía**

Según Chávez (2005), la capacidad de vía se entiende como la máxima cantidad de pasajeros y/o vehículos que pueden movilizarse por una vía durante un periodo específico y bajo condiciones particulares. Esta medida es crucial para determinar la eficiencia y el rendimiento de una vía en términos de su capacidad para manejar el flujo de tráfico sin congestionarse. La capacidad de vía se ve influenciada por diversos factores, como las propiedades o configuraciones geométricas de la vía, la señalización, la presencia de intersecciones y la distribución del tráfico a lo largo del día.

### **2.3.3. Carril de tránsito**

Según Chávez (2005), un carril de tránsito se define como una franja longitudinal en una vía destinada para el desplazamiento de un solo vehículo. Está diseñado con dimensiones específicas para permitir el tránsito seguro y eficiente de vehículos, ya sea en carreteras urbanas o rurales. Los carriles de tránsito varían en anchura según las normativas y las condiciones específicas de la vía. Además de facilitar el movimiento de vehículos, los carriles también pueden incluir marcas viales, señalización y otros elementos de seguridad para regular el tráfico y mejorar la fluidez en la vía.

### **2.3.4. Ciclo**

Según HCM (2010), el término "ciclo" en el contexto de la ingeniería de tráfico se refiere a el proceso completo de las de fases de un semáforo, desde el inicio de una fase verde hasta el inicio de la siguiente fase verde. Durante este ciclo, se realiza la transición ordenada de las luces de los semáforos para regular el flujo de vehículos y peatones

del inter tramo. El ciclo semafórico está compuesto por varias fases que pueden incluir verde, amarillo y rojo, así como intervalos de cambio entre fases para permitir el despeje del inter tramo. En la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010), se considera esencial entender y optimizar la duración del ciclo semafórico para mejorar la eficiencia del tránsito vehicular en intersecciones. Ajustar adecuadamente la duración del ciclo de acuerdo con las características del tráfico y las condiciones locales puede contribuir significativamente a reducir los retrasos y mejorar el nivel de servicio en las vías.

### **2.3.5. Clasificación vehicular**

Según Montoya (2005), el término "clasificación vehicular" se refiere a la categorización y especificación de los diferentes tipos de vehículos que circulan en el Sistema Nacional de Transporte Terrestre. Esta clasificación establece los estándares y especificaciones que deben cumplir los vehículos para poder ingresar, transitar, operar y salir eficientemente del sistema de transporte terrestre que proporciona un marco de referencia para entender cómo se categorizan los vehículos según diversos criterios, como el tamaño, el peso, el propósito de uso (por ejemplo, vehículos comerciales, privados, de carga, de pasajeros, entre otros), y las normativas específicas que deben cumplir para garantizar la seguridad vial y la eficiencia del transporte.

### **2.3.6. Conteo de tráfico**

Según Chávez (2005), el conteo de tráfico se define como un proceso de verificación cuantitativa y/o cualitativa realizado en la vía pública durante un período específico de tiempo. Este proceso tiene como objetivo principal recopilar datos precisos sobre la cantidad y tipo de vehículos que transitan por una determinada área o ruta. Este conteo puede realizarse utilizando diversas técnicas y herramientas, como cámaras de vídeo, sensores de presencia en la carretera, contadores manuales, entre otros métodos tecnológicos. La información recopilada durante el conteo de tráfico incluye datos cuantitativos, como el volumen de vehículos por hora o día, así como datos cualitativos, como la clasificación de vehículos según su tamaño, tipo y velocidad.

### **2.3.7. Duración de ciclo**

Según HCM (2010), la duración de ciclo se define como el tiempo total en segundos necesario para que un semáforo complete todas las fases de su ciclo operativo completo. Este concepto es fundamental en el diseño y la operación de sistemas de

control de tráfico en intersecciones y cruces viales. La duración de ciclo incluye todos los lapsos de tiempo designados para cada etapa del semáforo, como el verde, el ámbar, el rojo y los intervalos de cambio entre estas fases. La duración específica de ciclo puede variar según las características del tráfico en el inter tramo, las necesidades de los peatones y otras consideraciones de diseño urbano.

### **2.3.8. Estacionamiento**

Según Chávez (2005), el estacionamiento se refiere al acto de dejar un vehículo detenido en un área específica durante un período de tiempo más allá de lo que se consideraría una parada temporal. Esta definición implica que el vehículo queda estacionado sin la presencia de su conductor y puede ocurrir en diversos lugares designados para este propósito, como calles, plazas de estacionamiento, garajes, o en espacios públicos o privados. El estacionamiento implica una situación donde el vehículo permanece inmóvil durante un tiempo prolongado, más allá de una breve parada, lo que generalmente implica que el conductor no está presente. Este concepto abarca tanto el estacionamiento en la vía pública como en áreas designadas específicamente para tal fin, como estacionamientos comerciales, residenciales o de oficinas.

### **2.3.9. Fase**

Según HCM (2010), la fase, según el Manual de Capacidad de Carreteras, se define como la parte específica de un ciclo completo de un semáforo. Durante esta fase, se permite que ciertas combinaciones de movimientos de tráfico pasen simultáneamente a través del inter tramo en uno o más intervalos de tiempo predeterminados. En términos simples, una fase es el período dentro del ciclo de un semáforo durante el cual se permite el movimiento de vehículos en ciertas direcciones. Cada fase está diseñada para permitir la circulación segura y eficiente de los vehículos en el inter tramo, coordinando los movimientos de acuerdo con las condiciones de tráfico y las necesidades de los peatones.

### **2.3.10. Flujo de saturación**

De acuerdo HCM (2010), se refiere a la máxima cantidad de vehículos que pueden pasar a través de un grupo de entradas o carriles durante un lapso específico de tiempo, bajo las condiciones normales y prevalecientes del tráfico y la vía. Este concepto supone que el tiempo de verde disponible es del 100%, es decir, que todos los vehículos tienen

luz verde y pueden avanzar sin detenerse. En otras palabras, el flujo de saturación representa la capacidad máxima teórica de un grupo de carriles para gestionar el tráfico del inter tramo o sección de carretera. Se determina considerando factores como la duración del ciclo de semáforo, la configuración geométrica del inter tramo, la demanda de tráfico y las características operativas de los vehículos.

### **2.3.11. inter tramo**

Según Chávez (2005), se refiere al punto donde dos o más vías se encuentran al mismo nivel. En este punto, se cruzan y se conectan diferentes caminos, proporcionando acceso a través de dispositivos que regulan el tránsito vehicular. Las intersecciones pueden tomar diversas formas geométricas como X, ángulo agudo, ángulo recto, Y o T, dependiendo de cómo se cruzan las vías y la disposición del entorno urbano o rural. Las intersecciones son puntos críticos en la planificación y el diseño urbano y de carreteras, ya que afectan directamente la eficiencia y la seguridad del tráfico. La correcta señalización y el diseño geométrico de las intersecciones son fundamentales para facilitar un flujo vehicular seguro y eficiente. Además, las intersecciones pueden estar equipadas con semáforos, señales de alto, pasos peatonales y otras infraestructuras para gestionar de manera efectiva el cruce de vehículos y peatones.

### **2.3.12. Nivel de servicio**

Según Chávez (2005), se refiere a las condiciones operacionales experimentadas en una vía, carril o inter tramo. Este concepto se evalúa considerando varios factores clave que afectan la experiencia y la eficiencia del tránsito vehicular y peatonal. Entre estos factores se incluyen la velocidad de desplazamiento, el tiempo de viaje, las interrupciones en el tránsito, la facilidad de movimiento, la comodidad para los usuarios y la eficacia en términos de costo y tiempo. El nivel de servicio de una vía o inter tramo proporciona una medida cuantitativa y cualitativa de su funcionalidad y eficiencia. Esta evaluación ayuda a determinar cómo opera una infraestructura de transporte en relación con las expectativas de los usuarios y los estándares de rendimiento establecidos. Se clasifica en diferentes categorías (A - F) según criterios específicos, como la velocidad promedio, la capacidad de circulación y la fluidez del tráfico.

### **2.3.13. Proporción de verde**

Según HCM (2010), La "proporción de verde" es un término utilizado en el contexto del control de semáforos para describir la fracción del tiempo total del ciclo de semáforo

durante el cual una dirección específica tiene la luz verde. Según el Manual de Capacidad de Carreteras, esta proporción se calcula como la relación entre el tiempo verde efectivo y la duración total del ciclo de semáforo son conceptos cruciales. La proporción de verde indica que parte del ciclo de semáforo está dedicada a permitir que el tráfico de una dirección específica atraviese el inter tramo. Por ejemplo, si el tiempo verde efectivo para una dirección es de 30 segundos en un ciclo de semáforo que dura 60 segundos, entonces la proporción de verde sería 0,5 o 50%.

#### **2.3.14. Rojo efectivo**

Según HCM (2010), El "rojo efectivo" es un término utilizado en ingeniería de tráfico y control de semáforos para describir el período de período durante el cual no se permite la ejecución de ciertos movimientos o acciones específicas en el inter tramo semaforizado se conoce como tiempo de rojo o fase roja. Según el Manual de Capacidad de Carreteras, se calcula restando el tiempo verde efectivo del ciclo completo de semáforo. En términos simples, el rojo efectivo representa el tiempo en el que los vehículos que desean avanzar en una dirección particular deben detenerse debido a que otras direcciones tienen prioridad. Por ejemplo, si un ciclo de semáforo dura 60 segundos y el tiempo verde efectivo para una dirección es de 30 segundos, entonces el rojo efectivo para esa dirección sería de 30 segundos.

#### **2.3.15. Tasa de flujo**

Según Reyes et al. (2007), La "tasa de flujo" en el contexto del tráfico vehicular, la tasa de flujo se refiere al número de vehículos que cruzan un punto específico de una vía en un intervalo de tiempo determinado, generalmente medido en vehículos por hora (veh/h). Esta medida es esencial para evaluar la capacidad y eficiencia de una carretera, calle o inter tramo. Se calcula contando el número total de vehículos que pasan por un punto de control durante un periodo inferior a una hora. Por ejemplo, si se observan 500 vehículos pasando por un inter tramo en un lapso de 15 minutos, la tasa de flujo se calcularía multiplicando este número por 4 (para convertirlo a vehículos por hora), resultando en una tasa de flujo de 2000 veh/h.

#### **2.3.16. Tiempo de cambio**

Según HCM (2010), se refiere al intervalo que comprende el tiempo "amarillo" seguido por el "todo rojo" que ocurre entre las fases de un semáforo. Este tiempo es crucial para asegurar una transición segura y ordenada entre las diferentes fases de movimiento en

el inter tramo semaforizado. Durante el intervalo de "amarillo", se muestra la luz amarilla para advertir a los conductores que la fase verde está a punto de terminar y que pronto cambiará a rojo. Esto permite a los vehículos que se aproximan decidir si deben detenerse o continuar de manera segura a través del inter tramo. Luego, el "todo rojo" ocurre cuando todos los semáforos muestran luz roja simultáneamente en todas las direcciones, lo que detiene completamente el tráfico para permitir que los vehículos que aún están en el inter tramo la despejen antes de que comience la siguiente fase de movimiento.

### **2.3.17. Tiempo verde**

Según HCM (2010), se refiere al período dentro de una fase de semáforo durante el cual los vehículos tienen la luz verde, lo que les permite atravesar el inter tramo sin detenerse. Este tiempo verde es crucial para permitir que los vehículos atraviesen de manera segura y eficiente el inter tramo. Durante el tiempo verde, los vehículos que se aproximan al inter tramo tienen derecho de paso, lo que se indica mediante la señalización de luz verde. Este período está diseñado para proporcionar suficiente tiempo para que los vehículos que se aproximan lleguen a través del inter tramo antes de que comience la fase de luz roja en la dirección opuesta.

### **2.3.18. Tiempo de verde efectivo**

Según HCM (2010), se define como el tiempo total disponible durante una fase de semáforo para permitir movimientos vehiculares permitidos. Este tiempo incluye el tiempo verde activo más el intervalo de transición entre fases, menos cualquier tiempo perdido debido a diversos factores. El tiempo de verde efectivo es fundamental para determinar cuánto tiempo los vehículos tienen para atravesar el inter tramo de manera segura y eficiente antes de que comience la fase de luz roja. Este tiempo se calcula restando el tiempo perdido durante la fase verde, que puede incluir demoras causadas por la aceleración y desaceleración de vehículos, así como tiempos de reacción de conductores.

### **2.3.19. Volumen de tránsito**

Según Reyes et al. (2007), se define como la cantidad de vehículos que atraviesan una sección específica o punto en la calzada durante un intervalo de tiempo definido. Esta medida es fundamental para entender y evaluar el flujo de vehículos en diferentes partes de una red vial o en una ubicación particular. El volumen de tránsito se expresa

comúnmente en unidades de vehículos por hora (veh/h) o vehículos por día (veh/día), dependiendo del período de tiempo considerado en el conteo. Es un indicador crucial utilizado en la planificación y gestión del tráfico, ya que proporciona datos cuantitativos sobre la demanda de transporte en una determinada área y ayuda a evaluar y determinar la capacidad y eficiencia de la infraestructura vial existente.

### **2.3.20. Volumen horario de máxima demanda**

Según Reyes et al. (2007), se refiere a la máxima cantidad de vehículos que pueden pasar por un punto específico o sección de la calzada durante un período continuo de 60 minutos, también conocido como una hora. Esta medida captura el pico de tráfico observado durante una hora y es crucial para entender las cargas máximas que enfrenta una infraestructura vial en un momento determinado. Este concepto es fundamental en la planificación del transporte y la gestión del tráfico, ya que proporciona información sobre las capacidades máximas requeridas en las vías y ayuda a diseñar soluciones para manejar eficazmente los períodos de mayor demanda. El volumen horario de máxima demanda se expresa típicamente en unidades de vehículos por hora (veh/h) y se emplea para calcular la capacidad de las carreteras, identificar áreas críticas de congestión y planificar mejoras en la infraestructura vial.

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de investigación

El diseño de estudio empleado en este trabajo es experimental, dado que involucra la manipulación de variables con el fin de mejorar el nivel de servicio en las intersecciones viales.

### 3.2. Acciones y actividades

Para la obtención de datos, se realizarán registros de tráfico en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y la calle Amazonas en Moquegua. Se llevará a cabo un registro manual cada 15 minutos durante tres días a la semana: dos días de trabajo y un día de descanso. Durante estos conteos se cubrirán ambos sentidos del tráfico vehicular, y se tomará en cuenta el tiempo de los semáforos en uso actualmente.

Se ubicarán puntos de conteo en la entrada de cada acceso en ambas intersecciones, considerando en número de carriles y las distintas opciones de giros disponibles en las vías.

En la Figura 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se muestra la toma de datos del aforo vehicular y la congestión existente en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre en los diferentes turnos.

#### Figura 8

*Aforo vehicular turno mañana 7 h. – 9 h.*



**Figura 9**

*Congestión vehicular de la mañana*

**Figura 10**

*Aforo vehicular turno mediodía 12 h – 14 h.*

**Figura 11**

*Congestión vehicular del medio día*



**Figura 12**

*Aforo vehicular turno noche 18 h. – 20 h.*

**Figura 13**

*Congestión vehicular de la noche*



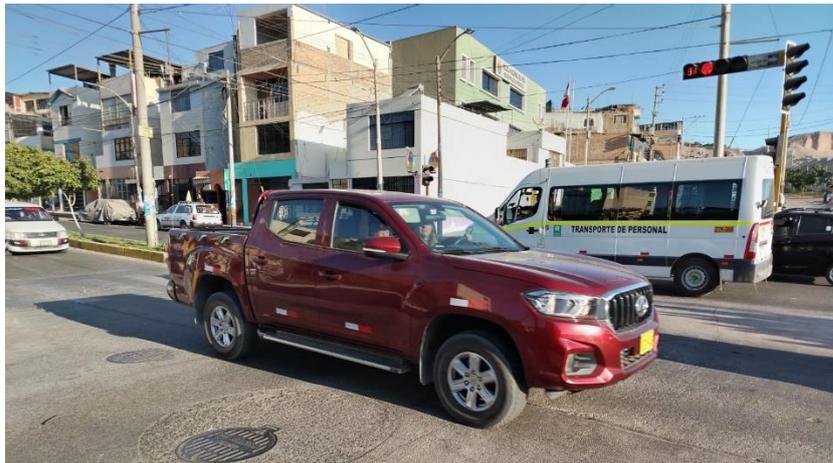
En la Figura 14, 15, 16, 17, 18 y 19 se muestra la toma de datos del aforo vehicular y la congestión existente en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas en los diferentes turnos.

**Figura 14**

*Aforo vehicular turno mañana 7 h. – 9 h.*

**Figura 15**

*Congestión vehicular de la mañana*

**Figura 16**

*Aforo vehicular turno mediodía 12 h – 14 h.*



**Figura 17**

*Congestión vehicular del medio día*

**Figura 18**

*Aforo vehicular turno noche 18 h. – 20 h.*

**Figura 19**

*Congestión vehicular de la noche*



Se tomarán las medidas de las secciones viales para tener mayores características del diseño geométrico de las intersecciones viales en estudio; a su vez se recolecta los tiempos de semaforización existentes en ambos inter tramos.

En la Figura 20 y 21 se observa la toma de medidas de las vías del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre, a su vez en la Figura 22 se ve la toma de tiempos de los semáforos del inter tramo.

**Figura 20**

*Toma de medidas de la veredas y berma*



**Figura 21**

*Toma de medidas del sardinel central y calzada*



**Figura 22**

*Recolección de tiempos de los semáforos*



En la Figura 23 y 24 se observa la toma de medidas de las vías del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas, a su vez en la Figura 25 se ve la toma de tiempos de los semáforos del inter tramo.

**Figura 23**

*Toma de medidas de la berma y vereda*



**Figura 24**

*Toma de medidas de la calzada y berma central*

**Figura 25**

*Recolección de tiempos de los semáforos*



### **3.3. Materiales y/o instrumentos**

Los materiales e instrumentos que se utilizaran para la investigación en campo son:

- Ficha o formulario de observación: para la realización del aforo vehicular.
- Cinta métrica: para realizar la medición del diseño geométrico de la inter tramo analizada.
- Cronómetro: para poder cuantificar los intervalos de tiempo en los semáforos, considerando los tipos de fase encontradas.
- Cámara fotográfica: se utilizó para los registros fotográficos y filmográficos de la inter tramo.
- Lapiceros

### 3.4. Población y/o muestra de estudio

#### 3.4.1. Población

La población objeto de estudio en esta investigación está compuesta por todos los vehículos que transitan por las vías específicas seleccionadas: el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre y la calle Amazonas en Moquegua.

#### 3.4.2. Muestra

La muestra está compuesta por los vehículos contabilizados en intervalos de cada 15 minutos por cada día (lunes, Miércoles y sábado) en las dos intersecciones con semáforos.

### 3.5. Operacionalización de variables

La Tabla 7 muestra la Operacionalización de las variables dependiente e independiente con sus respectivas dimensiones e indicadores.

**Tabla 7**

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador
Flujo vehicular	Fenómeno provocado por el flujo de vehículos en una vía. Antes de diseñar geoméricamente una vía, se debe conocer las características del tráfico que ocupa la vía. (Chávez Loayza, 2005)	Estudio de tránsito y análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de tránsito</li> <li>• Clasificación vehicular</li> <li>• SemafORIZACIÓN</li> <li>• Aforo vehicular</li> </ul>
Nivel de Servicio	Describe las condiciones operativas relacionadas con el tránsito. También es una medida de la calidad que brindan las vías a los usuarios, la velocidad a la que un vehículo puede viajar de manera cómoda y segura. (Vega Cuevas, 2018)	Niveles de servicio: A B C D E F	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento del tránsito</li> <li>• Demoras</li> <li>• Distribución vehicular en la vía</li> </ul>

### **3.6. Procesamiento y análisis de datos**

Una vez realizada la recolección de datos se procede a realizar los cálculos matemáticos en gabinete mediante cuadros en Excel que nos ayuden a calcular los valores obtenidos gracias a las encuestas y controles obtenidos en campo

- Hoja electrónica en Excel
- Cálculo del tiempo de semaforización
- Cálculo de cantidad de flujo vehicular máximo
- Cálculo de cantidad de flujo vehicular mínimo
- Control diario mediante encuestas y estadísticas físicas en campo.

Se utilizó la Metodología de análisis operacional para intersecciones semaforizadas del HCM 2010 en el inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre y con calle Amazonas para poder obtener el nivel de servicio de dichas intersecciones.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Descripción del Trabajo de Campo

En este estudio se identificaron los puntos de análisis ubicados en el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre y la calle Amazonas en la ciudad de Moquegua, que tiene una población de 180'477,00 habitantes según datos del INEI.

Para realizar el conteo vehicular del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre se le asignaron cuatro estaciones de conteo las cuales se denominaron (E1), (E2), (E3) y (E4), además se tomaron las medidas para conocer su geometría al igual que las pendientes respectivas y los tiempos semafóricos.

Siguiendo la misma metodología, se establecieron cuatro estaciones de conteo denominadas estación 5 (E5), estación 6 (E6), estación 7 (E7) y estación 8 (E8), de igual manera se tomaron las medidas para conocer su geometría al igual que las pendientes respectivas y los tiempos semafóricos.

Se llevaron a cabo la recopilación de información se realizará el lunes 21 y el miércoles 23 y sábado 26 de agosto del año 2023. Ambos puntos de estudio son intersecciones semaforizadas por lo cual se puede aplicar la metodología HCM 2010 correctamente.

### 4.2. Inter tramo de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre

#### 4.2.1. Datos de la inter tramo vial

##### 4.2.1.1. Ubicación

En la Figura 26 presenta una vista satelital completa del inter tramo en estudio, obtenida a través del programa Google Earth. Esta imagen permite una clara visualización de la ubicación del inter tramo, así como su entorno.

**Figura 26**

Vista satelital del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre



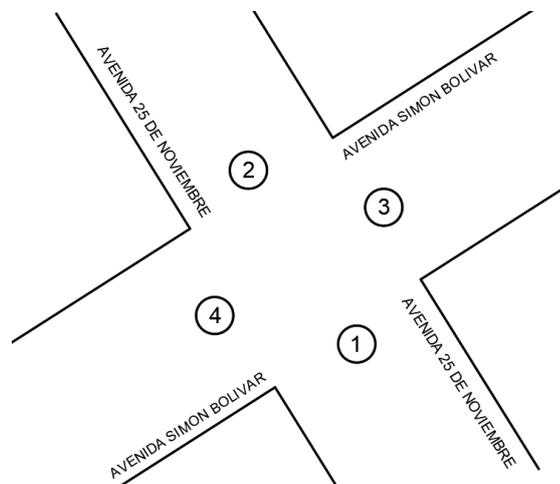
Nota. Adaptado de Google Earth

#### 4.2.1.2. Tramo vial

Para obtener las secciones viales con que cuenta este inter tramo, primero necesitamos identificar los accesos existentes, en la Figura 27 se muestra los cuatro accesos que tiene este inter tramo denominados acceso 1, 2, 3 y 4. Además, se tomaron las medidas necesarias en campo para poder conocer la geométrica de dicha área de estudio.

**Figura 27**

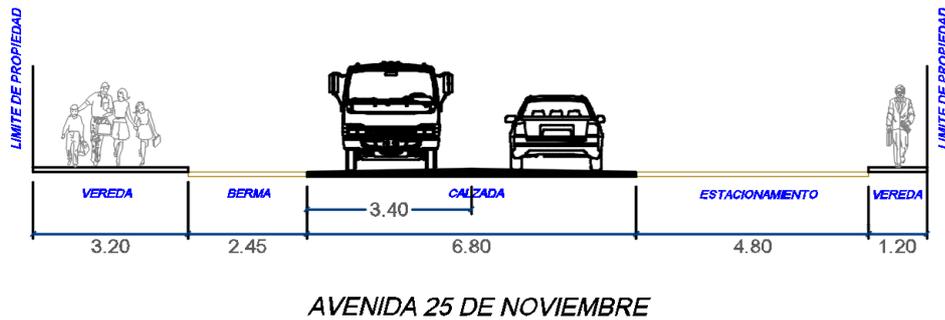
Identificación de accesos en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre



En el acceso 1 hallamos una calzada de 6,80 m. la cual tiene dos carriles en sentidos opuestos con una medida homogénea de 3,40 m. para cada uno, como se puede observar en la Figura 28.

**Figura 28**

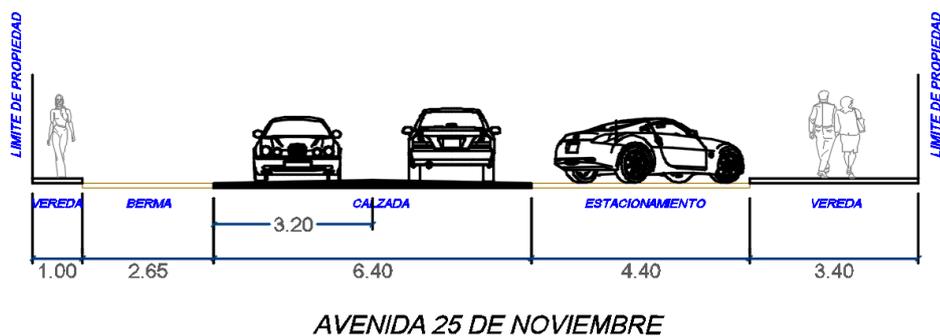
*Tramo vial del acceso 1 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*



En el acceso 2 hallamos una calzada de 6,40 m. la cual tiene dos carriles en sentidos opuestos con una medida homogénea de 3,20 m. para cada uno, como se puede observar en la Figura 29.

**Figura 29**

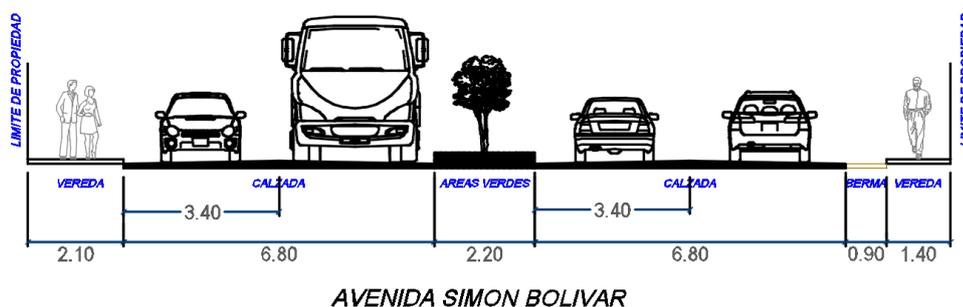
*Tramo vial del acceso 2 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*



En el acceso 3 hallamos dos calzadas de 6,80 m. la cual cada calzada cuenta con dos carriles del mismo sentido y carriles opuestos entre cada calzada, dichas calzadas se encuentran separadas por un sardinel central de 2,20 m., como se observa en la Figura 30.

**Figura 30**

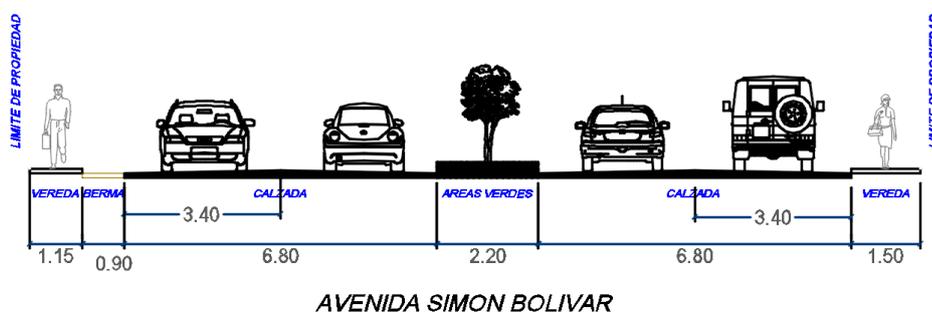
Tramo vial del acceso 3 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre



En el acceso 4 hallamos dos calzadas de 6,80 m. la cual cada calzada cuenta con dos carriles del mismo sentido y carriles opuestos entre cada calzada, dichas calzadas se encuentran separadas por un sardinel central de 2,20 m., como se observa en la Figura 31.

**Figura 31**

Tramo vial del acceso 4 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre



#### 4.2.1.3. Estaciones de conteo

En la Figura 32 se muestra la localización de las cuatro estaciones de conteo en campo: E1, E2, E3 y E4, correspondientes al inter tramo vial mencionado:

- Estación 1 (E1), ubicada en la avenida 25 de noviembre de Sur a Norte
- Estación 2 (E2), ubicada en la avenida Simón Bolívar de Este a Oeste
- Estación 3 (E3), ubicada en la avenida 25 de noviembre de Norte a Sur
- Estación 4 (E4), ubicada en la avenida Simón Bolívar de Oeste a Este

### Figura 32

Ubicación de las estaciones de conteo en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre



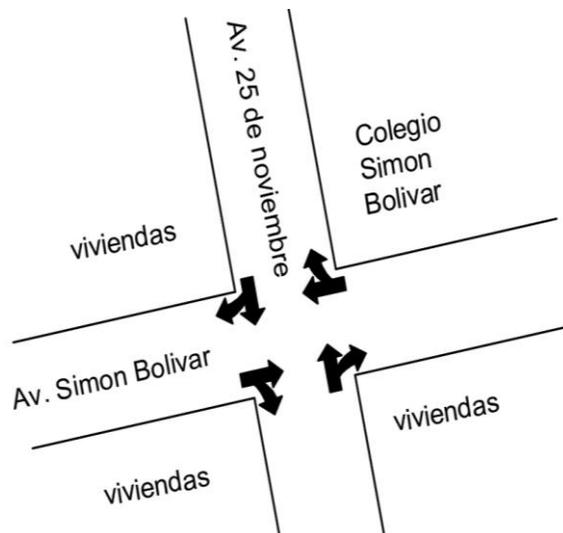
Nota. Adaptado de Google Earth

#### 4.2.1.4. Esquemas de carriles y giros

En la Figura 33 podemos observar el inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y sus diferentes tipos de giro, los cuales se encontraron en campo mediante la observación del movimiento vehicular de dicha zona. Como se observa, se tiene restringido el giro hacia la izquierda por lo que los vehículos solo pueden girar hacia la derecha e ir directo.

### Figura 33

Esquema de carriles y giros en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre



**4.2.1.5. Fases y tiempos de semaforización**

El inter tramo está equipado con cuatro semáforos configurados con tiempos predefinidos, los cuales se registraron incluyendo los ciclos y los tiempos de verde, rojo y ámbar para cada semáforo. A continuación, se presenta la Figura 34 con los tiempos semafóricos obtenidos, mientras que la Figura 35 se presenta el diagrama de fases semafóricas.

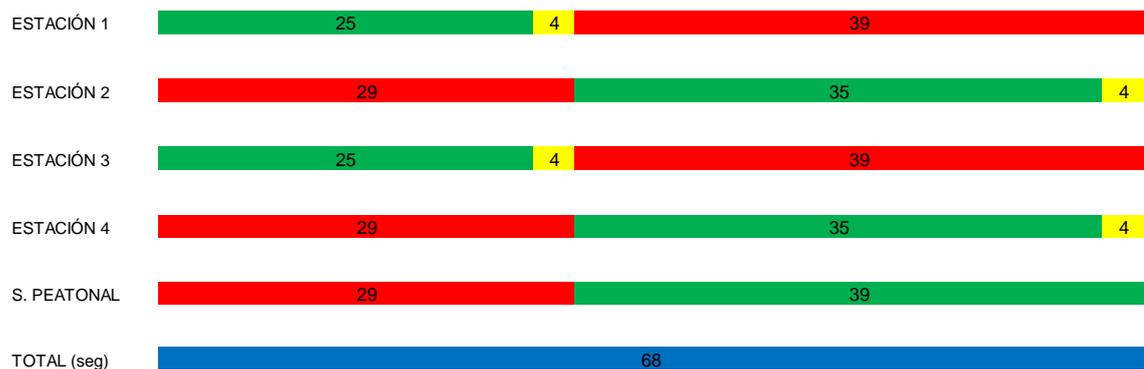
**Figura 34**

*Tiempos semafóricos en el inter tramo de la Av. Simón bolívar con Av.25 de noviembre*



**Figura 35.**

*Diagrama de fases en el inter tramo de la Av. Simón bolívar con Av. 25 de noviembre*



#### 4.2.1.6. Aforo vehicular

Para analizar los datos obtenidos de campo del conteo vehicular nos ayudaremos del programa Excel. En la tabla 8, 9, 10 se muestra el aforo de vehículos mixtos de las cuatro estaciones para los tres días de recolección, se resaltó los volúmenes con mayor densidad vehicular para un periodo de 15 minutos.

Los detalles específicos de los aforos vehiculares del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre se encuentran en el Anexo 2.

**Tabla 8**

*Aforo del día lunes 21 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Periodo	E1	E2	E3	E4	Total	60 min. consecutivos
7:00 - 7:15 h	110	122	91	103	<b>426</b>	-
7:15 - 7:30 h	85	98	67	81	331	-
7:30 - 7:45 h	90	88	60	87	325	-
7:45 - 8:00 h	97	98	79	76	350	<b>1432</b>
8:00 - 8:15 h	90	117	72	79	358	1364
8:15 - 8:30 h	74	90	55	68	287	1320
8:30 - 8:45 h	63	72	50	62	247	1242
8:45 - 9:00 h	62	63	53	59	237	1129
12:00 - 12:15 h	99	121	94	89	403	-
12:15 - 12:30 h	80	88	70	75	313	-
12:30 - 12:45 h	80	111	69	64	324	-
12:45 - 13:00 h	86	79	66	74	305	1345
13:00 - 13:15 h	97	66	79	76	318	1260
13:15 - 13:30 h	74	65	58	63	260	1207
13:30 - 13:45 h	62	69	50	51	232	1115
13:45 - 14:00 h	67	84	53	54	258	1068
18:00 - 18:15 h	96	132	101	86	415	-
18:15 - 18:30 h	76	91	73	67	307	-
18:30 - 18:45 h	73	92	81	59	305	-
18:45 - 19:00 h	85	90	73	75	323	1350
19:00 - 19:15 h	83	107	73	69	332	1267
19:15 - 19:30 h	64	82	60	56	262	1222
19:30 - 19:45 h	51	77	60	54	242	1159
19:45 - 20:00 h	50	85	68	48	251	1087

**Tabla 9**

*Aforo del día miércoles 23 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Periodo</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>Total</b>	<b>60 min. consecutivos</b>
7:00 - 7:15 h	120	132	116	115	<b>483</b>	-
7:15 - 7:30 h	93	120	87	95	395	-
7:30 - 7:45 h	96	114	87	89	386	-
7:45 - 8:00 h	110	118	114	103	445	<b>1709</b>
8:00 - 8:15 h	88	130	77	79	374	1600
8:15 - 8:30 h	77	96	68	76	317	1522
8:30 - 8:45 h	57	75	56	72	260	1396
8:45 - 9:00 h	60	59	53	67	239	1190
12:00 - 12:15 h	99	136	106	104	445	-
12:15 - 12:30 h	89	108	79	73	349	-
12:30 - 12:45 h	83	90	75	79	327	-
12:45 - 13:00 h	82	108	91	81	362	1483
13:00 - 13:15 h	101	99	88	93	381	1419
13:15 - 13:30 h	83	89	69	73	314	1384
13:30 - 13:45 h	68	85	58	55	266	1323
13:45 - 14:00 h	64	85	57	60	266	1227
18:00 - 18:15 h	96	124	121	99	440	-
18:15 - 18:30 h	83	123	110	83	399	-
18:30 - 18:45 h	79	122	90	70	361	-
18:45 - 19:00 h	87	113	93	72	365	1565
19:00 - 19:15 h	91	135	113	87	426	1551
19:15 - 19:30 h	67	102	86	65	320	1472
19:30 - 19:45 h	56	87	71	53	267	1378
19:45 - 20:00 h	66	82	64	45	257	1270

**Tabla 10**

*Aforo del día sábado 26 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Periodo	E1	E2	E3	E4	Total	60 min. consecutivos
7:00 - 7:15 h	129	161	99	136	<b>525</b>	-
7:15 - 7:30 h	103	147	89	99	438	-
7:30 - 7:45 h	99	104	68	84	355	-
7:45 - 8:00 h	111	108	85	105	409	1727
8:00 - 8:15 h	107	138	72	112	429	1631
8:15 - 8:30 h	87	119	67	82	355	1548
8:30 - 8:45 h	73	95	63	77	308	1501
8:45 - 9:00 h	66	72	48	74	260	1352
12:00 - 12:15 h	136	160	93	132	521	-
12:15 - 12:30 h	116	127	84	118	445	-
12:30 - 12:45 h	96	132	76	107	411	-
12:45 - 13:00 h	106	115	83	112	416	<b>1793</b>
13:00 - 13:15 h	96	92	84	131	403	1675
13:15 - 13:30 h	84	82	60	107	333	1563
13:30 - 13:45 h	95	119	51	85	350	1502
13:45 - 14:00 h	82	134	46	68	330	1416
18:00 - 18:15 h	112	144	74	127	457	-
18:15 - 18:30 h	82	121	58	98	359	-
18:30 - 18:45 h	84	106	58	90	338	-
18:45 - 19:00 h	81	117	64	118	380	1534
19:00 - 19:15 h	86	113	65	121	385	1462
19:15 - 19:30 h	69	87	51	103	310	1413
19:30 - 19:45 h	59	83	45	85	272	1347
19:45 - 20:00 h	62	91	40	79	272	1239

Habiendo evaluado las tablas obtendremos el factor de hora pico (FHP) del periodo de 07.00 – 07.15 h del día Sábado 26 de agosto del 2023, por lo que se procederá a utilizar la ecuación 2 con los datos obtenidos. Teniendo como resultado 0,854 s.

$$FHP = \frac{V}{4 \cdot V_{15}}$$

$$FHP = \frac{1793}{4 \cdot (525)}$$

$$FHP = 0,854 \text{ s}$$

#### 4.2.1.7. Estación 1

- **Resumen del aforo vehicular**

La Tabla 11 presenta un resumen del conteo vehicular en la estación 1 en la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 11**

*Resumen del aforo vehicular de la estación 1 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Día - Hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	68	272	42	168
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	61	244	41	164
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	56	224	40	160
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	73	292	47	188
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	60	240	41	164
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	55	220	41	164
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	76	304	53	212
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	79	316	57	228
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	67	268	45	180
<b>Mayores</b>				<b>316</b>		<b>228</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

En la Tabla 12 se ofrece un resumen de vehículos pesados interpretado en porcentaje que pasan por la estación 2 en el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre, desglosado por los diferentes tipos de giros disponibles en esta estación. Se han registrado los valores máximos para cada tipo de giro.

**Tabla 12**

*Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 1 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

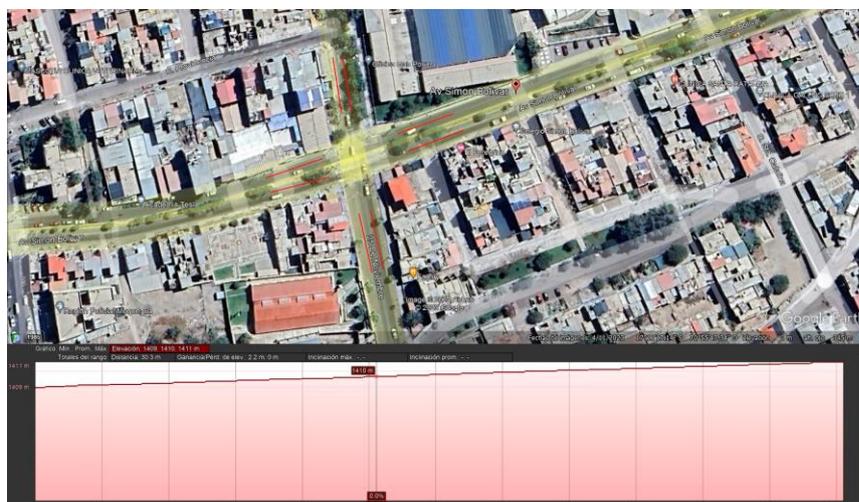
Día	Inicio	Final	Izquierda	Directo	Derecha
			en %	en %	en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	1,62	1,67
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	1,27	2,00
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	1,41	1,35
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	3,12	0,79
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	1,68	1,58
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	0,79	1,65
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	1,06	1,99
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	1,41	1,59
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	0,78	1,20
<b>Mayores</b>			-	<b>3,12</b>	<b>2,00</b>

- **Pendiente**

En este estudio, se empleó el programa de “Google Earth” para determinar la pendiente del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre. El Análisis realizado tramo a tramo utilizando la herramienta de medición de distancias y ángulos de Google Earth. Como resultado, se obtuvo una pendiente promedio de -7,10% en el inter tramo. Esta información se presenta en la Figura 36.

**Figura 36**

*Pendiente de la estación 1 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 13 para la estación 1 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.

**Tabla 13**

*Parámetros de entrada de la estación 1 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Condición	Parámetro	E1
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	1
	Ancho de carril, $W$ (m)	3,40
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)	-7,10
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	No
De Tránsito	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	63
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	23
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	0
	Velocidad de aproximación, (km/h)	26
Semafóricas	Longitud del ciclo, $C$ (s)	68
	Tiempo en verde, $G$ (s)	25
	Ámbar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	1
Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	

#### 4.2.1.8. Estación 2

- **Resumen del aforo vehicular**

La Tabla 14 presenta un resumen del conteo vehicular en la E2 del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre, desglosado por los diferentes tipos de giro que se realizan en dicha estación. Se destacan los valores máximos de conteo vehicular para cada tipo de giro.

**Tabla 14**

*Resumen del aforo vehicular de la estación 2 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Día - Hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	64	256	59	236
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	68	272	53	212
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	74	296	58	232
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	82	328	62	248
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	74	296	62	248
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	83	332	53	212
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	83	332	78	312
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	93	372	67	268
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	74	296	70	280
<b>Mayores</b>				<b>372</b>		<b>312</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

La Tabla 15 muestra el resumen de vehículos pesados expresado en porcentaje que transitan por la E2 en la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 15**

*Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 2 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

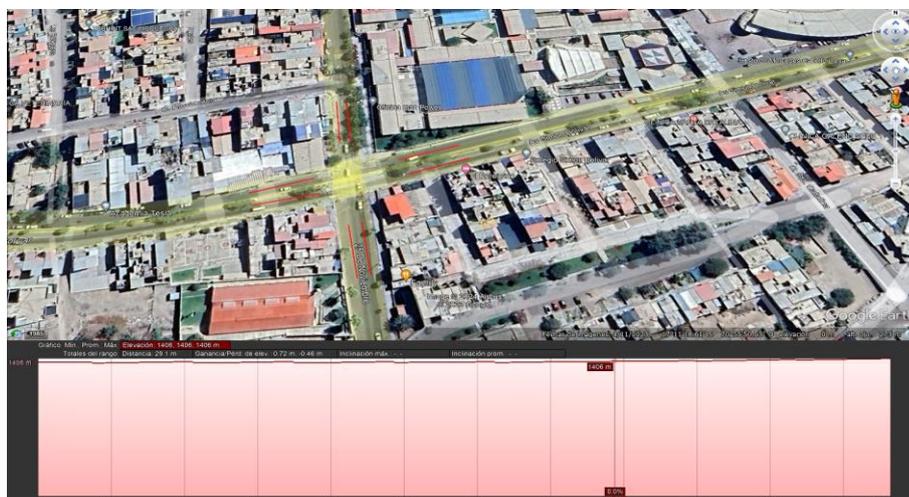
Día	Inicio	Final	Izquierda	Directo	Derecha
			en %	en %	en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	3,24	1,58
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	2,89	0,66
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	3,64	0,63
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	3,93	0,83
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	4,21	0,86
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	5,17	0,29
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	3,92	0,23
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	4,86	1,30
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	2,81	0,25
<b>Mayores</b>			-	<b>5,17</b>	<b>1,58</b>

- **Pendiente**

En este estudio, se empleó el programa Google Earth para determinar la pendiente del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre. El Análisis se realizó tramo por tramo, utilizando la herramienta de medición de distancias y ángulos de Google Earth. Como resultado, se obtuvo una pendiente promedio de -0,47% en el inter tramo. Esta información se presenta en la Figura 37.

**Figura 37**

*Pendiente de la estación 2 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 16 para la E2 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre.

**Tabla 16.**

*Parámetros de entrada de la estación 2 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Condición	Parámetro	E2
<b>Geométricas</b>	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	2
	Ancho de carril, $W$ (m)	3,40
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)	-0,47
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	Si
<b>De Tránsito</b>	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	72
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	7
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	4
	Velocidad de aproximación, (km/h)	45
<b>Semafóricas</b>	Longitud del ciclo, $C$ (s)	68
	Tiempo en verde, $G$ (s)	35
	Ámbar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	2
Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	

#### 4.2.1.9. Estación 3

- **Resumen del aforo vehicular**

La Tabla 17 presenta el resumen del aforo vehicular de la E3 en el inter tramo en la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 17**

*Resumen del aforo vehicular de la estación 3 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Día - hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	60	240	31	124
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	68	272	26	104
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	71	284	30	120
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	73	292	43	172
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	70	280	36	144
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	76	304	46	184
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	73	292	26	104
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	71	284	23	92
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	60	240	16	64
<b>Mayores</b>				<b>304</b>		<b>184</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

La Tabla 18 presenta el resumen de vehículos pesados expresados en porcentaje que transitan por la E3 en la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 18**

*Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 3 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre*

Día	Inicio	Final	Izquierda	Directo	Derecha
			en %	en %	en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	4,07	3,83
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	2,03	2,07
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	1,73	1,08
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	4,51	3,80
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	2,63	1,47
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	1,21	0,40
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	0,66	0,72
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	2,65	3,20
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	2,28	0,96
<b>Mayores</b>			-	<b>4,51</b>	<b>3,83</b>

- **Pendiente**

En este estudio, se empleó el programa “Google Earth” para determinar la pendiente del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre. El Análisis se realizó tramo por tramo, utilizando la herramienta de medición de distancias y ángulos de Google Earth. Como resultado, se obtuvo una pendiente promedio de 0,70% en el inter tramo. Esta información se presenta en la Figura 38.

**Figura 38**

*Pendiente de la estación 3 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 19 para la E3 del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre.

**Tabla 19**

*Parámetros de entrada de la estación 3 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Condición	Parámetro	E3
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	1
	Ancho de carril, $W$ (m)	3,20
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)	0,70
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	No
De Tránsito	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	59
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	25
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	0
	Velocidad de aproximación, (km/h)	20
Semafóricas	Longitud del ciclo, $C$ (s)	68
	Tiempo en verde, $G$ (s)	25
	Ambar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	1
	Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25

#### 4.2.1.10. Estación 4

- **Resumen del aforo vehicular**

La Tabla 20 presenta el resumen del aforo vehicular de la E3 en el inter tramo en la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 20**

*Resumen del aforo vehicular de la estación 4 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Día - Hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	86	344	17	68
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	72	288	17	68
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	74	296	12	48
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	96	384	19	76
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	92	368	15	60
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	84	336	19	76
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	109	436	31	124
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	106	424	27	108
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	105	420	25	100
<b>Mayores</b>				<b>436</b>		<b>124</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

La Tabla 21 presenta el resumen de vehículos pesados expresados en porcentaje que transitan por la E3 en la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 21**

*Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 4 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Día	Inicio	Final	Izquierda	Directo	Derecha
			en %	en %	en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	4,42	4,21
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	3,04	2,35
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	4,35	5,19
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	4,94	5,50
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	3,56	2,35
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	5,23	2,08
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	4,86	1,97
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	4,35	4,12
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	3,42	2,01
<b>Mayores</b>			-	<b>5,23</b>	<b>5,50</b>

- **Pendiente**

En este estudio, se empleó el programa Google Earth para determinar la pendiente del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre. El Análisis se realizó tramo por tramo, utilizando la herramienta de medición de distancias y ángulos de Google Earth. Como resultado, se obtuvo una pendiente promedio de 4,90% en la inter tramo. Esta información se presenta en la Figura 39.

**Figura 39**

*Pendiente de la estación 4 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 22 para la E4 del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre.

**Tabla 22**

*Parámetros de entrada de la estación 4 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Condición	Parámetro	E4
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	2
	Ancho de carril, $W$ (m)	3,40
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)	4,90
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	Si
De Tránsito	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	68
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	16
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	10
	Velocidad de aproximación, (km/h)	40
Semafóricas	Longitud del ciclo, $C$ (s)	68
	Tiempo en verde, $G$ (s)	35
	Ámbar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	2
Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	

## 4.2.2. Resultados de la situación actual del inter tramo

### 4.2.2.1. Aplicación a la metodología

La aplicación de la metodología propuesta requiere, en primer lugar, conocer la demanda vehicular por hora en el inter tramo. Posteriormente, se procederá al cálculo de la capacidad de la vía, seguido del análisis de la tasa de saturación del inter tramo. Con base en estos resultados, se determinarán las demoras vehiculares y, finalmente, se establecerá el nivel de servicio del inter tramo.

En la Tabla 23 se puede observar el ajuste de volúmenes vehiculares a través del factor de hora pico y el cálculo de las proporciones de giro con que cuenta este inter tramo.

**Tabla 23**

*Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Ajuste de volumen	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
<b>Volumen, <math>V</math> (veh/h)</b>	<b>544,00</b>	<b>684,00</b>	<b>488,00</b>	<b>560,00</b>
Volumen izquierdo, $V_{izq}$ (veh/h)	0	0	0	0
Volumen directo, $V_{dir}$ (veh/h)	316	372	304	436
Volumen derecho, $V_{der}$ (veh/h)	228	312	184	124
Factor de hora pico, $PHF$	0,854	0,854	0,854	0,854
<b>Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, <math>vp = V/PHF</math> (veh/h)</b>	<b>637,00</b>	<b>801,00</b>	<b>572,00</b>	<b>656,00</b>
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	370,00	436,00	356,00	511,00
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	267,00	365,00	216,00	145,00
Proporción de giros LT o RT ( $PLT$ o $PRT$ )				
Proporción de giros izquierda $PLT$	0	0	0	0
Proporción de giros derecha $PRT$	0,419	0,456	0,378	0,221

Una vez determinado el ajuste de volúmenes del inter tramo, se procede a realizar el cálculo de la tasa de flujo de saturación ( $S$ ) para cada una de las estaciones, lo cual está detallado en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Tasa de flujo de saturación</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Flujo de saturación ideal, $S_o$ (veh/h)	1750	1750	1750	1750
Número de carriles, $N$	1	2	1	2
Ancho de carril, $W$	3,40	3,40	3,20	3,40
<b>Factor de ajuste por ancho de carril, <math>f_w</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	5,118	6,748	8,338	10,735
Equivalente en vehículos livianos, $E_t = 2,0$	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Factor de ajuste por vehículos pesados, <math>f_{HV}</math></b>	<b>0,951</b>	<b>0,937</b>	<b>0,923</b>	<b>0,903</b>
Porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-7,10	-0,47	0,70	4,90
<b>Factor de ajuste por pendiente, <math>f_g</math></b>	<b>1,036</b>	<b>1,002</b>	<b>0,997</b>	<b>0,976</b>
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	0	4	0	10
<b>Factor de ajuste por estacionamiento, <math>f_p \geq 0,50</math></b>	<b>0,900</b>	<b>0,940</b>	<b>0,900</b>	<b>0,925</b>
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	23	7	25	16
<b>Factor de ajuste por bloqueo de buses, <math>f_{bb} \geq 0,050</math></b>	<b>0,908</b>	<b>0,986</b>	<b>0,900</b>	<b>0,968</b>
Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
<b>Factor de ajuste por tipo de área, <math>f_a</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, $v_g$ (veh/h)	544,00	684,00	488,00	560,00
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No	No
Tasa de flujo no ajustada para el carril con el volumen más alto, $v_{g1}$ (veh/h)	316	372	304	436
<b>Factor de ajuste por utilización de carril, <math>f_{LU}</math></b>	<b>1,722</b>	<b>0,919</b>	<b>1,605</b>	<b>0,642</b>
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por giro a la izquierda, <math>f_{LT}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0,419	0,456	0,378	0,221
<b>Factor de ajuste por giro a la derecha, <math>f_{RT} \geq 0,050</math></b>	<b>0,937</b>	<b>0,932</b>	<b>0,943</b>	<b>0,967</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, <math>f_{Lpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, <math>f_{Rpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b>Flujo de saturación ajustado, <math>S</math></b>	<b>2272,739</b>	<b>2602,952</b>	<b>1974,426</b>	<b>1698,630</b>

Una vez determinado el flujo de saturación ajustado S, se procede al cálculo de la capacidad "C" del conjunto de carriles y la relación volumen-capacidad "X" para cada punto de medición, lo cual está detallado en la Tabla 25.

**Tabla 25**

*Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Análisis de capacidad</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Fase	1	2	1	2
Tipo de fase	PRE	PRE	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	637,00	801,00	572,00	656,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	2272,74	2608,95	1974,43	1698,630
Longitud de ciclo, c (s)	68	68	68	68
Tiempo de verde efectivo, g (s)	25	35	25	35
Proporción de verde, g / c	0,368	0,515	0,368	0,515
<b>Capacidad del grupo de carriles, C = S ( g / C )</b>	<b>835,566</b>	<b>1342,843</b>	<b>725,892</b>	<b>874,295</b>
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,762</b>	<b>0,596</b>	<b>0,799</b>	<b>0,750</b>

Procedemos a realizar la determinación de las demoras, primero calculamos la demora uniforme  $d1$  y la demora por cola inicial  $d3$ , debido a que estas demoras se relacionan entre sí, tal como presenta en la Tabla 26.

**Tabla 26**

*Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Cálculo de demora uniforme y por cola inicial</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Periodo de análisis	1	2	1	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, c (s)	68	68	68	68
Proporción de verde, g / c	0,368	0,515	0,368	0,515
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,762</b>	<b>0,596</b>	<b>0,799</b>	<b>0,750</b>
<b>Cola inicial, Qb (veh/h)</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	835,566	1342,843	725,892	874,295
Relación de pelotón, Rp	1	0,333	1	0,333

(continúa)

Tabla 26 (continuación)

<b>Cálculo de demora uniforme y por cola inicial</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,368	0,171	0,368	0,171
Factor de ajuste suplementario, fPA	1	1	1	1
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,000	1,707	1,000	1,707
<b>Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)</b>	<b>0,055</b>	<b>0,017</b>	<b>0,069</b>	<b>0,023</b>
Parámetro de demora, u	-	-	-	-
<b>Caso de análisis</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>
Caso I (no saturado) y II (saturado) ( $Qb=0$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u) \cdot t}{C \cdot T} = 0$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]}$				
<b>Caso III (<math>Qb&gt;0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t &lt; T</math>)</b>				
<b>Demora por cola inicial, <math>d_3</math> (s/veh)</b>	<b>5,251</b>	<b>0,802</b>	<b>6,798</b>	<b>0,943</b>
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot t}{C \cdot T}$				
<b>Demore uniforme, <math>d_1</math> (s/veh)</b>	<b>19,466</b>	<b>19,515</b>	<b>19,867</b>	<b>21,745</b>
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right) \cdot \frac{t}{T} + \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]} \cdot \frac{T-t}{T} \cdot PF$				
Caso IV ( $Qb>0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t=T$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u)}{C}$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$				
Caso V ( $Qb>0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t=T$ )	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{3600 \cdot Q_b}{C}$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$				

Por último, en la Tabla 27 se observa el cálculo de la demora incremental “d2” y luego, se determinó el nivel de servicio para cada estación, del mismo modo para los accesos y el inter tramo.

**Tabla 27**

*Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Cálculo de demora por control y nivel de servicio</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Tasa de flujo ajustado, $v_p$	637,00	801,00	572,00	656,00
Capacidad del grupo de carriles, C	835,566	1342,843	725,892	874,295
Relación $v/c = X$	0,762	0,596	0,799	0,750
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas del inter tramo corriente, I	1	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>Demora incremental, d2</b>	<b>6,514</b>	<b>1,960</b>	<b>8,968</b>	<b>5,879</b>
Demora por cola inicial, d3	5,251	0,802	6,798	0,943
Demora uniforme, d1	19,468	19,515	19,867	21,745
Factor de ajuste por progresión, PF	1,000	1,707	1,000	1,707
<b>Demora total</b>	<b>31,233</b>	<b>36,082</b>	<b>35,633</b>	<b>43,792</b>
<b>Nivel de servicio</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>
Demora por acceso, $dA = \sum(d)(v) / \sum v$ (s/veh)	31,233	36,082	35,633	43,792
<b>Nivel de servicio por acceso</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>
<b>Demora del inter tramo, dl</b>		<b>36,763</b>		
<b>Nivel de servicio del inter tramo</b>		<b>D</b>		

### 4.3. Inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas

#### 4.3.1. Datos del inter tramo vial

##### 4.3.1.1. Ubicación

En la Figura 40 presenta una vista satelital completa del inter tramo en estudio, obtenida a través de la plataforma Google Earth. Esta imagen permite observar la ubicación geográfica del inter tramo, su entorno inmediato y las características generales de las vías que la conforman.

**Figura 40**

Vista satelital del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas



Nota. Adaptado de Google Earth

#### 4.3.1.2. Tramo Vial

Para obtener las secciones viales con que cuenta este inter tramo, primero necesitamos identificar los accesos existentes, en la Figura 41 se muestra los 4 accesos que tiene este inter tramo denominados acceso 5, 6, 7 y 8. Además, se tomaron las medidas pertinentes en campo para poder conocer la geométrica de dicha área de estudio.

**Figura 41**

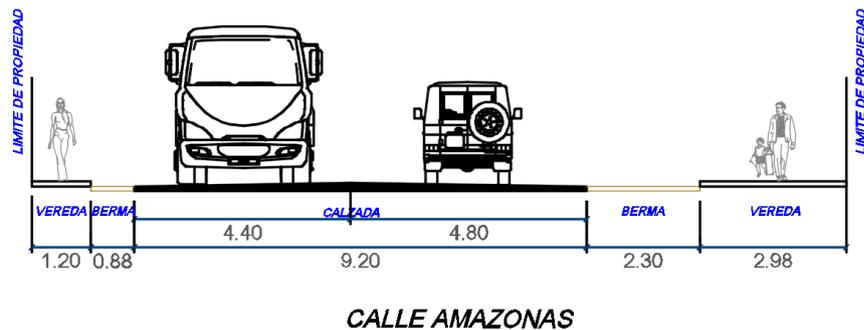
Identificación de accesos en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas



En el acceso 5 hallamos una calzada única de 9,20 m. la cual tiene dos carriles, uno en cada sentido con una medida de 4,40 m. y 4,80 m., como se puede observar en la Figura 42.

**Figura 42**

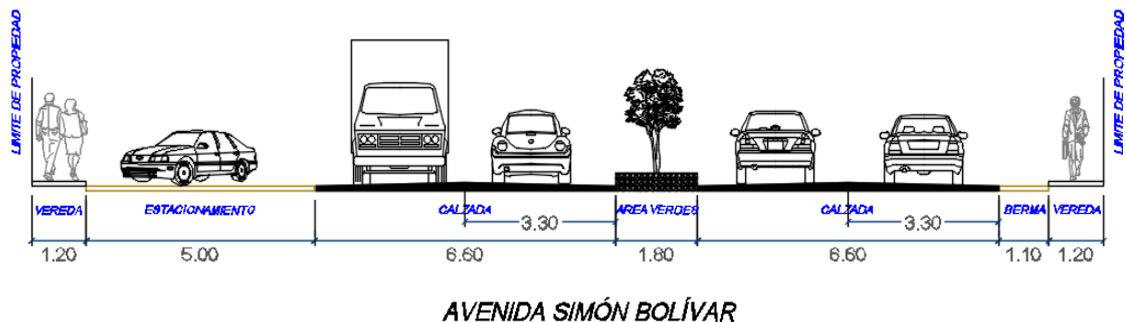
*Tramo vial del acceso 5 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



En el acceso 6 hallamos dos calzadas de 6,60 m. la cual tiene dos carriles en cada sentido con una medida homogénea de 3,30 m., dichas calzadas se encuentran separadas por un sardinel central de 1,80 m., como se observar en la Figura 43.

**Figura 43**

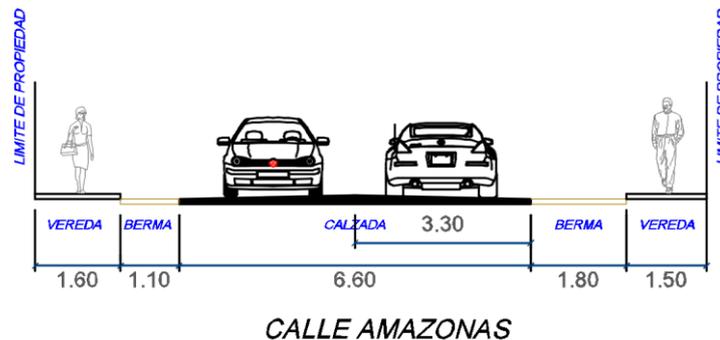
*Tramo vial del acceso 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



El acceso 7 presenta una configuración vial con una calzada única de 6,60 metros de ancho, dividida en dos carriles de circulación de 3,30 metros de ancho en sentido bidireccional, como se observa en la Figura 44.

**Figura 44**

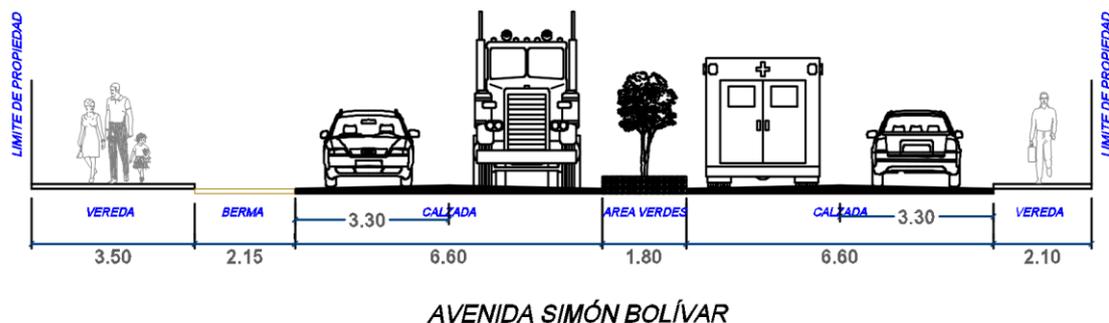
Tramo vial del acceso 7 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas



En el acceso 8 encontramos dos calzadas de 6,60 m. la cual tiene dos carriles en cada sentido con una medida homogénea de 3,30 m., dichas calzadas se encuentran separadas por un sardinel central de 1,80 m., así como se observa en la Figura 45.

**Figura 45**

Tramo vial del acceso 8 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas



#### 4.3.1.3. Estaciones de conteo

En la Figura 46 se muestra la ubicación de las cuatro estaciones de conteo E5, E6, E7 y E8 del inter tramo vial en estudio, las cuales son las siguientes:

- Estación 5 (E5), ubicada en la calle Amazonas de Sur a Norte
- Estación 6 (E6), ubicada en la avenida Simón Bolívar de Este a Oeste
- Estación 7 (E7), ubicada en la calle Amazonas de Norte a Sur
- Estación 8 (E8), ubicada en la avenida Simón Bolívar de Oeste a Este

**Figura 46**

*Ubicación de las estaciones de conteo del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



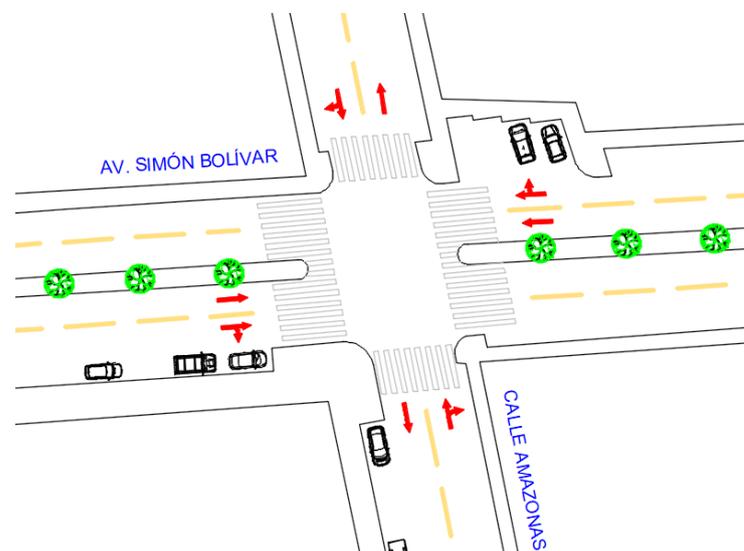
Nota. Adaptado de Google Earth

#### 4.3.1.4. Esquema de carriles y giros

En la Figura 47 tenemos el inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas y sus diferentes tipos de giro, los cuales se encontraron en campo mediante la observación del movimiento vehicular de dicha zona, como se observa se tiene restringido el giro hacia la izquierda por lo que los vehículos solo pueden girar hacia la derecha e ir directo.

**Figura 47**

*Esquema de carriles y giros del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



### 4.3.1.5. Fases y tiempos de semaforización

El inter tramo está equipado con cuatro semáforos programados con ciclos y tiempos de verde, rojo y ámbar predefinidos para cada uno. Con el objetivo de obtener los tiempos reales de operación de los semáforos, se realizaron un mínimo de cinco registros para cada uno, garantizando una mayor precisión en los datos. En la Figura 48 se presentan los tiempos semafóricos obtenidos, mientras que la Figura 49 representa un diagrama de fases semafóricas.

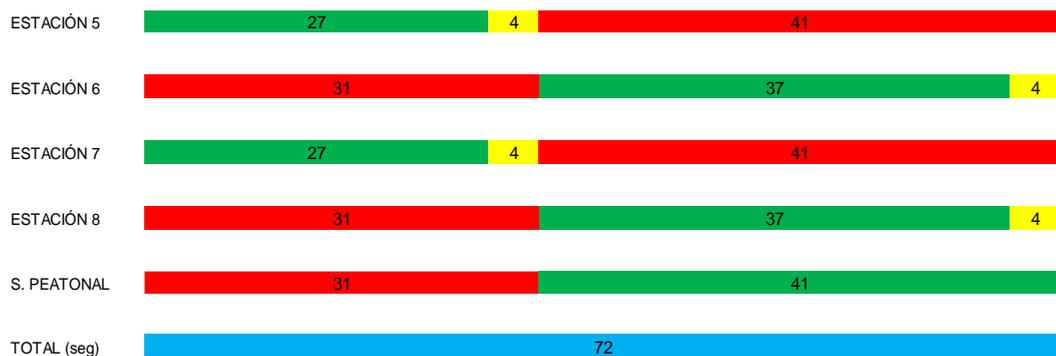
**Figura 48**

*Tiempos semafóricos del inter tramo de la Av. Simón bolívar con calle Amazonas*



**Figura 49**

*Diagrama de fases del inter tramo de la Av. Simón bolívar con calle Amazonas*



#### 4.3.1.6. Aforo vehicular

Para analizar los datos obtenidos de campo del conteo vehicular nos ayudaremos del programa Excel. En la tabla 28, 29, 30 se muestra el aforo de vehículos mixtos de las cuatro estaciones para los tres días de recolección, se resaltó los volúmenes con mayor densidad vehicular para un periodo de 15 minutos.

Se puede encontrar con mayor detalle los aforos vehiculares del inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas en el Anexo 2.

**Tabla 28**

*Aforo del día lunes 21 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Periodo	E5	E6	E7	E8	Total	60 min. consecutivos
7:00 - 7:15 h	89	99	97	110	<b>395</b>	-
7:15 - 7:30 h	80	78	63	80	301	-
7:30 - 7:45 h	74	73	59	64	270	-
7:45 - 8:00 h	77	80	83	81	321	<b>1287</b>
8:00 - 8:15 h	84	99	78	106	367	1259
8:15 - 8:30 h	63	68	47	70	248	1206
8:30 - 8:45 h	47	51	50	61	209	1145
8:45 - 9:00 h	48	56	40	46	190	1014
12:00 - 12:15 h	85	87	93	97	362	-
12:15 - 12:30 h	70	61	56	73	260	-
12:30 - 12:45 h	60	77	76	58	271	-
12:45 - 13:00 h	63	65	73	62	263	1156
13:00 - 13:15 h	58	51	74	86	269	1063
13:15 - 13:30 h	60	50	62	64	236	1039
13:30 - 13:45 h	59	69	55	48	231	999
13:45 - 14:00 h	65	70	40	52	227	963
18:00 - 18:15 h	93	97	84	90	364	-
18:15 - 18:30 h	67	74	60	61	262	-
18:30 - 18:45 h	59	75	47	50	231	-
18:45 - 19:00 h	77	64	69	73	283	1140
19:00 - 19:15 h	73	83	63	79	298	1074
19:15 - 19:30 h	61	61	49	57	228	1040
19:30 - 19:45 h	55	55	47	46	203	1012
19:45 - 20:00 h	50	54	35	41	180	909

**Tabla 29***Aforo del día miércoles 23 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Periodo</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>Total</b>	<b>60 min. consecutivos</b>
7:00 - 7:15 h	101	108	107	123	<b>439</b>	-
7:15 - 7:30 h	74	85	56	85	300	-
7:30 - 7:45 h	78	87	63	76	304	-
7:45 - 8:00 h	79	92	90	95	356	<b>1399</b>
8:00 - 8:15 h	91	111	77	107	386	1346
8:15 - 8:30 h	76	78	47	84	285	1331
8:30 - 8:45 h	58	52	47	70	227	1254
8:45 - 9:00 h	43	51	37	54	185	1083
12:00 - 12:15 h	92	94	101	107	394	-
12:15 - 12:30 h	68	77	54	77	276	-
12:30 - 12:45 h	64	73	66	74	277	-
12:45 - 13:00 h	66	78	77	76	297	1244
13:00 - 13:15 h	80	69	73	81	303	1153
13:15 - 13:30 h	60	76	65	78	279	1156
13:30 - 13:45 h	55	62	55	66	238	1117
13:45 - 14:00 h	49	53	44	59	205	1025
18:00 - 18:15 h	94	99	92	106	391	-
18:15 - 18:30 h	72	83	61	74	290	-
18:30 - 18:45 h	68	82	54	64	268	-
18:45 - 19:00 h	62	91	70	79	302	1251
19:00 - 19:15 h	76	92	73	104	345	1205
19:15 - 19:30 h	55	78	48	68	249	1164
19:30 - 19:45 h	59	50	38	54	201	1097
19:45 - 20:00 h	47	51	29	42	169	964

**Tabla 30**

*Aforo del día sábado 26 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Periodo	E5	E6	E7	E8	Total	60 min. consecutivos
7:00 - 7:15 h	121	126	111	142	500	-
7:15 - 7:30 h	92	103	78	100	373	-
7:30 - 7:45 h	75	95	67	94	331	-
7:45 - 8:00 h	92	87	104	107	390	<b>1594</b>
8:00 - 8:15 h	112	118	99	135	464	1558
8:15 - 8:30 h	89	87	66	95	337	1522
8:30 - 8:45 h	74	80	50	81	285	1476
8:45 - 9:00 h	61	67	48	65	241	1327
12:00 - 12:15 h	142	107	118	135	<b>502</b>	-
12:15 - 12:30 h	115	77	78	105	375	-
12:30 - 12:45 h	92	80	74	87	333	-
12:45 - 13:00 h	114	70	96	91	371	1581
13:00 - 13:15 h	120	58	104	98	380	1459
13:15 - 13:30 h	89	62	74	94	319	1403
13:30 - 13:45 h	81	84	59	94	318	1388
13:45 - 14:00 h	88	101	52	85	326	1343
18:00 - 18:15 h	124	107	99	137	467	-
18:15 - 18:30 h	98	84	70	99	351	-
18:30 - 18:45 h	86	84	68	86	324	-
18:45 - 19:00 h	106	89	83	100	378	1520
19:00 - 19:15 h	109	103	88	128	428	1481
19:15 - 19:30 h	85	77	64	97	323	1453
19:30 - 19:45 h	65	73	49	83	270	1399
19:45 - 20:00 h	61	62	45	65	233	1254

Habiendo evaluado las tablas obtendremos el factor de hora pico del periodo de 12.00 h – 12:15 h del día Sábado 26 de Agosto del 2023, por lo que se procederá a utilizar la ecuación 2 con los datos obtenidos. Obteniendo como resultado 0,794 s.

$$FHP = \frac{V}{4 \cdot V_{15}}$$

$$FHP = \frac{1594}{4 \cdot (502)}$$

$$FHP = 0,794 s$$

#### 4.3.1.7. Estación 5

- **Resumen de aforo vehicular**

En la Tabla 31 presenta el resumen del aforo vehicular de la estación 5 en la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 31**

*Resumen de aforo vehicular de la estación 5 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Dia - hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	49	196	40	160
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	42	168	43	172
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	47	188	46	184
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	49	196	52	208
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	47	188	45	180
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	51	204	43	172
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	62	248	59	236
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	68	272	74	296
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	62	248	62	248
<b>Mayores</b>				<b>272</b>		<b>296</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

Se muestra en la Tabla 32 el resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 5 en la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 32**

*Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 5 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

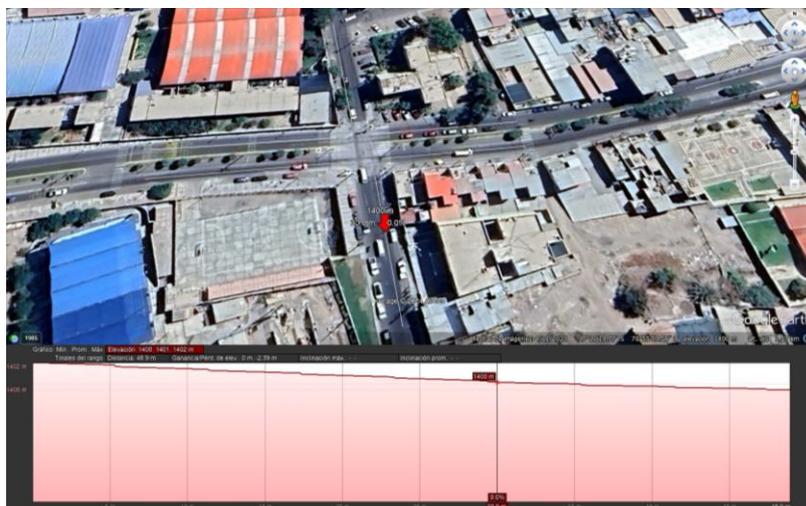
Día	Inicio	Final	Izquierda en %	Directo en %	Derecha en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	1,70	1,49
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	1,13	0,39
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	1,77	1,19
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	1,66	2,68
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	3,05	1,10
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	3,07	3,33
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	2,39	3,24
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	2,90	1,41
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	3,92	2,92
<b>Mayores</b>				<b>3,92</b>	<b>3,33</b>

- **Pendiente**

Para obtener este dato utilizaremos el programa Google Earth como herramienta para determinar la pendiente del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con la calle Amazonas. Para ello, se ha realizado un análisis detallado tramo por tramo, obteniendo un valor de pendiente de -6,00% como se muestra en la Figura 50. La Ilustración de Google Earth ha permitido realizar un análisis preciso y eficiente de la pendiente, considerando las características geométricas del inter tramo con su totalidad.

**Figura 50**

*Pendiente de la estación 5 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 33 para la estación 5 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Amazonas.

**Tabla 33**

*Parámetros de entrada de la estación 5 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Condición	Parámetro	E5
<b>Geométricas</b>	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	1
	Ancho de carril, $W$ (m)	4,40
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)	-6,00
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	No
<b>De Tránsito</b>	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	63
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	23
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	0
	Velocidad de aproximación, (km/h)	26
<b>Semafóricas</b>	Longitud del ciclo, $C$ (s)	72
	Tiempo en verde, $G$ (s)	27
	Ámbar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	1
Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	

#### 4.3.1.8. Estación 6

- **Resumen de aforo vehicular**

En la Tabla 34, se muestra el resumen del aforo vehicular de la estación 6 en la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 34**

*Resumen de aforo vehicular de la estación 6 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Dia - hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	73	292	31	124
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	63	252	24	96
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	72	288	25	100
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	84	336	27	108
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	75	300	21	84
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	79	316	27	108
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	95	380	31	124
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	78	312	29	116
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	76	304	34	136
<b>Mayores</b>				<b>380</b>		<b>136</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

La Tabla 35 el resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la E6 en la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 35**

*Resumen del porcentaje de vehículos pesados en la estación 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar y la calle Amazonas*

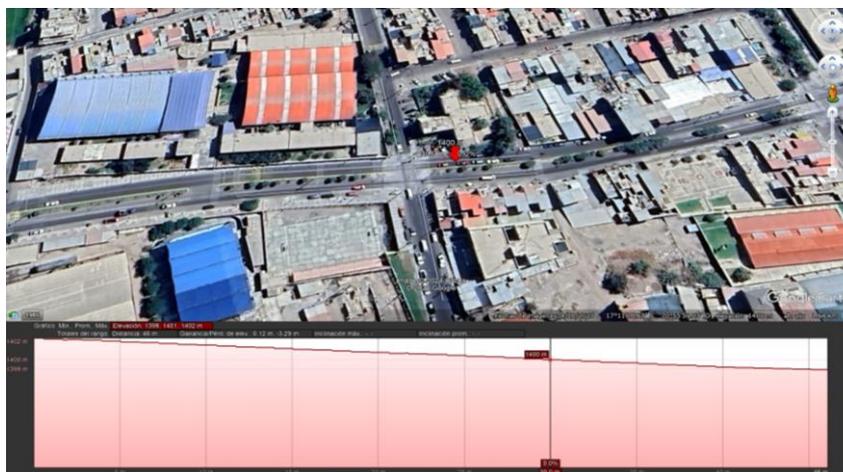
Día	Inicio	Final	Izquierda en %	Directo en %	Derecha en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	4,42	3,97
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	3,61	2,82
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	5,53	2,72
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	5,66	4,61
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	5,32	6,11
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	5,75	5,04
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	2,95	2,14
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	2,95	1,21
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	3,06	2,12
<b>Mayores</b>				<b>5,75</b>	<b>6,11</b>

- **Pendiente**

Para obtener este dato utilizaremos el programa Google Earth, herramienta para determinar la pendiente del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la calle Amazonas. Por ello, se ha realizado un análisis detallado tramo por tramo, obteniendo un valor de pendiente de -4,40%, como se muestra en la Figura 51. La utilización de Google Earth ha permitido realizar un análisis preciso y eficiente de la pendiente, considerando las características geométricas de la inter tramo en su totalidad.

**Figura 51**

*Pendiente de la estación 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 36 para la estación 6 de la inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas.

**Tabla 36**

*Parámetros de entrada de la estación 6 en el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas*

Condición	Parámetro	E6
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	2
	Ancho de carril, $W$ (m)	3,30
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, % $G$ (%)	-4,40
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	Si
De Tránsito	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	72
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	7
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	4
	Velocidad de aproximación, (km/h)	45
Semafóricas	Longitud del ciclo, $C$ (s)	72
	Tiempo en verde, $G$ (s)	37
	Ámbar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	2
Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	

#### 4.3.1.9. Estación 7

- **Resumen de aforo vehicular**

La Tabla 37, se muestra el resumen del aforo vehicular de la estación 7 en la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 37**

*Resumen de aforo vehicular de la estación 7 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Dia - hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	52	208	45	180
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	53	212	40	160
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	47	188	37	148
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	57	228	50	200
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	53	212	48	192
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	50	200	42	168
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	60	240	51	204
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	65	260	53	212
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	61	244	38	152
<b>Mayores</b>				<b>260</b>		<b>212</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

La Tabla 38 el resumen de porcentaje de vehículos pesados que transitan por la estación 7 en la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 38**

*Parámetros de entrada de la estación 6 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

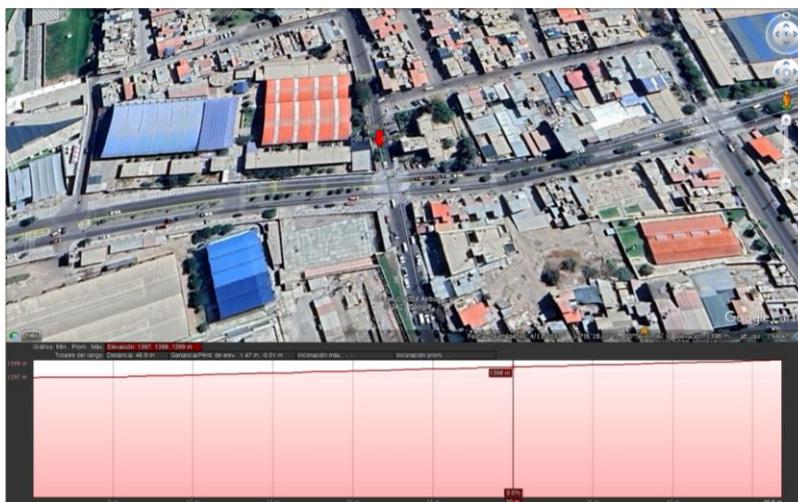
Día	Inicio	Final	Izquierda en %	Directo en %	Derecha en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	5,26	4,74
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	2,98	3,08
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	2,75	3,02
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	5,04	2,44
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	3,48	2,02
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	2,88	1,80
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	1,51	3,09
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	1,09	2,78
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	2,54	3,98
<b>Mayores</b>				<b>5,26</b>	<b>4,74</b>

- **Pendiente**

En este estudio, se ha utilizado el “programa Google Earth” como herramienta para determinar la pendiente de la inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas. Para ello, se ha realizado un análisis detallado tramo por tramo, obteniendo un valor de pendiente de 0,60%, como se muestra en la Figura 52. La utilización de Google Earth ha permitido realizar un análisis preciso y eficiente de la pendiente, considerando las características geométricas de la inter tramo en su totalidad.

**Figura 52**

*Pendiente de la estación 7 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 39 para la estación 7 del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas.

**Tabla 39**

*Parámetros de entrada de la estación 7 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Condición	Parámetro	E7
<b>Geométricas</b>	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	1
	Ancho de carril, $W$ (m)	3,30
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, $\%G$ (%)	0,60
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	No
<b>De Tránsito</b>	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	59
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	25
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	0
	Velocidad de aproximación, (km/h)	20
<b>Semafóricas</b>	Longitud del ciclo, $C$ (s)	72
	Tiempo en verde, $G$ (s)	27
	Ámbar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	1
Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	

#### 4.3.1.10. Estación 8

- **Resumen de aforo vehicular**

La Tabla 40, ofrece un resumen del aforo vehicular de la estación 8 en la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 40**

*Resumen de aforo vehicular de la estación 8 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Dia - hora	Izquierda		Directo		Derecha	
	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h	Aforo (15 min.)	Veh/h
Lunes 7 h hasta 9 h	0	0	65	260	45	180
Lunes 12 h hasta 14 h	0	0	56	224	41	164
Lunes 18 h hasta 20 h	0	0	50	200	40	160
Miércoles 7 h hasta 9 h	0	0	70	280	53	212
Miércoles 12 h hasta 14 h	0	0	62	248	45	180
Miércoles 18 h hasta 20 h	0	0	64	256	43	172
Sábado 7 h hasta 9 h	0	0	74	296	68	272
Sábado 12 h hasta 14 h	0	0	77	308	58	232
Sábado 18 h hasta 20 h	0	0	74	296	63	252
<b>Mayores</b>				<b>308</b>		<b>272</b>

- **Porcentaje de vehículos pesados**

La Tabla 41 el resumen de vehículos representados en porcentaje que transitan por la E8 en la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas, de acuerdo con los diferentes tipos de giros con que cuenta esta estación. Obteniendo los valores máximos en cada uno de los giros.

**Tabla 41**

*Resumen de porcentaje de vehículos pesados de la estación 8 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Día	Inicio	Final	Izquierda en %	Directo en %	Derecha en %
Lunes	07:00 h	09:00 h	0	6,61	5,19
Lunes	12:00 h	14:00 h	0	5,14	5,65
Lunes	18:00 h	20:00 h	0	7,66	5,51
Miércoles	07:00 h	09:00 h	0	6,78	6,76
Miércoles	12:00 h	14:00 h	0	4,93	6,23
Miércoles	18:00 h	20:00 h	0	5,69	6,61
Sábado	07:00 h	09:00 h	0	5,13	4,87
Sábado	12:00 h	14:00 h	0	7,16	4,78
Sábado	18:00 h	20:00 h	0	3,38	4,27
<b>Mayores</b>				<b>7,66</b>	<b>6,76</b>

- **Pendiente**

En este estudio, se ha utilizado el “programa Google Earth” como herramienta para determinar la pendiente del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas. Para ello, se ha realizado un análisis detallado tramo por tramo, obteniendo un valor de pendiente de 4,10%, como se muestra en la Figura 53. La utilización de Google Earth ha permitido realizar un análisis preciso y eficiente de la pendiente, considerando las características geométricas de la inter tramo en su totalidad.

**Figura 53**

*Pendiente de la estación 8 del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



Nota. Adaptado de Google Earth

- **Parámetros de entrada**

Según la Metodología HCM 2010 contamos con parámetros geométricos, parámetros de tránsito y parámetros semafóricos, los cuales se detallan en la Tabla 42 para la estación 8 del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas.

**Tabla 42**

*Parámetros de entrada de la estación 8 en el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Condición	Parámetro	E8
Geométricas	Tipo de área	No CBD
	Número de carriles del grupo de carriles, $N$	2
	Ancho de carril, $W$ (m)	3,30
	% pendiente en el acceso - grupo de carriles, % $G$ (%)	4,10
	Existencia de carriles exclusivos, LT o RT	No
	Extensión de bahías, LT o RT, $L_s$ (m)	No
	Estacionamiento	Si
De Tránsito	Flujo de saturación base, $S_o$ (veh/h)	1750
	Flujo peatonal en el acceso (peatones/h)	68
	Numero de parada de buses/hora, $NB$ (vehículos/h)	16
	Numero de maniobras de parqueo/hora, $Nm$ (parqueo/h)	10
	Velocidad de aproximación, (km/h)	40
Semafóricas	Longitud del ciclo, $C$ (s)	72
	Tiempo en verde, $G$ (s)	37
	Ámbar (s)	4
	intervalo de cambio y despeje, Todo rojo + Ámbar, $Y$ (s)	4
	Operación accionada o prefija	PRE
	Botón peatonal	0
	Plan de fases	2
Periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	

### 4.3.2. Resultados de la situación actual del inter tramo

#### 4.3.2.1. Aplicación de la metodología HCM 2010

Para aplicar la metodología, es necesario obtener los resultados de la demanda de vehículos por hora. Luego se calculará la capacidad de la vía y se analizará la tasa de saturación del tramo. Esto permitirá determinar las demoras y, finalmente, evaluar el nivel de servicio del tramo.

En la Tabla 43 se presenta el ajuste de los volúmenes de tráfico utilizando el factor de hora pico, junto con el cálculo de las proporciones de giro disponibles en este tramo interseccional.

**Tabla 43**

*Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Ajuste de volumen	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8
<b>Volumen, <math>V</math> (veh/h)</b>	<b>568,00</b>	<b>516,00</b>	<b>472,00</b>	<b>580,00</b>
Volumen izquierdo, $V_{izq}$ (veh/h)	0	0	0	0
Volumen directo, $V_{dir}$ (veh/h)	272	380	260	308
Volumen derecho, $V_{der}$ (veh/h)	296	136	212	272
Factor de hora pico, $PHF$	0,794	0,794	0,794	0,794
<b>Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, <math>vp = V/PHF</math> (veh/h)</b>	<b>716,00</b>	<b>650,00</b>	<b>595,00</b>	<b>731,00</b>
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	343,00	479,00	328,00	388,00
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	373,00	171,00	267,00	343,00
Proporción de giros LT o RT ( $PLT$ o $PRT$ )				
Proporción de giros izquierda $PLT$	0	0	0	0
Proporción de giros derecha $PRT$	0,521	0,263	0,449	0,469

En la Tabla 44, observamos los diferentes valores calculados de cada uno de los factores de ajuste necesarios para poder calcular el volumen máximo de tráfico  $S$ .

**Tabla 44***Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Tasa de flujo de saturación</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Flujo de saturación ideal, $S_0$ (veh/h)	1750	1750	1750	1750
Número de carriles, $N$	1	2	1	2
Ancho de carril, $W$	4,40	3,30	3,30	3,30
<b>Factor de ajuste por ancho de carril, <math>f_w</math></b>	<b>1,040</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	7,255	11,856	10,005	14,420
Equivalente en vehículos livianos, $E_t = 2,0$	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Factor de ajuste por vehículos pesados, <math>f_{HV}</math></b>	<b>0,932</b>	<b>0,894</b>	<b>0,909</b>	<b>0,874</b>
Porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-6,00	-4,40	0,60	4,10
<b>Factor de ajuste por pendiente, <math>f_g</math></b>	<b>1,030</b>	<b>1,022</b>	<b>0,997</b>	<b>0,980</b>
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	0	4	0	10
<b>Factor de ajuste por estacionamiento, <math>f_p \geq 0,50</math></b>	<b>0,900</b>	<b>0,940</b>	<b>0,900</b>	<b>0,925</b>
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	23	7	25	16
<b>Factor de ajuste por bloqueo de buses, <math>f_{bb} \geq 0,050</math></b>	<b>0,908</b>	<b>0,986</b>	<b>0,900</b>	<b>0,968</b>
Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
<b>Factor de ajuste por tipo de área, <math>f_a</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, $v_g$ (veh/h)	568,00	516,00	472,00	580,00
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No	No
Tasa de flujo no ajustada para el carril con el volumen más alto, $v_{g1}$ (veh/h)	296	380	260	308
<b>Factor de ajuste por utilización de carril, <math>f_{LU}</math></b>	<b>1,919</b>	<b>0,679</b>	<b>1,815</b>	<b>0,942</b>
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por giro a la izquierda, <math>f_{LT}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0,521	0,263	0,449	0,469
<b>Factor de ajuste por giro a la derecha, <math>f_{RT} \geq 0,050</math></b>	<b>0,922</b>	<b>0,961</b>	<b>0,933</b>	<b>0,930</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, <math>f_{Lpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, <math>f_{Rpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b>Flujo de saturación ajustado, <math>S</math></b>	<b>2526,622</b>	<b>1932,920</b>	<b>2175,270</b>	<b>2348,229</b>

Después de calcular el flujo de saturación ajustado ( $S$ ), luego se realiza el cálculo de la capacidad ( $C$ ) del conjunto de carriles y se determina la relación entre

volumen y capacidad (X) para cada estación. Los resultados obtenidos se presentan de manera detallada en la Tabla 45.

**Tabla 45**

*Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Análisis de capacidad</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Fase	1	2	1	2
Tipo de fase	PRE	PRE	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	716,00	650,00	595,00	731,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	2526,622	1932,920	2175,270	2348,229
Longitud de ciclo, c (s)	72	72	72	72
Tiempo de verde efectivo, g (s)	27	37	27	37
Proporción de verde, g / c	0,375	0,514	0,375	0,514
<b>Capacidad del grupo de carriles, C = S ( g / c )</b>	<b>947,483</b>	<b>993,306</b>	<b>815,726</b>	<b>1206,729</b>
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,756</b>	<b>0,654</b>	<b>0,729</b>	<b>0,606</b>

En este trabajo de investigación, se implementa una metodología rigurosa para determinar las demoras del inter tramo. En primer lugar, se calcula la demora uniforme, la cual representa el tiempo promedio que un vehículo espera en el inter tramo sin considerar la existencia de una cola inicial. Seguidamente, se determina el retraso inicial debido a la fila, que refleja el tiempo adicional que un vehículo espera debido a la presencia de una cola preexistente. La estrecha relación entre estas dos demoras, como se evidencia en la Tabla 46, resalta su importancia para comprender el comportamiento del inter tramo y tomar decisiones informadas para optimizar su funcionamiento.

**Tabla 46**

*Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Cálculo de demora uniforme y por cola inicial</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Periodo de análisis	1	2	1	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, c (s)	72	72	72	72
Proporción de verde, g / c	0,375	0,514	0,375	0,514
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,756</b>	<b>0,654</b>	<b>0,729</b>	<b>0,606</b>

(continúa)

Tabla 46 (continuación)

Cálculo de demora uniforme y por cola inicial	E5	E6	E7	E8
<b>Cola inicial, Qb (veh/h)</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	947,483	993,306	815,726	1206,729
Relación de pelotón, Rp	1	0,333	1	0,333
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,375	0,171	0,375	0,171
Factor de ajuste suplementario, fPA	1	1	1	1
Factor de ajuste por coordinación, PF	1,000	1,705	1,000	1,705
<b>Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)</b>	<b>0,035</b>	<b>0,038</b>	<b>0,045</b>	<b>0,025</b>
Parámetro de demora, u	-	-	-	-
<b>Caso de análisis</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>
Caso I (no saturado) y II (saturado) ( $Qb=0$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)				
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u) \cdot t}{C \cdot T} = 0$	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)				
$d_1 = \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]}$	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
<b>Caso III (<math>Qb&gt;0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t &lt; T</math>)</b>				
<b>Demora por cola inicial, <math>d_3</math> (s/veh)</b>				
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot t}{C \cdot T}$	<b>2,101</b>	<b>3,568</b>	<b>3,999</b>	<b>1,806</b>
<b>Demore uniforme, <math>d_1</math> (s/veh)</b>				
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right) \cdot \frac{t}{T} + \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]} \cdot \frac{T-t}{T} \cdot PF$	<b>20,021</b>	<b>21,195</b>	<b>19,927</b>	<b>20,702</b>
Caso IV ( $Qb>0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t=T$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)				
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u)}{C}$	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)				
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Caso V ( $Qb>0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t=T$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)				
$d_3 = \frac{3600 \cdot Q_b}{C}$	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)				
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

La Tabla 47 presenta el cálculo de la demora adicional  $d_2$  y, posteriormente, se evaluó el nivel de servicio tanto para cada estación como para cada acceso y para el tramo completo.

**Tabla 47**

*Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Cálculo de demora incremental y nivel de servicio</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Tasa de flujo ajustado, $v_p$	716,00	650,00	595,00	731,00
Capacidad del grupo de carriles, C	947,483	993,306	815,726	1206,729
Relación $v/c = X$	0,756	0,654	0,729	0,606
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas del inter tramo corriente, I	1	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>Demora incremental, <math>d_2</math></b>	<b>5,592</b>	<b>3,358</b>	<b>5,683</b>	<b>2,263</b>
Demora por cola inicial, $d_3$	2,101	3,568	3,999	1,806
Demora uniforme, $d_1$	20,021	21,195	19,927	20,702
Factor de ajuste por progresión, PF	1,000	1,705	1,000	1,705
<b>Demora total</b>	<b>27,714</b>	<b>43,067</b>	<b>29,609</b>	<b>39,369</b>
<b>Nivel de servicio</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Demora por acceso, $dA = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	27,714	43,067	29,609	39,369
<b>Nivel de servicio por acceso</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Demora del inter tramo, <math>d_l</math></b>		<b>35,005</b>		
<b>Nivel de servicio del inter tramo</b>		<b>D</b>		

Habiendo realizado todos los cálculos pertinentes, obtuvimos la demora del inter tramo, siendo de 35,005 seg., por ende, el nivel de servicio del inter tramo corresponde a un nivel D.

#### **4.4. Propuesta de solución para el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con avenida 25 de noviembre**

##### **4.4.1. Explicación de la propuesta**

Como resultado del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre nos da un nivel de servicio D, por lo que inmediatamente se analizó varias opciones para la optimización del nivel de servicio en dicho inter tramo. Como propuestas tenemos las siguientes:

- **Restricción de vehículos pesados**

Implementar una restricción vehicular mediante la prohibición del tránsito de vehículos pesados en la avenida 25 de noviembre, utilizando señalización vial adecuada, como señaléticas y/o carteles de tránsito, para optimizar la circulación vial y mejorar la seguridad vial en dicha vía.

- **Restricción de estacionamientos.**

Implementar una estrategia de señalización restrictiva de estacionamiento mediante la instalación de señales de tránsito que prohíban el estacionamiento en zonas estratégicas, a fin de mitigar la congestión vehicular generada por las maniobras de estacionamiento.

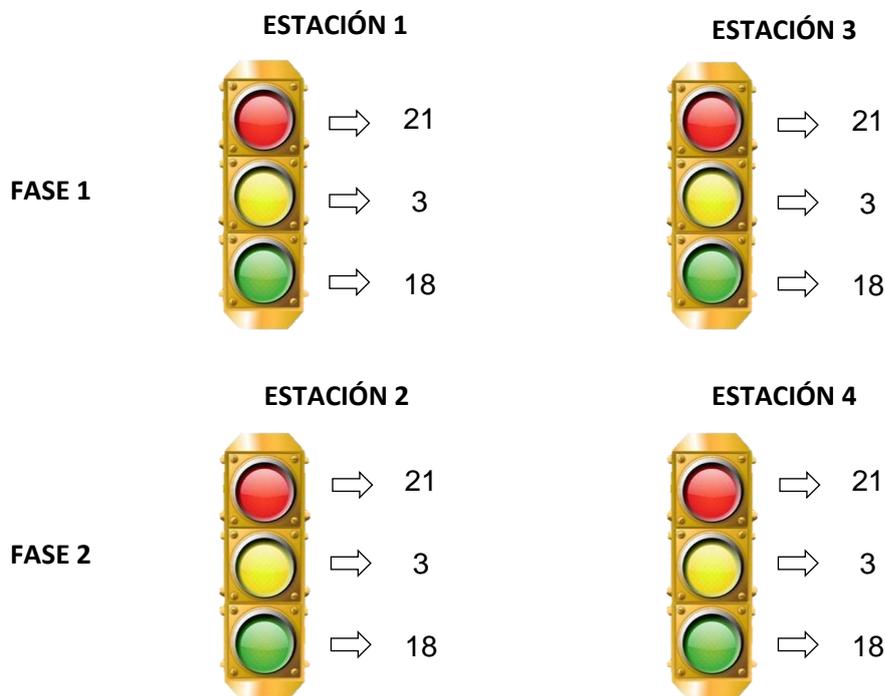
- **Nuevos tiempos de semáforos**

Optimizar la sincronización semafórica mediante el ajuste estratégico de los tiempos en verde, rojo y ámbar para lograr una reducción significativa del ciclo semafórico total.

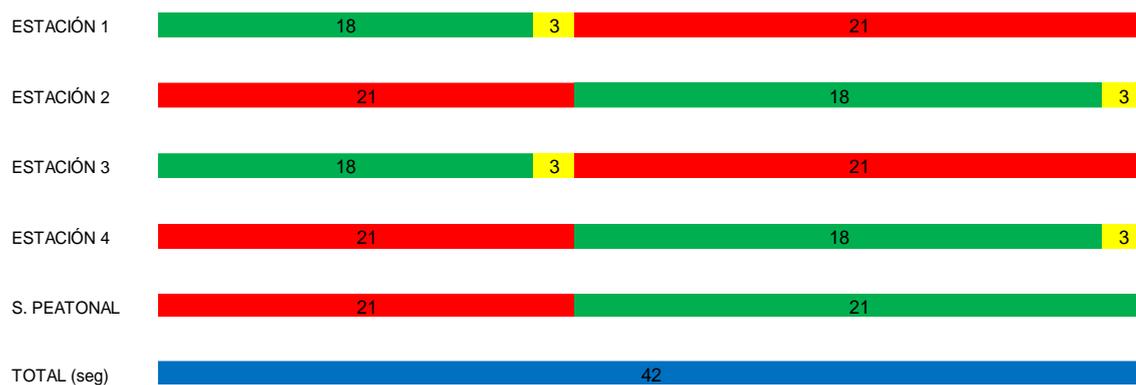
La Figura 54 muestra en detalle los nuevos tiempos recomendados para las luces verde, amarilla y roja en cada fase del ciclo semafórico. Como resultado de la optimización, se ha logrado reducir la duración del ciclo semafórico, lo que se traduce en una circulación vehicular más fluida y eficiente. La Figura 55, por su parte, ilustra el nuevo diagrama de fases semafóricas, donde se aprecia la secuencia y duración de cada fase.

**Figura 54**

*Propuesta del tiempo de semaforización del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

**Figura 55**

*Propuesta del diagrama de fases del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*



Una vez establecidos los nuevos tiempos de ciclo para las luces verde, roja y ámbar, se procede a actualizar los parámetros de entrada utilizados en el análisis previo. Con esta actualización, se obtienen nuevos resultados para la propuesta, los cuales se detallan a continuación.

#### 4.4.2. Aplicación de la metodología HCM 2010

Primero procedemos a restringir los vehículos pesados en la avenida 25 de noviembre siendo la estación 1 y 3, para esto se considera poner una señal de tránsito indicando la restricción del paso de dichos vehículos. Se realizó el análisis mediante la Tabla 48, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 48**

*Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

Ajuste de volumen	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
<b>Volumen, <math>V</math> (veh/h)</b>	<b>540,00</b>	<b>684,00</b>	<b>480,00</b>	<b>560,00</b>
Volumen izquierdo, $V_{izq}$ (veh/h)	0	0	0	0,00
Volumen directo, $V_{dir}$ (veh/h)	312	372	296	436
Volumen derecho, $V_{der}$ (veh/h)	228	312	184	124
Factor de hora pico, $PHF$	0,848	0,848	0,848	0,848
<b>Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, <math>vp = V/PHF</math> (veh/h)</b>	<b>637,00</b>	<b>807,00</b>	<b>566,00</b>	<b>661,00</b>
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	368,00	439,00	349,00	514,00
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	269,00	368,00	217,00	146,00
Proporción de giros LT o RT ( $PLT$ o $PRT$ )				
Proporción de giros izquierda PLT	0	0	0	0
Proporción de giros derecha PRT	0,422	0,456	0,383	0,221

En la Tabla 49 se detallan los cambios obtenidos en los ajustes por vehículos pesados y ajustes por estacionamiento. Cabe destacar que en este análisis no se ha considerado el factor de bloqueo por bicicletas o peatones, debido a la falta de información disponible.

**Tabla 49**

*Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Tasa de flujo de saturación</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Flujo de saturación ideal, $S_o$ (veh/h)	1750	1750	1750	1750
Número de carriles, $N$	1	2	1	2
Ancho de carril, $W$	3,40	3,40	3,20	3,40
<b>Factor de ajuste por ancho de carril, <math>f_w</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	0,000	6,748	0,000	10,735
Equivalente en vehículos livianos, $E_t = ,.0$	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Factor de ajuste por vehículos pesados, <math>f_{HV}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>0,937</b>	<b>1,000</b>	<b>0,903</b>
Porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-7,10	-0,47	0,70	4,90
<b>Factor de ajuste por pendiente, <math>f_g</math></b>	<b>1,036</b>	<b>1,002</b>	<b>0,997</b>	<b>0,976</b>
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por estacionamiento, <math>f_p \geq 0,50</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por bloqueo de buses, <math>f_{bb} \geq 0,050</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
<b>Factor de ajuste por tipo de área, <math>f_a</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, $v_g$ (veh/h)	540,00	684,00	480,00	560,00
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No	No
Tasa de flujo no ajustada para el carril con el volumen más alto, $v_{g1}$ (veh/h)	312	372	296	436
<b>Factor de ajuste por utilización de carril, <math>f_{LU}</math></b>	<b>1,731</b>	<b>0,919</b>	<b>1,622</b>	<b>0,642</b>
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por giro a la izquierda, <math>f_{LT}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0,422	0,456	0,383	0,221
<b>Factor de ajuste por giro a la derecha, <math>f_{RT} \geq 0,050</math></b>	<b>0,937</b>	<b>0,932</b>	<b>0,942</b>	<b>0,967</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, <math>f_{Lpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, <math>f_{Rpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b><i>Flujo de saturación ajustado, <math>S</math></i></b>	<b><i>2937,701</i></b>	<b><i>2814,740</i></b>	<b><i>2665,276</i></b>	<b><i>1914,478</i></b>

Posteriormente, se procede a la determinación de la capacidad "C" y la relación entre el volumen y la capacidad "X" para cada una de las estaciones del inter tramo, considerando los nuevos tiempos semafóricos implementados. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 50, indican que la relación v/c es menor a 1 en todas

las estaciones, lo que significa que la capacidad del inter tramo ha mejorado significativamente.

**Tabla 50**

*Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Análisis de capacidad</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Fase	1	2	1	2
Tipo de fase	PRE	PRE	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	637,00	807,00	566,00	661,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	2937,70	2814,74	2665,28	1914,48
Longitud de ciclo, c (s)	42	42	42	42
Tiempo de verde efectivo, g (s)	18	18	18	18
Proporción de verde, g / c	0,429	0,429	0,429	0,429
<b>Capacidad del grupo de carriles, C = S ( g / C )</b>	<b>1259,015</b>	<b>1206,317</b>	<b>1142,261</b>	<b>820,491</b>
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,506</b>	<b>0,669</b>	<b>0,496</b>	<b>0,806</b>

A continuación, se procede a reemplazar los datos actualizados en el modelo de simulación. Posteriormente, se realiza el cálculo de las demoras, iniciando con el retraso uniforme y el retraso inicial debido a la cola. Los resultados obtenidos para la propuesta, que se detallan en la Tabla 51, evidencian una mejora significativa en las demoras en comparación con el escenario inicial.

**Tabla 51**

*Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Cálculo de demora uniforme y por cola inicial</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Periodo de análisis	1	2	1	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, c (s)	42	42	42	42
Proporción de verde, g / c	0,429	0,429	0,429	0,429
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,506</b>	<b>0,669</b>	<b>0,496</b>	<b>0,806</b>
<b>Cola inicial, Qb (veh/h)</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	1259,015	1206,317	1142,261	820,491

(continúa)

Tabla 49 (continuación)

<b>Cálculo de demora uniforme y por cola inicial</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Relación de pelotón, Rp	1,333	0,333	1,333	0,333
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,571	0,143	0,571	0,143
Factor de ajuste suplementario, fPA	1,15	1	1,15	1
Factor de ajuste por coordinación, PF	0,863	1,500	0,863	1,500
<b>Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)</b>	<b>0,018</b>	<b>0,023</b>	<b>0,017</b>	<b>0,031</b>
Parámetro de demora, u	-	-	-	-
<b>Caso de análisis</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>
Caso I (no saturado) y II (saturado) ( $Qb=0$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u) \cdot t}{C \cdot T} = 0$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]}$				
<b>Caso III (<math>Qb&gt;0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t &lt; T</math>)</b>				
<b>Demora por cola inicial, <math>d_3</math> (s/veh)</b>	<b>1,112</b>	<b>1,211</b>	<b>1,094</b>	<b>1,376</b>
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot t}{C \cdot T}$				
<b>Demore uniforme, <math>d_1</math> (s/veh)</b>	<b>7,869</b>	<b>14,204</b>	<b>7,823</b>	<b>15,247</b>
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right) \cdot \frac{t}{T} + \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]} \cdot \frac{T-t}{T} \cdot PF$				
Caso IV ( $Qb>0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t=T$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u)}{C}$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$				
Caso V ( $Qb>0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t=T$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{3600 \cdot Q_b}{C}$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$				

En la Tabla 52 se encuentra el análisis de la demora adicional "d2" y la evaluación del nivel de servicio para cada estación y del inter tramo. Los resultados muestran una notable mejora en el nivel de servicio conforme a la sugerencia planteada.

**Tabla 52**

*Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre*

<b>Cálculo de demora por control y nivel de servicio</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>
Tasa de flujo ajustado, $v_p$	637,00	807,00	566,00	661,00
Capacidad del grupo de carriles, C	1259,015	1206,317	1142,261	820,491
relación $v/c = X$	0,506	0,669	0,496	0,806
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas del inter tramo corriente, I	1	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>Demora incremental, d2</b>	<b>1,455</b>	<b>2,957</b>	<b>1,537</b>	<b>8,304</b>
Demora por cola inicial, d3	1,112	1,211	1,094	1,376
Demora uniforme, d1	7,869	14,204	7,823	15,247
Factor de ajuste por progresión, PF	0,863	1,500	0,863	1,500
<b>Demora total</b>	<b>9,356</b>	<b>25,477</b>	<b>9,381</b>	<b>32,553</b>
<b>Nivel de servicio</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>C</b>
Demora por acceso, $dA = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	9,356	25,477	9,381	32,553
<b>Nivel de servicio por acceso</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>C</b>
<b>Demora del inter tramo, dl</b>			<b>19,973</b>	
<b>Nivel de servicio del inter tramo</b>			<b>B</b>	

Tras finalizar los cálculos rigurosos de nuestra propuesta de solución, se logró una reducción sustancial en la demora del inter tramo, la cual disminuyó a 19,973 segundos. Como resultado de esta mejora significativa.

## **4.5. Propuesta de solución para el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas**

### **4.5.1. Explicación de la propuesta**

Tras constatar un preocupante nivel de servicio D del inter tramo, calificado como deficiente y perjudicial para los usuarios, se emprendió un análisis exhaustivo de diversas alternativas con el objetivo de optimizar el servicio en dicho punto. Entre las propuestas elaboradas se encuentran las siguientes:

- **Restricción de vehículos pesados**

Se implementará la prohibición exclusiva del tránsito de vehículos pesados por la calle Amazonas mediante la colocación de señalización adecuada, como carteles de tránsito específicos.

- **Restricción de estacionamientos.**

Se instalarán señales de tránsito que indiquen la prohibición de estacionamiento, con el fin de mitigar el congestionamiento vehicular causado por las maniobras de estacionamiento en esa área específica.

- **Nuevos tiempos de semáforos**

Se modifican los tiempos de verde, rojo y ámbar en los semáforos de diversas secciones del inter tramo, con el objetivo de reducir la duración total del ciclo semafórico.

En la Figura 56 se pueden observar los nuevos tiempos recomendados, lo que ha dado como resultado un ciclo semafórico renovado, reducido para promover una circulación más eficiente y rápida de los vehículos. La Figura 57 ilustra el nuevo diagrama de fases semafóricas correspondientes a estos ajustes.

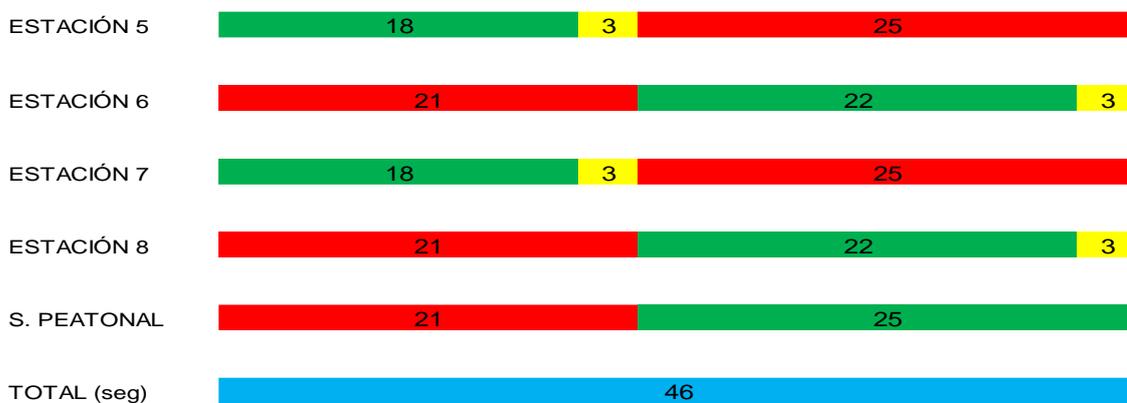
**Figura 56**

*Propuesta de los tiempos semafóricos del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*



**Figura 57**

*Propuesta del diagrama de fases del inter tramo de la avenida Simón Bolívar con calle Amazonas*



Ya con los nuevos tiempos propuestos en verde, rojo y ámbar procedemos a reemplazar en los parámetros de entrada anteriormente vistos para nuestro nuevo resultado en la propuesta.

#### 4.5.2. Aplicación de la metodología HCM 2010

Primeramente, al restringir el paso de vehículos pesados en la calle Amazonas las estaciones involucradas son la estación 5 y 7. El análisis se realizó mediante la Tabla 53, obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 53**

*Ajuste de volúmenes del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

Ajuste de volumen	Estación 5	Estación 6	Estación 7	Estación 8
<b>Volumen, <math>V</math> (veh/h)</b>	<b>560,00</b>	<b>516,00</b>	<b>468,00</b>	<b>580,00</b>
Volumen izquierdo, $V_{izq}$ (veh/h)	0	0	0	0
Volumen directo, $V_{dir}$ (veh/h)	264	380	260	308
Volumen derecho, $V_{der}$ (veh/h)	296	136	208	272
Factor de hora pico, $PHF$	0,789	0,789	0,789	0,789
<b>Tasa de flujo ajustado en el grupo de carriles, <math>vp = V/PHF</math> (veh/h)</b>	<b>710,00</b>	<b>654,00</b>	<b>593,00</b>	<b>735,00</b>
Tasa de flujo ajustado izquierda, (veh/h)	0	0	0	0
Tasa de flujo ajustado directo, (veh/h)	335,00	482,00	329,00	390,00
Tasa de flujo ajustado derecha, (veh/h)	375,00	172,00	264,00	345,00
Proporción de giros LT o RT ( $PLT$ o $PRT$ )				
Proporción de giros izquierda PLT	0	0	0	0
Proporción de giros derecha PRT	0,528	0,263	0,445	0,469

A continuación, se muestra la Tabla 54, en la que se observa los cambios obtenidos en los ajustes por vehículos pesados, ajustes por estacionamiento. No se cuenta con el factor de bloqueo por bicicletas o peatones.

**Tabla 54***Tasa de flujo de saturación del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Tasa de flujo de saturación</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Flujo de saturación ideal, $S_o$ (veh/h)	1750	1750	1750	1750
Número de carriles, $N$	1	2	1	2
Ancho de carril, $W$	4,40	3,30	3,30	3,30
<b>Factor de ajuste por ancho de carril, <math>f_w</math></b>	<b>1,04</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Porcentaje de vehículos pesados, %HV	0,000	11,856	0,000	14,420
Equivalente en vehículos livianos, $E_t = 2,0$	2,0	2,0	2,0	2,0
<b>Factor de ajuste por vehículos pesados, <math>f_{HV}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>0,894</b>	<b>1,000</b>	<b>0,874</b>
Porcentaje de pendiente en el grupo de carriles, %G	-6,00	-4,40	0,60	4,10
<b>Factor de ajuste por pendiente, <math>f_g</math></b>	<b>1,030</b>	<b>1,022</b>	<b>0,997</b>	<b>0,980</b>
Número de maniobras de estacionamiento por hora, $N_m \leq 180$	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por estacionamiento, <math>f_p \geq 0,50</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Número de buses que se detienen por hora, $N_B \leq 250$	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por bloqueo de buses, <math>f_{bb} \geq 0,050</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Tipo de área	No CBD	No CBD	No CBD	No CBD
<b>Factor de ajuste por tipo de área, <math>f_a</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Tasa de flujo no ajustada para el grupo de carriles, $v_g$ (veh/h)	560,00	516,00	468,00	580,00
Existencia de carriles exclusivos	No	No	No	No
Tasa de flujo no ajustada para el carril con el volumen más alto, $v_{g1}$ (veh/h)	296	380	260	308
<b>Factor de ajuste por utilización de carril, <math>f_{LU}</math></b>	<b>1,892</b>	<b>0,679</b>	<b>1,800</b>	<b>0,942</b>
Proporción de vueltas a la izquierda de vehículos	0	0	0	0
<b>Factor de ajuste por giro a la izquierda, <math>f_{LT}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
Proporción de vueltas a la derecha de vehículos	0,528	0,263	0,445	0,469
<b>Factor de ajuste por giro a la derecha, <math>f_{RT} \geq 0,050</math></b>	<b>0,921</b>	<b>0,961</b>	<b>0,933</b>	<b>0,930</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la izquierda, <math>f_{Lpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b>Factor de ajuste por peatones/bicicletas para giros a la derecha, <math>f_{Rpb}</math></b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
<b><i>Flujo de saturación ajustado, <math>S</math></i></b>	<b><i>3265,565</i></b>	<b><i>2085,521</i></b>	<b><i>2930,827</i></b>	<b><i>2622,477</i></b>

Luego, realizamos el cálculo de la capacidad "C" y la relación entre volumen y capacidad "X" para cada una de las estaciones del inter tramo con los nuevos tiempos semafóricos, dando como resultado una relación v/c menor a 1. Esto se muestra en la Tabla 55.

**Tabla 55***Análisis de la capacidad del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Análisis de capacidad</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Fase	1	2	1	2
Tipo de fase	PRE	PRE	PRE	PRE
Tasa de flujo ajustado, vp (veh/h)	710,00	654,00	593,00	735,00
Tasa de flujo de saturación ajustado, S (veh/h)	3265,565	2085,521	2930,827	2622,477
Longitud de ciclo, c (s)	46	46	46	46
Tiempo de verde efectivo, g (s)	18	22	18	22
Proporción de verde, g / c	0,391	0,478	0,391	0,478
<b>Capacidad del grupo de carriles, C = S ( g / c )</b>	<b>1277,830</b>	<b>997,423</b>	<b>1146,845</b>	<b>1254,228</b>
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,556</b>	<b>0,656</b>	<b>0,517</b>	<b>0,586</b>

Seguidamente reemplazamos los nuevos datos calculados y procedemos a realizar la determinación de las demoras, primero calculamos el retraso uniforme  $d1$  y el retraso inicial debido a la cola  $d3$ , en la Tabla 56 se muestran las nuevas demoras obtenidas para la propuesta.

**Tabla 56***Cálculo de demora uniforme y por cola inicial del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Cálculo de demora uniforme y por cola inicial</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Periodo de análisis	1	2	1	2
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25
Longitud de ciclo, c (s)	46	46	46	46
Proporción de verde, g / c	0,391	0,478	0,391	0,478
<b>Relación volumen-capacidad, X = v / C</b>	<b>0,556</b>	<b>0,656</b>	<b>0,517</b>	<b>0,586</b>
<b>Cola inicial, Qb (veh/h)</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
Capacidad del grupo de carriles, C (veh/h)	1277,830	997,423	1146,845	1254,228
Relación de pelotón, Rp	1,333	0,333	1,333	0,333
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	0,522	0,159	0,522	0,159
Factor de ajuste suplementario, fPA	1,15	1	1,15	1
Factor de ajuste por coordinación, PF	0,904	1,611	0,904	1,611
<b>Duración de la demanda insatisfecha en T, t (h)</b>	<b>0,014</b>	<b>0,037</b>	<b>0,019</b>	<b>0,024</b>
Parámetro de demora, u	-	-	-	-

(continúa)

Tabla 56 (continuación)

Cálculo de demora uniforme y por cola inicial	E5	E6	E7	E8
<b>Caso de análisis</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>	<b>CASO III</b>
Caso I (no saturado) y II (saturado) ( $Qb=0$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u) \cdot t}{C \cdot T} = 0$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]}$				
<b>Caso III (<math>Qb&gt;0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t &lt; T</math>)</b>				
<b>Demora por cola inicial, <math>d_3</math> (s/veh)</b>	<b>0,635</b>	<b>3,552</b>	<b>1,134</b>	<b>1,592</b>
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot t}{C \cdot T}$				
<b>Demore uniforme, <math>d_1</math> (s/veh)</b>	<b>10,076</b>	<b>14,290</b>	<b>9,970</b>	<b>13,831</b>
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right) \cdot \frac{t}{T} + \frac{0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{c}\right]} \cdot \frac{T-t}{T} \cdot PF$				
Caso IV ( $Qb>0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t=T$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1+u)}{C}$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$				
Caso V ( $Qb>0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t=T$ )				
Demora por cola inicial, $d_3$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_3 = \frac{3600 \cdot Q_b}{C}$				
Demore uniforme, $d_1$ (s/veh)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
$d_1 = 0,5 \cdot c \left(1 - \frac{g}{c}\right)$				

Finalmente, en la Tabla 57 se presentan los cálculos de la demora incremental “d2” y el nivel de servicio correspondiente a cada estación y su inter tramo. Al aplicar la propuesta planteada y obtener los nuevos resultados del nivel de servicio, se evidencia una mejora notable en todos los aspectos.

**Tabla 57**

*Cálculo de demora incremental y nivel de servicio del inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas*

<b>Cálculo de demora incremental y nivel de servicio</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
Tasa de flujo ajustado, vp	710,00	654,00	593,00	735,00
Capacidad del grupo de carriles, C	1277,830	997,423	1146,845	1254,228
Relación v/c = X	0,556	0,656	0,517	0,586
Calibración de la demora incremental, k	0,5	0,5	0,5	0,5
Factor de ajuste por entradas del inter tramo corriente, l	1	1	1	1
Duración del periodo de análisis, T	0,25	0,25	0,25	0,25
<b>Demora incremental, d2</b>	<b>1,746</b>	<b>3,364</b>	<b>1,668</b>	<b>2,010</b>
Demora por cola inicial, d3	0,635	3,552	1,134	1,592
Demora uniforme, d1	10,076	14,290	9,970	13,831
Factor de ajuste por progresión, PF	0,904	1,611	0,904	1,611
<b>Demora total</b>	<b>11,488</b>	<b>29,942</b>	<b>11,812</b>	<b>25,890</b>
<b>Nivel de servicio</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Demora por acceso, $dA = \sum(d)(v)/\sum v$ (s/veh)	11,488	29,942	11,812	25,890
<b>Nivel de servicio por acceso</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>Demora del inter tramo, dl</b>		<b>19,975</b>		
<b>Nivel de servicio del inter tramo</b>		<b>B</b>		

Una vez concluido todos los cálculos pertinentes de nuestra propuesta de solución, obtuvimos una mejora en la demora de la inter tramo, siendo de 19,975 seg., por ende, el nuevo nivel de servicio del inter tramo corresponde a un nivel B.

## CAPÍTULO V: DISCUSIONES

Con los resultados obtenidos en el inter tramo de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre y calle Amazonas los cuales son deficientes, podemos afirmar el cumplimiento de la hipótesis planteada al inicio de la presente investigación, ya que gracias a la aplicación de la metodología HCM 2010 se puede analizar el flujo vehicular y disminuir considerablemente el nivel de servicio en las intersecciones analizadas.

En la presente investigación se realizó la evaluación de los flujos vehiculares pudiendo determinar un nivel de servicio actual para la intersección de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre un nivel de servicio "D"; así como la intersección de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas teniendo de igual manera un nivel de servicio "D" con demoras entre 35 y 55 seg/veh. Por lo que se ocasiona un flujo vehicular saturado y así un nivel de servicio deficiente para las intersecciones analizadas, considerando así la primera y segunda hipótesis específicas acertadas.

En vista que se requiere una optimización de los niveles de servicio, en la intersección de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre se propuso la modificación del ciclo semafórico designando para la estación 1 y 3 un tiempo de 18 seg., 3 seg. y 21 seg. de tiempo en verde, ámbar y rojo respectivamente; de igual manera para las estaciones 2 y 4. A su vez se restringió el paso de vehículos pesados por la Av. 25 de noviembre y la restricción de estacionamientos.

De igual manera en la intersección de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas se formuló la modificación del ciclo semafórico, para la estación 5 y 7 se tiene 18 seg. de tiempo en verde, 3 seg. de tiempo ámbar y 25 seg. de tiempo en rojo; mientras que para la estación 6 y 8 tenemos 22 seg., 3 seg. y 21 seg. de tiempo en verde, ámbar y rojo respectivamente. De la misma manera se restringió el paso de vehículos pesados por la calle Amazonas y la restricción de estacionamientos.

Al aplicar la propuesta de solución, podemos observar las mejoras en el nivel de servicio para las intersecciones analizadas viendo una mejora a un nivel de servicio "B" con demoras entre 10 y 20 seg/veh., confirmando así la tercera hipótesis específica.

De acuerdo con el trabajo de investigación de Romero & Toledo (2017), los grupos de carriles con una relación  $v/c < 0.85$  se debe reducir el tiempo en verde y/o el tiempo del ciclo, mientras que las demoras de los grupos de carriles con una relación  $v/c$  baja son altas debido a la larga duración del ciclo o que las fases no son adecuadas; esto se cumple de igual manera en nuestra investigación por lo que al tener una relación

$v/c < 1$  se optó por reducir el ciclo semafórico, ya que al tener mayor tiempo esto generaba una longitud de cola largas para las intersecciones de estudio.

Se tiene cierta concordancia con la investigación de Gonzales & Machaca (2021), donde se tiene un gran flujo vehicular en la Av. Tupac Amaru y vías aledañas en horas punta, teniendo un mayor porcentaje de vehículos livianos que transitan por esta zona, con ayuda de los estudios de tráfico, información geométrica, tiempos de semaforización y características de las vías se logró calcular los niveles de servicio; tal como se observa también en nuestra investigación.

Existe cierta relación con la investigación realizada por Ashhad et al (2020) ya que se identificó que los tiempos semafóricos de reparto actuales generan largas colas de retraso en la intersección de la Av. PMG y Av. LPD; de la misma manera como se muestra en nuestra investigación y a su vez como alternativa de solución se realiza una modificación a los tiempos semafóricos y ciclo semafórico, considerándose una solución de bajo costo e impacto instantáneo. También encontramos dicha relación en la tesis presentada por Vicente & Zegarra (2022) donde se tiene un ciclo semafórico total de 86 seg. lo que ocasionaba siempre una cola inicial y dando como solución la reducción del ciclo semafórico a 50 seg. y la sincronización de ambas intersecciones.

## CONCLUSIONES

En el inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua, el flujo vehicular y el nivel de servicio actual son deficientes en ambos casos, debido a las demoras generadas por los vehículos que realizan maniobras de estacionamiento, vehículos pesados que transitan por dichas vías y a su vez un ciclo semafórico muy largo.

El flujo vehicular realizado en horas pico tienen el siguiente aforo para cada estación: *Estación 1 = 544 vehículos por hora, estación 2 = 684 vehículos por hora, estación 3 = 488 vehículos por hora, estación 4 = 560 vehículos por hora, estación 5 = 568 vehículos por hora, estación 6 = 516 vehículos por hora, estación 7 = 472 vehículos por hora, estación 8 = 580 vehículos por hora.*

Se encontraron los siguientes niveles de servicio actuales: Para el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre y calle Amazonas, se tiene un nivel de servicio "D" para ambas intersecciones. Por lo que se concluye que tienen una relación volumen-capacidad directamente relacionada con el flujo vehicular, generando así demoras en el paso de vehículos, tiempos de espera largos y colas.

Se realizó las propuestas para reducir el congestionamiento vehicular en la avenida 25 de noviembre y la calle Amazonas, obteniendo resultados muy positivos lo que mejora considerablemente los niveles de servicio en ambas intersecciones. Para el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con Av. 25 de noviembre pasó de tener 36,763 seg/veh. a 19,973 seg/veh lo que representa un nivel de servicio "D" a "B" respectivamente; mientras que el inter tramo de la Av. Simón Bolívar con calle Amazonas mejora de 35,005 seg/veh a 19,975 seg/veh equivalente a un nivel de servicio "D" a "B" respectivamente.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad Provincial Mariscal Nieto, a través de la Sub Gerencia de Transportes y Seguridad Vial tener en cuenta las carencias que presentan nuestras vías urbanas y sistema de tránsito para que realicen más estudios similares en las principales vías de circulación de nuestra ciudad de Moquegua, con la finalidad de emplear los resultados en el mejoramiento de la congestión vehicular que actualmente se sufre, así como la creación de nuevos proyectos con una adecuada planificación en el tránsito.

En vista que la presente investigación es una de las primeras realizadas en la ciudad de Moquegua, las autoridades competentes podrían analizar con más detalles la investigación, a fin de utilizar los resultados obtenidos para el mejoramiento de la inter tramo vial de la avenida Simón Bolívar con la avenida 25 de noviembre y con la calle Amazonas, mejorando así el congestionamiento vehicular, la seguridad a la población y producir mayores beneficios.

Se aconseja a la Municipalidad Provincial Mariscal Nieto, tener una buena planificación urbana para obtener obras de infraestructura con una buena concepción de intersecciones proyectadas, prever espacios para estacionamiento adecuados, efectuar un ordenamiento de tránsito acorde a las necesidades de los usuarios y realizar una campaña de educación vial tanto para los conductores, pasajeros y peatones.

Realizar estudios de tránsito cada determinado tiempo para tener una base de datos y observar la conducta del tránsito año tras año, ya que la demanda varía con el aumento de vehículos y el crecimiento poblacional de la ciudad de Moquegua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashhad Verdezoto, T. Z., Cabrera Montes, F. F., & Roa Medina, O. B. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil - Ecuador. *Revista Gaceta Técnica*, 4-23.
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, R., & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de Transito*. México: Alfaomega.
- Chávez Loayza, V. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. Lima: VCHI S.A.
- Chicaiza Reyes, K. S., & Vela Mosquera, J. E. (2021). Universidad Central del Ecuador Repositorio Digital: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22720>
- Flores Ventura, R. J., & Chambilla Castillo, J. C. (2020). Universidad Privada de Tacna Repositorio Digital Institucional: <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1534>
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. México: Thomson Learning.
- Goicochea Casas, E. P. (2019). Universidad Nacional de Cajamarca Repositorio Institucional: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3053>
- Gonzales Chirinos, J. W., & Machaca Arapa, J. L. (2021). Repositorio Institucional - URP:  
[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4966/T030\\_72191270\\_T%20MACHACA%20ARAPA%20JOS%C3%89%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4966/T030_72191270_T%20MACHACA%20ARAPA%20JOS%C3%89%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- HCM. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington: Transportation Research Board.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2003). SUTRAN:  
<https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%C3%ADculos-%E2%80%93-DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>
- Montoya H., G. (Noviembre de 2005). Blog del Dr. Sergio J. Navarro Hudiel:  
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>
- Municipalidad Provincial Mariscal Nieto. (2016). *Plan de Desarrollo Urbano Moquegua - Samegua 2016 - 2026*. Moquegua.

- Raffino, M. E. (5 de Octubre de 2020). *concepto.de*. <https://concepto.de/tipos-de-investigacion/>
- Rausell Antequera, J. (24 de Setiembre de 2020). Universidad Politécnica de Valencia Repositorio Institucional UPV: <http://hdl.handle.net/10251/166031>
- Rodríguez Urrego, D. (2015). Revisión del HCM 2010 y 2000 Intersecciones semaforizadas. *Ingenium*, 19-31.
- Romero Sanchez, J. A., & Toledo Pacheco, C. R. (2017). Universidad de Cuenca Repositorio Institucional: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/27392>
- Sánchez Paredes, M. R. (13 de Diciembre de 2019). Universidad Andina del Cusco Repositorio Digital: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/3509>
- Vega Cuevas, Z. Y. (2018). Universidad Nacional de Cajamarca Repositorio Institucional: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1834>
- Vera, J., Loor, J., Ortiz Hernandez, E., & Delgado, D. (2021). Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador. *Revista RIEMAT, Vol. 6 Núm. 2*, 29-42.
- Vicente Lozano, N. O., & Zegarra Yugra, C. H. (2022). Repositorio de la Universidad Privada de Tacna: <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2377/Vicente-Lozano-Zegarra-Yugra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villaverde Ospinal, A. J. (2019). Repositorio Institucional Continental: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7106/3/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Villaverde\\_Ospinal\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7106/3/IV_FIN_105_TE_Villaverde_Ospinal_2019.pdf)
- Zapata García, J. H. (2020). Universidad Privada Antenor Orrego Repositorio de Tesis: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/6948>

**ANEXOS**

### Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### **TITULO:** “ANÁLISIS DEL FLUJO VEHICULAR PARA OPTIMIZAR EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN VIAL DE LA AV. SIMÓN BOLIVAR CON LA AV. 25 DE NOVIEMBRE Y CALLE AMAZONAS, CIUDAD DE MOQUEGUA - 2023”

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b> ¿De qué manera realizando un análisis de flujo vehicular se logra optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?</p>	<p><b>Hipótesis general</b> Realizando el análisis de flujo vehicular se logra favorablemente optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023.</p>	<p><b>Objetivo general</b> Realizar un análisis de flujo vehicular para optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.</p>	<p><b>Variable Independiente</b>  Flujo Vehicular</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de tránsito</li> <li>• Sistema vial urbano</li> <li>• Clasificación vehicular</li> <li>• Semaforización</li> <li>• Aforo vehicular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de investigación será descriptivo</li> <li>• Diseño de investigación será experimental.</li> <li>• La población de la presente investigación son todos los vehículos que transitan por las 2 intersecciones.</li> <li>• La muestra está conformada por los vehículos que se aforan en intervalos de 15 minutos en las 2 intersecciones.</li> <li>• Instrumentos a utilizarse: ficha o formulario, cinta métrica, cronometro, cámara fotográfica, lapiceros.</li> </ul>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿Cuál es el diagnóstico actual del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Simón con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?</p> <p>b) ¿Cuál es el nivel de servicio actual y estado de semaforización en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?</p> <p>c) ¿Cuál es la mejor propuesta para optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023?</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <p>a) El diagnóstico del flujo vehicular es deficiente en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023.</p> <p>b) El inter tramo vial de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua, revela un nivel de servicio deficiente.</p> <p>c) Con la mejor propuesta se mejora el nivel de servicio en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua - 2023.</p>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Determinar el diagnóstico del flujo vehicular en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.</p> <p>b) Determinar el nivel de servicio y estado de semaforización en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.</p> <p>c) Realizar diversas alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio en las intersecciones viales de la Av. Simón Bolívar con la Av. 25 de noviembre y calle Amazonas de la ciudad de Moquegua – 2023.</p>	<p><b>Variable dependiente</b>  Nivel de servicio</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamiento del tránsito</li> <li>• Demoras</li> <li>• Distribución vehicular en la vía</li> </ul>	









FORMATO Nº 2  
 FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR  
 ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA							ESTACION	E2
SENTIDO	← Bajada →						CODIGO DE LA ESTACION	
UBICACION	Avenida 25 de Noviembre						DIA Y FECHA	Lunes 21 8 2023

HORA	AUTO		VOLKSWAGE		STATION WAGON		CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER		SUBTO TAL						
	↔	↕	↔	↕	↔	↕	SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	3 E	2S1/2S2										
<b>MAÑANA</b>	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕					
7:00 - 7:15 a.m	34	29	0	0	8	3	5	2	9	5	0	0	5	20	0	0	2	0	0	0	0	0	122		
7:15 - 7:30 a.m	38	20	0	0	6	1	5	1	7	2	0	0	3	13	0	0	1	1	0	0	0	0	98		
7:30 - 7:45 a.m	30	16	1	0	7	2	3	1	6	3	1	0	4	10	1	1	1	1	0	0	0	0	88		
7:45 - 8:00 a.m	25	21	1	1	9	1	7	2	8	4	0	0	5	12	0	0	2	0	0	0	0	0	98		
8:00 - 8:15 a.m	40	27	0	0	6	2	4	1	6	3	0	0	6	19	0	0	1	0	1	0	0	1	117		
8:15 - 8:30 a.m	35	19	0	0	5	1	3	2	5	1	1	1	4	10	0	0	2	1	0	0	0	0	90		
8:30 - 8:45 a.m	26	15	1	0	3	2	4	1	3	2	0	0	3	10	1	0	1	0	0	0	0	0	72		
8:45 - 9:00 a.m	22	13	0	1	4	1	3	1	4	2	0	0	3	8	0	0	1	0	0	0	0	0	63		
PARCIAL	0	250	160	0	3	2	12	77	35	0	34	11	0	48	22	0	2	1	0	33	102	0	2	1	748
SUMATORIA	410		5		124		45		70		3		135		3		1		14		1		0		

**Total**

0	1241	933

TARDE	↔		↕		↔		↕		↔		↕		↔		↕		↔		↕		↔		↕		SUBTO TAL
	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	
12:00 - 12:15 p.m	40	25	0	0	6	1	6	3	12	4	0	0	3	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
12:15 - 12:30 p.m	29	19	0	0	3	0	3	2	9	3	0	0	3	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
12:30 - 12:45 p.m	35	21	1	0	4	2	7	3	9	0	1	0	4	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108
12:45 - 13:00 p.m	23	23	0	0	4	0	4	2	5	1	0	0	2	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
13:00 - 13:15 p.m	30	8	0	0	6	1	3	1	3	0	0	0	2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
13:15 - 13:30 p.m	24	12	0	0	3	1	3	1	3	2	0	1	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
13:30 - 13:45 p.m	17	10	1	0	5	2	5	2	8	3	0	0	2	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
13:45 - 14:00 p.m	15	19	0	0	4	0	7	2	10	3	0	0	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
PARCIAL	0	213	137	0	2	0	0	35	7	0	38	16	0	59	16	0	1	1	0	21	124	0	0	0	670
SUMATORIA	350		2		42		54		75		2		145		0		0		0		0		0		

NOCHE	↔		↕		↔		↕		↔		↕		↔		↕		↔		↕		↔		↕		SUBTO TAL
	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	↔	↕	
18:00 - 18:15 p.m	41	29	1	0	8	2	9	4	9	3	0	0	4	20	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	132
18:15 - 18:30 p.m	30	20	1	0	5	1	5	2	8	1	0	0	3	12	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	91
18:30 - 18:45 p.m	34	16	0	0	3	2	3	3	7	3	0	0	4	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
18:45 - 19:00 p.m	29	12	0	0	5	1	5	2	10	2	0	0	4	19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	90
19:00 - 19:15 p.m	39	13	1	0	6	3	6	4	8	3	0	0	5	15	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	107
19:15 - 19:30 p.m	28	17	0	0	5	1	5	2	8	3	0	0	3	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	82
19:30 - 19:45 p.m	20	20	0	0	3	1	3	3	7	2	0	0	4	10	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	77
19:45 - 20:00 p.m	24	25	1	0	5	1	6	2	7	1	0	0	2	8	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	85
PARCIAL	0	245	152	0	4	0	0	40	12	0	42	22	0	64	18	0	0	0	0	29	110	0	3	1	756
SUMATORIA	397		4		52		64		82		0		139		4		3		10		1		0		





FORMATO Nº 2

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	← Bajada →
UBICACION	Avenida 25 de Noviembre

ESTACION	E2		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	sábado	26	8 2023

HORA	AUTO		VOLKSWAGE		STATION WAGON		CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION		SEMI TRAYLER		SUBTO TAL						
	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪				
7:00 - 7:15 a.m	49	33	2	1	11	6	5	4	8	4	2	0	3	30	0	0	2	0	1	0	0	0	161	
7:15 - 7:30 a.m	45	27	1	0	9	5	5	3	6	3	2	1	2	33	1	0	0	0	3	1	0	0	147	
7:30 - 7:45 a.m	30	18	2	1	9	4	6	1	6	0	1	0	3	21	0	0	0	0	2	0	0	0	104	
7:45 - 8:00 a.m	37	26	1	1	12	3	2	1	5	1	1	0	4	12	0	0	0	0	1	0	1	0	108	
8:00 - 8:15 a.m	48	30	1	1	10	6	4	3	7	0	2	1	2	20	1	0	0	0	2	0	0	0	138	
8:15 - 8:30 a.m	36	22	2	0	9	4	4	2	4	2	1	0	4	26	1	0	0	0	2	0	0	0	119	
8:30 - 8:45 a.m	27	17	1	1	8	3	3	3	5	3	1	1	3	18	0	0	0	0	1	0	0	0	95	
8:45 - 9:00 a.m	20	14	1	0	8	3	4	1	3	1	0	0	3	12	1	0	0	0	1	0	0	0	72	
PARCIAL	0	292	187	0	11	5	0	76	34	0	33	18	0	44	14	0	10	3	0	24	172	0	4	944
SUMATORIA	479		16		110		51		58		13		196		4		0		15		2		0	

Total

↩	↑	↪
0	1548	1219

TARDE	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	SUBTO TAL
12:00 - 12:15 p.m	45	25	1	2	19	9	6	4	11	4	1	0	5	23	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	160
12:15 - 12:30 p.m	32	19	1	1	16	6	5	4	9	4	2	1	4	19	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	127
12:30 - 12:45 p.m	42	20	2	1	12	8	4	3	10	2	2	0	3	17	2	0	0	0	2	1	1	0	0	0	132
12:45 - 13:00 p.m	39	22	1	0	9	4	4	2	6	1	1	0	3	20	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	115
13:00 - 13:15 p.m	37	18	1	0	6	3	3	1	3	3	0	1	1	13	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	92
13:15 - 13:30 p.m	32	15	1	0	6	3	4	1	5	1	0	0	1	11	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	82
13:30 - 13:45 p.m	41	12	0	1	15	6	6	3	8	2	1	0	3	15	2	0	0	0	3	0	1	0	0	0	119
13:45 - 14:00 p.m	38	11	2	1	18	8	5	4	10	4	2	0	4	22	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	134
PARCIAL	0	306	142	0	9	6	0	101	47	0	37	22	0	62	21	0	9	2	0	24	140	0	8	0	961
SUMATORIA	448		15		148		59		83		11		164		8		0		23		2		0		

NOCHE	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	SUBTO TAL
18:00 - 18:15 p.m	40	28	1	0	13	4	5	4	8	4	1	0	5	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144
18:15 - 18:30 p.m	35	20	1	0	10	4	4	4	5	3	2	0	3	27	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	121
18:30 - 18:45 p.m	29	17	0	1	10	5	5	5	7	2	0	1	4	18	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	106
18:45 - 19:00 p.m	31	25	0	0	12	3	3	3	8	1	1	0	3	26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117
19:00 - 19:15 p.m	30	19	1	1	12	4	5	4	6	3	1	0	5	20	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	113
19:15 - 19:30 p.m	24	14	2	1	9	3	4	3	7	2	0	0	2	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	87
19:30 - 19:45 p.m	17	21	0	0	11	3	2	3	4	3	1	0	3	13	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	83
19:45 - 20:00 p.m	38	14	1	1	8	2	3	2	5	3	0	0	2	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	91
PARCIAL	0	244	158	0	6	4	0	85	28	0	31	28	0	50	21	0	6	1	0	27	159	0	6	0	862
SUMATORIA	402		10		113		59		71		7		186		6		0		8		0		0		



FORMATO Nº 2

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				ESTACION	E3			
SENTIDO	←	Subida	→	CODIGO DE LA ESTACION				
UBICACION	Avenida 25 de Noviembre			DIA Y FECHA	Lunes	21	8	2023

HORA	AUTO	VOLKSWAGE	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTO TAL
				SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	2 E	3 E		
MAÑANA	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	
7:00 - 7:15 a.m	33 18	0 0	6 4	5 1	4 2	0 0	9 5	0 0	0 0	3 1	0 0	0 0	0 0	91
7:15 - 7:30 a.m	28 12	0 0	4 2	5 0	2 1	0 0	8 3	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0	67
7:30 - 7:45 a.m	26 9	0 0	3 3	3 2	3 1	0 0	3 4	0 0	0 0	2 0	0 1	0 0	0 0	60
7:45 - 8:00 a.m	30 12	1 0	5 5	7 2	3 2	0 1	4 5	0 0	0 0	1 0	1 0	0 0	0 0	79
8:00 - 8:15 a.m	25 19	0 0	3 2	4 1	4 1	0 0	7 3	0 0	0 0	2 1	0 0	0 0	0 0	72
8:15 - 8:30 a.m	20 9	0 1	3 4	3 1	2 2	0 0	5 3	0 0	0 0	1 0	0 1	0 0	0 0	55
8:30 - 8:45 a.m	18 10	0 0	2 3	4 0	3 1	0 0	2 4	0 0	0 0	2 1	0 0	0 0	0 0	50
8:45 - 9:00 a.m	21 8	0 0	3 2	3 1	3 1	0 0	3 6	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0	53
PARCIAL	0 201 97	0 1 1	12 77 35	0 34 8	0 24 11	0 0 1	0 41 33	0 0 0	0 0 0	0 13 5	0 1 2	0 0 0	0 0	527
SUMATORIA	298	2	124	42	35	1	74	0	0	18	3	0		

Total

↩	↗	↘
0	1142	513

HORA	AUTO	VOLKSWAGE	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTO TAL
				SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	2 E	3 E		
TARDE	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	
12:00 - 12:15 p.m	40 20	0 0	9 3	3 1	6 1	0 0	9 1	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	94
12:15 - 12:30 p.m	35 13	0 0	7 2	2 0	3 0	0 0	7 0	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	70
12:30 - 12:45 p.m	29 10	0 0	8 1	4 2	4 2	0 0	6 2	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	69
12:45 - 13:00 p.m	23 12	0 1	9 3	4 0	4 0	0 0	8 0	0 0	0 0	1 0	0 1	0 0	0 0	66
13:00 - 13:15 p.m	30 19	0 0	8 0	5 1	6 1	0 0	6 1	0 1	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	79
13:15 - 13:30 p.m	24 10	0 0	6 3	2 2	3 1	0 0	5 1	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	58
13:30 - 13:45 p.m	17 10	0 0	4 2	4 0	5 2	0 0	3 2	1 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	50
13:45 - 14:00 p.m	23 8	0 0	5 1	2 1	4 2	0 0	4 1	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0	53
PARCIAL	0 221 102	0 0 1	0 56 15	0 26 7	0 35 9	0 0 0	0 48 8	0 2 1	0 0 0	0 6 1	0 0 1	0 0 0	0 0	539
SUMATORIA	323	1	71	33	44	0	56	3	0	7	1	0		

HORA	AUTO	VOLKSWAGE	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTO TAL
				SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	2 E	3 E		
NOCHE	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	↩ ↗ ↘	
18:00 - 18:15 p.m	39 20	0 0	11 3	6 2	4 2	0 0	9 3	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	0 0	101
18:15 - 18:30 p.m	30 16	0 0	9 2	5 1	2 1	0 0	5 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	73
18:30 - 18:45 p.m	31 21	1 0	10 4	4 1	2 0	0 0	3 2	0 1	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	81
18:45 - 19:00 p.m	29 15	0 0	6 2	4 1	3 1	0 0	5 4	0 0	0 0	2 1	0 0	0 0	0 0	73
19:00 - 19:15 p.m	35 10	0 1	3 4	3 1	5 1	0 0	6 3	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	73
19:15 - 19:30 p.m	28 9	1 0	5 2	4 2	2 1	0 0	5 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	60
19:30 - 19:45 p.m	22 12	0 0	8 2	6 1	2 2	0 0	3 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	60
19:45 - 20:00 p.m	18 18	0 0	10 1	5 2	2 2	0 0	6 3	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	0 0	68
PARCIAL	0 232 121	0 2 1	0 62 20	0 37 11	0 22 10	0 0 0	0 42 20	0 0 1	0 0 0	0 7 1	0 0 0	0 0 0	0 0	589
SUMATORIA	353	3	82	48	32	0	62	1	0	8	0	0		





FORMATO Nº 2

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	← Subida →
UBICACION	Avenida 25 de Noviembre

ESTACION	E3		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	sábado	26	8   2023

HORA	AUTO		VOLKSWAGE		STATION WAGON		CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER		SUBTO TAL						
	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑		↪	↩	↑	↪		
7:00 - 7:15 a.m	40	19	0	0	13	3	4	1	5	2	0	0	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	99		
7:15 - 7:30 a.m	38	15	1	0	10	4	4	1	3	2	0	0	9	1	0	0	0	1	0	0	0	0	89		
7:30 - 7:45 a.m	29	13	1	0	9	2	2	2	2	1	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	68		
7:45 - 8:00 a.m	39	19	0	0	11	3	1	1	1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85		
8:00 - 8:15 a.m	32	10	0	0	12	3	3	0	2	0	0	0	8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	72		
8:15 - 8:30 a.m	28	9	1	0	9	1	4	1	4	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67		
8:30 - 8:45 a.m	27	7	1	0	10	2	2	1	5	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	63		
8:45 - 9:00 a.m	19	5	0	0	8	1	1	1	4	2	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	48		
PARCIAL	0	252	97	0	4	0	0	82	19	0	21	8	0	26	9	0	0	0	0	0	65	4	0	0	591
SUMATORIA	349		4		101		29		35		0		69		0		4		0		0				

Total

↩	↑	↪
0	1256	367

TRARDE	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	SUBTO TAL	
12:00 - 12:15 p.m	39	15	1	0	11	3	6	1	3	2	0	0	9	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	93	
12:15 - 12:30 p.m	47	11	0	0	9	3	5	0	2	0	0	0	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	84	
12:30 - 12:45 p.m	40	9	1	0	6	4	4	2	3	1	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	76	
12:45 - 13:00 p.m	33	16	1	1	10	2	5	0	4	1	0	1	5	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	83	
13:00 - 13:15 p.m	41	10	0	0	8	2	6	1	2	1	0	0	10	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	84	
13:15 - 13:30 p.m	28	7	0	0	7	3	4	1	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	60	
13:30 - 13:45 p.m	20	5	1	0	5	2	4	2	3	2	0	0	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	51	
13:45 - 14:00 p.m	20	6	1	0	6	2	3	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	46	
PARCIAL	0	268	79	0	5	1	0	62	21	0	37	7	0	24	7	0	0	1	0	44	5	0	1	1	0	577
SUMATORIA	347		6		83		44		31		1		49		2		14		0		3		0			

TRANOCH	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	SUBTO TAL	
18:00 - 18:15 p.m	29	9	1	0	9	2	8	1	4	1	0	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	
18:15 - 18:30 p.m	19	8	0	0	7	2	6	1	4	2	0	0	7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	58	
18:30 - 18:45 p.m	21	7	1	1	5	1	6	2	3	1	0	0	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	58	
18:45 - 19:00 p.m	23	10	2	0	6	2	5	1	3	2	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	64	
19:00 - 19:15 p.m	28	8	0	1	8	2	7	0	1	2	0	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	65	
19:15 - 19:30 p.m	19	8	1	0	7	1	4	1	1	2	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	51	
19:30 - 19:45 p.m	15	7	0	0	4	2	5	1	3	1	0	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	45	
19:45 - 20:00 p.m	12	7	1	0	4	1	3	0	4	1	0	0	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	40	
PARCIAL	0	166	64	0	6	2	0	50	13	0	44	7	0	23	12	0	0	0	0	54	5	0	0	0	0	455
SUMATORIA	230		8		63		51		35		0		59		0		9		0		0		0			







FORMATO Nº 2

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR  
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	← Subida →
UBICACION	Avenida 25 de Noviembre

ESTACION	E4		
CODIGO DE LA ESTACION			
DIA Y FECHA	sábado	26	8   2023

HORA	AUTO			VOLKSWAGE			STATION WAGON			CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER		SUBTO TAL															
	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	2 E	2 E	3 E	2S1/2S2																		
<b>MAÑANA</b>	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→													
7:00 - 7:15 a.m	46	16		0	0		8	4		9	3		11	3		0	0		29	1		0	0		5	0		1	0		0	0		136			
7:15 - 7:30 a.m	38	10		1	0		6	2		6	2		8	3		0	0		20	1		0	0		2	0		0	0		0	0		99			
7:30 - 7:45 a.m	35	7		0	0		6	2		3	2		7	2		0	0		16	0		1	0		3	0		0	0		0	0		84			
7:45 - 8:00 a.m	44	9		1	0		5	3		10	3		10	3		0	1		12	1		0	0		2	1		0	0		0	0		105			
8:00 - 8:15 a.m	38	18		0	0		7	5		8	2		8	3		0	0		13	2		0	1		6	0		1	0		0	0		112			
8:15 - 8:30 a.m	29	9		0	0		4	2		6	1		8	1		0	0		17	1		1	0		3	0		0	0		0	0		82			
8:30 - 8:45 a.m	23	9		1	0		5	1		4	2		7	2		0	0		20	0		0	0		2	1		0	0		0	0		77			
8:45 - 9:00 a.m	18	8		0	0		3	2		5	1		7	1		0	0		25	1		0	0		3	0		0	0		0	0		74			
PARCIAL	0	271	86	0	3	0	0	44	21	0	51	16	0	66	18	0	0	1	0	152	7	0	2	1	0	0	0	0	26	2	0	0	0	769			
SUMATORIA	357			3			65			67			84			1			159			3			0			28			2			0			
<b>TARDE</b>	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
12:00 - 12:15 p.m	49	13		1	0		8	5		11	4		10	4		0	0		20	1		0	0		6	0		0	0		0	0		132			
12:15 - 12:30 p.m	42	10		1	0		5	5		9	3		9	3		0	0		26	2		0	0		2	1		0	0		0	0		0	0		118
12:30 - 12:45 p.m	30	9		1	0		7	3		7	1		8	4		0	0		33	0		1	0		3	0		0	0		0	0		0	0		107
12:45 - 13:00 p.m	37	10		0	1		8	6		10	1		10	2		1	0		21	1		1	0		1	2		0	0		0	0		0	0		112
13:00 - 13:15 p.m	48	12		1	0		6	4		8	4		9	2		0	0		30	2		0	0		4	1		0	0		0	0		0	0		131
13:15 - 13:30 p.m	36	9		0	0		7	3		8	2		9	3		0	0		22	1		1	0		5	1		0	0		0	0		0	0		107
13:30 - 13:45 p.m	27	8		1	0		4	3		5	3		8	2		1	0		18	2		0	0		3	0		0	0		0	0		0	0		85
13:45 - 14:00 p.m	17	8		0	0		5	2		6	3		8	1		0	0		12	1		0	0		3	2		0	0		0	0		0	0		68
PARCIAL	0	286	79	0	5	1	0	50	31	0	64	21	0	71	21	0	2	0	0	182	10	0	3	0	0	0	0	0	27	7	0	0	0	0	0	0	860
SUMATORIA	365			6			81			85			92			2			192			3			34			0			0			0			
<b>NOCHE</b>	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	←	↑	→	
18:00 - 18:15 p.m	48	12		0	0		10	3		9	2		10	4		1	0		23	1		1	0		3	0		0	0		0	0		0	0		127
18:15 - 18:30 p.m	36	9		1	0		9	2		7	1		9	3		0	0		19	0		0	0		2	0		0	0		0	0		0	0		98
18:30 - 18:45 p.m	30	9		1	0		8	4		8	1		8	0		0	0		17	1		1	1		1	0		0	0		0	0		0	0		90
18:45 - 19:00 p.m	37	10		0	0		10	4		9	2		11	1		1	0		26	2		2	0		2	1		0	0		0	0		0	0		118
19:00 - 19:15 p.m	49	15		0	0		10	5		8	2		10	0		0	1		17	1		1	1		1	0		0	0		0	0		0	0		121
19:15 - 19:30 p.m	45	11		0	0		9	2		6	2		9	2		1	0		11	2		0	0		3	0		0	0		0	0		0	0		103
19:30 - 19:45 p.m	27	10		1	0		8	4		4	1		8	3		1	0		14	0		1	0		3	0		0	0		0	0		0	0		85
19:45 - 20:00 p.m	20	9		1	0		8	2		3	1		9	1		0	0		22	1		1	0		1	0		0	0		0	0		0	0		79
PARCIAL	0	292	85	0	4	0	0	72	26	0	54	12	0	74	14	0	4	1	0	149	8	0	7	2	0	0	0	0	16	1	0	0	0	0	0	0	821
SUMATORIA	377			4			98			66			88			5			157			9			17			0			0			0			

Total

←	↑	→
0	1979	471



FORMATO Nº 2  
 FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR  
 ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			ESTACION	ES			
SENTIDO	Bajada	←	CODIGO DE LA ESTACION				
UBICACION	Calle Amazonas		DIA Y FECHA	Lunes	21	8	2023

HORA	AUTO		VOLKSWAGE		STATION WAGON		CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOT AL						
	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪	
7:00 - 7:15 a.m	30	13	1	0	4	3	5	4	5	3	0	0	4	17	0	0	0	0	0	0	0	0	89	
7:15 - 7:30 a.m	28	17	0	0	5	1	3	4	4	2	0	0	2	12	0	1	0	0	0	0	0	0	80	
7:30 - 7:45 a.m	20	19	1	0	5	2	4	2	4	3	1	0	3	9	0	0	0	0	1	0	0	0	74	
7:45 - 8:00 a.m	23	15	0	1	3	1	5	3	5	3	0	0	2	15	0	0	0	0	0	1	0	0	77	
8:00 - 8:15 a.m	29	15	0	0	5	3	4	1	2	1	0	1	3	18	0	0	0	0	1	1	0	0	84	
8:15 - 8:30 a.m	21	10	1	1	3	2	2	2	2	2	0	0	1	15	0	0	0	0	1	0	0	0	63	
8:30 - 8:45 a.m	17	6	0	0	3	1	3	1	1	1	0	0	2	11	0	0	0	0	0	1	0	0	47	
8:45 - 9:00 a.m	15	7	0	0	2	2	2	1	2	1	0	0	2	13	0	0	0	0	1	0	0	0	48	
PARCIAL	0	183	102	0	3	2	12	77	35	0	28	18	0	25	16	0	1	1	0	19	110	0	0	562
SUMATORIA	285			5		124		46		41		2		129		1		0		6		1		

Total

↩	↑	↪
0	842	775

HORA	AUTO		VOLKSWAGE		STATION WAGON		CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOT AL						
	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪	
12:00 - 12:15 p.m	26	20	0	0	5	3	5	3	3	2	0	0	3	15	0	0	0	0	0	0	0	0	85	
12:15 - 12:30 p.m	30	13	0	0	3	2	2	2	2	1	0	0	4	10	0	0	0	0	1	0	0	0	70	
12:30 - 12:45 p.m	23	10	0	1	3	3	2	1	3	2	0	0	2	9	0	0	0	0	0	0	1	0	60	
12:45 - 13:00 p.m	19	15	0	0	3	2	4	1	4	2	0	0	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	63	
13:00 - 13:15 p.m	15	10	0	0	2	1	5	3	2	2	0	0	2	15	0	0	0	0	1	0	0	0	58	
13:15 - 13:30 p.m	20	13	1	0	2	1	3	2	3	1	1	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	60	
13:30 - 13:45 p.m	19	15	0	0	4	2	1	2	2	2	0	0	1	10	0	0	0	0	0	1	0	0	59	
13:45 - 14:00 p.m	22	19	0	0	3	3	2	3	1	1	0	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	65	
PARCIAL	0	174	115	0	1	1	0	25	17	0	24	17	0	20	13	0	1	0	0	18	90	0	0	520
SUMATORIA	289			2		42		41		33		1		108		0		0		3		1		

HORA	AUTO		VOLKSWAGE		STATION WAGON		CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOT AL										
	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪	↩		↑	↪	↩	↑	↪					
18:00 - 18:15 p.m	30	22	0	0	4	3	5	3	4	3	0	0	4	15	0	0	0	0	0	0	0	0	93					
18:15 - 18:30 p.m	22	16	0	0	5	1	3	2	2	2	0	0	3	10	0	0	0	0	1	0	0	0	67					
18:30 - 18:45 p.m	19	15	0	0	3	2	5	2	2	1	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	1	59					
18:45 - 19:00 p.m	28	20	1	0	2	3	3	3	4	2	0	0	1	8	0	0	0	0	1	1	0	0	77					
19:00 - 19:15 p.m	20	17	0	0	5	1	5	2	3	2	0	0	3	14	1	0	0	0	0	0	0	0	73					
19:15 - 19:30 p.m	17	13	1	0	5	4	2	2	1	3	0	0	2	10	0	0	0	0	0	1	0	0	61					
19:30 - 19:45 p.m	23	8	0	0	2	2	2	3	3	1	0	0	1	8	0	0	0	0	1	0	1	0	55					
19:45 - 20:00 p.m	21	10	0	0	2	1	1	2	3	1	0	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	50					
PARCIAL	0	180	121	0	2	0	0	28	17	0	26	19	0	22	15	0	0	0	0	0	3	2	0	1	1	0	0	0
SUMATORIA	301			2		45		45		37		0		97		1		0		5		2		0				







FORMATO Nº 2  
 FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR  
 ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			ESTACION		E6		
SENTIDO	Bajada	←	→	CODIGO DE LA ESTACION			
UBICACIÓN	Avenida Simón Bolívar			DIA Y FECHA		Lunes	21 8 2023

HORA	AUTO	VOLKSWAGE	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOT AL
				SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	2 E	3 E		
TURNO														
MAÑANA	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	
7:00 - 7:15 a.m	40	20	1 0	9 2	4 0	7 2	0 0	10 2	0 0	1 0	1 0	0 0	0 0	99
7:15 - 7:30 a.m	32	13	0 0	6 0	5 1	7 3	0 0	6 1	0 0	0 0	2 1	1 0	0 0	78
7:30 - 7:45 a.m	36	9	0 0	7 1	3 1	6 0	1 0	6 0	1 0	0 0	1 0	1 0	0 0	73
7:45 - 8:00 a.m	29	16	1 1	8 1	6 0	8 1	0 0	5 1	0 0	0 0	2 0	1 0	0 0	80
8:00 - 8:15 a.m	40	23	0 0	5 1	4 1	5 3	0 0	10 1	1 0	1 0	2 1	0 1	0 0	99
8:15 - 8:30 a.m	33	11	0 0	6 0	3 1	5 1	0 1	5 0	0 0	0 0	0 1	1 0	0 0	68
8:30 - 8:45 a.m	21	8	1 0	3 2	3 0	3 2	0 0	3 1	1 0	0 0	2 0	0 1	0 0	51
8:45 - 9:00 a.m	26	10	0 0	4 1	4 1	4 0	0 0	2 2	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	56
PARCIAL	0 257 110	0 3 1	12 77 35	0 32 5 0	45 12 0 1 1	0 47 8 0	3 0 0 2 0	0 11 4 0 4 2	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	604
SUMATORIA	367	4	124	37	57	2	55	3	2	15	6	0		

Total

↖	↑	↗
0	1257	440

HORA	AUTO	VOLKSWAGE	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOT AL
				SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	2 E	3 E		
TARDE	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	
12:00 - 12:15 p.m	35	16	0 0	5 1	6 2	9 3	0 0	7 2	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	87
12:15 - 12:30 p.m	27	12	0 0	3 0	3 1	6 3	0 0	3 1	1 0	0 0	1 0	0 0	0 0	61
12:30 - 12:45 p.m	33	8	1 0	4 2	7 2	6 0	1 0	7 2	1 0	0 0	2 1	0 0	0 0	77
12:45 - 13:00 p.m	26	15	0 0	5 0	4 2	5 1	0 0	5 0	0 1	0 0	0 0	1 0	0 0	65
13:00 - 13:15 p.m	20	9	0 1	6 1	3 0	3 1	0 0	3 1	0 0	1 0	1 0	1 0	0 0	51
13:15 - 13:30 p.m	22	6	0 0	4 1	3 1	3 2	0 1	4 1	1 0	0 0	0 1	0 0	0 0	50
13:30 - 13:45 p.m	29	10	1 0	3 2	5 2	8 2	0 0	3 2	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	69
13:45 - 14:00 p.m	23	17	0 0	5 0	7 1	9 3	0 0	2 1	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	70
PARCIAL	0 215 93	0 2 1 0	35 7 0	38 11 0	49 15 0 1 1	0 34 10 0	3 1 0 1 0	0 8 3 0 2 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	530
SUMATORIA	308	3	42	49	64	2	44	4	1	11	2	0		

HORA	AUTO	VOLKSWAGE	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOT AL
				SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	2 E	3 E		
NOCHE	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	
18:00 - 18:15 p.m	39	20	1 0	8 2	7 1	7 1	0 0	8 1	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	97
18:15 - 18:30 p.m	30	12	1 0	5 1	5 1	8 1	0 0	4 2	1 0	1 0	1 0	1 0	0 0	74
18:30 - 18:45 p.m	34	19	0 0	3 2	2 1	3 2	0 0	6 0	1 0	0 0	1 0	1 0	0 0	75
18:45 - 19:00 p.m	25	10	1 0	5 1	2 2	5 2	0 0	6 1	0 0	1 0	2 1	0 0	0 0	64
19:00 - 19:15 p.m	37	9	1 1	8 1	6 0	6 0	0 1	7 1	1 0	1 0	1 1	0 1	0 0	83
19:15 - 19:30 p.m	24	15	0 0	5 0	5 1	3 1	0 0	4 2	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	61
19:30 - 19:45 p.m	19	13	0 0	3 1	2 2	4 2	0 0	2 1	1 0	1 0	2 1	1 0	0 0	55
19:45 - 20:00 p.m	26	7	1 0	5 1	3 1	4 1	0 0	3 0	0 0	0 0	1 0	1 0	0 0	54
PARCIAL	0 234 105	0 5 1 0	42 9 0	32 9 0	40 10 0 0 1	0 40 8 0	4 0 0 4 0	0 11 3 0 4 1	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	563
SUMATORIA	339	6	51	41	50	1	48	4	4	14	5	0		







FORMATO Nº 2

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			ESTACION	E7			
SENTIDO	← Subida →		CODIGO DE LA ESTACION				
UBICACIÓN	Calle Amazonas		DIA Y FECHA	Lunes	21	8	2023

HORA	AUTO	VOLKSWAGE	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS	CAMION			SEMI TRAYLER	SUBTOT AL
				SUV	PICK UP	PANEL	RURAL Combi			2 E	2 E	3 E		
TURNO														
MAÑANA														
7:00 - 7:15 a.m	28	15	0 0	5 3	6 3	4 2	0 0	7 20	0 1	0 0	2 1	0 0	0 0	97
7:15 - 7:30 a.m	20	9	0 1	4 2	5 1	2 1	0 0	3 13	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	63
7:30 - 7:45 a.m	23	6	0 0	3 3	3 2	3 1	0 0	3 8	1 0	0 0	2 0	0 1	0 0	59
7:45 - 8:00 a.m	27	10	1 0	6 3	6 2	3 0	0 1	4 15	0 1	0 0	2 1	1 0	0 0	83
8:00 - 8:15 a.m	19	15	0 0	2 1	4 3	4 1	0 0	7 19	0 1	0 0	1 1	0 0	0 0	78
8:15 - 8:30 a.m	11	8	0 0	3 2	2 1	2 2	0 0	2 11	1 0	0 0	1 0	0 1	0 0	47
8:30 - 8:45 a.m	15	9	1 0	2 2	4 1	2 1	0 0	1 9	0 0	0 0	2 1	0 0	0 0	50
8:45 - 9:00 a.m	14	6	0 0	3 2	3 1	1 1	0 0	2 5	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	40
PARCIAL	0 157	78	0 2 1	12 77	35 0 33 14	0 21 9	0 0 1 0	29 100	0 2 3	0 0 0	0 12 6	0 1 2	0 0 0	517
SUMATORIA	235	3	124	47	30	1	129	5	0	18	3	0		

Total

0	842	658

TARDE														SUBTOT AL
12:00 - 12:15 p.m	30	12	0 0	7 4	3 3	5 1	0 0	7 20	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	93
12:15 - 12:30 p.m	18	9	0 0	4 2	2 1	3 0	0 0	3 11	1 1	0 0	0 1	0 0	0 0	56
12:30 - 12:45 p.m	29	10	0 0	5 1	4 2	4 2	0 0	4 14	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	76
12:45 - 13:00 p.m	20	8	0 1	2 3	4 0	4 0	0 0	7 19	0 0	0 0	2 2	0 1	0 0	73
13:00 - 13:15 p.m	26	6	0 0	2 2	5 1	2 1	1 0	6 20	0 1	0 0	1 0	0 0	0 0	74
13:15 - 13:30 p.m	15	11	1 0	5 4	2 2	3 1	0 0	3 13	0 0	0 0	2 0	0 0	0 0	62
13:30 - 13:45 p.m	19	9	0 0	4 2	4 0	5 2	0 0	2 8	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	55
13:45 - 14:00 p.m	11	6	0 0	4 1	2 1	4 2	0 0	2 5	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	40
PARCIAL	0 168	71	0 1 1	0 33 19	0 26 10	0 30 9	0 1 0 0	34 110	0 1 2	0 0 0	0 8 4	0 0 1	0 0 0	529
SUMATORIA	239	2	52	36	39	1	144	3	0	12	1	0		

NOCHE														SUBTOT AL
18:00 - 18:15 p.m	25	12	0 0	7 4	5 2	4 2	0 0	5 17	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	84
18:15 - 18:30 p.m	19	9	0 0	4 2	5 1	2 1	0 0	3 14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	60
18:30 - 18:45 p.m	11	7	1 0	3 2	4 1	2 0	0 0	4 10	0 1	0 0	1 0	0 0	0 0	47
18:45 - 19:00 p.m	18	10	0 0	6 3	2 2	3 1	0 0	5 16	0 0	0 0	2 1	0 0	0 0	69
19:00 - 19:15 p.m	23	5	0 0	3 4	3 0	5 0	0 0	4 12	1 0	0 0	1 1	0 1	0 0	63
19:15 - 19:30 p.m	18	9	1 0	1 1	3 1	2 1	0 0	2 9	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0	49
19:30 - 19:45 p.m	16	7	0 0	2 2	5 1	2 2	0 0	2 7	0 0	0 0	0 1	0 0	0 0	47
19:45 - 20:00 p.m	11	8	0 0	2 1	2 0	2 0	0 0	1 7	0 0	0 0	1 0	0 0	0 0	35
PARCIAL	0 141	67	0 2 0	0 28 19	0 29 8	0 22 7	0 0 0	26 92	0 1 2	0 0 0	0 6 3	0 0 1	0 0 0	454
SUMATORIA	208	2	47	37	29	0	118	3	0	9	1	0		









