

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y
MODELAMIENTO CON PTV VISSIM 21 CASO: JIRÓN LOS
SAUCES - MANUEL SEOANE ENTRE LA PROLONGACIÓN
TAYABAMBA HASTA LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO
NORTE EN CAJAMARCA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

Bach. Víctor Ernesto Vásquez Márquez.

ASESOR

Maestro en Transporte Ing. Alejandro Cubas Becerra

CAJAMARCA – PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer en primer lugar a Dios Todopoderoso por darme la decisión, determinación y fuerza para culminar esta tesis.

A mis padres Ernesto y María Elena, los mejores mentores que tengo en mi vida, por su paciencia, esfuerzo y por sus ganas de impulsarme tanto en mi vida profesional como personal.

A mis hermanos Zarela, Miguel, Marleny, Sandra, hermano político Jardiel, sobrinos María del Cielo, Franco Ernesto, Jardiel Gael, Niels Benjamín e Iker Imanol, por darme las alegrías y sus buenos consejos en mi vida profesional.

A mi asesor de tesis, el Ingeniero Alejandro Cubas Becerra por su dedicación en la orientación para este proyecto.

A mis amigos del colegio y universidad que me apoyaron en todo momento para cumplir esta meta.

DEDICATORIA

Este trabajo está dirigido a mis padres Ernesto y María Elena, por dedicarse a mí en mis años de estudio y por alentándome a ser mejor persona, individuo y profesional.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS.....	VIII
TABLA DE ECUACIONES	XII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. Descripción del Problema	1
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1. Hipótesis general.....	3
1.4.2. Variables.....	3
1.4.3. Operacionalización/categorización de los componentes de la hipótesis.....	4
1.4.4. Matriz de consistencia metodológica.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	6
1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.	7
1.8. CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN O MARCO REFERENCIAL	8
2.1.1 A nivel internacional.....	8
2.1.2 A nivel nacional	8
2.1.3 A nivel local	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1. Ingeniería de Transporte:.....	10
A. Clasificación de las vías urbanas:.....	14
a) Vías Expresas.....	14
b) Vías Arteriales	15
c) Vías Colectoras	15
d) Vías Locales	16

e) Vías de Diseño Especial	16
2.2.2. Parámetros de flujo vehicular	18
2.2.3. Capacidad vehicular	20
2.3. NIVELES DE SERVICIO	21
2.3.1. Nivel de servicio en segmento de una calle urbana	23
2.3.1.1. Definición de segmento de calle urbana.....	24
2.3.1.1.1. Puntos y segmentos	24
2.3.1.1.2. Consideraciones para la longitud del segmento.....	25
2.3.1.2. Datos de entrada requeridos.....	27
2.3.1.3. Tiempo en movimiento.....	31
2.3.1.3.1. Velocidad de flujo libre	31
2.3.1.3.2. Factor de ajuste por proximidad entre vehículos.....	34
2.3.1.3.3. Demora debido a giros de vehículo.....	35
2.3.1.3.4. Demora ocasionada por otros factores.....	39
2.3.1.3.5. Tiempo en Movimiento en el Segmento	40
2.3.1.4. Tiempo de propagación vehicular.....	41
2.3.1.5. Velocidad de viaje.....	41
2.3.1.6. Nivel de servicio del segmento	42
2.3.2. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas	42
2.3.2.1. Definiciones básicas en intersecciones semaforizadas	42
2.3.2.2. Tipos de Movimiento	43
2.3.3. Capacidad de la intersección.....	44
2.3.4. Nivel de servicio de la intersección.....	44
2.3.5. Limitaciones de la metodología.....	45
2.3.6. Datos de entrada requeridos	46
2.3.7. Procedimiento para evaluar intersecciones semaforizadas	46
2.4. MODELAMIENTO DEL TRÁFICO	59
2.5. AFOROS	61
2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	62
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	64
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	64
3.2. PERIODO DE ESTUDIO	64
3.3. MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO	64
3.4. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS.....	65
3.4.1. Descripción general de la vía.....	65
3.5. ORDENAMIENTO DE DATOS.....	67

3.5.1.	Tabla Resumen de conteo vehicular.....	67
4.1.1.	Análisis de flujo vehicular	69
A.	Hora pico en los tramos.....	77
B.	Volumen horario de máxima demanda	77
a.	Cálculo del volumen horario de máxima demanda.....	80
b.	Cálculo del factor de hora pico	82
c.	Cálculo de la intensidad máxima (I).....	82
4.2.	NIVEL DE SERVICIO DE UN SEGMENTO.....	83
4.2.1.	Cálculo del nivel de servicio del Jr. Los Sauces - Manuel Seoane.....	83
4.2.2.	Cálculo del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas.	94
A.	Características de las intersecciones en estudio	95
B.	Datos De Entrada	98
4.2.3.	Determinación del nivel de servicio de las intersecciones	104
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE DATOS		121
4.1.	NIVELES DE SERVICIO.....	121
Discusión Comparativa De Los Resultados		126
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		127
CONCLUSIONES		127
CONTRASTACIÓN CON LA HIPOTESIS.....		128
RECOMENDACIONES		130
REFERENCIAS		131
ANEXOS.....		133
CAPÍTULO VI. MODELAMIENTO DE LA VIA EN ESTUDIO.....		134
FOTOGRAFIAS DE LA ZONA EN ESTUDIO		155
TABLAS DE AFOROS REALIZADOS.....		158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Niveles de Congestión de Tráfico en Ciudades Latinoamericanas.....	2
Figura 2: Vehículo motorizado categoría L5	12
Figura 3: Vehículo motorizado categoría M1	12
Figura 4: Vehículo motorizado categoría M2 y M3	13
Figura 5: Vehículo motorizado categoría N1	13
Figura 6: Vehículo motorizado categoría N2.....	13
Figura 7: Vehículo motorizado categoría N3.....	13
Figura 8: Vehículo motorizado categoría O2, O3, O4.....	14
Figura 9: Límites de análisis en el segmento.	23
Figura 10: Segmento de estudio y puntos límites.	25
Figura 11: Ancho de intersección para calle unidireccional.....	28
Figura 12: Tipos de movimientos en una intersección.....	44
Figura 13: Vista en planta del Jr. Los Sauces – Manuel Seoane.....	64
Figura 14: Porcentaje de participación según el tipo de vehículo.	69
Figura 15: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo I – Ida.....	70
Figura 16: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo I – Regreso.	71
Figura 17: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo II – Ida.....	72
Figura 18: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo II – Regreso.	73
Figura 19: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo III.....	74
Figura 20: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo IV.....	75
Figura 21: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo V.....	76
Figura 22: Intersección 01. Jr. Los Sauces y Prol. R. Perez.	94
Figura 23: Intersección 02. Jr. M. Seoane y Av. H. Rubio.	94
Figura 24: Intersección 03. Jr. M. Seoane y Jr. Ayacucho.	95
Figura 25: Flujo de máxima demanda por tipo de vehículos. Int. 01	96
Figura 26: Flujo de máxima demanda por tipo de vehículos. Int. 02.....	97
Figura 27: Flujo de máxima demanda por tipo de vehículos. Int. 03.....	98
Figura 28: Intersección semaforizada 01.	102
Figura 29: Intersección semaforizada 02.	102
Figura 30: Intersección semaforizada 03.	103
Figura 31: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 01.....	105

Figura 32: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 02.....	105
Figura 33: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 03.....	105
Figura 34: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 01.....	106
Figura 35: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 02.....	106
Figura 36: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 03.....	106

ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

Tabla 1 Operacionalización/ categorización de los componentes de la hipótesis.	4
Tabla 2 Matriz de Consistencia Metodológica.....	5
Tabla 3: Clasificación de la investigación:.....	7
Tabla 4: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas	16
Tabla 5: Criterios para hallar el Nivel de Servicio con respecto a la velocidad de régimen libre.....	23
Tabla 6: Datos de Entrada	27
Tabla 7: Velocidad de flujo libre base en campo.....	31
Tabla 8: Factor de ajuste para sección transversal.	32
Tabla 9: Factor de ajuste para puntos de acceso.	33
Tabla 10: Demora debido a giro de vehículo.	39
Tabla 11: Demora del tráfico según el nivel de servicio.....	45
Tabla 12: Datos de Entrada para Intersecciones	46
Tabla 13: Grupos de carriles típicos para análisis.	47
Tabla 14: Factor de ajuste por ancho de carril.....	49
Tabla 15: Relación entre tipo de llegada y relación de pelotón	53
Tabla 16: Coordenadas de la Zona de Investigación.....	64
Tabla 17: Cuadro de Tramos y Longitudes.	66
Tabla 18: Cuadro resumen conteo vehicular lunes 25 de abril 2022.	67
Tabla 19: Cuadro resumen conteo vehicular martes 26 de abril 2022.	67
Tabla 20: Cuadro resumen conteo vehicular miércoles 27 de abril 2022.	67
Tabla 21: Cuadro resumen conteo vehicular jueves 28 de abril 2022.....	68
Tabla 22: Cuadro resumen conteo vehicular viernes 29 de abril 2022.	68
Tabla 23: Cuadro resumen conteo vehicular sábado 30 de abril 2022.	68
Tabla 24: Cuadro resumen conteo vehicular domingo 01 de mayo 2022.	68
Tabla 25: Cuadro resumen conteo vehicular por tipo de vehículo.	69
Tabla 26: Cuadro resumen conteo vehicular por segmentos.	77
Tabla 27: Vehículos en hora de máxima demanda tramos bidireccionales.	77
Tabla 28: Vehículos en hora de máxima demanda tramos unidireccionales.	79
Tabla 29: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo I.	80
Tabla 30: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo II.	80
Tabla 31: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo II.	80
Tabla 32: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo II.	81
Tabla 33: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo III.	81
Tabla 34: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo IV.	81
Tabla 35: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo V.	81
Tabla 36: Datos de Entrada para todos los tramos. unidireccionales.	84

Tabla 37: Datos de Entrada para todos los tramos.....	84
Tabla 38: Datos obtenidos para el cálculo del dr/t. Tramo I IDA	88
Tabla 39: Datos de Entrada para los tramos faltantes.....	90
Tabla 40: Espaciamiento por señales para los tramos faltantes.	91
Tabla 41: Calculo para el factor de ajuste por proximidad para los tramos faltantes.	91
Tabla 42: Cuadro de la demora debido a giros a la derecha para los tramos faltantes. 91	
Tabla 43: Tiempo de Movimiento del Segmento para los tramos faltantes.....	92
Tabla 44: Tiempo de Propagación Vehicular para los tramos faltantes.	92
Tabla 45: Velocidad de Viaje para los tramos faltantes.	93
Tabla 46: Nivel de Servicio del Segmento de los tramos faltantes.....	93
Tabla 47: Porcentaje participación veh.– Dia de Máxima Demanda Inters. 01.....	95
Tabla 48: Porcentaje participación veh.– Dia de Máxima Demanda Inters. 02.....	96
Tabla 49: Porcentaje de participación veh.– Dia de Máxima Demanda Inters. 03.....	97
Tabla 50: Aforo Dia de Máxima Demanda Inters. 01.	99
Tabla 51: Aforo Dia de Máxima Demanda Inters. 02.	100
Tabla 52: Aforo Dia de Máxima Demanda Inters. 03.	101
Tabla 53: Tiempos semafóricos de todas las intersecciones.	102
Tabla 54: Parámetros del ciclo semafóricos de la intersección 01.....	103
Tabla 55: Parámetros del ciclo semafóricos de la intersección 02.....	103
Tabla 56: Parámetros del ciclo semafóricos de la intersección 03.....	104
Tabla 57: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 01.	107
Tabla 58: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 02.	107
Tabla 59: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 03.	107
Tabla 60: Tasa de flujo en los grupos de carriles en la intersección 01.....	108
Tabla 61: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 02.	108
Tabla 62: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 03.	108
Tabla 63: Factores de ajuste por ancho de carril en la intersección 01.	109
Tabla 64: Factores de ajuste por ancho de carril en la intersección 02.	109
Tabla 65: Factores de ajuste por ancho de carril en la intersección 03.	109
Tabla 66: Factores de ajuste por vehículos pesados en la intersección 01.....	109
Tabla 67: Factores de ajuste por vehículos pesados en la intersección 02.	110
Tabla 68: Factores de ajuste por vehículos pesados en la intersección 03.....	110
Tabla 69: Factores de ajuste por pendiente en la intersección 01.	110
Tabla 70: Factores de ajuste por pendiente en la intersección 02.	110
Tabla 71: Factores de ajuste por pendiente en la intersección 03.	110
Tabla 72: Factores de ajuste por maniobras de estacionamiento en la int. 01.	110
Tabla 73: Factores de ajuste por maniobras de estacionamiento en la int. 02.	111

Tabla 74: Factores de ajuste por maniobras de estacionamiento en la int. 03.	111
Tabla 75: Factores de ajuste por bloqueo de buses en la intersección 01.	111
Tabla 76: Factores de ajuste por bloqueo de buses en la intersección 02.	111
Tabla 77: Factores de ajuste por bloqueo de buses en la intersección 03.	111
Tabla 78: Factores de ajuste por tipo de área en la intersección 01.	111
Tabla 79: Factores de ajuste por tipo de área en la intersección 02.	112
Tabla 80: Factores de ajuste por tipo de área en la intersección 03.	112
Tabla 81: Factores de ajuste por utilización de carril en la intersección 01.	112
Tabla 82: Factores de ajuste por utilización de carril en la intersección 02.	112
Tabla 83: Factores de ajuste por utilización de carril en la intersección 03.	112
Tabla 84: Factores de ajuste por giros a la derecha en la intersección 01.	112
Tabla 85: Factores de ajuste por giros a la derecha en la intersección 02.	112
Tabla 86: Factores de ajuste por giros a la derecha en la intersección 03.	113
Tabla 87: Factores de ajuste por giros a la izquierda en la intersección 01.	113
Tabla 88: Factores de ajuste por giros a la izquierda en la intersección 02.	113
Tabla 89: Factores de ajuste por giros a la izquierda en la intersección 03.	113
Tabla 90: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección 01.	113
Tabla 91: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección 02.	114
Tabla 92: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección 03.	114
Tabla 93: Proporción de veh. que llegan en verde de la intersección 01.	115
Tabla 94: Proporción de veh. que llegan en verde de la intersección 02.	115
Tabla 95: Proporción de veh. que llegan en verde de la intersección 03.	115
Tabla 96: Cálculo de la capacidad, relación v/C y grado de saturación en la intersección 01.	116
Tabla 97: Cálculo de la capacidad, relación v/C y grado de saturación en la intersección 02.	116
Tabla 98: Cálculo de la capacidad, relación v/C y grado de saturación en la intersección 03.	117
Tabla 99: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección 01.	118
Tabla 100: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección 02.	118
Tabla 101: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección 03.	119
Tabla 102: Cuadro del nivel de servicio en las intersecciones y del sistema.	120
Tabla 103: Cuadro de resumen de tramos y longitudes.	121
Tabla 104: Cuadro resumen conteo vehicular por segmentos.	121
Tabla 105: Cuadro resumen conteo vehicular por tipo de vehículo, lunes 25 de abril 2022.	122
Tabla 106: Cuadro resumen de porcentajes de participación, tipo de vehículo, lunes 25 de abril.	122
Tabla 107: Cuadro resumen del cálculo del nivel de servicio para el tramo I-Ida.	123

Tabla 108: Tiempo de viaje para cada tramo.....	124
Tabla 109: Cuadro resumen del porcentaje de participación vehicular – Inters. 01.	124
Tabla 110: Cuadro resumen del porcentaje de participación vehicular – Inters. 02.	124
Tabla 111: Cuadro resumen del porcentaje de participación vehicular – Inters. 03.	124
Tabla 112: Cuadro resumen cálculo del nivel de servicio en las intersecciones y del sistema.....	125
Tabla 113: Resumen datos obtenidos para cada tramo.....	125
Tabla 114: Tiempos de demora en cada tramo.....	127
Tabla 115: Resumen de los Resultados obtenidos en el Jirón Manuel Seoane.....	129

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Volumen de tránsito.....	18
Ecuación 2: Velocidad.....	18
Ecuación 3: Índice de congestión.....	19
Ecuación 4: Intensidad.....	20
Ecuación 5: Factor de hora punta.....	20
Ecuación 6: Factor de hora punta para periodos de 15 minutos.....	21
Ecuación 7: Grado de saturación.....	21
Ecuación 8: Velocidad de flujo libre base.....	31
Ecuación 9: Velocidad constante.....	31
Ecuación 10: Factor de ajuste para sección transversal.....	32
Ecuación 11: Factor de ajuste para puntos de acceso.....	32
Ecuación 12: Densidad de puntos de acceso en el segmento.....	32
Ecuación 13: Factor de ajuste por espaciamiento de señales.....	33
Ecuación 14: Velocidad de flujo libre.....	34
Ecuación 15: Factor de ajuste por proximidad.....	34
Ecuación 16: Demora media vehicular debido a giros a la derecha.....	36
Ecuación 17: Velocidad mínima del primer vehículo que es retrasado.....	36
Ecuación 18: Tiempo de espaciamiento medio de los intervalos entre Δ y $H1$ (seg/veh).....	36
Ecuación 19: Tiempo de espaciamiento máximo para el primer vehículo en seguimiento y aun incurrir en demora, (seg/veh).....	36
Ecuación 20: Parámetro de velocidad de flujo, (veh/s).....	36
Ecuación 21: Flujo de carril exterior, (veh/s).....	36
Ecuación 22: Demora condicional del primer vehículo (veh/s).....	37
Ecuación 23: Demora condicional del segundo vehículo (veh/s).....	37
Ecuación 24: Demora condicional del i -ésimo vehículo, $i=3,4,\dots$ (seg).....	37
Ecuación 25: Proporción de vehículos girando a la derecha en el carril derecho.....	38
Ecuación 26: Demora del veh. que pasa girando a la derecha. (seg/veh).....	38
Ecuación 27: Demora del veh. que pasa girando a la derecha. (seg/veh).....	38
Ecuación 28: Tiempo en movimiento en el segmento.....	40
Ecuación 29: Tiempo de propagación vehicular. (HCM, 2010, pág. 40).....	41
Ecuación 30: Velocidad de viaje.....	41
Ecuación 31: Nivel de servicio.....	42
Ecuación 32: Tasa de flujo de saturación por grupo de carriles (veh/h/carril).....	48
Ecuación 33: Porcentaje de vehículos pesados en grupo de carriles.....	50
Ecuación 34: Factor de ajuste por pendiente.....	50
Ecuación 35: Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento.....	50

Ecuación 36: Factor de ajuste por bloqueo de buses.....	51
Ecuación 37: Factor de ajuste por giros a la derecha.....	52
Ecuación 38: Factor de ajuste por giros a la izquierda.....	52
Ecuación 39: Proporción de vehículos que llegan durante la indicación verde.....	53
Ecuación 40: Capacidad del grupo de carriles.....	54
Ecuación 41: Proporción volumen - capacidad.....	54
Ecuación 42: Proporción volumen – capacidad crítica de la intersección.....	54
Ecuación 43: Proporción volumen – capacidad crítica de la intersección.....	54
Ecuación 44: Demora por control (seg/h).....	55
Ecuación 45: Demora uniforme (seg/h).....	56
Ecuación 46: Demora incremental (seg/h).....	56
Ecuación 47: Calculo del factor “l”.....	57
Ecuación 48: Demora por cola inicial.....	57
Ecuación 49: Demora promedio de la intersección.....	58

RESUMEN

El crecimiento del parque automotor incrementa el problema del congestionamiento vehicular sea cada vez más difícil de controlar. El objetivo general fue determinar el nivel de servicio con el HCM 2010 y PTV VISSIM 21 del Jirón Los Sauces – Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento en Cajamarca. Se realizó el levantamiento topográfico, aforo manual, control de los ciclos semafóricos y condiciones geométricas, dividiéndose la calle en 05 tramos, donde los tramos I y II son bidireccionales y III, IV, V unidireccionales; se determinó las condiciones de tráfico; el día de máxima demanda fue el lunes, con un volumen máximo de 306, 169, 203, 322, 281, 279, 298 (veh), se determinó la velocidad de flujo libre base en campo 22.61, 18.93, 19.34, 23.35, 27.61, 32.89 y 39.07(mi/h) para los tramos I-Ida, I-Regreso, II-Ida, II-Regreso, III, IV, V respectivamente, luego se aplicó el procedimiento del HCM 2010, se obtuvo el nivel de servicio siendo D, C, D, E, D, D, D para los tramos I-Ida, I-Regreso, II-Ida, II-Regreso, III, IV, V respectivamente, que contrastando con la hipótesis se considera que es verdadera. Se modeló en PTV VISSIM 21, teniendo como resultados los valores D, D, C para las intersecciones 01, 02 y 03.

PALABRAS CLAVE: Vehículo, segmentos urbanos, intersecciones semaforizadas, semáforo, capacidad vial, nivel de servicio, demoras, volúmenes de tránsito.

ABSTRACT

The growth of the vehicle fleet increases the problema of traffic congestión is increasingly difficult to control. The overall objective was to determine the level of service with the HCM 2010 and PTV VISSIM 21 Los Sauces Street – Manuel Seoane between Tayabamaba Street in Cajamarca. The topographi survey, manual gauging, control of traffic light, cycles and geomtric conditions were carried out diving the Street into 5 sections where sections I and II are bidirectional and III, IV and V, uindirectional. It was determined the traffic conditions; the day of maximum demand was Monday, with a maximum volume of 306, 169, 203, 322, 281, 279, 298 (veh.) The base free flow rate in the field was determined 22.61, 18.93, 19.34, 23.35, 27.61, 31, 89 anf 39.07 (mi /h) for sections I – Going, I – Return, II Going, II Return, III, IV and V each other, after that it was applied the HCM 2010 procedure, it was getting the level service and the result was D, C, D, E, D, D, D for sections I- Going, I – Return, II going, Return II, III, IV, V respectively, that contrasting with the hypothesis is considered to be true. It was modeled in PTV VISSIM 21, having as results the values D, D, C for intersections 01, 02 and 03.

KEYS WORDS: Vehicle, urban segments, traffic lights intersections, vial capacity, service level, delays, transit volumes.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La explosión demográfica y el crecimiento del parque automotor, en la ciudad de Cajamarca, ha traído como consecuencia desorden, caos vehicular, accidentes de tránsito, estrés.

La zona de estudio, Jr. Los Sauces - Manuel Seoane comprendida entre la Prolongación Tayabamba hasta la Av. Vía de Evitamiento Norte, es una vía principal no solo porque une las partes más extremas de la ciudad sino porque su trazo está cerca de centros comerciales, del centro histórico de la ciudad, mercado, estadio, clínicas y se une con otra vía de mayor afluencia vehicular.

Se realizó un análisis de todo el Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Av. Vía de Evitamiento Norte, extendiéndose una longitud total de 1120.25m, teniendo en consideración los volúmenes de tráfico, características geométricas, semaforizaciones, usando aforadores, aplicando la metodología de Highway Capacity Manual 2010 (Modo Auto) y se determinó el nivel de servicio de la vía para luego modelar el tránsito con la ayuda del software.

Se utilizó el software PTV VISSIM 21 (versión estudiantil) para tener en consideración la interacción entre cada par de vehículos y evaluar las condiciones de circulación de la vía estudiada.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La explosión demográfica a nivel mundial, en el campo automotor, institucional, comercial, han generado aglomeraciones tanto de personas como de vehículos motorizados, ocasionando grandes problemas de congestamiento vehicular en las ciudades.

En Bogotá y Lima, son ciudades latinoamericanas con el peor tránsito, la congestión vehicular descendió 15 puntos porcentuales entre 2019 y 2020. Se estima que, en momentos de máxima congestión, un viaje en Bogotá se demora un 53% más de lo que duraría en condiciones de tráfico libre. En Lima, movilizarse en automóvil a la hora pico puede suponer un 42% más del tiempo que si no hubiera congestión vehicular. (PASQUALI, 2021)

Figura 1: Niveles de Congestión de Tráfico en Ciudades Latinoamericanas



Fuente: Traffic Index 2020/ TomTom

Actualmente el jirón Los Sauces - Manuel Seoane es una de las arterias vehiculares principales de la ciudad, por lo que sirven como línea de unión e intersección entre dos vías principales de la ciudad como es la Av. Hoyos Rubio, Prol. Jr. Revilla Pérez, Jr Dos de Mayo y la Av. Vía de Evitamiento Norte.

Debido al gran crecimiento vehicular se generan conflictos en los flujos de circulación, dado que no existe una semaforización adecuada en el tramo estudiado, deficiente señalización vehicular, usan zonas de los carriles como estacionamientos, es por ello, que se requiere realizar el estudio del nivel de servicio para mejorar los tiempos de espera, longitud de cola y optimizar los ciclos semafóricos.

Es por ello por lo que se optó por la utilización del software para tener una mayor precisión en cuanto a la determinación del nivel de servicio de un segmento de vía urbana.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con lo antes mencionado podemos hacer la interrogante ¿Cuál es el nivel del servicio y modelamiento con PTV VISSIM 21 del Jr. Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca.?

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

El nivel de servicio según el HCM 2010 y PTV VISSIM 21 del Jr. Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca es del tipo D.

1.4.2. Variables

Nivel de servicio.	(Variable Dependiente)
Velocidad de viaje	(Variable Independiente)

1.4.3. Operacionalización/categorización de los componentes de la hipótesis.

Tabla 1 Operacionalización/ categorización de los componentes de la hipótesis.

DETERMINACION DEL NIVEL DE SERVICIO Y MODELAMIENTO CON PTV VISSIM 21 CASO: JIRÓN LOS SAUCES - MANUEL SEOANE ENTRE LA PROLONGACIÓN TAYABAMBA HASTA LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE EN CAJAMARCA					
Hipótesis	Definición conceptual de las variables	Definición operacional de las variables			
		Variables	Dimensiones/Factores	Indicadores	Fuente de recolección de datos
El nivel de servicio actual y el modelamiento con PTV VISSIM 21 del Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prol. Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca es del tipo D	Nivel de Servicio: Es la medida cuantitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario y de su percepción de los motoristas y/o pasajeros.	- Nivel de servicio (Variable Dependiente) - Velocidad de viaje (Variable Independiente)	Condiciones de operación flujo. Tiempo de recorrido	Vel. Viaje/Vel. Flujo Libre Base Volumen/capacidad Tiempo en movimiento. Demora.	Metodología Highway Capacity Manual 2010 Aforo vehicular Modelamiento en PTV VISSIM 10 (versión estudiantil)

1.4.4. Matriz de consistencia metodológica

MATRIZ DE CONSISTENCIA METODOLOGICA: “DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y MODELAMIENTO CON PTV VISSIM 21 CASO: JIRÓN LOS SAUCES - MANUEL SEOANE ENTRE LA PROLONGACION TAYABAMBA HASTA LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE Y MODELADO CON PTV VISSIM 10 EN CAJAMARCA”

Tabla 2 Matriz de Consistencia Metodológica.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Fuente	Metodología	Población y muestra
¿Cuál es el nivel y modelamiento con PTV VISSIM 21 del servicio en el Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca?	<p>Objetivo General.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinar el nivel de servicio y modelar con PTV VISSIM 21 (Versión Estudiantil) el Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca. <p>Objetivos Específicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Levantamiento topográfico. ✓ Determinación del IMD para cada tramo. ✓ Determinar la capacidad vehicular de cada tramo de la vía estudiada. ✓ Determinar el tiempo de demora en cada intersección principal. ✓ Modelar el tránsito del Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca. ✓ Determinar la mejor alternativa de solución para mejorar la problemática de la congestión vehicular en el tramo con mayor capacidad. 	<p>El nivel de servicio actual y el modelamiento con PTV VISSIM 21 del Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca es del tipo D</p>	<p>Nivel de servicio (Variable Dependiente)</p> <p>- Velocidad de viaje (Variable Independiente)</p>	<p>Condición de operación flujo.</p> <p>Tiempo de recorrido.</p>	<p>Vel. Viaje/Vel. Flujo Libre Base</p> <p>Volumen/capacidad</p> <p>Tiempo en movimiento. Demora.</p>	<p>Primaria</p> <p>Primaria</p> <p>Primaria</p> <p>Modelamiento computacional.</p>	<p>Fórmula según HCM 2010</p> <p>Fórmula según HCM 2010</p> <p>Fórmula según HCM 2010</p> <p>PTV VISSIM 21 (Versión Estudiantil)</p>	<p>Población: Todas las calles principales de Cajamarca.</p> <p>Muestra: Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca.</p>

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación considera que esa dicha vía es una de las arterias principales que sirve para la circulación vial en la ciudad de Cajamarca, ya que, une ambos extremos de la ciudad teniendo en cuenta que existen zonas de importancia tales como universidades, centros comerciales, hospital regional, clínicas, estadio, etc.

Dicho estudio servirá para determinar el nivel de servicio en el Jirón Los Sauces - Manuel Seoane, ya que las autoridades pertinentes tienen escaso interés para mejorar la transitabilidad en la Ciudad de Cajamarca y se espera que dicha investigación impulse otros estudios posteriores y mejorar la toma de decisiones y la ingeniería de tránsito por parte de las autoridades correspondientes, para la mejora del transporte en la ciudad.

1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se limitará a la determinación del nivel de servicio en el Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte en Cajamarca, teniendo en cuenta la información tomada en campo (aforo vehicular) y utilizando el método indicado en la Highway Capacity Manual (HCM 2010), con la finalidad de contribuir a las mejoras en la vía analizada para la reducir los tiempos de espera y las colas.

El estudio se realizó en la ciudad de Cajamarca, para un mejor entendimiento se presenta el plano de ubicación (ANEXO 01 – Plano de Ubicación)

1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General.

- Determinar el nivel de servicio con el HCM 2010 y con PTV VISSIM 21 del Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte.

Objetivos Específicos.

- Realizar el levantamiento topográfico del tramo en estudio.
- Determinar el IMD para cada tramo con el conteo realizado en campo.
- Determinar la capacidad vehicular de cada tramo de la vía estudiada.
- Determinar el tiempo de demora en cada tramo, teniendo en cuenta los datos tomados en campo.
- Modelar el tránsito del Jirón Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba y la Avenida Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca, utilizando el software PTV VISSIM V.21.
- Determinar la mejor alternativa de solución para solucionar la problemática de la congestión vehicular en la intersección con mayor capacidad.

1.8. CLASIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 3: Clasificación de la investigación:

Criterio	Tipo de Investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico	Cuantitativa/ Cualitativo
Objetivos	Descriptiva
Fuente de datos	Primarias, secundarias
Control en el diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde sucede	Gabinete, campo

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN O MARCO REFERENCIAL

2.1.1 A nivel internacional

- Según **SABANDO, Iván (2017)**. En su memoria de titulación “Determinación del Nivel de Servicio en Calles Urbanas”, realizó un estudio en el eje vial Fermín Vivaceta que constaba de 3 tramos y concluyó que cada tramo tenía diferente nivel de servicio (B, C y F), pero el nivel de servicio de los tres segmentos unidos es C, Este nivel de servicio sugiere una operación estable del tramo analizado, sin embargo, el análisis individual del segmento 3 da cuenta de la existencia de un tramo operando en condiciones de servicio inaceptables. Este hecho, pone de manifiesto la existencia de una inadecuada planificación vial, que podría ser mejorada evaluando cambios en la progresión semafórica, la coordinación de los ciclos de los semáforos o el diseño geométrico de la vía, entre otros.
- Según **VERA José, et all (2021)**. En su artículo de la revista de investigaciones en energía, medio ambiente y tecnología RIEMAT, titulado “Análisis del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador”, concluye que el nivel de servicio en la intersección semaforizada en general, se determinó una demora de 33 seg/veh que la clasificó con un nivel de servicio C, y que pese a ser aceptable por estar dentro de los parámetros de control de intersecciones, la demora calculada está muy próxima a ser considerada con un nivel de servicio “D”.

2.1.2 A nivel nacional

- Según **TICONA Oscar, CAPACUTE Juniors. (2020)**. En su tesis de investigación “Determinación del nivel de servicio en tres tramos de la Avenida Municipal, del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa para mejorar el servicio vial -2018”. Concluyó que el nivel de servicio del tramo es E, debido a diferentes factores como son los cruces de vías y giros hacia la izquierda que obligan a la instalación de semáforos, funcionamiento de feria en la zona del Mercado “Héroes del Cenepa” en dos días de la semana.

- Según **SALAZAR, César. (2018)**. En su tesis de investigación “Análisis por Micro simulación de la intersección entre la Avenida Brasil y el Jr. General Borgoño empleando VISSIM 8”. Analizó los modos de todos los tipos de transporte empleando VISSIM 8 y VISWALK 8.0. Concluyó que la situación actual de la intersección muestra series deficiencias con respecto a la seguridad de los peatones, ya que carece de la correcta señalización de cruces peatonales y no cuenta con semáforos para los mismos.

- Según **LEONARDO, Rosmery. (2016)**. En su tesis de investigación “Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y modelado con SYNCHRO 8.0- Jaén – 2016”. Concluyó que, luego de la simulación con el software SYNCHRO 8.0 resulta muy útil para la obtención de una vista dinámica de cómo se desarrolla un ciclo semafórico. También que es un programa útil para la obtención de flujos de saturación y niveles de servicio aproximado.

2.1.3 A nivel local

- Según **LLANOS, Jhonatan. (2018)**. En su tesis de investigación. Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la Av. Hoyos Rubio. Concluyó que: La metodología utilizada es una herramienta importante que ayuda a entender el comportamiento de las intersecciones semaforizadas y es aplicable a cualquier intersección. La relación volumen - capacidad, nos permite conocer, en la medida de lo posible, la demanda a la que nuestros grupos de carriles funcionan. En el análisis de la situación actual concluimos que todos los accesos, salvo el acceso 2 de la intersección B, se ven superados en cuanto a la demanda, es decir su capacidad se ve sobresaturada. Por lo tanto, es imperante una solución.

- Según **ALCÁNTARA, María. (2018)** En su tesis de investigación. Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la Avenida San Martín de Porres, ubicada entre la Avenida Atahualpa y la Avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2000. Concluyó que: El tramo de la Av.

San Martín, ubicado entre la Av. Atahualpa y Av. Argentina posee un nivel de servicio variable (el segmento I posee un nivel de servicio E y el segmento II un nivel de servicio F), además la capacidad vehicular del segmento I es de 1600 veh/h y del segmento II es de 1356 veh/h. donde el segmento I tiene un flujo vehicular desde la Avenida Atahualpa hasta la Avenida Argentina y el segmento II su flujo vehicular es desde la Avenida Argentina hasta la Avenida Atahualpa.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Ingeniería de Transporte:

Es la aplicación de los principios científicos y tecnológicos a la planeación, proyecto funcional, operación y a la administración de las diversas partes de cualquier medio de transporte, con la finalidad de movilizar personas, mercancías de manera, segura, confortable, económica, rápida y compatible con el medio ambiente. (Rafael, Mayor, & Cárdenas, 2007)

- a) Niveles de servicio:** Medida cualitativa que describe las condiciones de operación de flujo vehicular y de su percepción por parte de los conductores y/ pasajeros. (Rafael, Mayor, & Cárdenas, 2007)

Según el HCM 2010, define 06 niveles de servicio, que van desde la A hasta la F, siendo el A, el nivel con mejores condiciones de operación y F, el nivel con las peores. (Rafael, Mayor, & Cárdenas, 2007)

- b) Flujo continuo:** Estos tipos de infraestructuras no tienen elementos fijos, como los semáforos que sean externos al flujo y que lo puedan interrumpir. Las condiciones de circulación son el resultado de las interacciones entre los vehículos en el flujo y entre los vehículos y las características geométricas y de entorno de la carretera. Aquí se incluyen autopistas, vías multicarril, vías de dos carriles.

- c) Flujo interrumpido:** Las infraestructuras de este tipo tienen elementos fijos que pueden interrumpir el flujo vehicular. Estos elementos incluyen

intersecciones de prioridad, intersecciones semaforizadas y paraderos de buses. Estos dispositivos obligan a parar el tránsito en forma periódica o a reducir significativamente su velocidad, independiente de la magnitud del tránsito. Son ejemplos las arterias urbanas.

d) Intersecciones semaforizadas: La intersección semaforizada es uno de los ejemplos más típicos de un fenómeno de espera, puesto que por la presencia de la luz roja siempre existirá la formación de colas de vehículos, bajo condiciones no saturadas del tránsito, esto es para cada ciclo las llegadas son menores que la capacidad de acceso, de manera que los vehículos que se encuentran en la cola no esperan más de un ciclo del semáforo para ser servidos por el semáforo o estación de servicio.

e) Vehículo motorizado: Corresponde a cualquier medio de transporte motorizado y no motorizado que transita por el sistema vial. La tipología de los vehículos que transitan sobre una carretera ya sea urbana o rural, se divide en un extremo a los vehículos livianos, que son los más numerosos en la corriente de tránsito, mientras que los vehículos pesados, en el otro extremo de la clasificación vehicular. (MTC, 2003)

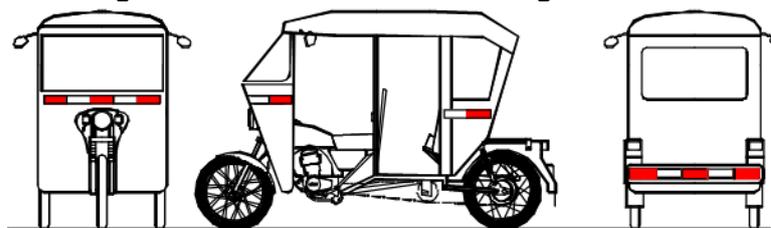
e.1. Clasificación de Vehículos

Las vías urbanas desempeñan un importante rol en el desarrollo de una ciudad, pues mejora la circulación tanto de los vehículos como de los peatones.

La siguiente clasificación fue extraída de: (Ministerio De Transporte Y Comunicaciones, 2003)

Categoría L5: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50cm³ o velocidad mayor a 50kh/h y cuyo peso bruto no exceda de una tonelada.

Figura 2: Vehículo motorizado categoría L5



Fuente: Adaptado (MTC, 2003, pág. 71).

Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.

M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.

M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.

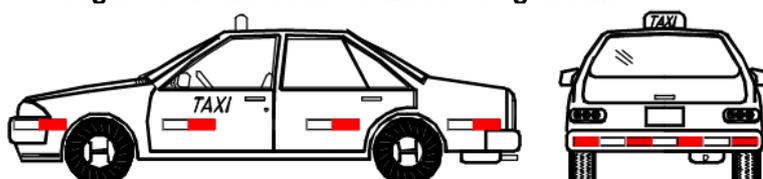
M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas. Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

Clase I: Vehículos contruidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos

Clase II: Vehículos contruidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.

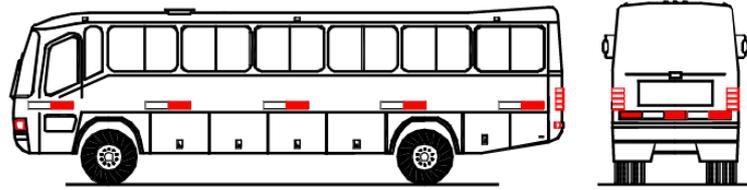
Clase III: Vehículos contruidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Figura 3: Vehículo motorizado categoría M1



Fuente: Adaptado de (MTC, 2003, pág. 71)

Figura 4: Vehículo motorizado categoría M2 y M3



Fuente: Adaptado de (MTC, 2003, pág. 72)

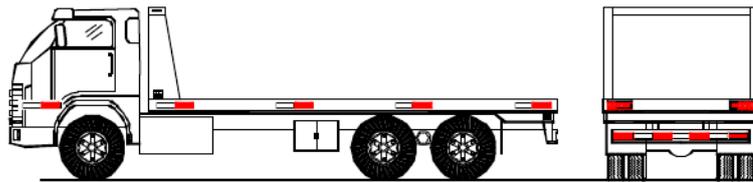
Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancía.

N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.

N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.

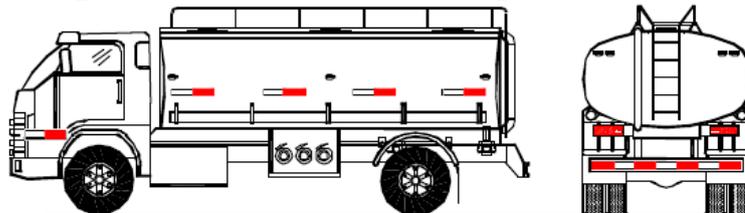
N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Figura 5: Vehículo motorizado categoría N1



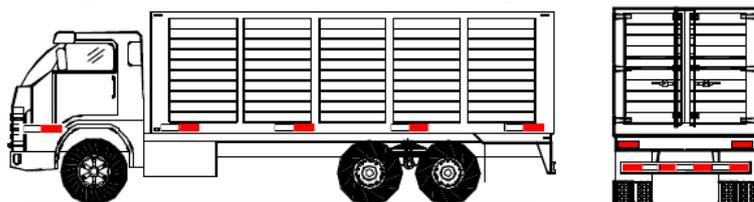
Fuente: Adaptado de (MTC, 2003, pág. 72)

Figura 6: Vehículo motorizado categoría N2



Fuente: Adaptado de (MTC, 2003, pág. 72)

Figura 7: Vehículo motorizado categoría N3



Fuente: Adaptado de (MTC, 2003, pág. 72)

Categoría O: Remolques (incluidos semiremolques).

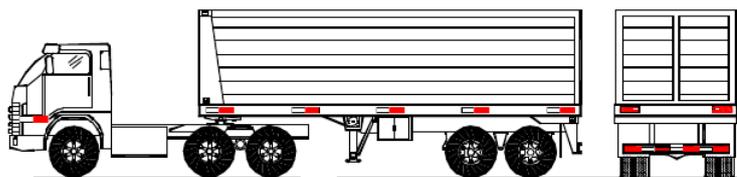
O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.

O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.

O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.

O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

Figura 8: Vehículo motorizado categoría O2, O3, O4



Fuente: Adaptado de (MTC, 2003, pág. 72)

- f) **La vía:** Se entiende por camino, aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles de la ciudad (Rafael, Mayor, & Cárdenas, 2007).

A. Clasificación de las vías urbanas:

A.1 Clasificación de la vía en estudio

El sistema de clasificación es aplicable a todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, pasajes, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, destinados al tráfico de vehículos, personas y/o mercaderías; habiéndose considerado los siguientes criterios. Extraído de (Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas, 2005, págs. 2-5)

a) Vías Expresas.

Establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad (80 – 100km/h) y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven

para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas ni circulación peatonal. Tienen más de 3 carriles/sentido. El transporte público solo será por carriles exclusivos o “carriles solo bus”. No permite estacionamientos, salvo emergencias.

b) Vías Arteriales

Las vías arteriales permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez (50 – 80km/h), baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. Permite la circulación de tránsito liviano, las bicicletas se permiten en ciclovías. Pueden ser unidireccionales (2 o 3 carriles) o bidireccionales (2 o 3 carriles/sentido).

El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido, salvo existan carriles laterales de servicio o en emergencia.

El término vía arterial no equivale al de avenida, sin embargo, muchas vías arteriales han recibido genéricamente la denominación de tales.

c) Vías Colectoras

Sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

Pueden ser colectoras distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipales, de la cual se derivan, entre otros, parámetros para establecer la competencia de dichas autoridades.

Flujo interrumpido, su velocidad de diseño es de 40 – 60 km/h. Permite la circulación de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías. Pueden ser unidireccionales (2 o 3 carriles) o bidireccionales (1

o 2 carriles). El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de jirón, vía parque, e inclusive avenida.

d) Vías Locales

Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Pueden ser unidireccionales (2 carriles) o bidireccionales (1 carril/sentido). Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras. Este tipo de vías han recibido el nombre genérico de calles y pasajes.

e) Vías de Diseño Especial

Son todas aquellas cuyas características no se ajustan a la clasificación establecida anteriormente.

Se puede mencionar, sin carácter restrictivo los siguientes tipos:

- Vías peatonales de acceso a frentes de lote.
- Pasajes peatonales.
- Malecones.
- Paseos.
- Vías que forman parte de parques, plazas o plazuelas.
- Vías en túnel que no se adecuan a la clasificación principal.

Tabla 4: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VIAS EXPRESAS	VIAS ARTERIALES	VIAS COLECTORAS	VIAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de	Entre 50 y 80 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se regirá por lo establecido en los Artículos 160 a 168 del RNT vigente.

	Tránsito (RNT) vigente.			
Características de Flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Número de Carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio de Transporte Público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " <i>Carriles Exclusivos</i> " o " <i>Carriles Solo Bus</i> " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, preferentemente en " <i>Carriles Exclusivos</i> " o " <i>Carriles Solo Bus</i> " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas – 2005. Instituto de la Construcción y Gerencia. Adaptación propia.

2.2.2. Parámetros de flujo vehicular

A) Volumen: Número de vehículos que pasan por un determinado punto durante un tiempo determinado. La unidad para el volumen es simplemente “vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo” (Rafael, Mayor, & Cárdenas, 2007, pág. 169).

Los volúmenes diarios frecuentemente son usados como base para la planificación de las carreteras.

$$Q = \frac{N}{T} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Ecuación 1: Volumen de tránsito.

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo)

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = Periodo determinado (Unidad de tiempo)

B) Flujo vehicular: Corresponde a la tasa equivalente por hora, vehículos que pasan sobre un punto determinado de la vía durante un periodo menor a 1 hora, generalmente 15 minutos. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

C) Velocidad: Magnitud física que expresa el desplazamiento de un objeto por unidad de tiempo. Se representa por \vec{v} o V, sus unidades son km/h.

$$S = \frac{L}{t_A} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Ecuación 2: Velocidad

c.1. Velocidad media de recorrido

Relación de la longitud L de un tramo y el tiempo medio empleado por los vehículos que la atraviesan, teniendo en cuenta las detenciones y retrasos. (Bañón Blásquez & Beviá García, 2007)

c.2. Velocidad de flujo libre

Es la velocidad promedio de los vehículos en un segmento medido en condiciones de bajo volumen, es decir; los conductores pueden conducir a la velocidad deseada y no están limitados por la presencia de otros vehículos o dispositivos de control de tráfico aguas abajo. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

D) Demora:

La demora es una medida de rendimiento importante para los elementos del sistema de flujo interrumpido. Hay varios tipos de demora, pero la demora de control, provocada por la presencia de un dispositivo de control de tráfico, es la principal medida de servicio en el HCM para evaluar LOS en intersecciones señalizadas y no señalizadas. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, pág. 99)

E) Índice de congestión (CI): Es la relación del tiempo de recorrido a través del segmento y el tiempo que se emplea en flujo libre, se calcula con la siguiente ecuación:

$$CI = \frac{Tr}{TI} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Ecuación 3: Índice de congestión

Dónde:

CI: Índice de congestión

Tr: Tiempo de recorrido a través del segmento (s)

TI: Tiempo de recorrido en condiciones de flujo libre (s)

Si el índice es 1, significa que no hay congestión, ya que los tiempos son iguales. Si el índice de congestión es 1.5 o mayor significa que el tiempo de viaje real es 150% del tiempo de flujo libre, o se tarda 1.5 veces más en recorrer un segmento de lo que sería en condiciones no congestionadas, por lo tanto, existe congestión (Departaments Of Transportation, 2011, pág. 4).

2.2.3. Capacidad vehicular

Número máximo de vehículos que pasan por un punto dado durante un período específico en condiciones predominantes de la carretera, el tráfico y el control. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

Máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado periodo de tiempo bajo condiciones particulares de la vía y del tráfico. Máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsar. (Bañón Blásquez & Beviá García, 2007)

La intensidad es el número de vehículos que circulan por una determinada sección de la vía, carril o carretera en la unidad de tiempo, generalmente 15 min, Se expresa en unidades de [veh/hora] teniendo en cuenta que no representa exactamente el número de vehículos por hora.

$$I = \frac{\text{Número de vehiculos}}{\text{Tiempo (hrs)}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Ecuación 4: Intensidad

La intensidad a lo largo del día presenta variaciones, donde la mayor variación del día se le denomina “**hora punta**” u “**hora pico**”, ésta se define como la relación entre el volumen de la hora completa y la intensidad correspondiente al periodo de mayor volumen en 15 minutos dentro de dicha hora.

$$FHP = \frac{Q}{N \times I_{max}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Ecuación 5: Factor de hora punta

Donde:

Q: Volumen horario. (veh/h)

N: Numero de periodos durante la hora punta (veh/h)

I_{max} : Intensidad en el periodo con más volumen.

Para periodos de 15 minutos, la ecuación quedaría:

$$FHP = \frac{Q}{4 \times Q_{15}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Ecuación 6: Factor de hora punta para periodos de 15 minutos

Donde:

Q: Volumen horario (veh/h)

Q₁₅: Volumen durante los 15 minutos de la hora (veh).

El valor del FHP está entre el rango de 0.80 y 0.95, valores más bajos significaría una gran variación en el flujo durante la hora pico.

El **Grado de Saturación** se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por una sección de una vía en una hora. El grado de saturación relaciona el volumen vehicular con la capacidad de la vía mediante la ecuación:

$$x = \frac{v}{c} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Ecuación 7: Grado de saturación.

Donde:

v = Volumen veh. que transita en 15 minutos de la hora punta (veh/h)

c = Capacidad vehicular (veh/h)

Si $x \geq 1$ representa un flujo saturado, caso contrario es un flujo no saturado.

2.3. NIVELES DE SERVICIO

Extraído de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUA, 2010, Cap. 17)

- **Nivel de servicio A:** Describe una operación principalmente de flujo libre, los vehículos no tienen impedimentos para maniobrar dentro del flujo vehicular de tránsito y la demora por control en la intersección límite es mínima. La velocidad de viaje en este es superior a 85% de la velocidad de flujo libre base.

- **Nivel de servicio B:** Describe una operación razonablemente sin impedimentos, es decir, la capacidad para maniobrar dentro de la corriente de tránsito está solo ligeramente restringida y la demora por control en la intersección límite no es significativa. La velocidad de viaje se encuentra entre 67% y 85% de la velocidad de flujo libre base.
- **Nivel de servicio C:** Describe una operación estable, donde la capacidad para maniobrar y cambiar de pista en los sectores medios del segmento puede ser más restringida que en el nivel de servicio B. Las colas más largas en la intersección límite pueden hacer que disminuyan en las velocidades de viaje. La velocidad de viaje se encuentra entre 50% y 67% de la velocidad de flujo libre base.
- **Nivel de servicio D:** Indica una condición menos estable en la que pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos sustanciales en la demora y disminuciones en la velocidad de viaje. Esta operación puede ser debido a progresión adversa de los semáforos, volumen alto o programación inapropiada de los semáforos en la intersección límite. La velocidad de viaje se encuentra entre 40% y 50% de la velocidad de flujo libre base.
- **Nivel de servicio E:** Se caracteriza por una operación inestable y demora significativa, las cuales pueden deberse a alguna combinación de progresión adversa, volumen alto o programación inapropiada de los semáforos en la intersección límite. La velocidad de viaje se encuentra entre 30% y 40% de la velocidad de flujo libre base.
- **Nivel de servicio F:** Se caracteriza por un flujo a muy baja velocidad. La congestión se produce probablemente en la intersección límite, según se indica por alta demora y colas externas. La velocidad de viaje es de 30% o menos de la velocidad de flujo libre base.

Tabla 5: Criterios para hallar el Nivel de Servicio con respecto a la velocidad de régimen libre.

Velocidad de Viaje como un Porcentaje de la Velocidad de Flujo Libre Base (%)	Nivel de Servicio	
	≤ 1	> 1
>85	A	F
>67-85	B	F
>50-67	C	F
>40-50	D	F
>30-40	E	F
≤30	F	F

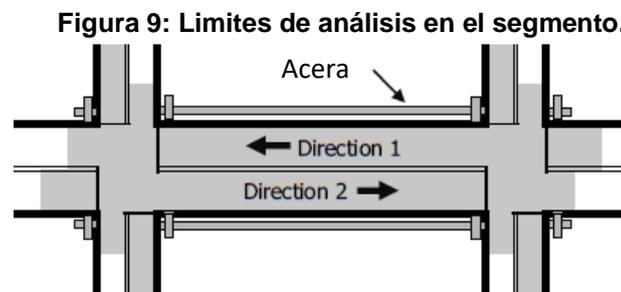
Fuente: (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 16, pág. 08)

2.3.1. Nivel de servicio en segmento de una calle urbana

El ítem 2.3.1. ha sido extraído del (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

A) Límites de Análisis

El límite de análisis del segmento se define por la calzada del lado derecho de la calle y por cada intersección límite. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)



Fuente: (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

B) Nivel de Análisis

El nivel de análisis describe el nivel de detalle utilizado en la aplicación de la metodología. Se reconocen tres niveles:

- Operacional
- Diseño y
- Ingeniería preliminar y planeamiento.

El **análisis operativo** es la aplicación más detallada y requiere la mayor cantidad de información sobre las condiciones de tráfico, geometría y señalización.

El **análisis de diseño** también requiere información detallada sobre las condiciones del tráfico y el nivel de servicio deseado, así como información sobre las condiciones geométricas o de señalización.

El **análisis preliminar de ingeniería y planificación** requiere solo los tipos más fundamentales de información, los valores predeterminados se utilizan luego como sustitutos de otros datos de entrada.

C) Período de Análisis

La metodología se basa en que el flujo vehicular es estable durante el periodo de análisis, que vendría a ser 15 minutos a 1h.

2.3.1.1. Definición de segmento de calle urbana

Este ítem fue extraído de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

La calle urbana se separa en elementos individuales que son físicamente adyacentes y funcionan como una sola entidad para servir a los viajeros. Los elementos que comúnmente se encuentran en un sistema de calles urbanas son puntos y enlaces.

Un **punto** representa el límite entre enlaces y se representa mediante una intersección. Un **enlace** representa una longitud de calle entre dos puntos. Un enlace y sus puntos límite, se denominan segmento.

2.3.1.1.1. Puntos y segmentos

El enlace y sus puntos límite deben evaluarse conjuntamente para proporcionar una indicación precisa del rendimiento global del segmento. Para un determinado sentido de viaje a lo largo del segmento, se combinan las medidas de rendimiento del enlace y de los puntos se combinan para determinar el rendimiento global del segmento.

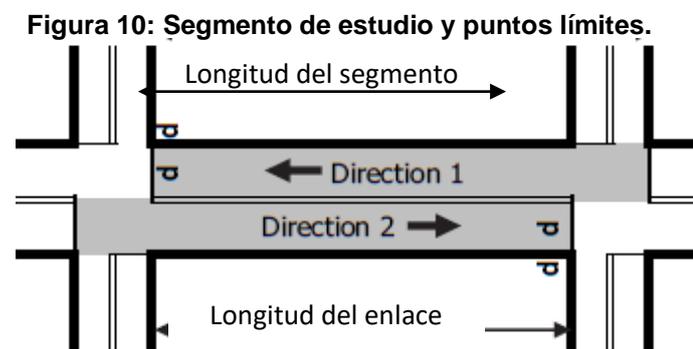
Si el segmento en cuestión se encuentra dentro de un sistema de señalización coordinado:

- Una intersección señalizada se utiliza siempre para definir un límite del segmento.
- Sólo las intersecciones en las que el movimiento de paso del segmento no está controlado (por ejemplo, una intersección de dos direcciones con control de STOP) pueden existir a lo largo del segmento entre los límites.

Si el segmento en cuestión no está dentro de un sistema de señalización coordinado:

- Una intersección que tenga un tipo de control que pueda imponer al movimiento de paso del segmento un requisito legal de parar o ceder el paso, ceder el paso debe utilizarse siempre para definir un límite de segmento.
- Una intersección en la que el movimiento de paso del segmento no está controlado (por ejemplo, una intersección de dos vías con control de STOP) puede utilizarse para definir un límite de segmento, pero normalmente no se hace.

Una señal de control de tráfico a mitad de segmento prevista para el uso exclusivo de peatones no debe utilizarse para definir el límite de un segmento.



Fuente: (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.3.1.1.2. Consideraciones para la longitud del segmento

El ítem 2.3.1.1.2 ha sido extraído del: (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

Cuando un segmento tiene una longitud “corta”, entonces la interacción entre los movimientos del tránsito y los dispositivos de control en las dos intersecciones es lo suficientemente compleja, entonces un análisis por separado de cada elemento no proporciona un análisis preciso del desempeño de las calles urbanas. Esta complicación puede ocurrir independientemente del tipo de control que presenten las dos intersecciones límites; sin embargo, es particularmente complicado cuando las dos intersecciones están señalizadas.

Es difícil definir las condiciones específicas bajo las cuales un segmento es “corto”, pero se considerará “corto” si cumple las condiciones:

- La cola con frecuencia se extiende hacia atrás de una intersección a la otra durante el período de análisis.
- La duración de la fase del semáforo en la intersección aguas abajo es más larga que la necesaria para dar servicio a todos los vehículos que se almacenan en el segmento más cualquier vehículo que pueda ingresar desde la intersección semaforizada aguas arriba mientras la fase aguas abajo es verde. Conduciendo al uso ineficiente de la fase descendente y la retención de vehículos desatendidos en los accesos a la intersección aguas arriba.

En general, los segmentos que están delimitados por intersecciones señalizadas y tienen menos de 122m pueden experimentar una o ambas de estas condiciones.

Los embotellamientos en una intersección señalizada generalmente se dispersan cuando llegan hasta una distancia de 965m aproximadamente aguas abajo de la señal. Esta distancia varía según la cantidad de actividad de la intersección en todo el tramo y la velocidad del flujo de tráfico. Cuando un segmento excede los 3.2km de longitud, los pelotones formados pasan desapercibidos. Por lo tanto, si un segmento excede los 3.2km de longitud y sus puntos límite están señalizados, entonces se deberá evaluar el segmento como un segmento de carretera de flujo ininterrumpido con intersecciones aisladas.

2.3.1.2. Datos de entrada requeridos

Para realizar los procedimientos que permitan determinar el nivel de servicio se necesitan los elementos de entrada que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6: Datos de Entrada

Categoría de Datos	Ubicación	Elementos de entrada
Características de tránsito	Intersección	Flujo de demanda
	Segmento	Flujo en puntos de acceso
		Flujo en el segmento
Diseño geométrico	Intersección	Numero de pistas
		Ancho de intersección aguas arriba
	Segmento	Longitud de bahía de giro
		Numero de pistas
		Longitud de segmento
		Longitud de mediana restrictiva
Otros	Segmento	Proporción de segmento con solera
		Puntos de acceso
Otros	Segmento	Duración del periodo de análisis
		Velocidad límite

Fuente: Tomado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 17).

A. Características del Tránsito

Tomado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 17, págs. 707-712)

a) Flujo de demanda

Número de vehículos llegando a la intersección durante el periodo de análisis, dividido por la duración del periodo de análisis.

b) Flujo en puntos de acceso

Es el número de vehículos llegando a la intersección de punto de acceso durante el período de análisis, dividido por la duración del período de análisis.

Como regla general, un punto de acceso se considera activo si tiene un flujo de entrada de 10 vehículos por hora (veh/h) o más durante el período de análisis. Si el segmento tiene muchos puntos de acceso que se consideran inactivos pero que colectivamente tienen algún tipo de

tránsito, éstos se pueden combinar en un solo punto de acceso activo equivalente.

c) Flujo de segmento

Número de vehículos circulando a lo largo del segmento durante el periodo de análisis, dividido por la duración del periodo de análisis.

B. Diseño Geométrico

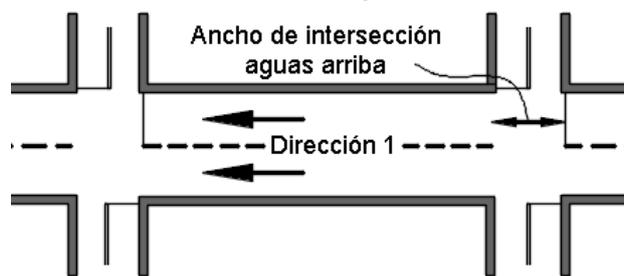
a) Número de pistas en la intersección

Son las pistas que se usan exclusivamente para que los vehículos que ingresan en esta giren. Si no existe pistas exclusivas para el giro, entonces el movimiento de giro tiene 0 pistas.

b) Ancho de intersección aguas arriba:

“El ancho de intersección se aplica a la intersección límite aguas arriba para una dirección dada de viaje y representa el ancho efectivo de la calle que cruza, medido a lo largo de la línea central del segmento, partiendo desde la línea del pare (o cede el paso) hasta el lado más alejado de la calle que cruza.” (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

Figura 11: Ancho de intersección para calle unidireccional



Fuente: Extraído de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

c) Longitud de la bahía de giro

Es la distancia de la bahía ubicada en la intersección límite, tiene un ancho completo y la cola de vehículos generalmente se almacena. Esta se mide paralelamente al eje de la vía. Si existen múltiples pistas

en la bahía tienen diferentes longitudes, entonces la longitud ingresada debe ser un valor promedio.

d) Número de pistas del segmento

Cantidad de pistas que existen a lo largo de un segmento, teniendo en cuenta su dirección de viaje y sirven para la circulación vehicular. Las pistas para giro exclusivo no se contabilizan en esta categoría.

e) Longitud de segmento

Distancia entre las intersecciones límites que limitan el segmento. Se mide desde la señalización en la intersección de ingreso al tramo hasta la señalización de salida del tramo. Al ser carriles bidireccionales se deberá considerar una longitud promedio.

f) Longitud de mediana restrictiva

Longitud de la calle con una mediana restrictiva (vereda). Esta longitud se mide desde el inicio del tramo con esta condición hasta el final del tramo donde termine la condición. No se tiene en cuenta, interrupciones que no sean determinantes en medio del tramo.

g) Proporción de segmento con solera

“Esta proporción es calculada como la longitud de la calle con una sección transversal con solera, dividida por la longitud del enlace. La longitud es medida desde el comienzo de la sección transversal con solera hasta el fin de la sección transversal con solera. El ancho de entradas de autos no se descuenta de esta longitud, Este valor es conocido para cada dirección de viaje a lo largo del segmento.” (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

h) Número aproximado de punto de acceso

Es la cantidad de ingresos para vehículos que no estén señalizadas y calles públicas que ingresan al segmento, sin tener en cuenta el volumen de tráfico que ingrese por éstas. Se calculan para cada dirección de viaje. Si la intersección límite agua abajo no es

semaforizada, esta aproximación por el lado derecho de la calle que cruza (en la dirección de viaje) no es incluida en el conteo.

C. Otros Datos y Medidas de Desempeño

a) Duración del período de análisis

Es el tiempo considerado para la evaluación del desempeño. Esta duración está en el rango de 15 minutos a 1 hora.

Análisis Operacional. Los periodos de análisis de 15 minutos captan los efectos de los picos de demanda. Para mayor exactitud se debe incluir análisis que involucra 24 horas en periodos de 15 minutos.

b) Velocidad límite

La velocidad promedio de viaje se relaciona con la velocidad límite cuando ésta refleja el entorno y los factores geométricos que influyen en la elección de la velocidad.

La metodología asume que la señalización de velocidad límite es:

- ✓ Similar o aproximada con la velocidad en las calles adyacentes al segmento de análisis.
- ✓ Consistente con las normativas legales especificadas para velocidades límites. Si la velocidad límite señalada no satisface estos supuestos, entonces el valor de la velocidad límite debe ser ajustado de tal forma que sea consistente con los supuestos.

Ocurrencia de desbordamiento

El desbordamiento en un segmento ocurre en segmentos cortos con ciclos semafóricos relativamente largos y se disipa al aparecer la luz en verde en el segmento a este se le conoce como desbordamiento cíclico. Cuando la sobresaturación no se disipa al final de cada ciclo mientras dure el periodo de análisis, a esto se le llama desbordamiento sostenido.

2.3.1.3. Tiempo en movimiento

2.3.1.3.1. Velocidad de flujo libre

A. Velocidad de flujo libre base

Es la velocidad de flujo libre en segmentos largos, que está en función de la velocidad límite, densidad de puntos de acceso, tipo de mediana, presencia de solera. Se calcula con la siguiente ecuación. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$S_{f0} = S_0 + f_{CS} + f_A \quad (\text{Ecuación 8})$$

Ecuación 8: Velocidad de flujo libre base.

Donde:

S_0 → Velocidad constante (min/h)

f_{CS} → Factor de ajuste para sección transversal (min/h)

f_A → Factor de ajuste para puntos de acceso (min/h)

La velocidad de flujo libre base fue calculada con datos obtenidos en campo, teniendo en cuenta las características del tráfico para tomar dichos datos y usaremos esta velocidad en la fórmula 8 directamente, obviando los cálculos anteriores. Se muestra la siguiente tabla con las velocidades de flujo libre base.

Tabla 7: Velocidad de flujo libre base en campo.

Tramo	Tiempo (s)	Distancia (m)	Vel. Flujo Libre Base S_{f0} (min/h)
I – Ida	14.43	145.86	22.61
I – Regreso	17.24	145.86	18.93
II – Ida	15.25	131.83	19.34
II – Regreso	12.63	131.83	23.35
III	18.01	222.31	27.61
IV	20.14	296.08	32.89
V	18.56	324.17	39.07

✓ Velocidad Constante (S_0)

$$S_0 = 25.6 + 0.47 * S_{pl} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Ecuación 9: Velocidad constante

Donde:

S_{pl} → Límite de velocidad (min/h)

✓ **Factor de Ajuste para Sección Transversal (fcs)**

$$f_{cs} = 1.5 * p_m - 0.47 * p_{curb} - 3.7 * p_{curb} * p_m \quad (\text{Ecuación 10})$$

Ecuación 10: Factor de ajuste para sección transversal.

Donde:

p_m → Proporción del segmento con mediana restrictiva (min/h)

p_{curb} → Proporción del segmento con solera del lado derecho (decimal)

✓ **Factor de Ajuste para Puntos de Acceso (fA)**

$$f_A = -0.078 * \frac{D_a}{N_{th}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Ecuación 11: Factor de ajuste para puntos de acceso.

Donde:

D_a → Densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/min)

N_{th} → Número de pistas del segmento en la dirección de viaje.

$$D_a = 5280 * \frac{(Nap,s + Nap,o)}{L - Wl} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Ecuación 12: Densidad de puntos de acceso en el segmento.

Donde:

D_a → Densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/min)

Nap,s → Número de puntos de acceso por el lado derecho en la dirección de viaje.

Nap,o → Número de puntos de acceso por el lado derecho en la dirección opuesta de viaje.

Wl → Ancho de intersección semaforizada aguas arriba (ft).

L → Longitud de segmento (ft).

Tabla 8: Factor de ajuste para sección transversal.

Vel. limite (min/h)	Vel. constante S_0 (min/h)	Tipo de mediana	Porcentaje con mediana restrictiva (%)	Ajuste para sección transversal fcs (min/h)	
				Sin Solera	Con Solera
25	37.4	Restrictiva	20	0.3	-0.9
30	39.7		40	0.6	-1.4
35	42.1		60	0.9	-1.8
40	44.4		80	1.2	-2.2
45	46.8		100	1.5	-2.7

50	49.1	No restrictiva	No aplica	0	-0.5
55	51.5	Sin mediana	No aplica	0	-0.5

Fuente: (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010).

Tabla 9: Factor de ajuste para puntos de acceso.

Densidad de puntos de acceso, Da (puntos/min)	Ajuste para puntos de acceso por carril fa (min/h)			
	1 pista	2 pista	3 pista	4 pista
0	0	0	0	0
2	-0.2	-0.1	-0.1	0
4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
10	-0.8	-0.4	-0.3	-0.2
20	-1.0	-0.8	-0.5	-0.4
40	-3.1	-1.6	-1.0	-0.8
60	-4.7	-2.3	-1.6	-1.2

Fuente: (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

B. Ajuste para el espaciado de la señal.

La evidencia empírica sugiere que una longitud de segmento más corta (cuando está definida por intersecciones de límites señalizados) tiende a influir en la elección del conductor de la velocidad de flujo libre. Se ha encontrado que los segmentos más cortos tienen una velocidad de flujo libre más lenta, todos los demás factores son los mismos. La ecuación se utiliza para calcular el valor de un factor de ajuste que explica esta influencia. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{S_{f0} - 19.5}{\max(L_s, 400)} \leq 1.0 \quad (\text{Ecuación 13})$$

Ecuación 13: Factor de ajuste por espaciamiento de señales.

Donde:

S_{f0}: Velocidad de flujo libre base (mi/h)

L_s: Distancia entre intersecciones semaforizadas adyacentes (ft)

C. Velocidad de Flujo Libre

Se define como la velocidad promedio de los vehículos en un segmento dado, medida en condiciones de bajo volumen, donde los conductores son libres de circular a la velocidad deseada y no se encuentran limitados debido a la presencia de otros vehículos o dispositivos de control de tránsito en la intersección aguas abajo. Elementos del entorno que influyen en esta elección bajo condiciones de flujo libre incluyen el límite de velocidad, densidad de puntos de acceso, tipo de mediana, presencia de solera y longitud del segmento, se calcula mediante la fórmula. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$S_f(mi/h) = S_{f0} * f_L \quad (\text{Ecuación 14})$$

Ecuación 14: Velocidad de flujo libre

Donde:

S_{f0}: Velocidad de Flujo Libre Base (mi/h)

f_L: Factor de ajuste por espaciamiento de señales (adimensional).

2.3.1.3.2. Factor de ajuste por proximidad entre vehículos

El factor de ajuste de proximidad ajusta el tiempo en movimiento en flujo libre para tener en cuenta el efecto de la densidad de tránsito. Los ajustes resultan en un incremento del tiempo de movimiento (y la correspondiente reducción en la velocidad) con un aumento del volumen. La reducción de la velocidad es un resultado de intervalos cortos de separación entre vehículos, asociados con el alto volumen y la predisposición de los conductores a ser más precavidos cuando los intervalos son cortos. La siguiente ecuación es usada para calcular el factor de ajuste por proximidad. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$f_V = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{V_m}{52.8 * N_{th} * S_f}\right)^{0.21}} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Ecuación 15: Factor de ajuste por proximidad.

Donde:

V_m: Razón de flujo de demanda en el segmento (veh/h).

Nth: Número de pistas del segmento en la dirección de viaje.

Sf: Velocidad de flujo libre (mi/h).

2.3.1.3.3. **Demora debido a giros de vehículo**

En este punto se describe un procedimiento para cuantificar la demora producida por vehículos girando desde la calle principal a un punto de acceso no señalizado. Esta demora es incurrida por los vehículos que están siguiendo a los vehículos que giran pero que no giran en el punto de acceso. Comúnmente la demora relacionada al giro en un punto de acceso es pequeña en relación con la producida en una intersección señalizada, sin embargo, esta demora puede aumentar a niveles considerables cuando un segmento de calle tiene puntos de acceso frecuentes y un número significativo de vehículos girando.

Para vehículos girando a la derecha la demora se produce cuando los vehículos que los anteceden reducen su velocidad para acomodarse al movimiento de giro. Para vehículos girando a la izquierda la demora resulta cuando los vehículos que los siguen deben esperar en cola mientras que un vehículo por delante ejecuta la maniobra de giro, esta demora ocurre principalmente en calles no divididas; sin embargo, también puede ocurrir en calles divididas cuando la cola de giro a la izquierda excede el almacenamiento disponible en la bahía y se derrama en la pista adyacente.

A) Demora debido a giros a la derecha

El vehículo que gira a la derecha desde la calle principal hacia un punto de acceso a menudo retrasa el paso de los vehículos que lo siguen. Los vehículos de paso se retrasan porque tienen que reducir la velocidad para evitar una colisión con el vehículo de adelante, el primero de los cuales ha reducido la velocidad para evitar una colisión con el vehículo que gira a la derecha. Este retraso puede tener una duración de varios segundos para los primeros vehículos, pero siempre disminuirá a valores insignificantes para los vehículos posteriores, ya que la necesidad de reducir la velocidad disminuye. A los efectos del cálculo del tiempo de ejecución, este retraso

debe promediarse entre todos los vehículos que viajan en la dirección en cuestión. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 30)

$$d_{ap,r}(seg/veh) = 0.67 * d_{t/r} * \frac{P_{RT}}{1-P_{LT}-P_{RT}} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Ecuación 16: Demora media vehicular debido a giros a la derecha.

Donde:

$d_{t/r}$: Demora vehicular por maniobra de giro a la derecha (seg/veh).

P_{RT} : Proporción de veh. girando a la derecha en la corriente de tránsito.

P_{LT} : Proporción de veh. girando a la izquierda en la corriente de tránsito.

La variable $d_{t/r}$ converge a 0 a medida que la proporción de vehículos que giran se acerca a 1. La constante 0,67 representa un factor de calibración basado en datos de campo. La ecuación también se puede usar para estimar el retraso debido a los vehículos que giran a la izquierda en una calle de sentido único. En este caso, las variables asociadas con el movimiento de giro a la derecha se redefinirían como aplicables al movimiento de giro a la izquierda y viceversa. La siguiente secuencia de cálculos se puede utilizar para estimar estos valores:

Paso 01: Calcule la velocidad mínima para el primer vehículo que pasa

$$u_m = 1.47 * S_f - r_d * (H_1 - h_{\Delta < h < h1}) \geq u_{rt} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Ecuación 17: Velocidad mínima del primer vehículo que es retrasado.

$$h_{\Delta < h < h1} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_1 * e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Ecuación 18: Tiempo de espaciamiento medio de los intervalos entre Δ y H_1 (seg/veh).

$$H_1 = \frac{1.47 * S_f - u_{rt}}{r_d} + t_{cl} + \frac{L_h}{1.47 * S_f} > \Delta \quad (\text{Ecuación 19})$$

Ecuación 19: Tiempo de espaciamiento máximo para el primer vehículo en seguimiento y aun incurrir en demora, (seg/veh)

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{q_n} - \Delta} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Ecuación 20: Parámetro de velocidad de flujo, (veh/s)

$$q_n = \frac{V_a}{3600 * n} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Ecuación 21: Flujo de carril exterior, (veh/s)

Donde:

u_{rt} : Velocidad de giro a la derecha (ft/seg)

Δ : Tiempo de espaciamiento mínimo vehicular, usar 1.5, (seg/veh)
 r_d : razón de desaceleración, usar 6.7, (ft/s²)
 t_{cl} : Tiempo de despeje del vehículo girando a la derecha, usar 0.6 seg.
 L_h : Espaciamiento vehicular medio en cola de detención, usar 25, (ft/veh)
 V_a : Flujo en la aproximación al punto de acceso, (veh/h)
 n : Número de carriles en la aproximación al punto de acceso.

La velocidad de giro a la derecha urt , puede ser sensible a la geometría del punto de acceso, esta puede variar de 15 a 25 ft/s para radios de giro que varían de 20 a 60 ft respectivamente. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010. Cap. 30, pág. 24)

Paso 02: Calcule el retraso para el primer vehículo que pasa

$$d_1 = \frac{(1.47 * S_f - u_m)^2}{2(1.47 * S_f)} * \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{r_a} \right) \quad \text{(Ecuación 22)}$$

Ecuación 22: Demora condicional del primer vehículo (veh/s)

Donde:

r_a : Razón de aceleración, usar 3.5 (ft/s²)

Paso 03: Calcule el retraso para el segundo vehículo que pasa.

$$d_2 = d_1 - (h_{\Delta < h < H_2} - \Delta) \quad \text{(Ecuación 23)}$$

Ecuación 23: Demora condicional del segundo vehículo (veh/s)

$$\text{Con: } h_{\Delta < h < H_2} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_2 * e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}} \quad \text{y } H_2 = d_1 + \Delta$$

Paso 04: Calcule el retraso para el tercer vehículo y los subsiguientes.

$$d_i = d_{i-1} - (h_{\Delta < h < H_i} - \Delta) \quad \text{(Ecuación 24)}$$

Ecuación 24: Demora condicional del i-ésimo vehículo, i=3,4,... (seg)

$$\text{Con: } h_{\Delta < h < H_i} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_i * e^{-\lambda(H_i - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_i - \Delta)}} \quad \text{y } H_i = d_{i-1} + \Delta$$

El **paso 4** debe repetirse para el tercer vehículo y los subsiguientes hasta que el retraso calculado para el vehículo i sea inferior a 0,1 seg. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 30, pág. 24)

Paso 05: Calcular la proporción de vehículos girando a la derecha en el carril derecho

$$P_R = P_{RT} * n \leq 1.0 \quad \text{(Ecuación 25)}$$

Ecuación 25: Proporción de vehículos girando a la derecha en el carril derecho.

Paso 06: Calcular la demora vehicular por maniobra de giro a la derecha.

$$d_{t/r} = d_1(1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)})(1 - P_R) + d_2(1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)})(1 - e^{-\lambda(H_2 - \Delta)})(1 - P_R)^2$$

Ecuación 26: Demora del veh. que pasa girando a la derecha. (seg/veh) (Ecuación 26)

Si se retrasan tres o más vehículos, se debe agregar un término adicional a la ecuación anterior para cada vehículo subsiguiente. En esta situación, la Ecuación 26 se puede utilizar para calcular el retraso de cualquier número de vehículos. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 30, pág. 25)

$$d_{t/r} = \sum_{i=1}^{\infty} \left[d_i \times \prod_{j=1}^i (1 - e^{-\lambda(H_j - \Delta)}) \times (1 - P_R)^i \right] \quad \text{(Ecuación 27)}$$

Ecuación 27: Demora del veh. que pasa girando a la derecha. (seg/veh)

Reemplazamos $d_{t/r}$ en la ecuación 20, para calcular la demora media vehicular debido a giros a la derecha ($d_{ap,r}$).

B) Demora debido a giros a la izquierda

La ecuación Ec. 20 y todo el procedimiento descrito en el punto 2.3.3.3.1 también puede ser utilizado para estimar la demora debido a vehículos girando a la izquierda en una calle de un solo sentido. En este caso, las variables asociadas con el movimiento de giro a la derecha se redefinen como aplicables al movimiento de giro a la izquierda, y viceversa.

C) Estimación rápida de demora debido al giro de vehículos

La Tabla 9 puede ser usada para estimar la demora debido al giro de vehículos en un punto de acceso representativo mediante el uso de un

volumen de segmento que sea común para todos los puntos de acceso. Los valores en la Tabla 9 representan la demora de los vehículos debido a giros a la izquierda y derecha en un punto de acceso. El valor seleccionado es multiplicado por el número de puntos de acceso en el segmento para obtener la demora debido a giros a la izquierda y derecha.

Tabla 10: Demora debido a giro de vehículo.

Volumen en el segmento(veh/h/ln)	Demora según número de pistas		
	1 carril	2 carril	3 carril
200	0.04	0.04	0.05
300	0.08	0.08	0.09
400	0.12	0.15	0.15
500	0.18	0.25	0.15
600	0.27	0.41	0.15
700	0.39	0.72	0.15

Fuente: Tomado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, pág. 35)

2.3.1.3.4. Demora ocasionada por otros factores

Otros factores pueden causar que un conductor reduzca la velocidad o incurra en retraso mientras viaja a lo largo de un segmento. Por ejemplo, un vehículo que está completando una maniobra de estacionamiento en paralelo puede causar cierto retraso. Además, los vehículos que ceden el paso a los peatones en un cruce de peatones del segmento medio pueden sufrir demoras. Finalmente, los ciclistas que circulan en un carril de tráfico o en un carril para bicicletas adyacente pueden, directa o indirectamente, hacer que el tráfico vehicular adopte una velocidad más baja.

De las numerosas fuentes de demora para el segmento, la metodología sólo incluye procedimientos para estimar la demora debido al giro de vehículos. Sin embargo, si la demora debido a otras fuentes es conocida o estimada mediante otros medios, entonces se puede incluir en la ecuación para calcular el tiempo en movimiento. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 17, pág. 36)

2.3.1.3.5. Tiempo en Movimiento en el Segmento

La siguiente ecuación es usada para calcular el tiempo en movimiento en el segmento, la cual considera el control de movimiento en las intersecciones límites, la velocidad de flujo libre, proximidad entre vehículos, y variadas fuentes de demora en el segmento. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$t_R = \frac{6 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600L}{5280S_f} f_V + \sum_{i=1}^{Nap} d_{ap,i} + d_{other} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Ecuación 28: Tiempo en movimiento en el segmento.

$$f_x = \begin{cases} 1.00: \text{Movimiento controlado por semáforo o señal de "PARE"} \\ 0.00 \text{ Movimiento NO controlado} \\ \text{Min } \frac{V_{th}}{C_{th}}, 1 \text{ Movimiento controlado por "CEDA EL PASO"} \end{cases}$$

Donde:

l_1 : Pérdida de tiempo en la partida = 2.0 si es semaforizada y 2.5 si es pare o ceda el paso (s).

L : Longitud del segmento (ft).

f_x : Factor de ajuste por tipo de control

V_{th} : Razón de flujo de demanda a través del segmento (veh/h)

C_{th} : Capacidad del movimiento a través del segmento (veh/h)

$d_{ap,i}$: Demora debido a giros a la izquierda y derecha desde la calle hacia el punto de acceso i , (s/veh)

Nap : Número de puntos de acceso influyentes que se aproximan a lo largo del segmento = $N_{ap,s} + pap_{,ltNap,0}$, (puntos)

$N_{ap,s}$: Número de puntos de acceso próximos en el lado derecho de la dirección de viaje, (puntos)

$N_{ap,o}$: Número de puntos de acceso en el lado derecho opuesto a lo largo de la dirección de viaje, (puntos).

$p_{ap,it}$: Proporción de Nap que se puede acceder por un giro a la izquierda desde la dirección de viaje.

d_{other} : Demora debido a otras fuentes a lo largo del segmento, (s/veh)

2.3.1.4. Tiempo de propagación vehicular

El retardo que se produce a través de los vehículos que salen del segmento es la base para la estimación del tiempo de viaje. Se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$d_t = \frac{d_{th} * V_t * N_t + d_{sl} * V_{sl} * (1 - P_L) + d_{sr} * V_{sr} * (1 - P_R)}{V_{th}} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Ecuación 29: Tiempo de propagación vehicular

Donde

v_{th} : Demanda vehicular (veh/h)

d_{th} : Retraso en el carril (s/veh)

v_t : Flujo en el carril (veh/h/ln)

N_t : Número de carriles (ln)

d_{sl} : Retraso de vehículos que giran a la izquierda (s/veh)

v_{sl} : Índice de flujo de los vehículos que giran a la izquierda (veh/h)

d_{sr} : Retraso de vehículos que giran a la derecha (s/veh)

v_{sr} : Índice de flujo de los vehículos que giran a la derecha (veh/h)

P_L : Proporción de vehículos que giran a la izquierda (decimal)

P_R : Proporción de vehículos que giran a la derecha (decimal)

2.3.1.5. Velocidad de viaje

La siguiente ecuación es usada para calcular la velocidad de viaje para una dirección dada a lo largo del segmento.

$$S_{T.seg} = \frac{3600 * L}{5280(T_R + d_T)} \quad (\text{Ecuación 30})$$

Ecuación 30: Velocidad de viaje.

Donde:

L : Longitud del segmento (ft)

t_R : Tiempo en movimiento del segmento (s)

d_T : Demora por control (s/veh)

2.3.1.6. Nivel de servicio del segmento

El nivel de servicio se determina para ambas direcciones a lo largo del segmento, la tabla 5 muestra los límites para seleccionar el nivel de servicio. Como se indica la tabla el nivel de servicio se define según la velocidad de viaje expresada como porcentaje de la velocidad base de flujo libre.

$$\frac{S_T}{S_{f0}} = \% \quad (\text{Ecuación 31})$$

Ecuación 31: Nivel de servicio.

2.3.2. Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Las intersecciones semaforizadas son las situaciones más difíciles de evaluar dentro del sistema vial. Para analizar las intersecciones semaforizadas se debe tener en cuenta varios factores como son la distribución del tráfico, características geométricas, los detalles de la señalización de la intersección y el tiempo de programación del semáforo. (Llanos H, 2018)

2.3.2.1. Definiciones básicas en intersecciones semaforizadas

Existen dos tipos de operaciones para una intersección semaforizada.

a) Operación prefijada

Cuando la programación las fases de un semáforo tiene una secuencia de fases fijas, que se repiten en un orden determinado, la duración de cada fase siempre tiene los mismos tiempos, es decir, todos los intervalos de cambio están prefijados. El intervalo de verde puede variar dependiendo del día de la semana u horas determinadas.

b) Operación accionada

Cuando la programación de las fases de un semáforo depende de los movimientos del tráfico. Este tipo de operación se puede describir como: actuado, semi actuado y coordinado-actuado.

- **Semáforo actuado:** Se da cuando las fases están actuadas y todos los movimientos de tráfico de la intersección están controladas por detectores. Este tipo de control no está asociado con un ciclo constante y

así las duraciones del ciclo y los tiempos de verde pueden variar según la demanda que se tenga. (Llanos H, 2018)

- **Semáforo semi actuado:** Se trata de un tipo de control que utiliza las fases actuadas para servir los menores movimientos (calles secundarias) de una intersección mientras que los mayores movimientos que se producen en la intersección están operados con fases no actuadas, tratando de estar siempre en fase verde, así cuando las calles secundarias detecten un flujo vehicular, se les dará paso con un intervalo determinado. La secuencia y duración de cada fase actuada está determinada por la demanda de tráfico. Este tipo de control no está asociado a un ciclo constante. (Llanos H, 2018)
- **Semáforo coordinado actuado:** Este tipo de control es similar al anterior y asocia la fase coordinada aquellos movimientos menores en la intersección. (Llanos H, 2018)

2.3.2.2. Tipos de Movimiento

En una intersección controlada por semáforos, la capacidad depende significativamente de la programación del tiempo de verde y también de la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases.

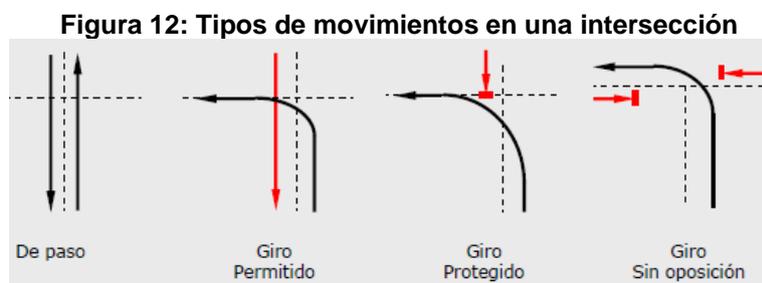
Existen cuatro tipos de movimientos: de paso, giro permitido, giro protegido y giro sin oposición.

a) De paso: El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema. (Bañon Y Beivá, 2000)

b) Giro permitido: El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultaneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo verde. (Bañon Y Beivá, 2000)

c) Giro protegido: En este tipo de movimientos. El vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos – una flecha verde adicional en el semáforo – o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase. (Bañon Y Beivá, 2000)

d) Giro sin oposición: Esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección. (Bañon Y Beivá, 2000)



Fuente: (Bañon Y Beivá, 2000)

2.3.3. Capacidad de la intersección

Número máximo de vehículos que pasan por un punto dado durante un período específico en condiciones predominantes de la carretera, el tráfico y el control. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

Máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado periodo de tiempo bajo condiciones particulares de la vía y del tráfico. Máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsar. (Bañon Y Beivá)

2.3.4. Nivel de servicio de la intersección

Se basa en la demora media de los vehículos por cada grupo de carriles detenidos por la acción del semáforo. El usuario comprende estas demoras como pérdidas de tiempos, consumo de combustible e incomodidad. (Matías León, 2018)

- Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamiento o direccionales, etc.
- Entre los externos se encuentran las características físicas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, el ancho de las banquetas, las pendientes, etc.

Para determinar el nivel de servicio de cada grupo de carriles, cada planteamiento y cada intersección como un conjunto se utiliza la Tabla 10. El nivel de servicio es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora de vehículos en la intersección. También puede indicar una operatividad inaceptable por un grupo de carriles individual.

La demora cuantifica el aumento del tiempo de viaje debido al control de las señales de tráfico, además, indirectamente sirve de medida para conocer la disconformidad del usuario y el consumo de combustible. Por otro lado, el índice de capacidad calculado cuantifica el grado de un Grupo de Carril en cuanto a capacidad se refiere. (Llanos H, 2018)

Tabla 11: Demora del tráfico según el nivel de servicio.

Nivel de Servicio	Demora de Control (seg/veh)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-50
E	>50-80
F	>80

Fuente: Adaptado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

2.3.5. Limitaciones de la metodología

Los límites de análisis de la intersección no se definen a una distancia fija para todas las intersecciones, por el contrario, son dinámicas y se extienden hacia atrás, desde la intersección a una distancia suficiente para incluir el área de influencia operacional en cada vía de la intersección. Por estas

razones, los límites de análisis deberían establecerse para cada intersección de acuerdo con las condiciones durante el período de análisis. La influencia del área debe extenderse por lo menos 76.2 metros (250ft) detrás de la línea de parada en cada vía de la intersección. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 30)

2.3.6. Datos de entrada requeridos

Para realizar los procedimientos que permitan determinar el nivel de servicio se necesitan los elementos de entrada que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12: Datos de Entrada para Intersecciones

Categoría de Datos	Elementos de entrada
Características de tránsito	Volumen (veh/h)
	Factor de Hora Pico
	Paradas de autobuses (buses/h)
	Numero de aparcamiento (Maniobras/h)
Diseño geométrico	Numero de pistas
	Ancho de carril
Condiciones de Señalización	Volumen de peatones (Vped/h)
	Volumen de Ciclistas (Vbic/h)
	Reglaje Semafórico

Fuente: Adaptado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap. 30, pág. 08)

2.3.7. Procedimiento para evaluar intersecciones semaforizadas

a. Determinar grupo de movimientos y grupo de carriles.

La designación de un grupo de movimiento es útil para especificar los datos de entrada mientras que el grupo de carril es útil para la descripción de los cálculos asociados con la metodología. Usamos la tabla 12.

Tabla 13: Grupos de carriles típicos para análisis.

N° Carriles	Movimientos por Carril	Grupos de Movimiento (GM)	Grupos de Carril (GC)
1	Izq., de fren. y der 	GM1 	GC1 
2	Excl. Izq. 	GM1 	GC1 
	De fren., y der 	GM2 	GC2 
2	Izq. y de fren. 	GM1 	GC1 
	De fren. y der 	GM2 	GC2 
3	Excl. Izq. 	GM1 	GC1 
	Excl. Izq. 		
	De frente 	GM2 	GC2 
	De frente 		
De fren. y der. 	GM3 	GC3 	

Fuente: Adaptado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, pág. 34)

b. Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimiento.

Se determina el caudal de cada grupo de movimiento. Si un movimiento de giro está atendido por uno o más carriles exclusivos y no por carriles compartidos, entonces el índice de flujo de ese movimiento se asigna a un grupo de movimiento. Cualquier flujo de aproximación que aún no se haya asignado a un grupo de movimiento (después de la aplicación de la guía en la oración anterior) se asigna a un grupo de movimiento.

El flujo de giros a la derecha en rojo se resta al flujo de giro a la derecha, independientemente de si el giro a la derecha se produce desde un carril compartido o exclusivo. En una intersección existente, el número de giros a la derecha en rojo debe determinarse mediante observación de campo. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

c. Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de carril

Si no hay carriles compartidos en el acceso a la intersección o el acceso tiene un solo carril, existe una correspondencia uno a uno entre los grupos de carriles y los grupos de movimiento. En esta situación, el caudal del grupo de carriles es igual al caudal del grupo de movimiento. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

d. Determinación de la tasa de flujo de saturación ajustada.

El flujo de saturación ajustado para cada carril de cada grupo de carril es calculado en este paso. El flujo de saturación base es proporcionado como una variable de entrada en este cálculo, el cual según el (HCM 2010) será de 1,900 veh/h/carril para urbes con poblaciones mayores a las 250,000 personas de lo contrario el valor por defecto será de 1,750 veh/h/carril. Este flujo de saturación base se ve afectado por varios factores de acuerdo con algunas condiciones específicas que se presentan en la intersección.

En la siguiente ecuación se puede apreciar las variables del ajuste por saturación:

$$S = S_0 \times f_w \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad \text{(Ecuación 32)}$$

Ecuación 32: Tasa de flujo de saturación por grupo de carriles (veh/h/carril).

Datos:

S_0 : Tasa de flujo de saturación básico por carril (veh/h/carril).

f_w : Factor de ajuste por ancho de carriles

f_{HV} : Factor de ajuste por vehículos pesados en el grupo.

f_g : Factor de ajuste por pendiente del acceso

f_p : Factor de ajuste por estacionamientos cercanos a la intersección

f_{bb} : Factor de ajuste por bloqueo de buses que se detienen en la intersección

f_a : Factor de ajuste por tipo de área

f_{LU} : Factor de ajuste por utilización de carriles.

f_{LT} : Factor de ajuste por giros a la izquierda.

f_{RT} : Factor de ajuste por giros a la derecha.

f_{Lpb} : Factor de ajuste por giros a la izquierda de peatones.

f_{Rpb} : Factor de ajuste por giros a la derecha de peatones y ciclistas.

Tomado del (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap 18).

i. Flujo de saturación base, S_0 .

La Tasa de flujo de Saturación representa el máximo caudal de una vía de circulación, medida en la línea de parada durante la indicación verde. La tasa de flujo de saturación de base representa la saturación del caudal para un carril de tráfico que es de 3.66 m de ancho y no tiene vehículos pesados, sin pendiente, no hay estacionamiento, no hay autobuses que paran en la intersección, incluso la utilización de carril, y no hay giro de vehículos.

Cuando la intersección se encuentre en un área metropolitana con 250.000 habitantes o más, la saturación base es de 1900 automóviles/carril/hora, y en otras ciudades 1750 automóviles/carril/hora.

ii. Factor de ajuste por ancho de carril, f_w :

Factor de Ajuste por ancho de carril f_w cuenta el impacto negativo del carril estrecho en la tasa de flujo de saturación y permite un incremento de tasa de flujo en carriles anchos.

Tabla 14: Factor de ajuste por ancho de carril

Promedio de ancho de carril (metroa)	Factor de ajuste (f_w)
< 3	0.96
$\geq 3-4$	1.00
> 4	1.04

Fuente: Adaptado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

iii. Factor de ajuste por vehículos pesados, f_{HV} :

Un vehículo pesado se define como cualquier vehículo con más de cuatro neumáticos tocando el pavimento. Los autobuses locales que paran en el área de intersección no se incluyen en el recuento de vehículos pesados. El porcentaje de vehículos pesados representa el número de vehículos pesados que llegan durante el período de análisis, dividido por el número total de vehículos contados para el mismo período. Este porcentaje se proporciona para cada intersección a la circulación del tráfico; sin embargo, un valor representativo para todos los movimientos puede ser utilizado para un análisis de la planificación.

El factor de ajuste por vehículos pesados f_{HV} considera el espacio adicional ocupado por los vehículos pesados y por la diferencia en su capacidad operativa, con respecto a los vehículos ligeros. Este factor no se refiere a la parada de buses locales en el área de intersección.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} \quad \text{(Ecuación 33)}$$

Ecuación 33: Porcentaje de vehículos pesados en grupo de carriles.

Datos:

E_T : 2(veh. Equivalente/HV)

iv. Factor de ajuste por pendiente, f_g :

El factor de ajuste por pendiente explica los efectos de la pendiente de aproximación en el rendimiento del vehículo.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} \quad \text{(Ecuación 34)}$$

Ecuación 34: Factor de ajuste por pendiente.

Datos:

P_g : Pendiente en el acceso (%)

Este factor aplica para pendientes que van desde -6.0% a +10.0%. Una cuesta arriba tiene un valor positivo y una cuesta abajo tiene un valor negativo.

v. Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento, f_p :

El factor de ajuste por maniobras de estacionamiento f_p tiene en cuenta el efecto friccionante de un carril de estacionamiento sobre el flujo del grupo de carriles adyacente al carril de estacionamiento. Esto también representa el bloqueo ocasional de un carril adyacente por los vehículos que circulan dentro y fuera de la zona de estacionamiento. Si el estacionamiento no está presente, entonces este factor tiene un valor de 1.00. Si el estacionamiento está presente, entonces el valor de este factor se calcula con la siguiente ecuación:

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 - N_m}{3600}}{N} \geq 0.050 \quad \text{(Ecuación 35)}$$

Ecuación 35: Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento.

Datos:

N : Número de carriles por grupo

N_m : Número de maniobras de estacionamiento por hora.

La tasa de maniobra de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacente al grupo de carriles y dentro de 76.2 m antes de la línea de parada. Un límite práctico de 180 maniobras/h debe ser mantenido con la ecuación. Un valor mínimo de f_p de esta ecuación es de 0.050. Se asume que cada maniobra de estacionamiento (ya sea dentro o fuera) bloquea el tráfico en el carril adyacente durante un promedio de 18 segundos.

vi. Factor de ajuste por bloqueo de buses, f_{bb} :

El factor de ajuste de bloqueo de autobuses f_{bb} tiene en cuenta el impacto de autobuses de tránsito local que paran para descargar o recoger pasajeros en una cercana o lejana parada de buses dentro de los 76.2 m de la línea de parada (anterior o posterior). Los valores de este factor se calculan con la ecuación:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_b}{3600}}{N} \geq 0.05 \quad (\text{Ecuación 36})$$

Ecuación 36: Factor de ajuste por bloqueo de buses.

Datos:

N: Número de carriles por grupo.

N_b : Número de parada de buses en la intersección por hora.

Este factor debe usarse sólo cuando la parada de autobuses bloquea el flujo del tráfico en el grupo de carriles. Un límite práctico de 250 buses/h debe ser sustentado con la ecuación. El factor utilizado aquí asume un promedio de tiempo de bloqueo de 14.4 s durante una indicación verde.

vii. Factor de ajuste por tipo de área, f_a :

El factor de tipo de área se utiliza para indicar si la intersección está en un distrito central de negocios (CBD).

El factor de tipo de área f_a tiene en cuenta la ineficiencia de las intersecciones en CBDs (zonas comerciales) en comparación a aquellas situadas en otras ubicaciones. Cuando se utiliza, tiene un valor de 0.90.

viii. Factor de ajuste por utilización de carriles, f_{LU} :

El factor de ajuste por utilización de carril se utiliza para los casos en que existe un grupo de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carril tiene un carril compartido o un solo carril exclusivo, entonces este factor es 1.0.

ix. Factor de ajuste por giros a la derecha, f_{RT} :

El factor de ajuste de giro derecha f_{RT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la derecha en la tasa de flujo de saturación. El valor de este factor es calculado con la formula:

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} \quad \text{(Ecuación 37)}$$

Ecuación 37: Factor de ajuste por giros a la derecha.

Datos:

E_R : Número equivalente de vehículos de paso para un vehículo protegido que gira a la derecha, = 1.18.

x. Factor de ajuste por giros a la izquierda, f_{LT} :

El factor de ajuste de giro a la izquierda f_{LT} está destinado principalmente para reflejar el efecto de la geometría de la ruta de giro a la izquierda en la tasa de flujo de la saturación. El valor de este factor es calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} \quad \text{(Ecuación 38)}$$

Ecuación 38: Factor de ajuste por giros a la izquierda.

Datos:

E_L : Número equivalente de vehículos de paso para un vehículo protegido que gira a la izquierda, =1.05.

e. Determinar la proporción que llegan durante la fase verde

La demora de control y tamaño de la cola en una intersección señalizada son altamente dependientes de la proporción de vehículos que llegan durante el verde y rojo.

La demora y tamaño de la cola son más pequeños cuando una mayor proporción de vehículos llegan durante la indicación verde. La siguiente

ecuación se utiliza para calcular esta proporción para cada grupo de carril. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010, Cap 18)

$$P = R_p * \left(\frac{g}{C}\right) \quad \text{(Ecuación 39)}$$

Ecuación 39: Proporción de vehículos que llegan durante la indicación verde.

Datos:

R_p : Relación de pelotón.

C : Ciclo en segundos.

g : tiempo efectivo en verde (seg).

Sin embargo, el valor de P puede ser estimado u observado en campo y no debe ser mayor que 1. Los rangos aproximados de R_p se relacionan con el tipo de llegada como se observa en la Tabla N° 14, que también sugiere valores por defecto para su uso en cálculos posteriores:

Tabla 15: Relación entre tipo de llegada y relación de pelotón

Tipo de Llegada	Rango de Relación de Pelotón (R_p)	Valor por Defecto	Calidad de Progresión
1	≤ 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	Favorables
5	$> 1.50 - 2.00$	1.667	Altamente Favorable
6	> 2.00	2.000	Excepcional

Fuente: Adaptado de (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

f. Determinar la duración de la fase de semáforo

La duración de la fase La duración de fase de semáforo depende del tipo de control utilizado en la intersección. Si la intersección tiene un control prefijado entonces la duración de fase es una entrada y este paso se omite. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

g. Determinación de la capacidad y la razón de volumen-capacidad

i. Capacidad, c:

La capacidad de las intersecciones está basada en el concepto de intensidad de saturación, proporción de verde efectivo del grupo de carriles y número de carriles.

Por tanto, para hallar la capacidad de cada grupo de carriles se utilizará la siguiente ecuación. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010)

$$c = N \times S \times \left(\frac{g}{C}\right) \quad \text{(Ecuación 40)}$$

Ecuación 40: Capacidad del grupo de carriles.

Datos:

N: Número de carriles

S: Intensidad de saturación (veh/h)

g/C: Proporción de verde efectivo del grupo de carriles.

ii. Proporción volumen – capacidad, X:

Una vez calculada la capacidad de cada grupo de carriles, podemos calcular la proporción volumen – capacidad de la siguiente manera:

$$X = \frac{v}{c} \quad \text{(Ecuación 41)}$$

Ecuación 41: Proporción volumen - capacidad.

Donde:

v = Flujo de demanda (veh/h)

c = Capacidad (veh/h)

iii. Proporción volumen – capacidad crítica, X_c:

Proporción volumen – capacidad crítica en la intersección (X_c), se calcula aplicando la ecuación:

$$X_c = \frac{c}{c - L} \sum_{i \in C_i} Y_{c,i} \quad \text{(Ecuación 42)}$$

Ecuación 42: Proporción volumen – capacidad crítica de la intersección.

Donde:

c: Duración del ciclo (seg)

Y_{c,i}: Razón de flujo crítico de la fase i.

c_i: Conjunto de fases críticas.

Con:

$$L = \sum_{i \in C_i} L_{t,i} \quad \text{(Ecuación 43)}$$

Ecuación 43: Proporción volumen – capacidad crítica de la intersección.

Donde:

L: Tiempo perdido del ciclo (seg)

$L_{t,i}$: Tiempo perdido de la fase "i" = $l_{1,i} + l_{2,i}$ (s).

$l_{t,i}$: Tiempo perdido puesta en marcha, $l_{1,i} = 2.0$ seg.

$$L_{2,i}: y + R_c - e$$

y: Tiempo en ambar (seg)

R_c : Intervalo todo rojo (TR) seg.

e: Extensión de verde efectivo, $e = 2.0$ seg.

El término sumatorio en cada una de estas ecuaciones representa la suma de una variable específica para el conjunto de las fases críticas. Una fase crítica es una fase de un conjunto de fases que se produce en secuencia y cuya tasa de flujo combinado es la más larga para el ciclo de la señal. La ecuación 56 se basa en la suposición de que cada fase crítica tiene la misma razón volumen-capacidad y que esta relación es igual a la razón crítica volumen-capacidad de la intersección. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010).

h. Determinar demoras

La demora calculada representa la demora de control promedio experimentado por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier demora por estos vehículos que todavía están en cola después de que finalice el período de análisis. La demora de control para un grupo de carriles dado se calcula. (HCM, HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010).

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (\text{Ecuación 44})$$

Ecuación 44: Demora por control (seg/h).

Donde:

d_1 : Demora uniforme (seg/h).

d_2 : Demora incremental (seg/h).

d_3 : Demora por cola inicial (seg/h).

✓ **Demora uniforme (d_1)**

La ecuación siguiente representa una forma de calcular el retraso cuando se supone que las llegadas son aleatorias a lo largo del ciclo. También asume un período verde efectivo durante el ciclo y una tasa de flujo de saturación durante este período.

$$d_1 = \frac{0.5C \times (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\min(1, X) \frac{g}{C}]} \quad (\text{Ecuación 45})$$

Ecuación 45: Demora uniforme (seg/h).

Donde:

C: Duración del ciclo (seg)

g: Tiempo de verde efectivo (seg)

X: Relación Volumen – Capacidad.

✓ **Demora incremental (d_2)**

La siguiente ecuación se utiliza para estimar la demora incremental debido a llegadas no uniformes y fallas en los ciclos (demoras aleatorias) así como las demoras causadas por periodos con sobresaturación (demora por sobresaturación). La ecuación asume que no hay demanda insatisfecha que genere colas iniciales en el principio de periodo analizado (T). La ecuación para hallar la demora incremental (d_2) es válida para cualquier valor de X, incluyendo a los grupos de carriles con alta sobresaturación.

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8kLX}{cT}} \right] \quad (\text{Ecuación 46})$$

Ecuación 46: Demora incremental (seg/h).

Donde:

T: Duración del periodo de análisis (h)

k: Factor de la demora incremental que depende de la configuración del controlador.

l: Factor de ajuste por tipo de ingreso a la intersección aguas arriba.

c: Capacidad del grupo de carriles (veh/h)

X: Relación Volumen – Capacidad o grado de saturación del grupo de carriles.

○ **Cálculo del factor “k”**

En semáforos programados se usa 0.5, teniendo en cuenta la longitud de cola con llegadas aleatorias.

○ **Cálculo del factor “l”**

Se usa 1.0 cuando la intersección se encuentra a 1.6 km o más de una intersección semaforizada. valor considerando un ciclo con llegadas aleatorias de vehículos, tal que la variación de las llegadas sea igual al promedio.

Un valor menor a 1,0 es usado para intersecciones no aisladas. Esto sucede porque los semáforos aguas arriba hacen que los vehículos lleguen en menor proporción por ciclo en la intersección analizada aguas abajo. Por tanto, la demora debido a llegadas aleatorias disminuye. (HCM 2010)

La siguiente ecuación es utilizada para intersecciones no aisladas.

$$l = 1.0 - 0.91X_u^{2.68} \geq 0.090 \quad \text{(Ecuación 47)}$$

Ecuación 47: Calculo del factor “l”.

Donde:

X_u : Grado de saturación en intersecciones aguas arriba.

✓ **Demora por cola inicial (d_3)**

Si ningún grupo de carriles tiene una cola inicial, entonces la demora de la cola inicial d_3 es igual a 0.0 s/veh. Si una cola inicial está presente para cualquier grupo de carriles en la intersección, entonces la demora por cola inicial para cada grupo de carriles se calcula de la siguiente manera:

$$d_3 = \frac{3600}{vT} \left(t_A \frac{Q_b + Q_e - Q_{e0}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{e0}^2}{2C_A} - \frac{Q_b^2}{2C_A} \right) \quad \text{(Ecuación 48)}$$

Ecuación 48: Demora por cola inicial.

Con:

$$Q_e = Q_b + t_A(v - C_A) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Si: } v \geq C_A, \text{ entonces } Q_{eo} = T(v - C_A), t_A = T \\ \text{Si: } v < C_A, \text{ entonces } Q_{eo} = 0; t_A = \frac{Q_b}{C_A - v} \leq T \end{array} \right.$$

t_A : Duración ajustada de demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h).

Q_b : Cola inicial al comienzo del periodo de análisis (veh).

Q_e : Cola al final del periodo de análisis (veh).

Q_{eo} : Cola al final del periodo de análisis cuando $v \geq C_A$ y $Q_b=0.0$ (veh).

C_A : Capacidad de grupo de carriles promedio.

v : Flujo de demanda (veh/h).

✓ Demora promedio de la intersección

A menudo es necesario calcular la demora de control promedio para toda la intersección. Este retraso acumulado representa un retraso promedio ponderado, y se determina con la siguiente expresión:

$$d_l = \frac{\sum(d_i)(v_i)}{\sum v_i} \quad \text{(Ecuación 49)}$$

Ecuación 49: Demora promedio de la intersección.

Datos:

t_A : Duración ajustada de demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h).

Q_b : Cola inicial al comienzo del periodo de análisis (veh).

Q_e : Cola al final del periodo de análisis (veh).

Q_{eo} : Cola al final del periodo de análisis cuando $v \geq C_A$ y $Q_b=0.0$ (veh).

C_A : Capacidad de grupo de carriles promedio.

v : Flujo de demanda (veh/h).

i. Determinar el nivel de servicio

Obtenido todos los datos anteriores, utilizamos la Tabla 12 para determinar el nivel de servicio.

2.4. MODELAMIENTO DEL TRÁFICO

1. Definición de simulación

El término simulación hace referencia a aquello que permite enfrentar un problema trabajando con una imitación, en vez de enfrentarse al problema real.

La simulación por computadora es aquella disciplina que involucra por un lado, diseñar el modelo de un sistema físico – teórico o real y por otro ejecutar el modelo en una computadora digital valiéndose luego de los resultados de este para fines bien determinados.

El campo de la simulación por computadora es de alrededor de 40 años de antigüedad, y aún está en un continuo crecimiento. Al desarrollarse hardware cada vez más rápido, con arquitecturas optimizadas y con mayores capacidades, las viejas formas de simulación han progresado notoriamente nuevos métodos de simulación emergen con prestaciones antes inimaginables. (Matías León, 2018).

2. Clasificación de la simulación según la escala y el foco de interés

Extraído de (Matías León, 2018)

- a. Micro simulación: En este tipo de sistemas interesa conocer todos los más íntimos detalles de una cantidad normalmente reducida de elementos y factores que rodean al fenómeno simulado.
- b. Macro simulación: Cuando se analiza un fenómeno a nivel de grandes cantidades de elementos cuyas dimensiones y factores descriptivos son notablemente menores al área del fenómeno descrito, siendo mas relevante el comportamiento y la tendencia global antes que la descripción minuciosa de cada uno de los elementos componentes.
- c. Meso simulación: Cuando se analiza un fenómeno considerando un nivel intermedio entre las escalas mencionadas con anterioridad. En este caso, la simulación no se centra en una situación o en un sistema definido, sino que hace hincapié en el análisis de un grupo de elementos bien determinados con el objetivo de conocer sus

reacciones y darles un seguimiento completo desde que entran y hasta que salen del sistema.

- d. Nano simulación: Es un tipo especial de micro simulación donde el objetivo se centra en el análisis del comportamiento humano. En este campo interesa la descripción sistemática de las debilidades del sistema de percepción y reacción humana.

3. Justificación de la micro simulación

La mayoría de las veces es muy difícil y hasta imposible realizar experimentos con sistemas reales.

Para las simulaciones interactivas ciertas pruebas experimentales requerirían de prototipos costosos, que inclusive podrían destruirse durante el experimento, especialmente en los casos donde el resultado del experimento es incierto.

Debido a todos estos problemas es que se utilizan cada día más los simuladores de tránsito. Hace más de una década, la simulación era considerada el último recurso a ser utilizado para resolver un problema; hoy en día, dados los adelantos tecnológicos en la rama digital, los bajos costos y sobre todo la gran disponibilidad de esta tecnología, es considerada una herramienta de primera mano. (Matías León, 2018)

4. Ventajas del uso de simulación de tránsito

El simulador de tránsito es una herramienta ampliamente utilizada por ingenieros de tránsito para evaluar posibles modificaciones a las vías de circulación vehicular, configuraciones alternativas de señalización, construcción de vías nuevas y en general, cualquier tipo de innovación que aún no se ha puesto en marcha. Para que los resultados sean los correctos, se necesita que las predicciones sean precisas.

El modelo es realizado a partir de un sistema consistente en un paquete de herramientas de software de alto rendimiento para la simulación microscópica de tránsito. Los vehículos son modelados individualmente

durante toda la duración de su viaje a través de la red, proporcionando información exacta y dinámica sobre los flujos de tránsito, tiempo de viaje y congestión. Además, el sistema permite el modelado de la interfaz entre los conductores y los sistemas de transporte inteligente. (Matías León, 2018)

2.5. AFOROS

Son procedimientos que se utilizan para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, entran a una intersección o usan una parte de camino; como un carril, un paso de peatones o una acera. Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico y el manual

a) Aforo Mecánico

Actualmente existen equipos tecnológicos avanzados como las cámaras fotográficas, que pueden emplearse para registrar datos en periodos de una hora o más. La mayoría de los contadores automáticos se instalan en lugares específicos y en un periodo de un día a una semana. Este tipo de aforo tiene gran aplicación en aquellos casos en donde solo sea necesario un simple conteo del número de vehículos, sin separar el tipo de vehículos, dirección, uso de carril, etc. Sin embargo, los aforos automáticos son obtenidos y utilizados para determinar la variación horaria, diaria y estimación del tránsito anual.

b) Aforos Manuales

Se usa uno o más aforadores (personas) para recopilar datos en lugares específicos, pueden emplearse de manera que se observe y obtenga la información detallada de clasificación vehicular, movimientos direccionales, etc. En su forma más simple el aforo manual, requiere una persona con un lápiz para anotar mediante rayas los vehículos aforados en una hoja de campo.

2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Avenida: Calle ancha de doble sentido con calzadas separadas por una berma central. Las vías arteriales y colectoras reciben el nombre de avenida.

Calle: En el sentido más genérico es una vía pública en la zona urbana, con ingreso y salida, destinada al tránsito de peatones y/o vehículos.

Calzada: Es la parte de la sección de la vía, destinada a la circulación exclusiva de vehículos. También se le conoce como superficie de rodadura.

Capacidad de vía: Es el número máximo de pasajeros y/o vehículos de pasajeros que puede, mediante criterios establecidos, pasar por determinada vía, en un periodo de tiempo, en determinadas condiciones.

Carril: Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por señalización vial.

Ciclista: Persona que va montada en una bicicleta por la vía pública.

Conductor: Es la persona que tiene a su cargo el movimiento y dirección de un vehículo cualquiera, inclusive sin motor, generalmente denominado chofer.

Densidad de Tránsito: Es el número de vehículos que ocupan una unidad de longitud de carretera en un instante dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.

Demora: Es el tiempo perdido por un vehículo debido a las causas más allá del control del conductor.

Flujo Continuo: Es la condición en la cual un vehículo recorre un tramo de un carril o vía, y no está obligado a parar por ninguna causa externa.

Flujo Interrumpido: Es la condición en la cual un vehículo, en el recorrido por una vía, está obligado a parar por causas externas, tales como una intersección o señalización.

Ingeniería de Tránsito: Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras.

Nivel de Servicio: Es la medida cualitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario y de su percepción de los motoristas y/o pasajeros.

Peatón: Persona que va a pie por una vía pública.

Semáforo: Elementos reguladores del tráfico por excelencia en las zonas urbanas.

Tiempo de recorrido: Es el tiempo tomado por un vehículo para atravesar una sección dada en una vía.

Tránsito: Acción de transitar. Actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera, etc.

Vehículo: Es un artefacto que sirve para transportar personas o cargas, impulsado por su propio motor, tracción o fuerza humana.

Velocidad: Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Se expresa en km/h.

Velocidad de recorrido: También llamada velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla.

Velocidad en Régimen Libre: Es la velocidad media de los vehículos sobre las secciones de tramos arteriales que no están cerca de intersecciones con semáforos, observadas bajo condiciones de volumen de tráfico muy bajo, cuando los conductores no están restringidos por otros vehículos o por otros semáforos.

Volumen de Tránsito: Es el número de vehículos que pasa un punto determinado durante un periodo específico de tiempo.

Vía: Carretera, vía urbana o camino rural abierto a la circulación pública de vehículos y/o peatones.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

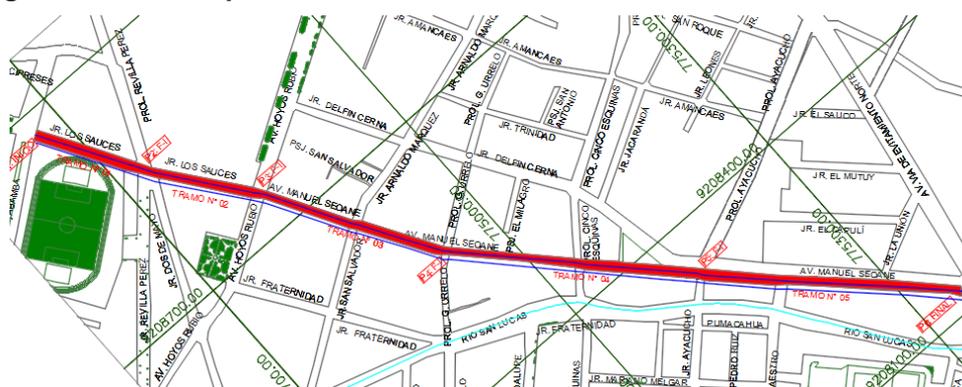
Departamento: Cajamarca
 Provincia: Cajamarca
 Distrito: Cajamarca

La investigación se realizó de forma puntual en el Jr. Los Sauces - Manuel Seoane, entre Prolongación Tayabamba y Av. Vía de Evitamiento Norte.

Tabla 16: Coordenadas de la Zona de Investigación.

PUNTO	INTERSECCION DE LA CALLE	COORDENADAS UTM		ALTITUD (m.s.n.m)
		NORTE (m)	ESTE (m)	
INICIO	Jr. Los Sauces y Prolongación Jirón Tayabamba	9208752.061	774500.902	2686.970
FINAL	Jr. Manuel Seoane y Av. Vía de Evitamiento Norte	9208514.605	775591.950	2676.438

Figura 13: Vista en planta del Jr. Los Sauces – Manuel Seoane.



Fuente: Plano Catastral de Cajamarca 2014-MPC

3.2. PERIODO DE ESTUDIO

El periodo de estudio fue de una semana, contabilizando vehículos desde el lunes 25/04/2022 al domingo 01/05/2022.

3.3. MATERIALES UTILIZADOS EN LA OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO

- Formato de conteo vehicular.
- Wincha.
- Útiles de escritorio.
- Cámara fotográfica/celular
- Laptop.
- Equipo topográfico

3.4. PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE DATOS

En este apartado se realizó la recolección de datos y se la empleó la metodología del HCM 2010 para el análisis del nivel de servicio en calles urbanas e intersecciones semaforizadas del tramo en estudio.

- a. Se realizó el aforo vehicular teniendo en cuenta periodos de tiempo de 15 minutos, en los segmentos de la vía a estudiar, nos apoyamos en el formato de conteo vehicular que tiene intervalos de 15 minutos, empezando a las 6.30hrs hasta las 20.00hrs

3.4.1. Descripción general de la vía.

Luego de ir a campo para inspeccionar la zona de estudio, hacer el levantamiento topográfico, tomar medidas manuales, se dividió el Jr, Los Sauces y Jr, Manuel Seoane en 05 tramos, de mayor incidencia vehicular, en donde se analizará los tramos obtenidos de esa división, considerándolos de la siguiente manera: (ver ANEXO 02-Plano en Planta y Perfil)

a. Descripción de los tramos

- **Tramo 01** en Jr. Los Sauces: Desde la Prolongación Tayabamba (P.1-I) y Prolongación Revilla Pérez (P2) con 145.86m. Dicho tramo contó con 1 calzada de 02 carriles de 3.70m de ancho promedio, pero 1 carril por sentido, el tramo es bidireccional. El sentido es de ESTE - OESTE y OESTE – ESTE, para fines prácticos se les denominará IDA y REGRESO respectivamente.
- **Tramo 02** en Jr. Los Sauces: Desde la Prolongación Revilla Pérez (P2) hasta la Av. Hoyos Rubio (P3) con 131.83m. Dicho tramo contó con 1 calzada de 02 carriles de 3.17m de ancho promedio, pero 1 carril por sentido, el tramo es bidireccional. El sentido es de ESTE - OESTE y OESTE – ESTE, para fines prácticos se les denominará IDA y REGRESO respectivamente.
- **Tramo 03** en Jr. Manuel Seoane: Desde la Av. Hoyos Rubio (P3) hasta la Prolongación Guillermo Urrelo (P4) con 222.31m. Dicho tramo contó con 01 calzadas de 02 carriles de 2.92m de ancho promedio, ambos carriles para un mismo sentido, el tramo es unidireccional.

- **Tramo 04** en el Jr Manuel Seoane: Desde la Prolongación Guillermo Urrelo (P4) hasta el Jr. Ayacucho (P5) con 296.08m. Dicho tramo contó con 01 calzadas de 02 carriles de 3.52m de ancho promedio, ambos carriles para un mismo sentido, el tramo es unidireccional.
- **Tramo 05** en el Jr. Manuel Seoane: Desde el Jr. Ayacucho (P5) hasta la Av. Via de Evitamiento Norte (P.6-F) con 324.17m. Dicho tramo contó con 01 calzadas de 02 carriles de 3.65m en ancho promedio, ambos carriles para un mismo sentido, el tramo es unidireccional.

La siguiente tabla contiene las longitudes de los segmentos de la vía en estudio, Jr. Los Sauces – Manuel Seoane. (Ver ANEXO 03 – Plano de Tramos y Longitudes).

Tabla 17: Cuadro de Tramos y Longitudes.

Tramo	Desde	Hasta	Longitud
I	Prol. Tayabamba	Prol. Revilla Perez	145.81
II	Prol. Dos de Mayo	Av. Hoyos Rubio	131.83
III	Av Hoyos Rubio	Prol. Jr. Guillermo Urrelo	222.31
IV	Prol. Jr. Guillermo Urrelo	Jr. Ayacuho	296.08
V	Jr. Ayacucho	Av. Vía de Evitamiento Norte	324.17

b. Descripción de las intersecciones semaforizadas

La vía en estudio cuenta con 03 intersecciones semaforizadas, que se describen a continuación:

- **Intersección 01:** Entre el Jr. Los Sauces y Prol. Revilla Perez, cuenta con 04 semáforos que regulan el tránsito del Jr. Los Sauces (01 semáforo para cada sentido de viaje, 02) y de la Prol. Revilla Pérez (01 semáforo para cada sentido de viaje, 02).
- **Intersección 02:** En el Jr. Los Sauces y Av. Hoyos Rubio, cuenta con 03 semáforos que regulan el tránsito del Jr. Los Sauces y de la Av. Hoyos Rubio (01 semáforos para cada sentido de viaje).
- **Intersección 03:** Ubicado entre el Jr. Manuel Seoane y el Jr. Ayacucho, cuenta con 02 semáforos que regula el tráfico para ambas calles (01 semáforo para cada calle).

Ver ANEXO 04 – Plano de Secciones Transversales Típicas e Intersecciones Semaforizadas

c. Características Geométricas de las Secciones Típicas Transversales

Las secciones transversales son variadas, ya que, las veredas de la mayoría de los tramos están deterioradas por el paso del tiempo y el mal uso que hacen los vecinos de éstas.

3.5. ORDENAMIENTO DE DATOS

3.5.1. Tabla Resumen de conteo vehicular

Tabla 18: Cuadro resumen conteo vehicular lunes 25 de abril 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	91.00	57.00	46.00	97.00	100.00	101.00	54.00
Moto Lineal	1507.00	576.00	516.00	1459.00	896.00	973.00	1056.00
Mototaxi	7087.00	2962.00	2812.00	6872.00	5509.00	5659.00	5668.00
Auto	2005.00	1357.00	1285.00	1799.00	1689.00	1770.00	1840.00
Camionetas	1309.00	637.00	546.00	1199.00	1076.00	1131.00	1238.00
Buses/Coaster	496.00	588.00	581.00	485.00	155.00	44.00	313.00
Camión	166.00	95.00	96.00	163.00	146.00	141.00	285.00
Total	12661.00	6272.00	5882.00	12074.00	9571.00	9819.00	10454.00

Tabla 19: Cuadro resumen conteo vehicular martes 26 de abril 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	79.00	48.00	41.00	93.00	91.00	76.00	65.00
Moto Lineal	1439.00	529.00	512.00	1448.00	790.00	919.00	989.00
Mototaxi	6612.00	2738.00	2785.00	6748.00	5446.00	5672.00	5741.00
Auto	2358.00	1298.00	1272.00	1771.00	1583.00	1716.00	1797.00
Camionetas	1414.00	717.00	542.00	1186.00	970.00	1077.00	1192.00
Buses/Coaster	654.00	644.00	592.00	480.00	73.00	56.00	163.00
Camión	202.00	183.00	93.00	162.00	82.00	104.00	158.00
Total	12758.00	6157.00	5837.00	11888.00	9035.00	9620.00	10105.00

Tabla 20: Cuadro resumen conteo vehicular miércoles 27 de abril 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	79.00	43.00	43.00	92.00	64.00	77.00	35.00
Moto Lineal	1393.00	507.00	479.00	1363.00	1024.00	938.00	989.00
Mototaxi	6414.00	2658.00	2510.00	6226.00	4403.00	5618.00	5687.00
Auto	1701.00	1188.00	1109.00	1633.00	2039.00	1662.00	1743.00
Camionetas	1098.00	703.00	570.00	1070.00	963.00	1033.00	1177.00
Buses/Coaster	452.00	528.00	544.00	430.00	90.00	83.00	141.00
Camión	155.00	80.00	78.00	155.00	118.00	98.00	131.00
Total	11292.00	5707.00	5333.00	10969.00	8701.00	9509.00	9903.00

Tabla 21: Cuadro resumen conteo vehicular jueves 28 de abril 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	76.00	57.00	38.00	88.00	67.00	76.00	53.00
Moto Lineal	1364.00	497.00	451.00	1361.00	1100.00	933.00	902.00
Mototaxi	6223.00	2690.00	2549.00	6331.00	4494.00	5416.00	5456.00
Auto	1658.00	1166.00	1143.00	1673.00	2051.00	1602.00	1681.00
Camionetas	1087.00	787.00	536.00	1083.00	977.00	1031.00	1079.00
Buses/Coaster	432.00	545.00	510.00	464.00	81.00	76.00	110.00
Camión	137.00	74.00	85.00	157.00	97.00	83.00	103.00
Total	10977.00	5816.00	5312.00	11157.00	8867.00	9217.00	9384.00

Tabla 22: Cuadro resumen conteo vehicular viernes 29 de abril 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	79.00	48.00	73.00	92.00	48.00	60.00	35.00
Moto Lineal	1336.00	474.00	428.00	1336.00	971.00	850.00	850.00
Mototaxi	6253.00	2596.00	2471.00	6226.00	4350.00	5385.00	5403.00
Auto	1635.00	1202.00	1090.00	1633.00	1986.00	1624.00	1628.00
Camionetas	1053.00	621.00	581.00	1053.00	910.00	919.00	1012.00
Buses/Coaster	455.00	545.00	543.00	453.00	61.00	62.00	111.00
Camión	155.00	87.00	61.00	155.00	72.00	65.00	103.00
Total	10966.00	5573.00	5247.00	10948.00	8398.00	8965.00	9142.00

Tabla 23: Cuadro resumen conteo vehicular sábado 30 de abril 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	85.00	52.00	65.00	90.00	33.00	48.00	30.00
Moto Lineal	1384.00	493.00	406.00	1322.00	1021.00	837.00	853.00
Mototaxi	6150.00	2615.00	2417.00	6197.00	4298.00	5319.00	5363.00
Auto	1649.00	1249.00	1118.00	1605.00	1962.00	1609.00	1618.00
Camionetas	1099.00	634.00	573.00	1019.00	952.00	936.00	970.00
Buses/Coaster	399.00	509.00	506.00	427.00	49.00	54.00	93.00
Camión	135.00	73.00	73.00	142.00	54.00	62.00	99.00
Total	10901.00	5625.00	5158.00	10802.00	8369.00	8865.00	9026.00

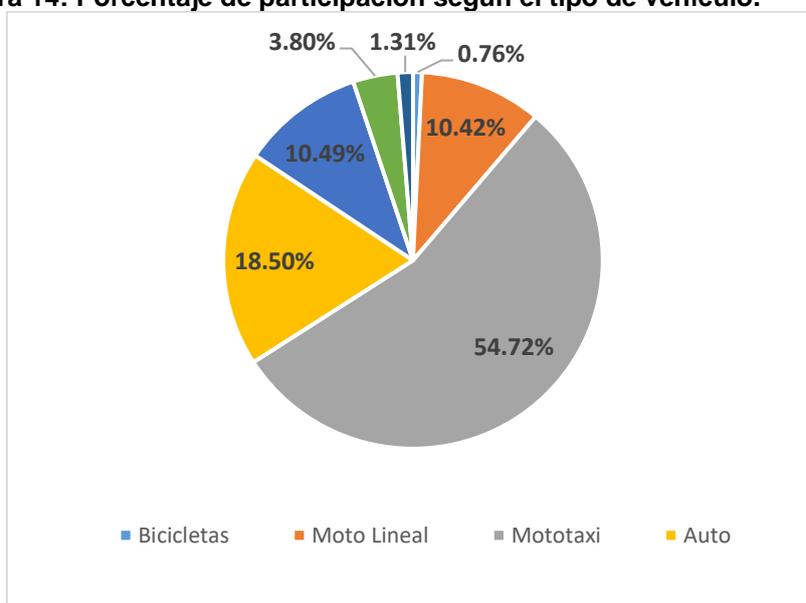
Tabla 24: Cuadro resumen conteo vehicular domingo 01 de mayo 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
iBicicletas	80.00	36.00	48.00	71.00	41.00	37.00	46.00
Moto Lineal	1279.00	378.00	319.00	293.00	318.00	368.00	402.00
Mototaxi	5593.00	2409.00	2203.00	4293.00	2043.00	2169.00	2183.00
Auto	1230.00	1123.00	919.00	1363.00	1549.00	1328.00	1327.00
Camionetas	734.00	345.00	238.00	476.00	406.00	576.00	595.00
Buses/Coaster	204.00	391.00	381.00	334.00	56.00	68.00	90.00
Camión	92.00	47.00	38.00	53.00	48.00	57.00	81.00
Total	9212.00	4729.00	4146.00	6883.00	4461.00	4603.00	4724.00

Tabla 25: Cuadro resumen conteo vehicular por tipo de vehículo.

Días	Bicicletas	Moto Lineal	Mototaxi	Auto	Camionetas	Bus	Camión	Total
Lunes	546	7187	35554	12181	7083	2653	1120	66324
Martes	489	7040	33751	11415	6677	2424	991	62787
Miercoles	433	6693	33516	11075	6614	2268	815	61414
Jueves	455	6608	33159	10974	6580	2218	736	60730
Viernes	435	6245	32684	10798	6149	2230	698	59239
Sábado	403	6316	32359	10810	6183	2037	638	58746
Domingo	359	3357	20893	8839	3370	1524	416	38758
TPD'S	446	6207	31702	10870	6094	2193	773	58285
% Partic.	0.76%	10.65%	54.39%	18.65%	10.45%	3.76%	1.33%	100.00%

Figura 14: Porcentaje de participación según el tipo de vehículo.



4.1.1. Análisis de flujo vehicular

Una vez realizado el conteo o aforo vehicular, determinamos la hora punta u hora pico para luego elaborar los histogramas de cada vehículo:

- Hora de máxima demanda.
- Tasa de flujo vehicular.
- Volumen horario de máxima demanda
- Factor horario de máxima demanda.

Figura 15: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Dia lunes 25 de abril 2022 – Tramo I – Ida.

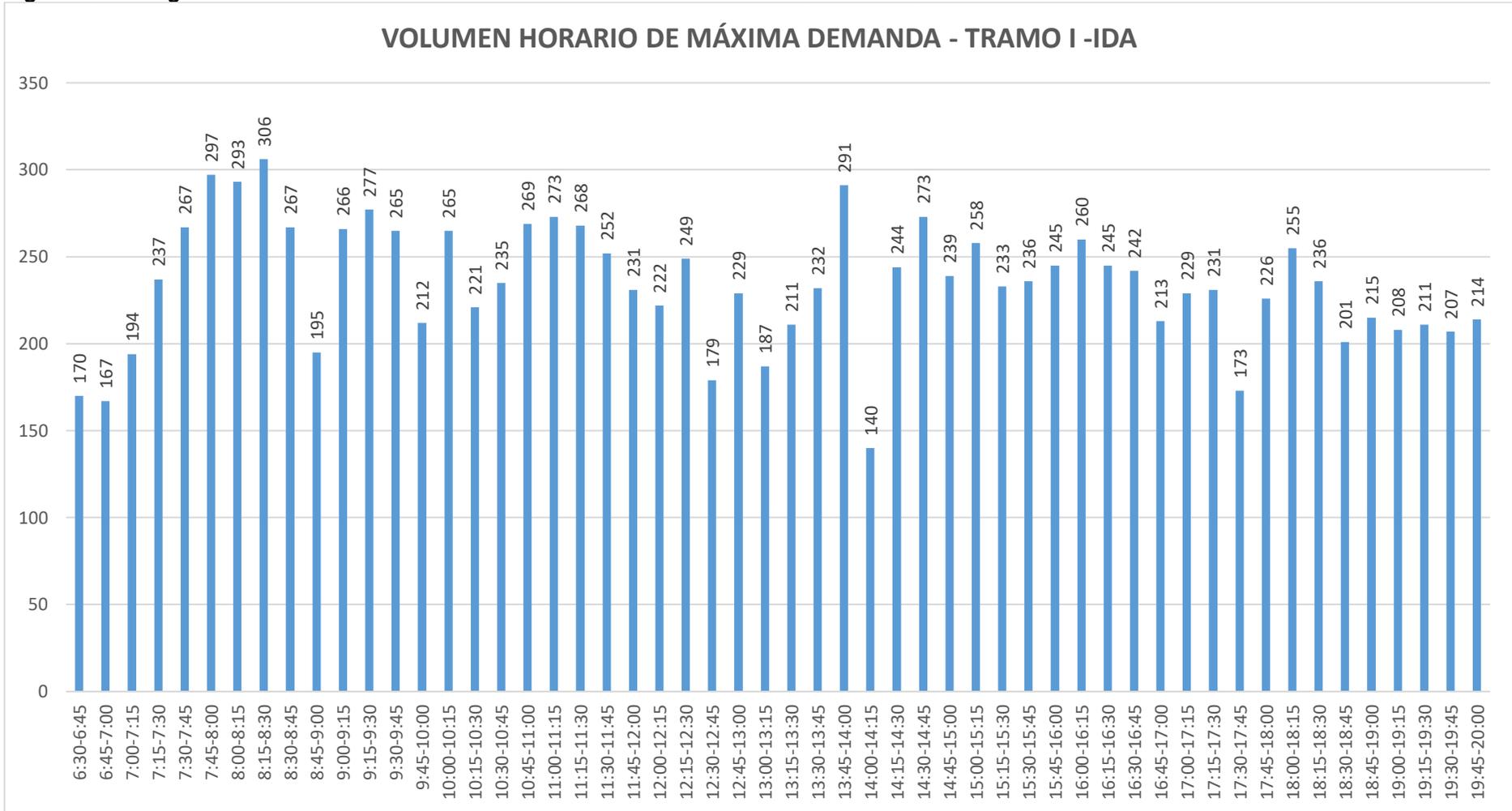


Figura 16: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Dia lunes 25 de abril 2022 – Tramo I – Regreso.

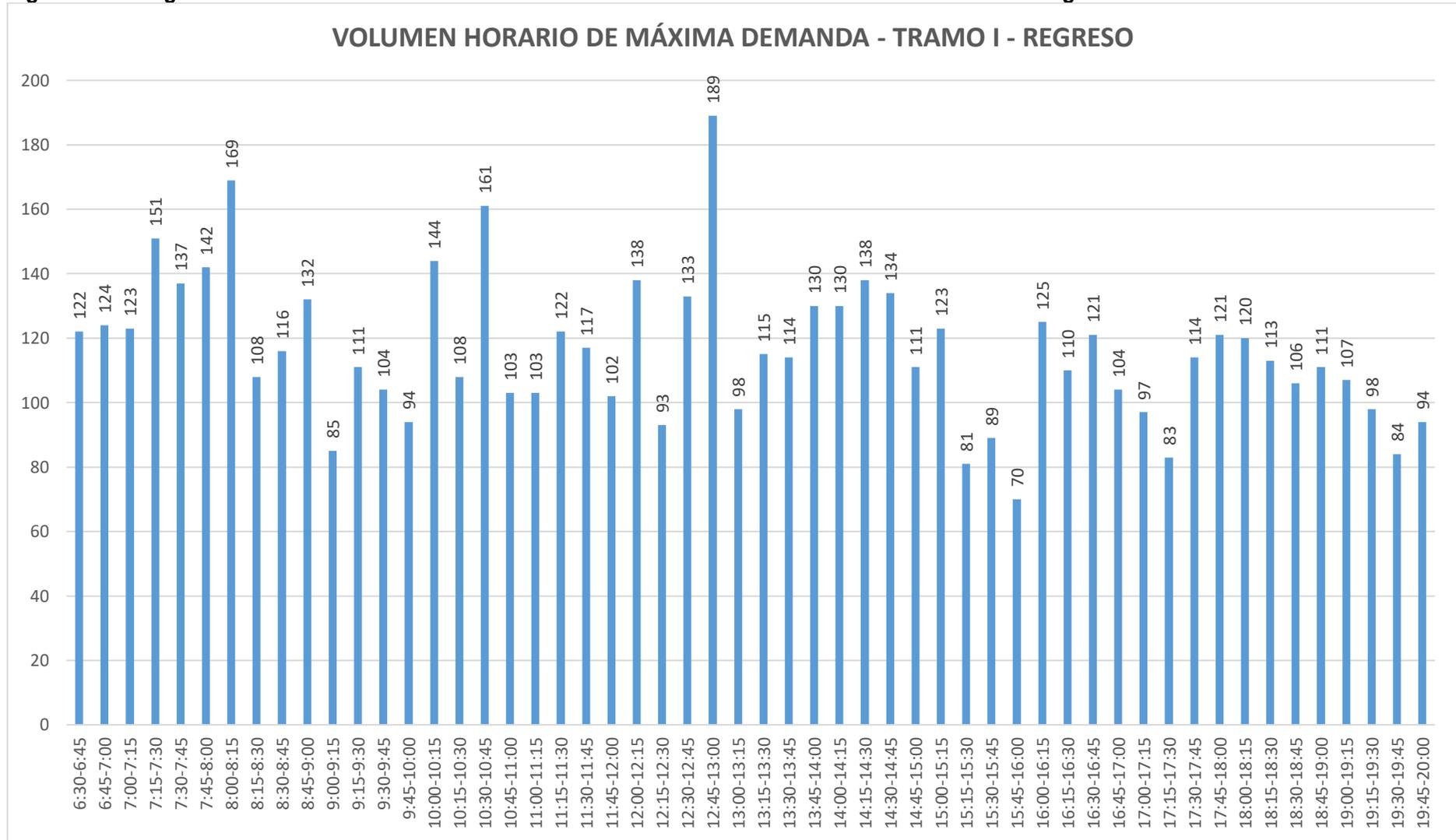


Figura 17: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Dia lunes 25 de abril 2022 – Tramo II – Ida.

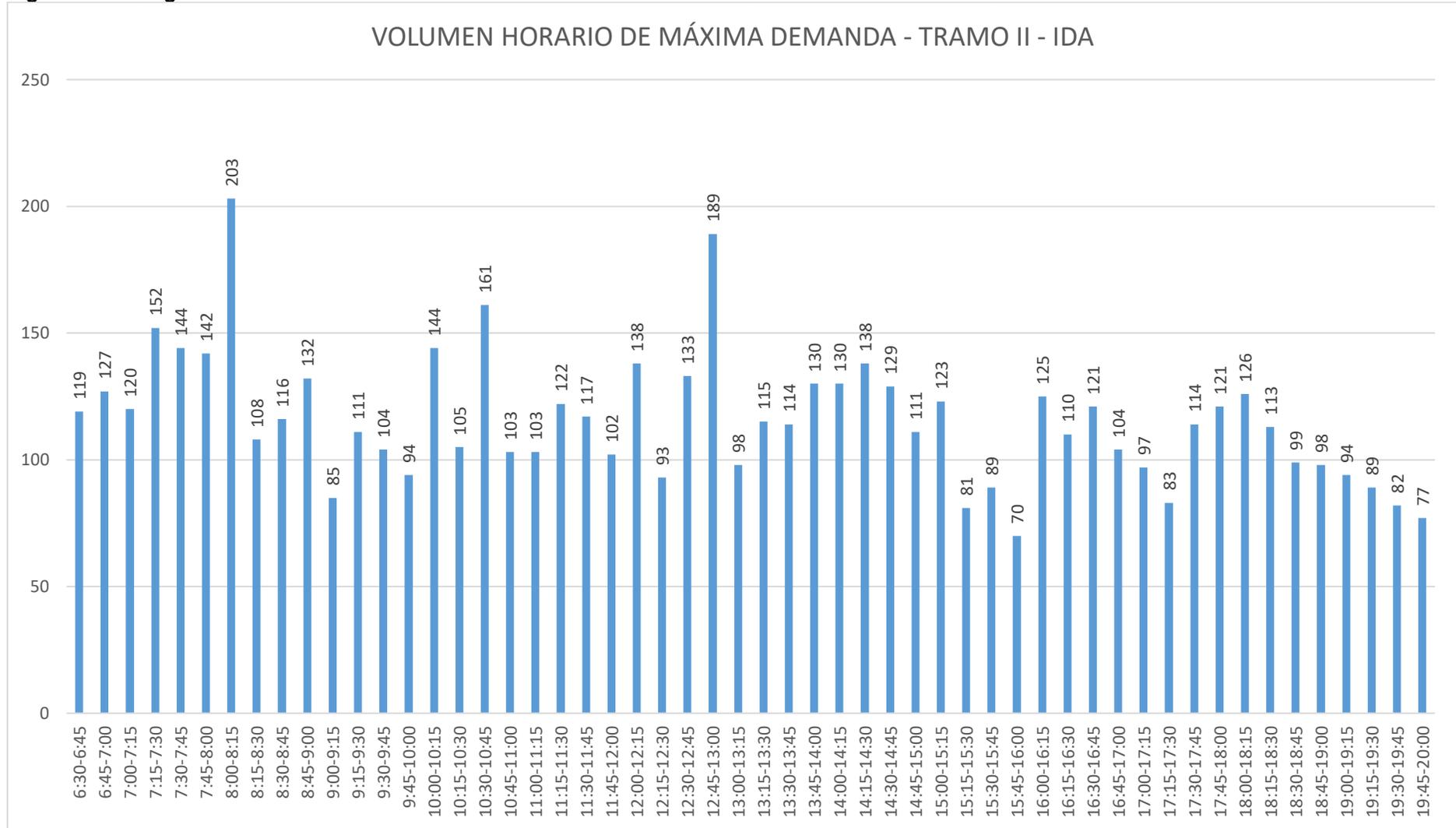


Figura 18: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Día lunes 25 de abril 2022 – Tramo II – Regreso.

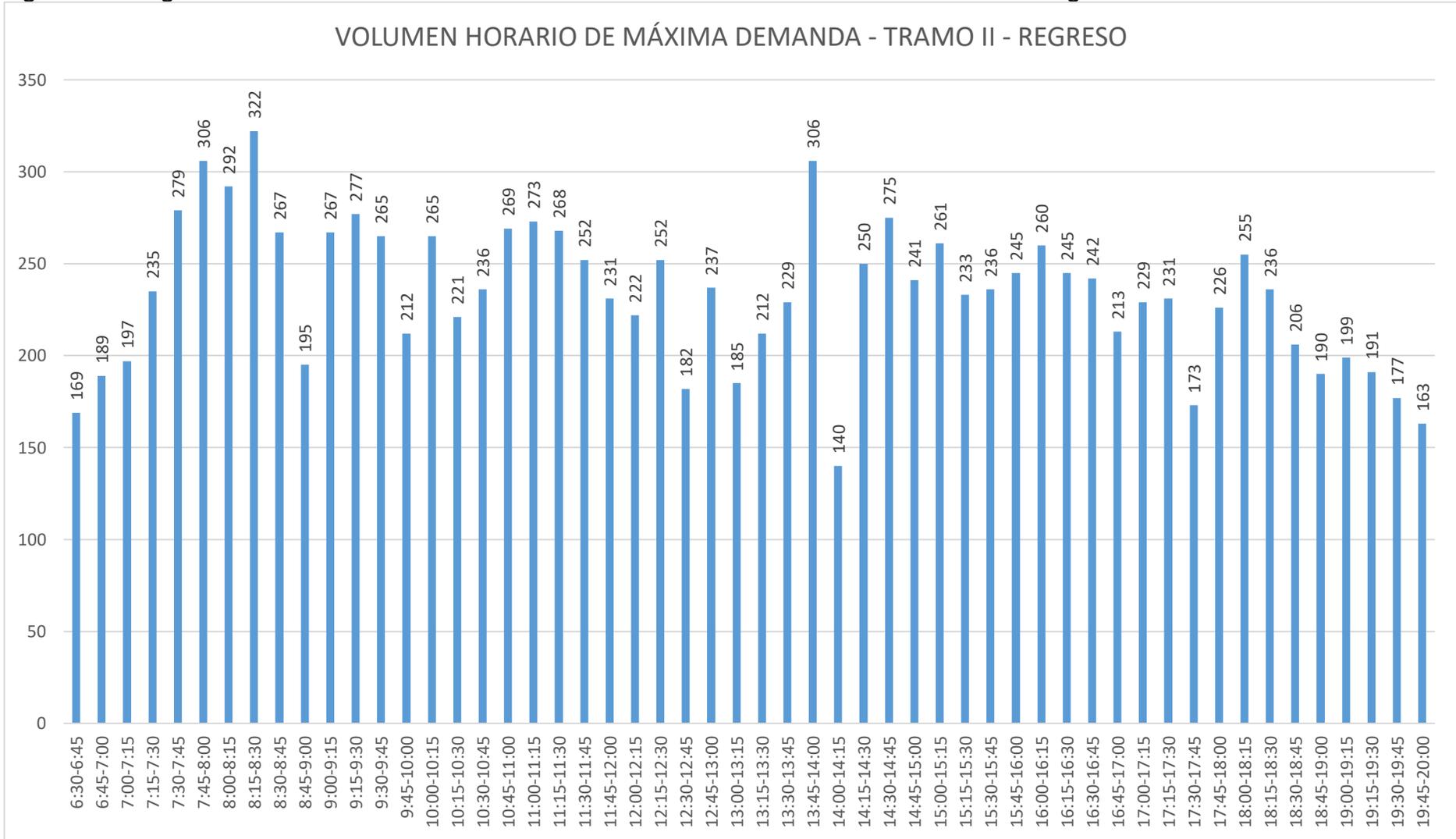


Figura 19: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Dia lunes 25 de abril 2022 – Tramo III

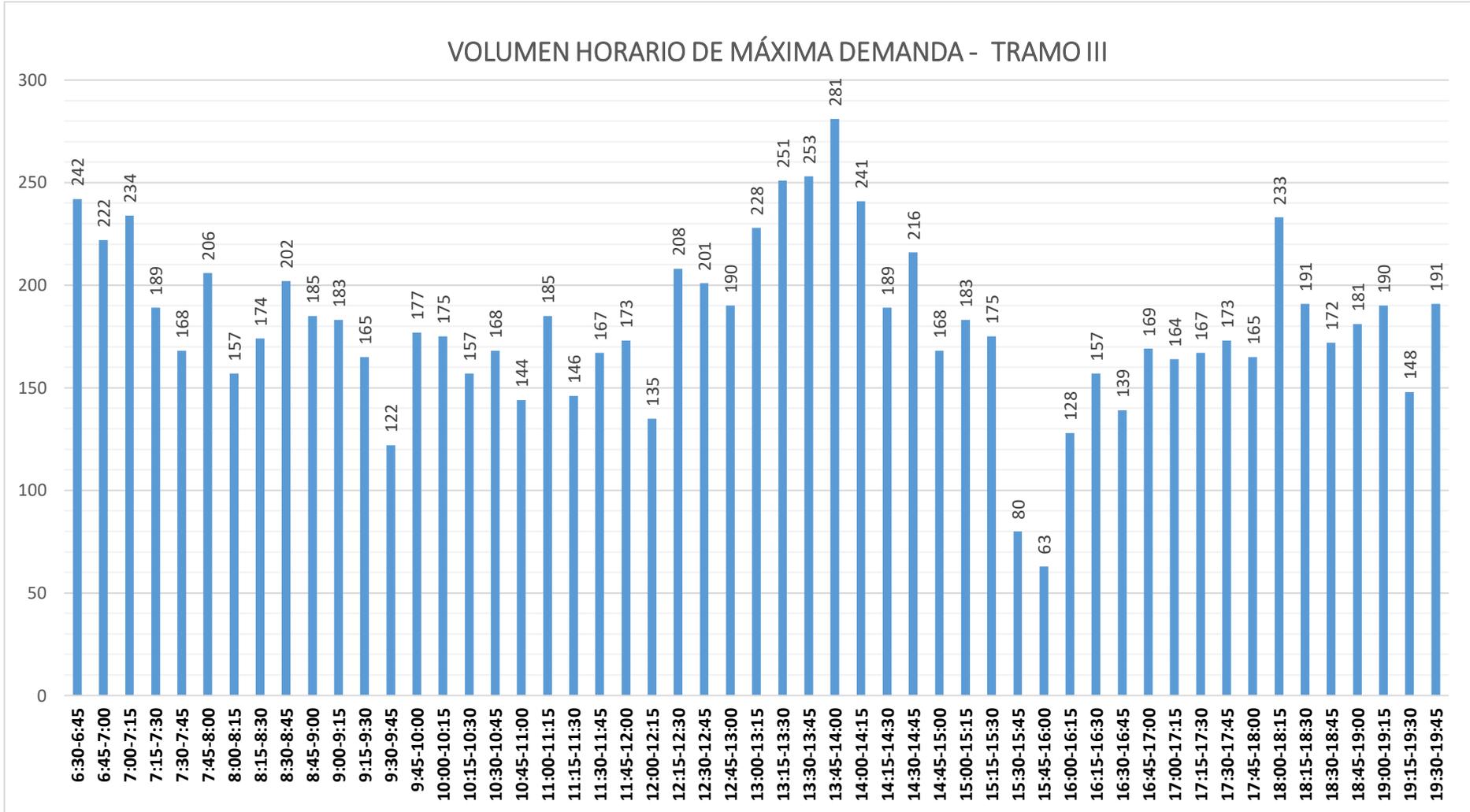


Figura 20: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Dia lunes 25 de abril 2022 – Tramo IV.

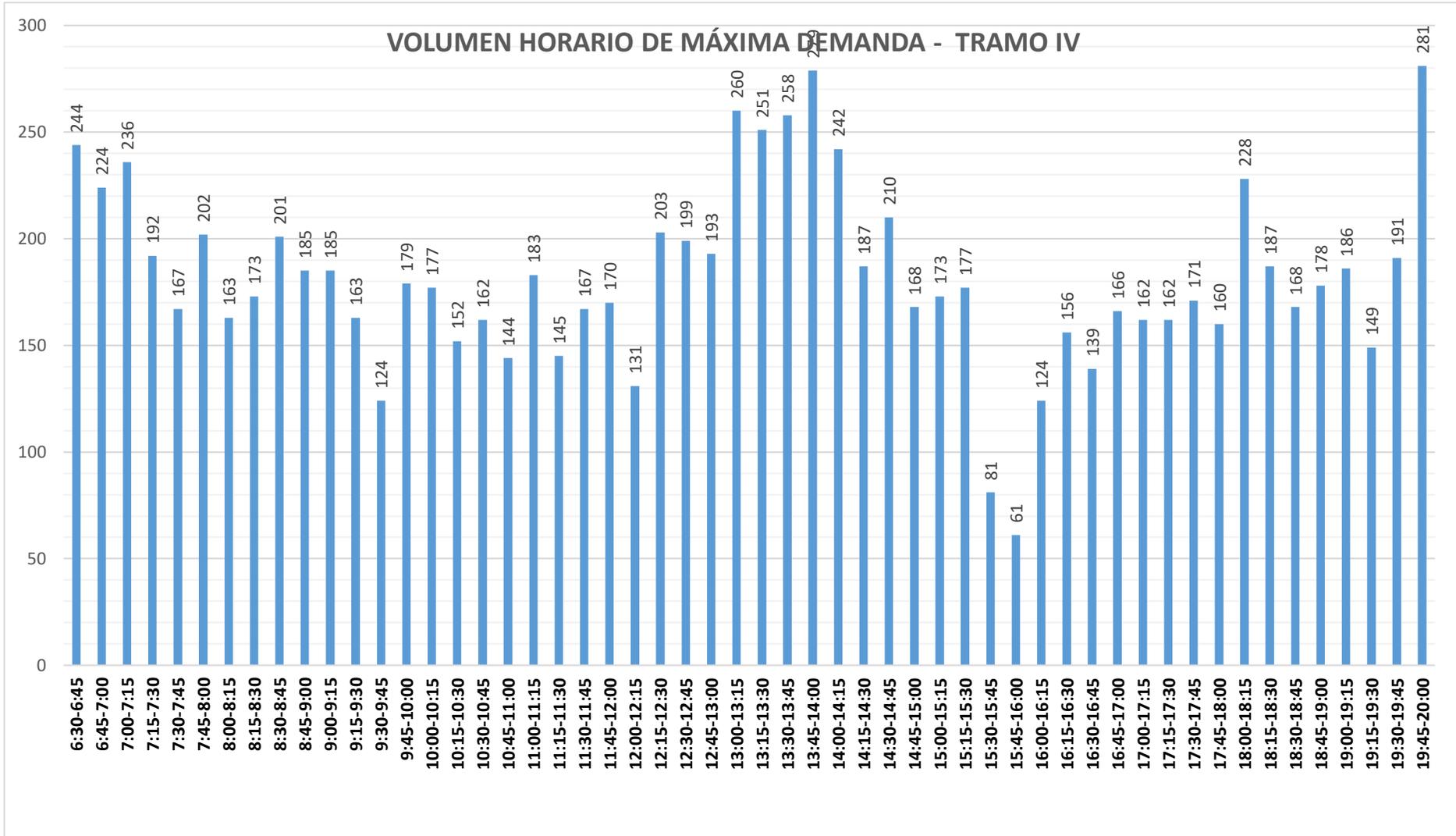
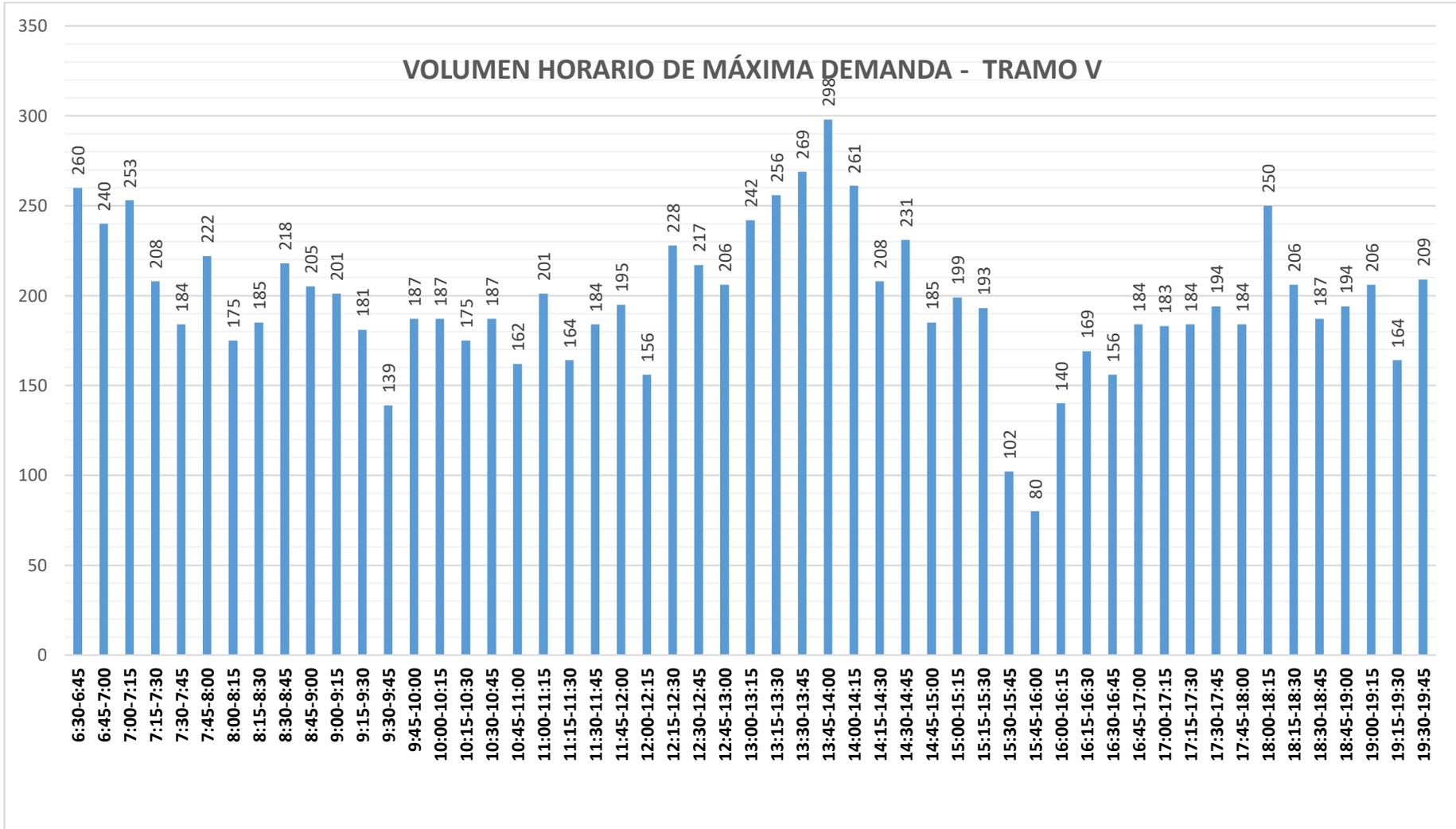


Figura 21: Histograma del volumen horario de máxima demanda – Dia lunes 25 de abril 2022 – Tramo V.



A. Hora pico en los tramos

De los histogramas anteriores, se puede observar que la hora punta es variable para cada tramo, teniendo como resultados los siguientes datos:

- Tramo I - Ida: 07:30hrs – 08:30hrs
- Tramo I - Regreso: 07.15hrs – 08:15hrs
- Tramo II – Ida: 07:15hrs – 08:15hrs
- Tramo II – Regreso: 07:30hrs – 08:30hrs
- Tramo III: 13:15hrs – 14:15hrs
- Tramo IV: 13:00hrs – 14:00hrs
- Tramo V: 13:15hrs – 14:15hrs

B. Volumen horario de máxima demanda

Tabla 26: Cuadro resumen conteo vehicular por segmentos.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO							TOTAL
	I-IDA	I-REG	II-IDA	II-REG	III	IV	V	
Lunes	12661.00	6272.00	5882.00	12074.00	9571.00	9819.00	10454.00	66733.00
Martes	12758.00	6157.00	5837.00	11888.00	9035.00	9620.00	10105.00	65400.00
Miércoles	11292.00	5707.00	5333.00	10969.00	8701.00	9509.00	9903.00	61414.00
Jueves	10977.00	5816.00	5312.00	11157.00	8867.00	9217.00	9384.00	60730.00
Viernes	10966.00	5573.00	5247.00	10948.00	8398.00	8965.00	9142.00	59239.00
Sábado	10901.00	5625.00	5158.00	10802.00	8369.00	8865.00	9026.00	58746.00
Domingo	9212.00	4729.00	4146.00	6883.00	4461.00	4603.00	4724.00	38758.00

Para una mejor comprensión del cuadro siguiente, se optó por separar los tramos de sentido unidireccional de los bidireccionales:

Tabla 27: Vehículos en hora de máxima demanda tramos bidireccionales.

Tipo de Veh.	Tramo I				Tramo II			
	IDA		REGRESO		IDA		REGRESO	
Hora	Veh.	Acum.	Veh.	Acum.	Veh.	Acum.	Veh.	Acum.
6:30-6:45	170	768	122	520	119	518	169	790
6:45-7:00	167	865	124	535	127	543	189	900
7:00-7:15	194	995	123	553	120	558	197	1017
7:15-7:30	237	1094	151	599	152	641	235	1112
7:30-7:45	267	1163	137	556	144	597	279	1199
7:45-8:00	297	1163	142	535	142	569	306	1187
8:00-8:15	293	1061	169	525	203	559	292	1076
8:15-8:30	306	1034	108	441	108	441	322	1051
8:30-8:45	267	1005	116	444	116	444	267	1006
8:45-9:00	195	1003	132	432	132	432	195	1004
9:00-9:15	266	1020	85	394	85	394	267	1021

9:15-9:30	277	1019	111	453	111	453	277	1019
9:30-9:45	265	963	104	450	104	447	265	963
9:45-10:00	212	933	94	507	94	504	212	934
10:00-10:15	265	990	144	516	144	513	265	991
10:15-10:30	221	998	108	475	105	472	221	999
10:30-10:45	235	1045	161	489	161	489	236	1046
10:45-11:00	269	1062	103	445	103	445	269	1062
11:00-11:15	273	1024	103	444	103	444	273	1024
11:15-11:30	268	973	122	479	122	479	268	973
11:30-11:45	252	954	117	450	117	450	252	957
11:45-12:00	231	881	102	466	102	466	231	887
12:00-12:15	222	879	138	553	138	553	222	893
12:15-12:30	249	844	93	513	93	513	252	856
12:30-12:45	179	806	133	535	133	535	182	816
12:45-13:00	229	859	189	516	189	516	237	863
13:00-13:15	187	921	98	457	98	457	185	932
13:15-13:30	211	874	115	489	115	489	212	887
13:30-13:45	232	907	114	512	114	512	229	925
13:45-14:00	291	948	130	532	130	527	306	971
14:00-14:15	140	896	130	513	130	508	140	906
14:15-14:30	244	1014	138	506	138	501	250	1027
14:30-14:45	273	1003	134	449	129	444	275	1010
14:45-15:00	239	966	111	404	111	404	241	971
15:00-15:15	258	972	123	363	123	363	261	975
15:15-15:30	233	974	81	365	81	365	233	974
15:30-15:45	236	986	89	394	89	394	236	986
15:45-16:00	245	992	70	426	70	426	245	992
16:00-16:15	260	960	125	460	125	460	260	960
16:15-16:30	245	929	110	432	110	432	245	929
16:30-16:45	242	915	121	405	121	405	242	915
16:45-17:00	213	846	104	398	104	398	213	846
17:00-17:15	229	859	97	415	97	415	229	859
17:15-17:30	231	885	83	438	83	444	231	885
17:30-17:45	173	890	114	468	114	474	173	890
17:45-18:00	226	918	121	460	121	459	226	923
18:00-18:15	255	907	120	450	126	436	255	887
18:15-18:30	236	860	113	437	113	404	236	831
18:30-18:45	201	835	106	422	99	380	206	786
18:45-19:00	215	841	111	400	98	363	190	757
19:00-19:15	208	840	107	383	94	342	199	730
19:15-19:30	211		98		89		191	
19:30-19:45	207		84		82		177	
19:45-20:00	214		94		77		163	

Tabla 28: Vehículos en hora de máxima demanda tramos unidireccionales.

Tipo de Veh.	Tramo III		Tramo IV		Tramo V	
	Hora	Veh.	Acum.	Veh.	Acum.	Veh.
6:30-6:45	242	887	244	896	260	961
6:45-7:00	222	813	224	819	240	885
7:00-7:15	234	797	236	797	253	867
7:15-7:30	189	720	192	724	208	789
7:30-7:45	168	705	167	705	184	766
7:45-8:00	206	739	202	739	222	800
8:00-8:15	157	718	163	722	175	783
8:15-8:30	174	744	173	744	185	809
8:30-8:45	202	735	201	734	218	805
8:45-9:00	185	655	185	657	205	726
9:00-9:15	183	647	185	651	201	708
9:15-9:30	165	639	163	643	181	694
9:30-9:45	122	631	124	632	139	688
9:45-10:00	177	677	179	670	187	736
10:00-10:15	175	644	177	635	187	711
10:15-10:30	157	654	152	641	175	725
10:30-10:45	168	643	162	634	187	714
10:45-11:00	144	642	144	639	162	711
11:00-11:15	185	671	183	665	201	744
11:15-11:30	146	621	145	613	164	699
11:30-11:45	167	683	167	671	184	763
11:45-12:00	173	717	170	703	195	796
12:00-12:15	135	734	131	726	156	807
12:15-12:30	208	827	203	855	228	893
12:30-12:45	201	870	199	903	217	921
12:45-13:00	190	922	193	962	206	973
13:00-13:15	228	1013	260	1048	242	1065
13:15-13:30	251	1026	251	1030	256	1084
13:30-13:45	253	964	258	966	269	1036
13:45-14:00	281	927	279	918	298	998
14:00-14:15	241	814	242	807	261	885
14:15-14:30	189	756	187	738	208	823
14:30-14:45	216	742	210	728	231	808
14:45-15:00	168	606	168	599	185	679
15:00-15:15	183	501	173	492	199	574
15:15-15:30	175	446	177	443	193	515
15:30-15:45	80	428	81	422	102	491
15:45-16:00	63	487	61	480	80	545
16:00-16:15	128	593	124	585	140	649
16:15-16:30	157	629	156	623	169	692
16:30-16:45	139	639	139	629	156	707
16:45-17:00	169	673	166	661	184	745
17:00-17:15	164	669	162	655	183	745

17:15-17:30	167	738	162	721	184	812
17:30-17:45	173	762	171	746	194	834
17:45-18:00	165	761	160	743	184	827
18:00-18:15	233	777	228	761	250	837
18:15-18:30	191	734	187	719	206	793
18:30-18:45	172	691	168	681	187	751
18:45-19:00	181	710	178	704	194	773
19:00-19:15	190	529	186	807	206	579
19:15-19:30	148		149		164	
19:30-19:45	191		191		209	
19:45-20:00	0		281		0	

a. Cálculo del volumen horario de máxima demanda

Prol. Tayabamba – Prol. Revilla Perez (Tramo I - IDA)

Tabla 29: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo I.

Hora Punta	Sub Total
07:30 – 07:45	267 veh/15min
07:45 – 08:00	297 veh/15min
08:00 – 08:15	293 veh/15min
08:15 – 08:30	306 veh/15min
VHMD	1163

Prol. R. Perez – Prol. Tayabamba (Tramo I – REGRESO)

Tabla 30: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo II.

Hora Punta	Sub Total
07:15 – 07:30	151 veh/15min
07:30 – 07:45	137 veh/15min
07:45 – 08:00	142 veh/15min
08:00 – 08:15	169 veh/15min
VHMD	599

Av. Hoyos Rubio – Prol. R. Perez (Tramo II – IDA)

Tabla 31: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo II.

Hora Punta	Sub Total
07:15 – 07:30	152 veh/15min
07:30 – 07:45	144 veh/15min
07:45 – 08:00	142 veh/15min
08:00 – 08:15	203 veh/15min
VHMD	641

Prol. Revilla Perez – Av. Hoyos Rubio (Tramo II - REGRESO)

Tabla 32: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo II.

Hora Punta	Sub Total
07:30 – 07:45	279 veh/15min
07:45 – 08:00	306 veh/15min
08:00 – 08:15	292 veh/15min
08:15 – 08:30	322 veh/15min
VHMD	1199

Av. Hoyos Rubio – Av. Guillermo Urrelo (Tramo III)

Tabla 33: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo III.

Hora Punta	Sub Total
07:00 – 07:15	251 veh/15min
07:15 – 07:30	253 veh/15min
07:30 – 07:45	281 veh/15min
07:45 – 08:00	241 veh/15min
VHMD	1026

Av. Guillermo Urrelo – Jr. Ayacucho (Tramo IV)

Tabla 34: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo IV.

Hora Punta	Sub Total
13:00 – 13:15	260 veh/15min
13:15 – 13:30	251 veh/15min
13:30 – 13:45	258 veh/15min
13:45 – 14:00	279 veh/15min
VHMD	1048

Jr. Ayacucho – Av. Via de Evitamiento Norte (Tramo V)

Tabla 35: Cantidad de vehículos en VHMD del tramo V.

Hora Punta	Sub Total
13:15 – 13:30	256 veh/15min
13:30 – 13:45	269 veh/15min
13:45 – 14:00	298 veh/15min
14:00 – 14:15	261 veh/15min
VHMD	1084

b. Cálculo del factor de hora pico

Para el cálculo del Factor de Hora Pico, utilizaremos la ecuación para el periodo de estudio (15 minutos), el cual será utilizado en cálculos posteriores.

Tramo I – Ida:

$$FHP_{15min} = \frac{1163}{4 \times 306} = 0.950$$

Tramo I – Regreso:

$$FHP_{15min} = \frac{599}{4 \times 169} = 0.886$$

Tramo II – Ida:

$$FHP_{15min} = \frac{641}{4 \times 203} = 0.789$$

Tramo II – Regreso:

$$FHP_{15min} = \frac{1199}{4 \times 322} = 0.931$$

Tramo III:

$$FHP_{15min} = \frac{1026}{4 \times 281} = 0.913$$

Tramo VI:

$$FHP_{15min} = \frac{1048}{4 \times 279} = 0.939$$

Tramo V:

$$FHP_{15min} = \frac{1065}{4 \times 298} = 0.909$$

c. Cálculo de la intensidad máxima (I)

Teniendo el periodo de 15 minutos, en una hora (1h) se determinaron las intensidades máximas (capacidad vehicular) para cada tramo. Utilizamos la ecuación (4) para todos los tramos.

Prol. Tayabamba – Prol. Revilla Perez (Tramo I - Ida)

$$q = \frac{N}{T} = \frac{306}{0.25} = 1224 \text{ veh/h}$$

Prol. Revilla Perez - Prol. Tayabamba (Tramo I - Regreso)

$$q = \frac{N}{T} = \frac{169}{0.25} = 676 \text{ veh/h}$$

Prol. Revilla Perez – Av. Hoyos Rubio (Tramo II - Ida)

$$q = \frac{N}{T} = \frac{203}{0.25} = 812 \text{ veh/h}$$

Prol. Revilla Perez – Av. Hoyos Rubio (Tramo II - Regreso)

$$q = \frac{N}{T} = \frac{322}{0.25} = 1288 \text{ veh/h}$$

Av. Hoyos Rubio – Prol. Guillermo Urrelo (Tramo III)

$$q = \frac{N}{T} = \frac{281}{0.25} = 1124 \text{ veh/h}$$

Prol. Guillermo Urrelo – Jr. Ayacucho (Tramo IV)

$$q = \frac{N}{T} = \frac{279}{0.25} = 1116 \text{ veh/h}$$

Jr. Ayacucho – Av. Via de Evitamiento Norte (Tramo V)

$$q = \frac{N}{T} = \frac{298}{0.25} = 1192 \text{ veh/h}$$

4.2. NIVEL DE SERVICIO DE UN SEGMENTO

4.2.1. Cálculo del nivel de servicio del Jr. Los Sauces - Manuel Seoane

Se determinó el nivel de servicio de los segmentos viales urbanos, segmento 01 (Tramo I y II) Jr. Los Sauces, desde la Prol. Tayabamba hasta la Av. Hoyos Rubio, encontrándose una intersección semaforizada (en Prol. Revilla Perez) y del segmento 02 (Tamo III, IV y V) Jr. Manuel Seoane, desde la Av. Hoyos Rubio hasta la Av. Via de Evitamiento Norte, que cuenta con 02 intersecciones semaforizadas (en Av Hoyos Rubio y en Jr. Ayacucho).

A) DATOS DE ENTRADA

➤ **Tramos Bidireccionales**

1° Paso: Datos de Entrada: Se usará la tabla 8: Datos de Entrada.

Tabla 36: Datos de Entrada para todos los tramos. unidireccionales.

Datos de Entrada	Tramo I	Tramo I	Tramo II	Tramo II
	IDA	REGRESO	IDA	REGRESO
	←	→	←	→
Capacidad del Segmento (veh/h) (q)	1224	676	812	1288
Flujo en el Segmento (veh/h) (VHMD)	1163	599	641	1199
Ancho de Intersección aguas arriba (ft) (WI)	58.30	61.02	44.65	84.48
Longitud de bahía de giro (ft)	0	0	0	0
Numero de Pistas	1	1	1	1
Longitud del Segmento (ft)	478.54	478.54	432.51	432.51
Longitud de Mediana Restrictiva (ft)	0	0	0	0
Proporción de Segmento con Solera	1	1	1	1
Puntos de Acceso				
Por la Derecha en Sentido al Tránsito (Nap,s)	1	1	1	1
Por la Derecha en Sentido Contrario al Tránsito (Nap,o)	1	1	1	1
Duración del Periodo de Análisis	0.25h	0.25h	0.25h	0.25h
Velocidad de Flujo Libre Base (milla/h)	22.61	18.93	19.34	23.35

➤ Tramos Unidireccionales

Tabla 37: Datos de Entrada para todos los tramos.

Datos de Entrada	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
Capacidad del Segmento (veh/h) (q)	1124	1116	1192
Flujo en el Segmento (veh/h) (VHMD)	1026	1048	1084
Ancho de Intersección aguas arriba (ft) (WI)	41.77	28.97	55.35
Longitud de bahía de giro (ft)	0	0	0
Numero de Pistas	2	2	2
Longitud del Segmento (ft)	729.36	971.39	1063.5

Longitud de Mediana Restrictiva (ft)	0	0	1093.9
Proporción de Segmento con Solera	1	1	1
Puntos de Acceso			
Por la Derecha en Sentido al Tránsito (Nap,s)	2	2	2
Por la Derecha en Sentido Contrario al Tránsito (Nap,o)	0	0	0
Duración del Periodo de Análisis	0.25h	0.25h	0.25h
Velocidad de Flujo Libre Base (milla/h)	27.61	32.89	39.07

✓ **Para el Tramo I IDA: Prol. R. Perez – Prol. Tayabamba.**

2° Paso: Tiempo en Movimiento: Ítem 3.1.3

A. Velocidad de Flujo Libre: Ítem 3.3.3.1

a. Velocidad de Flujo Libre Base:

Utilizaremos los datos obtenidos en la tabla 7 y reemplazamos en la ecuación 08 la **velocidad de flujo libre base (Sfo)** para el tramo I.

$$S_{f0} = 22.61 \text{ mi/h}$$

b. Ajuste por espaciamiento de señales

Utilizando la ecuación (13), hallamos el **factor de ajuste por espaciamiento de señales (fL)**.

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{S_{f0} - 19.5}{\max(L_S, 400)} \leq 1.0 \dots (13)$$

$$* S_{f0} \rightarrow 22.61 \text{ (mi/h)}$$

$$* L_S \text{ (ft)} \rightarrow 478.54 \text{ ft}$$

$$f_L = 1.02 - 4.7 * \frac{22.61 - 19.5}{478.54} \leq 1.0$$

$$f_L = 0.989$$

c. Cálculo de la Velocidad de Flujo Libre (Sf)

Utilizando la ecuación (14), hallamos el **factor de ajuste por espaciamiento de señales (fL)**.

$$S_f = S_{f0} * f_L \dots (14)$$

$$S_f = 22.61 * 0.989$$

$$S_f = 22.37 \text{ mi/h}$$

B. Factor de Ajuste por Proximidad entre vehículos

Ítem 3.1.3.2. Utilizamos la ecuación (15), hallamos el **factor de ajuste por proximidad entre vehículos (fv)**.

$$f_V = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{V_m}{52.8 * N_{th} * S_f}\right)^{0.21}} \dots (15)$$

$$* V_m \rightarrow 1163$$

$$* N_{th} \rightarrow 1$$

$$* S_f \rightarrow 22.37$$

$$f_V = 1.412$$

C. Demora debido a Giros de Vehículos

Se utilizará el procedimiento descrito en el ítem 3.1.3.3 para los segmentos que tengan una sola dirección de viaje.

$$d_{ap,r} = 0.67 * d_t * \frac{P_{RT}}{1 - P_{LT} - P_{RT}} \dots (16)$$

Step 01. Calcular la velocidad mínima para el primer vehículo en seguimiento.

$$u_m = 1.47 * S_f - r_d * (H_1 - h_{\Delta < h < h_1}) \geq u_{rt}$$

Hallando Um:

- Cálculo del flujo del carril exterior.

$$q_n = \frac{V_a}{3600 * n} = \frac{818}{3600 * 1} = 0.2272 \text{ veh/s}$$

- Cálculo del parámetro de velocidad de flujo.

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{q_n} - \Delta} \gggg \lambda = \frac{1}{\frac{1}{0.2272} - 1.5} = 0.6268$$

- Cálculo del tiempo de espaciamiento máximo que puede tener el primer vehículo en seguimiento y aun incurrir en demora.

$$H_1 = \frac{1.47 * S_f - u_{rt}}{r_d} + t_{cl} + \frac{L_h}{1.47 * S_f} > \Delta$$

$$H_1 = \frac{1.47 * 22.37 - 15}{6.7} + 0.6 + \frac{25}{1.47 * 22.37} > 1.5$$

$$4.0301 > 1.5 \text{ ok}$$

$$H_1 = 4.0301 \text{ s/veh}$$

- Cálculo del tiempo de espaciamiento medio de los intervalos entre Δ y H_1 .

$$h_{\Delta < h < h1} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_1 * e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_1 - \Delta)}}$$

$$h_{\Delta < h < h1} = 2.4439 \text{ s/veh}$$

- Cálculo de la velocidad mínima del primer vehículo que es retrasado.

$$u_m = 1.47 * S_f - r_d * (H_1 - h_{\Delta < h < h1}) \geq u_{rt}$$

$$u_m = 1.47 * 22.37 - 6.7 * (4.0301 - 2.4439) \geq 15$$

$$u_m = 22.261 \geq 15$$

$$u_m = 22.261 \frac{ft}{s}$$

Step 02. Calcular la demora del primer vehículo en seguimiento.

$$d_1 = \frac{(1.47 * S_f - u_m)^2}{2(1.47 * S_f)} * \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{r_a} \right)$$

$$d_1 = \frac{(1.47 * 22.37 - 22.261)^2}{2(1.47 * 22.37)} * \left(\frac{1}{6.7} + \frac{1}{3.5} \right)$$

$$d_1 = 0.747 \text{ s}$$

Step 03. Calcular la demora del segundo vehículo en seguimiento

$$H_2 = d_1 + \Delta$$

$$H_2 = 0.747 + 1.5$$

$$H_2 = 2.247 \text{ s/veh}$$

$$h_{\Delta < h < h1} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_2 * e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_2 - \Delta)}}$$

$$h_{\Delta < h < h2} = 1.8444 \text{ s/veh}$$

$$d_2 = d_1 - (h_{\Delta < h < H2} - \Delta)$$

$$d_2 = 2.247 - (1.8444 - 1.5)$$

$$d_2 = 0.402 \text{ s}$$

Step 04. Calcular la demora del tercer y siguientes vehículos.

$$H_i = d_{i-1} + \Delta$$

$$h_{\Delta < h < hi} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\Delta - H_i * e^{-\lambda(H_i - \Delta)}}{1 - e^{-\lambda(H_i - \Delta)}}$$

$$d_i = d_{i-1} - (h_{\Delta < h < Hi} - \Delta)$$

Reemplazando valores en las ecuaciones anteriores, tenemos

$$\text{➤ } H_3 = 1.902 \frac{s}{veh} \quad h_{\Delta < h < h3} = 1.693 \frac{s}{veh} \quad d_3 = 0.210 \text{ s}$$

$$\text{➤ } H_4 = 1.710 \frac{s}{veh} \quad h_{\Delta < h < h4} = 1.603 \frac{s}{veh} \quad d_4 = 0.107 \text{ s}$$

Step 05. Calcular la proporción de vehículos girando a la derecha en el carril derecho

$$P_R = P_{RT} * n \leq 1.0$$

$$P_R = 0.21 * 1 \leq 1.0$$

$$P_R = 0.21$$

Step 06. Calcular la demora vehicular por maniobra de giro a la derecha
Para 4 vehículos retrasados, usaremos la siguiente ecuación.

$$d_{t/r} = \sum_{i=1}^{\infty} \left[d_i \times \prod_{j=1}^i (1 - e^{-\lambda(H_j - \Delta)}) \times (1 - P_R)^i \right]$$

Tabla 38: Datos obtenidos para el cálculo del dr/t. Tramo I IDA

Hi	di	H _j - Δ	-λ(H _j - Δ)	e ^{-λ(H_j-Δ)}	(1 - P _R) ⁱ
4.030	0.747	2.530	-1.5858	0.20478	0.7900
2.247	0.402	0.747	-0.4681	0.62618	0.6241
1.902	0.210	0.402	-0.2523	0.77705	0.4930
1.710	0.107	0.210	-0.1314	0.87685	0.3895

$$d_{t/r} = 0.747 \times (1 - e^{-0.627(4.030-1.5)}) \times (1 - 0.21)^1 + 0.402 \times (1 - e^{-0.627(4.030-1.5)}) \times (1 - e^{-0.627(2.247-1.5)}) \times (1 - 0.21)^2 + 0.210 \times (1 - e^{-0.627(4.030-1.5)}) \times (1 - e^{-0.627(2.247-1.5)}) \times (1 - e^{-0.627(1.902-1.5)}) \times (1 - 0.21)^3 + 0.107 \times (1 - e^{-0.627(4.030-1.5)}) \times (1 - e^{-0.627(2.247-1.5)}) \times (1 - e^{-0.627(1.902-1.5)}) \times (1 - e^{-0.627(1.710-1.5)}) \times (1 - 0.21)^4$$

$$d_{t/r} = 0.5175$$

Step 07. Calcular la demora debido a giros a la derecha

$$d_{ap,r} = 0.67 * d_{t/r} * \frac{P_{RT}}{1 - P_{LT} - P_{RT}}$$

$$d_{ap,r} = 0.1087 \text{ s/veh}$$

Demora debido a giros a la izquierda. Hallaremos la demora con la tabla 9, teniendo en cuenta que el volumen de tráfico es 1163, para un carril, obtenemos el valor de la demora, luego de interpolar:

$$d_{ap,i} = 0.9456 \text{ s/veh}$$

Para hallar la demora debido a giro

$$d_{ap} = d_{ap,r} * N_{ap,s} + d_{ap,i} * N_{ap,i} \text{ s/veh}$$

$$d_{ap} = 0.1087 * 1 + 0.9456 * 1 \text{ s/veh}$$

$$d_{ap} = 1.0543 \text{ s/veh}$$

D. Tiempo en Movimiento del Segmento

Usaremos la ecuación 28 y hallamos el **tiempo en movimiento del segmento**

$$t_R = \frac{6 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600L}{5280S_f} f_V + \sum_{i=1}^{Nap} d_{ap,i} + d_{other} \dots (28)$$

* $l_1 \rightarrow 0$	* $f_V \rightarrow 1.412$	
* $L(ft) \rightarrow 478.54$	* $S_f \rightarrow 22.37$	* $d_{OTHER} \rightarrow 0$
* $f_x \rightarrow 0$	* $d_{ap} \rightarrow 1.0543$	

$$t_R = 21.640s$$

3° Paso: Determinar el Tiempo de Propagación Vehicular

$$d_t = \frac{d_{th} * V_t * N_t + d_{sl} * V_{sl} * (1 - P_L) + d_{sr} * V_{sr} * (1 - P_R)}{V_{th}} \dots (29)$$

* $d_{th} \rightarrow 15.87$	* $d_{sl} \rightarrow 0.95$	* $d_{sr} \rightarrow 0.11$
* $V_t \rightarrow 582$	* $V_{sl} \rightarrow 581$	* $V_{sr} \rightarrow 582$
* $N_t \rightarrow 1$	* $P_L \rightarrow 0.12$	* $P_R \rightarrow 0.21$
* $V_{th} \rightarrow 1163$		

$$d_t = \frac{15.87 * 582 * 1 + 0.95 * 581 * (1 - 0.12) + 0.11 * 582 * (1 - 0.21)}{1163.00}$$

$$d_t = 8.39 s$$

4° Paso: Determinar la Velocidad de Viaje

Aplicando la ecuación 30, podemos hallar la **velocidad de viaje**

$$S_{T.seg} = \frac{3600 * L}{5280(T_R + d_R)} \dots (30)$$

- $S_{T.seg}$: Velocidad de viaje de los vehículos de paso por el segmento (mi/h)

* $L(ft) \rightarrow 478.54$	* $t_R \rightarrow 21.64$	* $d_t \rightarrow 8.39$
------------------------------	---------------------------	--------------------------

$$S_{T.seg} = \frac{3600 * 478.54}{5280(21.64 + 8.39)}$$

$$S_{T.seg} = 10.864$$

5° Paso: Nivel de Servicio del Segmento

Aplicamos las ecuaciones 31 y la tabla N° 05

$$\frac{S_T}{S_{f0}} = \% \dots (31)$$

$$\% = \frac{10.86}{22.61} \times 100 = 48.05\%$$

Grado de saturación

$$X = \frac{v}{c} \rightarrow x = \frac{1163}{1224} = 0.950 < 1$$

Según la tabla N° 05. Calculamos el Nivel de Servicio.

Nivel de Servicio Tramo I = 48.05% >40-50%

Se concluye que:

Nivel de Servicio Tramo I IDA = Nivel D

✓ **Determinamos el Nivel de Servicio para los Tramos Faltantes.**

Con los datos de la tabla 36 y 37, obtenemos los resultados siguiendo el procedimiento anterior, el cual fue usado en el Tramo I IDA.

Tramo I REGRESO: Prol. Tayabamba – Prol. Revilla Perez.

Tramo II IDA: Av. Hoyos Rubio – Prol. Revilla Perez.

Tramo II REGRESO: Prol. Revilla Perez – Av. Hoyos Rubio.

Tramo III: Av. Hoyos Rubio – Prol. Guillermo Urrelo.

Tramo IV: Prol. Guillermo Urrelo – Jr. Ayacucho

Tramo v: Jr. Ayacucho – Av. Via de Evitamiento Norte

2° Paso: Tiempo en Movimiento

A. Velocidad de Flujo Libre

a. Velocidad de Flujo Libre Base

Tabla 39: Datos de Entrada para los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
Vel. Flujo Libre Base (Sfo) (mi/h)	18.93	19.34	23.35	27.61	32.89	39.07
L (ft)	478.54	432.51	432.51	729.36	971.39	1063.55
Wt (ft)	61.02	44.65	84.48	41.77	28.97	55.35

b. Ajuste por espaciamento de señales (FI)

Se tendrá en cuenta la ecuación (13) para encontrar valor de f_L .

Tabla 40: Espaciamento por señales para los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
L_s (ft)	478.54	432.51	432.51	729.36	971.39	1063.55
f_L	1.026	1.022	0.978	0.968	0.955	0.934

B. Factor de Ajuste por Proximidad (Fv)

Tabla 41: Calculo para el factor de ajuste por proximidad para los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
V_m	599	641	1199	1026	1048	1084
N_{th}	1	1	1	2	2	2
S_f	19.42	19.76	22.84	26.72	31.41	36.47
f_v	1.092	1.100	1.494	1.047	1.040	1.035

C. Cálculo de la demora debido a giros.

Tabla 42: Cuadro de la demora debido a giros a la derecha para los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
q_n	0.1664	0.1781	0.3331	0.1425	0.1456	0.1506
λ	0.2217	0.2429	0.6656	0.1812	0.1862	0.1945
u_m	21.3596	21.5829	22.3831	26.8878	29.8933	32.7307
P_R	0.21	0.21	0.21	0.42	0.42	0.42
$d_{t/r}$	0.1134	0.1327	0.5904	0.3176	0.5727	0.9724
$d_{ap,r}$	0.0238	0.0279	0.124	0.0667	0.1203	0.2042
$d_{ap,i}$	0.2691	0.3192	0.988	0.2708	0.2884	0.3172
d_{ap}	0.2929	0.3471	1.1128	0.6750	0.8173	1.0428

D. Tiempo en Movimiento del Segmento

Tabla 43: Tiempo de Movimiento del Segmento para los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
l_I	0	0	0	0	0	0
f_v	1.092	1.0997	1.494	1.047	1.040	1.035
L (ft)	478.54	432.51	432.51	729.36	971.39	1063.55
S_f	19.416	19.759	22.840	26.722	31.415	36.474
d_{other}	0	0	0	0	0	0
f_x	0	1	1	0	0	1
d_{ap}	0.2929	0.3471	1.1128	0.675	0.8173	1.0428
t_R(seg)	18.642	22.309	25.952	20.167	22.74	23.87

3° Paso: Determinar el Tiempo de Propagación Vehicular

Tabla 44: Tiempo de Propagación Vehicular para los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
d_{th} (veh/h)	18.45	16.16	17.37	16.45	18.76	16.55
V_t (veh/h/ln)	300	582	600	513	524	542
N_t (ln)	1	1	1	2	2	2
d_{sl} (s/veh)	0.269	0.319	0.989	0.271	0.288	0.317
V_{sl} (veh/h)	300	582	600	513	524	542
d_{sr} (s/veh)	0.024	0.028	0.124	0.067	0.120	0.204
V_{sr} (veh/h)	299	581	599	513	524	542
P_L	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
P_R	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
d_t (s)	9.35	8.23	9.17	16.6	18.93	16.77

4° Paso: Determinar la Velocidad de Viaje

Tabla 45: Velocidad de Viaje para los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
L (ft)	478.54	432.51	432.51	729.36	971.39	1063.55
T_R (S)	18.642	22.31	25.95	20.17	22.74	23.870
S_{T,seg}(mi/h)	11.66	9.66	8.40	13.53	15.89	17.84

5° Paso: Nivel de Servicio del Segmento

Tabla 46: Nivel de Servicio del Segmento de los tramos faltantes.

Incógnita	Tramo I REGRESO →	Tramo II IDA ←	Tramo II REGRESO →	Tramo III	Tramo IV	Tramo V
S_T	11.66	9.66	8.40	13.53	15.89	17.84
S_{fo}	18.93	19.34	23.35	27.61	32.89	39.07
%	61.57	49.93	35.96	48.98	48.33	45.67
G.S	1	1	1	1	1	1
X = v/c	0.886	0.789	0.931	0.913	0.939	0.909
N.Serv.	C	D	E	D	D	D

4.2.2. Cálculo del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas.

En las figuras siguientes, se describen los diagramas de movimientos y flujo vehicular para cada intersección semaforizada.

Figura 22: Intersección 01. Jr. Los Sauces y Prol. R. Perez.

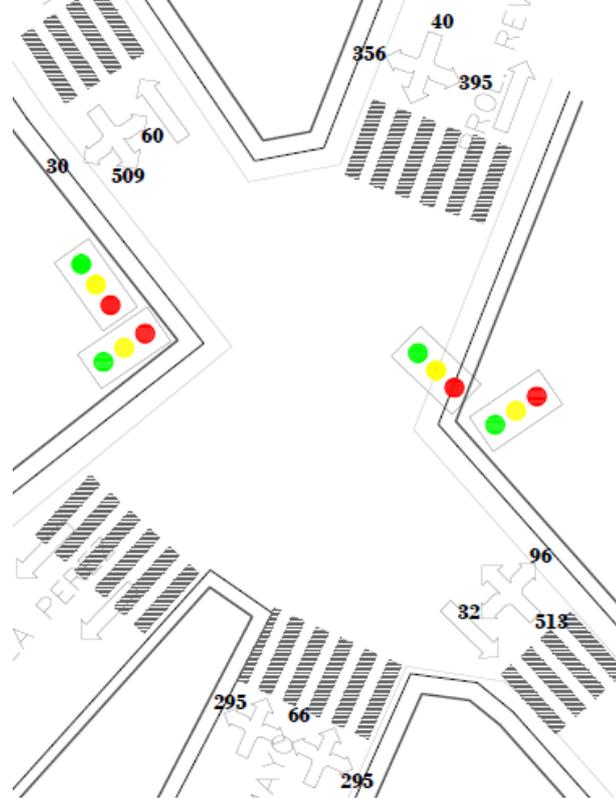


Figura 23: Intersección 02. Jr. M. Seoane y Av. H. Rubio.

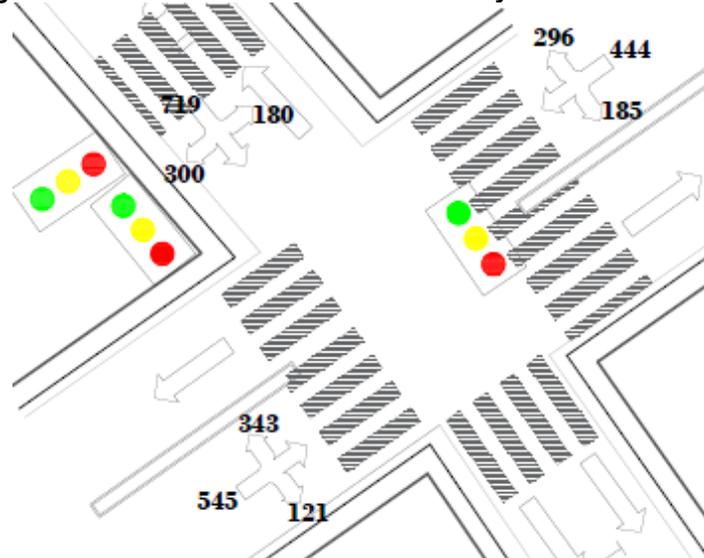
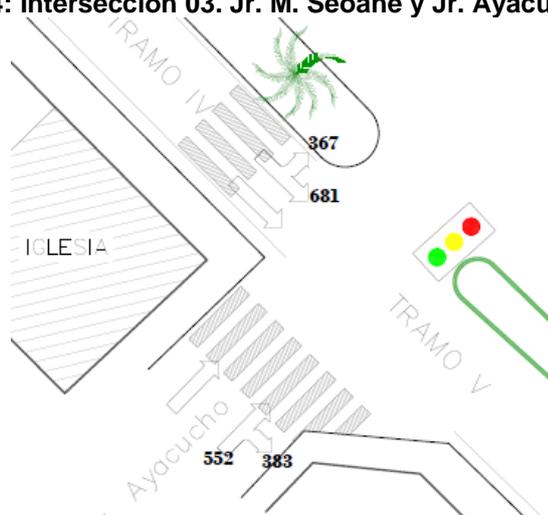


Figura 24: Intersección 03. Jr. M. Seoane y Jr. Ayacucho.



A. Características de las intersecciones en estudio

Las intersecciones analizadas a lo largo del Jr. Los Sauces – Jr. Manuel Seoane son 03, las cuales sirven como nexo con zonas de gran importancia como son centros comerciales, centros educativos, clínicas de salud, lugares de esparcimiento como el estadio “Municipal”.

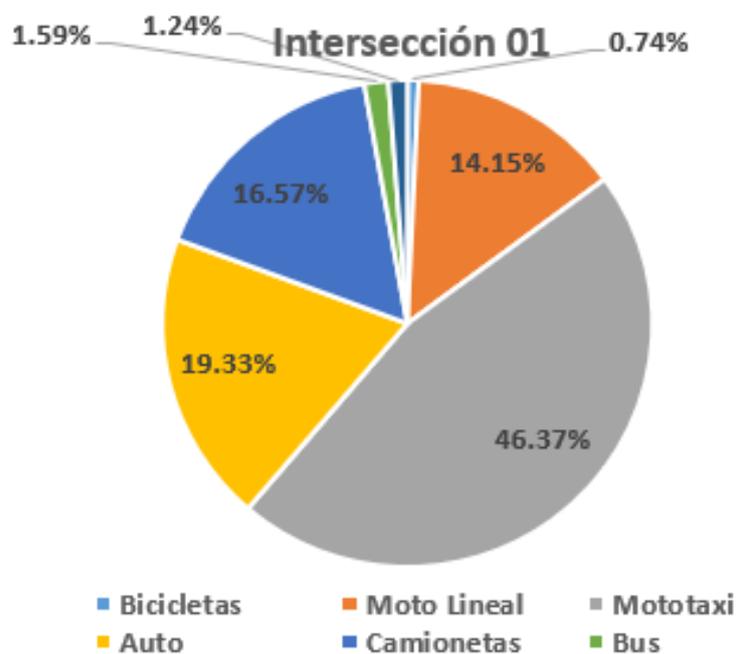
a) Intersección 01 Jr. Los Sauces – Prol. Revilla Pérez.

Por esta intersección circulan vehículos ligeros en su mayoría, como se indica a continuación.

Tabla 47: Porcentaje participación veh.– Dia de Máxima Demanda Inters. 01.

Tipo Veh.	Bicicletas	Moto Lineal	Mototaxi	Auto	Camionet	Bus	Camión	Total
Inter. 01	20	380	1245	519	445	43	33	2685
% Partic.	0.74%	14.15%	46.37%	19.33%	16.57%	1.59%	1.24%	100.00%

Figura 25: Flujo de máxima demanda por tipo de vehículos. Int. 01



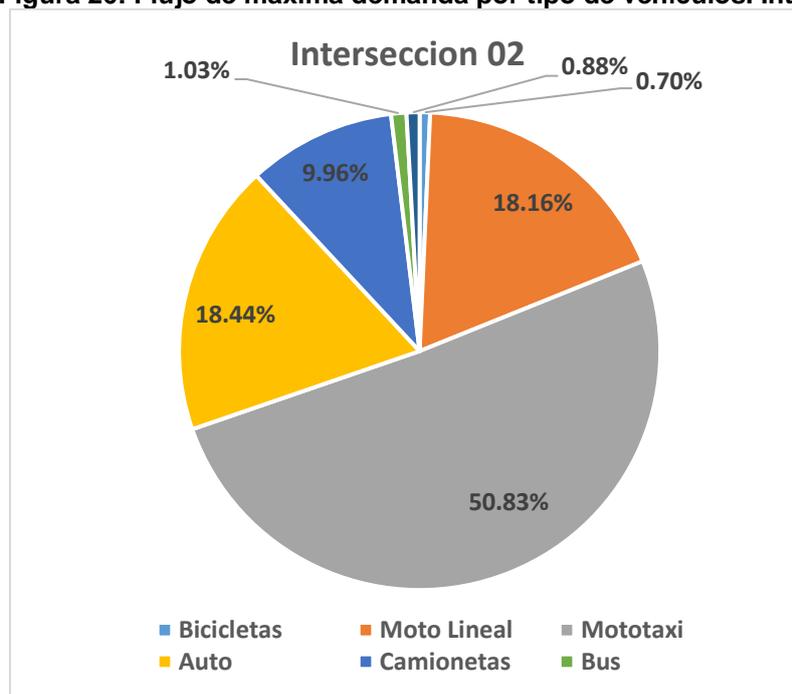
b) Intersección 02: Av. Hoyos Rubio – Jr. Manuel Seoane.

Por esta intersección circulan vehículos ligeros en su mayoría, como se indica a continuación.

Tabla 48: Porcentaje participación veh.– Día de Máxima Demanda Inters. 02.

Tipo Veh.	Bicicletas	Moto Lineal	Mototaxi	Auto	Camionet	Bus	Camión	Total
Inter. 01	22	569	1593	578	312	32	27	3134
% Partic.	0.70%	18.16%	50.83%	18.44%	9.96%	1.03%	0.88%	100.00%

Figura 26: Flujo de máxima demanda por tipo de vehículos. Int. 02



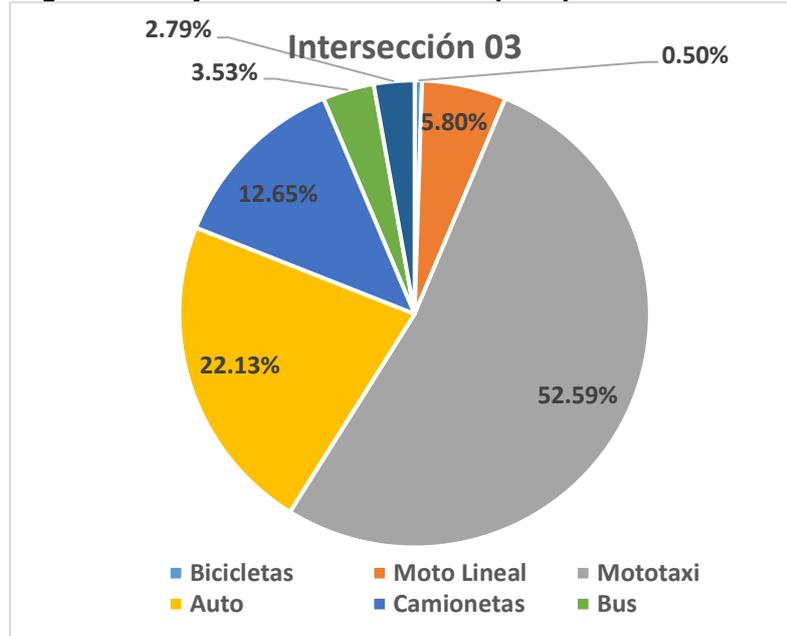
c) Intersección 03: Jr. Ayacucho – Jr. Manuel Seoane.

Por esta intersección circulan vehículos ligeros en mayor proporción, con un leve aumento en la proporción de vehículos pesados que viene a ser superior que en las intersecciones 01 y 02, como se indica a continuación.

Tabla 49: Porcentaje de participación veh.– Día de Máxima Demanda Inters. 03.

Tipo Veh.	Bicycletas	Moto Lineal	Mototaxi	Auto	Camionet	Bus	Camión	Total
Inter. 01	10	115	1043	439	251	70	55	1983
% Partic.	0.50%	5.80%	52.59%	22.13%	12.65%	3.53%	2.79%	100.00%

Figura 27: Flujo de máxima demanda por tipo de vehículos. Int. 03



B. Datos De Entrada

Para tomar los datos de entrada como se establece en la tabla 08, debemos redefinir algunos parámetros de la tabla, obtenido en la visita a la zona de estudio. Ver anexos 04 – Plano de Secciones Transversales Típicas e Intersecciones Semaforizadas.

1. Condiciones Geométricas:

- a) Intersección 01: Jr. Los Sauces y Prol. Revilla Pérez.
 - Jr. Los Sauces: 02 carriles de 3.53m cada uno.
 - Prol. Revilla Perez: 02 carriles de 2.46m cada uno.
 - Prol. Dos de Mayo: 02 carriles de 4.38m cada uno.
 - Jr. Los Sauces: 02 carriles de 2.82m cada uno.
- b) Intersección 02: Jr. Manuel Seoane y Av. Hoyos Rubios.
 - Jr. Los Sauces: 02 carriles de 3.52m cada uno.
 - Jr. Manuel Seoane: 02 Carriles de 3.18m cada uno.
 - Av. Hoyos Rubio: 04 carriles (02 carriles por cada sentido), para el sentido N-S el ancho promedio es 2.95m y de 3.02m par la dirección S-N, cuenta con una berma central de 0.80m.
- c) Intersección 03: Jr. Manuel Seoane y Jr. Ayacucho.
 - Jr. Manuel Seoane: 02 carriles de 2.94m cada uno
 - Jr. Ayacucho: 02 carriles de 5.07m cada uno.

2. Condiciones de Tráfico:

Tabla 50: Aforo Dia de Máxima Demanda Inters. 01.

Tipo de vehículo.	DIR.	ACCESO			
		DEL NORTE	DEL SUR	DEL ESTE	DEL OESTE
Bicicletas	Der.	320	230	78	24
Motos Lineales	Izq.	284	236	22	44
Mototaxis					
Autos	Recto	25	54	441	412
	Der.	67	53	16	4
Camionetas	Izq.	57	44	5	14
	Recto	10	10	67	92
	Der.	4	6	1	1
Buses	Izq.	11	9	2	2
	Recto	2	1	3	3
	Der.	4	6	1	1
Camiones	Izq.	4	6	3	1
	Recto	3	1	3	3
	Der.	395	295	96	30
TOTAL DE VEHICULOS MIXTOS	Izq.	356	295	32	60
	Recto	40	66	513	509
TOTAL POR ACCESO		360	790	655	641
TOTAL INTERSECCION			2685		

Tabla 51: Aforo Día de Máxima Demanda Inters. 02.

Tipo de vehículo.	DIR.	ACCESO		
		DEL NORTE	DEL SUR	DEL OESTE
Bicicletas	Der.	269	114	240
Motos Lineales	Izq.	170	309	126
Mototaxis				
Autos	Recto	391	480	669
	Der.	24	6	51
Camionetas	Izq.	11	27	45
	Recto	44	55	43
	Der.	1	1	6
Buses	Izq.	2	3	5
	Recto	4	5	4
	Der.	1	1	3
Camiones	Izq.	2	3	4
	Recto	4	5	4
	Der.	296	121	300
TOTAL DE VEHICULOS MIXTOS	Izq.	185	343	180
	Recto	444	545	719
TOTAL POR ACCESO		925	1010	1199
TOTAL INTERSECCION			3134	

Tabla 52: Aforo Dia de Máxima Demanda Inters. 03.

Tipo de vehículo.	DIR.	ACCESO	
		DEL SUR	DEL OESTE
Bicicletas	Der.	115	0
Motos Lineales	Izq.	0	516
Mototaxis			
Autos	Recto	172	1059
	Der.	33	0
Camionetas	Izq.	0	61
	Recto	49	45
	Der.	8	0
Buses	Izq.	0	18
	Recto	15	11
	Der.	8	0
Camiones	Izq.	0	12
	Recto	10	11
	Der.	164	0
TOTAL DE VEHICULOS MIXTOS	Izq.	0	607
	Recto	246	1127
TOTAL POR ACCESO		410	1734
TOTAL INTERSECCION		2144	

3. Condiciones de Señalización:

Las intersecciones estudiadas cuentan con semáforos preprogramados. El tiempo de los ciclos de los semáforos de cada intersección se obtuvo de forma manual con la ayuda de un cronómetro. Los ciclos semafóricos se detallan a continuación:

Tabla 53: Tiempos semafóricos de todas las intersecciones.

Intersección		Rojo	Ámbar	Verde	Tiempo de Ciclo
Inter. 01	Semáforo 1	60''	02''	60'''	2' 02''
	Semáforo 2	60''	04''	60''	2' 04''
Inter. 02	Semáforo 1	70''	03''	70''	2' 23''
Inter. 03	Semáforo 1	30''	02''	30''	1' 02''

Figura 28: Intersección semaforizada 01.

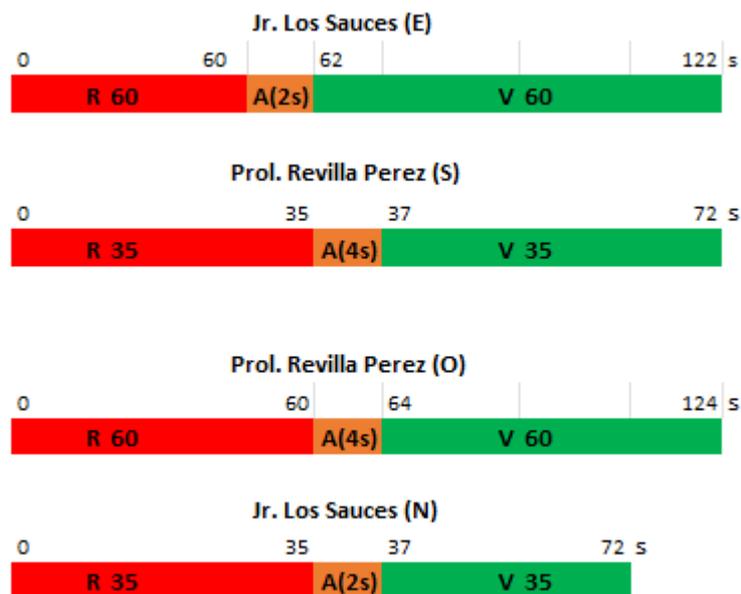


Figura 29: Intersección semaforizada 02.

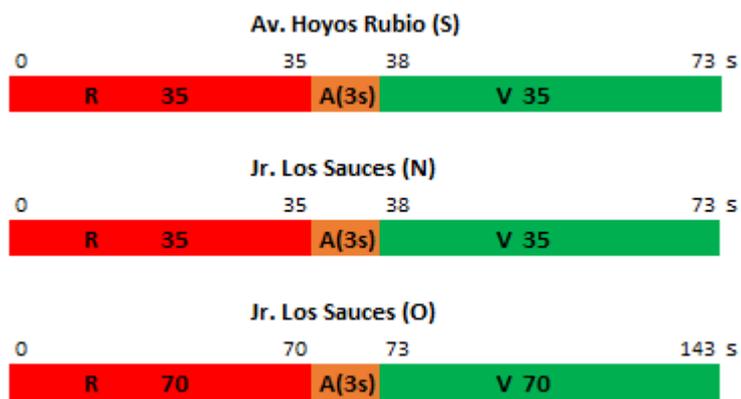
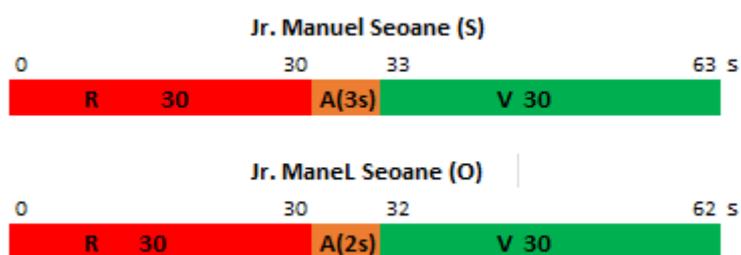


Figura 30: Intersección semaforizada 03.



Obtenemos los valores de verde efectivo (g) y rojo efectivo (r) del semáforo, con la ecuación Ec. 43, los cuales se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 54: Parámetros del ciclo semafóricos de la intersección 01.

	DEL NORTE	DEL SUR	DEL ESTE	DEL OESTE
FACTORES				
V	35.00	35.00	60.00	60.00
A	2.00	2.00	2.00	4.00
R	35.00	35.00	60.00	60.00
C	72.00	72.00	122.00	124.00
TR	2.00	2.00	2.00	2.00
$l_1=2$	2.00	2.00	2.00	2.00
$e=2s$	2.00	2.00	2.00	2.00
$l_2=A+TR-e$	2.00	2.00	2.00	4.00
$L=l_1+l_2$	4.00	4.00	4.00	6.00
$g=V+A-L$	33.00	33.00	58.00	58.00
$r=R+L$	39.00	39.00	64.00	66.00

Tabla 55: Parámetros del ciclo semafóricos de la intersección 02.

	DEL NORTE	DEL SUR	OESTE
FACTORES			
V	35.00	35.00	70.00
A	3.00	3.00	3.00
R	35.00	35.00	70.00
C	73.00	73.00	143.00
TR	2.00	2.00	2.00
$l_1=2$	2.00	2.00	2.00
$e=2s$	2.00	2.00	2.00

$I_2=A+TR-e$	3.00	3.00	3.00
$L=I_1+I_2$	5.00	5.00	5.00
$g=V+A-L$	33.00	33.00	68.00
$r=R+L$	40.00	40.00	75.00

Tabla 56: Parámetros del ciclo semafórico de la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR	DEL OESTE
		
V	30.00	30.00
A	3.00	2.00
R	30.00	30.00
C	63.00	62.00
TR	2.00	2.00
$I_1=2$	2.00	2.00
$e = 2s$	2.00	2.00
$I_2=A+TR-e$	3.00	2.00
$L=I_1+I_2$	5.00	4.00
$g=V+A-L$	28.00	28.00
$r=R+L$	35.00	34.00

4.2.3. Determinación del nivel de servicio de las intersecciones

1. DETERMINAMOS LOS GRUPOS DE MOVIMIENTOS Y GRUPOS DE CARRILES.

Se definió los grupos de movimientos y grupos de carriles utilizando los conceptos teóricos establecidos anteriormente, los cuales se han establecido según las maniobras que realizan los conductores sobre los diferentes carriles, respetando las marcas viales existentes.

1.1. Grupos De Movimientos

En las siguientes figuras definimos los grupos de movimientos y grupos de carriles para cada intersección.

Figura 31: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 01.

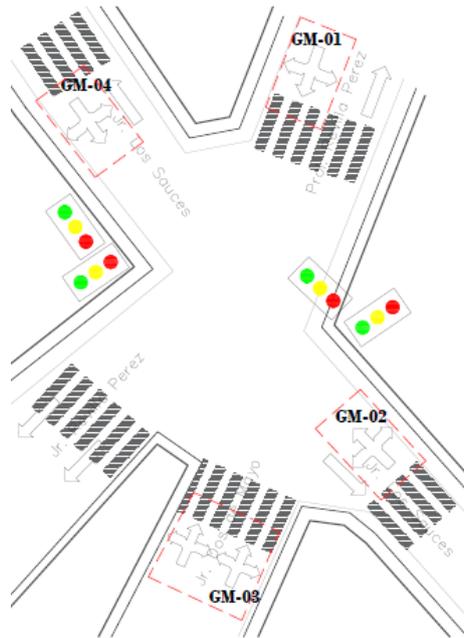


Figura 32: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 02.

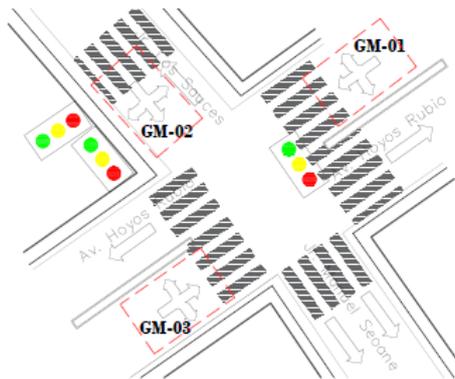
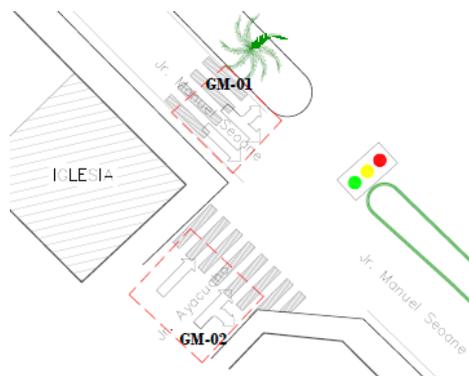


Figura 33: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 03.



1.2. Grupo De Carriles

Figura 34: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 01.

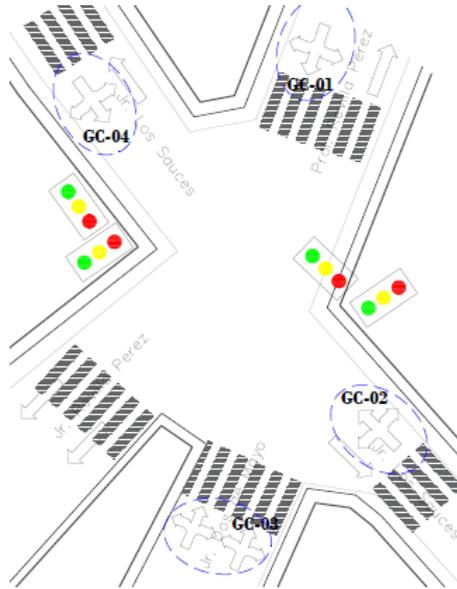


Figura 35: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 02.

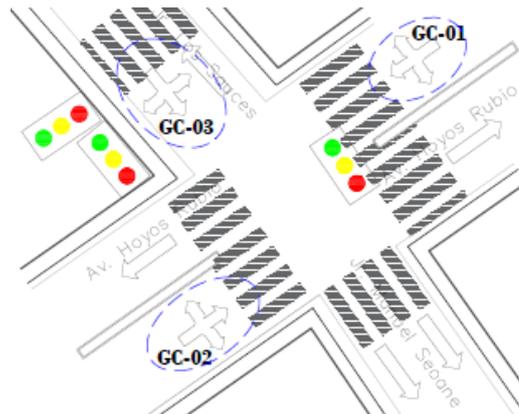
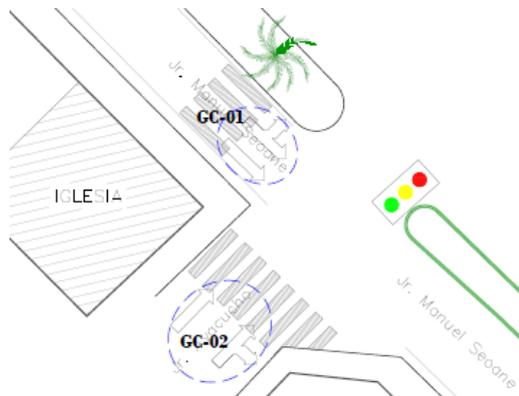


Figura 36: Grupo de movimientos semaforizada en la intersección 03.



2. Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de movimientos.

Se determinó la tasa de flujo para cada grupo de movimiento

Tabla 57: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 01.

VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	DEL NORTE GM-01			DEL SUR GM-03			DEL ESTE GM-02			DEL OESTE GM-04		
	D	I	R	D	I	R	D	I	R	D	I	R
Volumen (veh/h)	395	355	40	295	295	66	96	32	513	30	60	509
Volumen Total (veh/h)	790			655			641			599		

Tabla 58: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 02.

VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	DEL NORTE GM-01			DEL SUR GM-03			DEL OESTE GM-02		
	D	I	R	D	I	R	D	I	R
Volumen (veh/h)	296	185	444	121	343	545	300	180	719
Volumen Total (veh/h)	925			1010			1199		

Tabla 59: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 03.

VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	DEL SUR GM-02			DEL OESTE GM-01		
	D	I	R	D	I	R
Volumen (veh/h)	383	0	552	0	367	681
Volumen Total (veh/h)	935			1048		

3. Determinación de la tasa de flujo para cada grupo de carriles

En las siguientes tablas se establece para cada grupo de carriles la intensidad de vehículos por hora, los cuales han sido obtenidos en la hora punta, y la tasa de flujo ajustado para cada grupo de carriles, obtenidos con el factor de hora punta (FHP).

Tabla 60: Tasa de flujo en los grupos de carriles en la intersección 01.

VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	DEL NORTE GC-01			DEL SUR GC-03			DEL ESTE GC-02			DEL OESTE GC-04		
	D	I	R	D	I	R	D	I	R	D	I	R
Volumen (veh/h)	395	356	40	295	295	66	96	32	513	30	60	509
Fator de Hora Punta, FHP	2.079			1.475			0.979			0.992		
Factor ajustado, $V_p=V/FHP$	190	171	19	199	199	44	98	32	523	30	60	513
Flujo Ajustado en el G.C, v	380			442			653			603		
Proporcion de giro (GI o GD)	0.50	0.45	-	0.45	0.45	-	0.15	0.06	-	0.05	0.10	-

Tabla 61: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 02.

VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	DEL NORTE GC-01			DEL SUR GC-02			DEL OESTE GC-03		
	D	I	R	D	I	R	D	I	R
Volumen (veh/h)	296	185	444	121	343	545	300	180	719
Fator de Hora Punta, FHP	0.720			0.747			0.980		
Factor ajustado, $V_p=V/FHP$	410	256	616	162	459	730	306	183	734
Flujo Ajustado en el G.C, v	1282			1351			1223		
Proporcion de giro (GI o GD)	0.32	0.20	-	0.12	0.34	-	0.25	0.25	-

Tabla 62: Tasa de flujo de los grupos de movimientos en la intersección 03.

VOLUMEN GRUPO DE MOVIMIENTOS	DE SUR GC-01			DEL OESTE GC-02		
	D	I	R	D	I	R
Volumen (veh/h)	383	0	552	0	367	681
Fator de Hora Punta, FHP	2.185			1.044		
Factor ajustado, $V_p=V/FHP$	175	0	252	0	351	652

Flujo Ajustado en el G.C, v		427.00			1003.00	
Proporcion de giro (GI o GD)	0.41	0.00	-	0.00	0.35	-

4. Determinación de la tasa de flujo de saturación ajustada

Se determinó el flujo de saturación ajustada, para cada grupo de carriles. Primero hallamos los factores de la ecuación 32.

4.1. Flujo de saturación base (S_0): Según el HCM 2010, es:

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h/carril}$$

4.2. Factor de ajuste por ancho de carriles (f_w): Usamos la tabla 13.

Tabla 63: Factores de ajuste por ancho de carril en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
Ancho de Carril	2.46	4.38	2.82	3.53
f_w	0.96	1.04	0.96	1.00

Tabla 64: Factores de ajuste por ancho de carril en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
Ancho de Carril	2.95	3.02	3.52
f_w	0.96	1.00	1.00

Tabla 65: Factores de ajuste por ancho de carril en la intersección 03.

FACTORES	DEL OESTE GC-02	DEL SUR GC-01
Ancho de Carril	2.94	5.07
f_w	0.96	1.04

4.3. Factor de ajuste por vehículos pesados (f_{HV}): Usando la ec. 33

Tabla 66: Factores de ajuste por vehículos pesados en la intersección 01.

FACTORES	DEL ESTE GC-02	DEL SUR GC-03	DEL NORTE GC-01	DEL OESTE GC-04
% Veh. Pesados	1.30%	1.90%	1.05%	0.63%
E_T	2	2	2	2
f_{HV}	0.999870	0.999810	0.999895	0.999938

Tabla 67: Factores de ajuste por vehículos pesados en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
% Veh. Pesados	0.84%	0.94%	0.85%
E_T	2	2	2
f_{HV}	0.999916	0.999906	0.999915

Tabla 68: Factores de ajuste por vehículos pesados en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-02	DEL OESTE GC-01
% Veh. Pesados	1.35%	4.40%
E_T	2	2
f_{HV}	0.999559	0.999865

4.4. Factor de ajuste por pendiente del acceso (f_g): Con la ecuación 34

Tabla 69: Factores de ajuste por pendiente en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
P_g	-0.47%	1.15%	-1.91%	-0.47%
f_g	1.000024	1.000058	1.000096	1.000024

Tabla 70: Factores de ajuste por pendiente en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
P_g	-1.42%	-1.15%	-1.91%
f_g	1.000058	1.000096	1.000000

Tabla 71: Factores de ajuste por pendiente en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-02	DEL OESTE GC-01
P_g	-2.30%	-1.20%
f_g	1.000115	1.000000

4.5. Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento (f_p): Con la ecuación 35

Tabla 72: Factores de ajuste por maniobras de estacionamiento en la int. 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
N	2	2	1	1
N_m	0	0	0	0
f_p	0.9475	0.9475	0.8950	0.8950

Tabla 73: Factores de ajuste por maniobras de estacionamiento en la int. 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
N	2	2	1
N_m	0	0	0
f_p	0.9475	0.9475	0.8950

Tabla 74: Factores de ajuste por maniobras de estacionamiento en la int. 03.

FACTORES	DEL SUR GC-01	DEL SUR GC-02
N	2	2
N_m	0	0
f_p	0.9475	0.9475

4.6. Factor de ajuste por bloqueo de buses (f_{bb}): Con la ecuación 36

Tabla 75: Factores de ajuste por bloqueo de buses en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
N	2	2	1	1
N_b	0	0	1	1
f_{bb}	1.00	1.00	0.996	0.996

Tabla 76: Factores de ajuste por bloqueo de buses en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
N	2	2	1
N_b	1	1	1
f_{bb}	0.998	0.998	0.996

Tabla 77: Factores de ajuste por bloqueo de buses en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-01	DEL OESTE GC-02
N	2	2
N_b	0	0
f_{bb}	1.000	1.000

4.7. Factor de ajuste por tipo de área (f_a): Como se indicó anteriormente, la zona en estudio esta cercana a centros comerciales.

Tabla 78: Factores de ajuste por tipo de área en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
f_a	0.90	0.90	0.90	0.90

Tabla 79: Factores de ajuste por tipo de área en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
f_a	0.90	0.90	0.90

Tabla 80: Factores de ajuste por tipo de área en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-01	DEL OESTE GC-02
f_a	0.90	0.90

4.8. Factor de ajuste por utilización de carril (f_{LU}): Todos los carriles de las intersecciones 01, 02 y 03 son compartidos.

Tabla 81: Factores de ajuste por utilización de carril en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
f_{LU}	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 82: Factores de ajuste por utilización de carril en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
f_{LU}	1.00	1.00	1.00

Tabla 83: Factores de ajuste por utilización de carril en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-01	DEL OESTE GC-02
f_{LU}	1.00	1.00

4.9. Factor de ajuste por giros a la derecha (f_{RT}): Usando la ec. 37.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} = 0.8474$$

Tabla 84: Factores de ajuste por giros a la derecha en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
f_{RT}	0.8475	0.8475	0.8475	0.8475

Tabla 85: Factores de ajuste por giros a la derecha en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
f_{RT}	0.8475	0.8475	0.8475

Tabla 86: Factores de ajuste por giros a la derecha en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-01	DEL OESTE GC-02
f_{RT}	0.8475	0.8475

4.10. Factor de ajuste por giros a la izquierda (f_{LT}): Usando la ec. 38

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} = 0.9523$$

Tabla 87: Factores de ajuste por giros a la izquierda en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
f_{LT}	0.9524	0.9524	0.9524	0.9524

Tabla 88: Factores de ajuste por giros a la izquierda en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
f_{LT}	0.9524	0.9524	0.9524

Tabla 89: Factores de ajuste por giros a la izquierda en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-01	DEL OESTE GC-02
f_{LT}	0.9524	0.9524

4.11. Cálculo del Flujo de Saturación Ajustada (S): Aplicando la ecuación

32, se calculó el flujo de saturación ajustada, para cada grupo de carriles, agrupando los resultados de los factores obtenidos anteriormente en la siguiente tabla:

Tabla 90: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-03	DEL ESTE GC-02	DEL OESTE GC-04
S_0	1900	1900	1900	1900
f_w	0.96	1.04	0.96	1.00
f_{HV}	0.999870	0.999810	0.999895	0.999938
f_g	1.000024	1.000058	1.000096	1.000024
f_p	0.9475	0.9475	0.8950	0.8950
f_{bb}	1.000	1.000	0.996	0.996
f_a	0.9	0.9	0.9	0.9
f_{LU}	1.000	1.000	1.000	1.000
f_{RT}	0.8475	0.8474	0.8474	0.8474
f_{LT}	0.9524	0.9523	0.9523	0.9523
S	1255.246	1359.607	1180.886	1230.053

Tabla 91: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE GC-01	DEL SUR GC-02	OESTE GC-03
S_0	1900	1900	1900
f_w	0.96	1.00	1.00
f_{HV}	0.999916	0.999906	0.999915
f_g	1.000058	1.000096	1.000000
f_p	0.9475	0.9475	0.8950
f_{bb}	0.998	0.998	0.996
f_a	0.9	0.9	0.9
f_{LU}	1.000	1.000	1.000
f_{RT}	0.8475	0.8475	0.8475
f_{LT}	0.9524	0.9524	0.9524
S	1252.836	1305.074	1230.185

Tabla 92: Cálculo del flujo de saturación ajustada en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-02	DEL OESTE GC-01
S_0	1900	1900
f_w	1.04	0.96
f_{HV}	0.999559	0.999865
f_g	1.000115	1.000060
f_p	0.9475	0.9475
f_{bb}	1.000	1.000
f_a	0.9	0.9
f_{LU}	1.000	1.000
f_{RT}	0.8475	0.8475
f_{LT}	0.9524	0.9524
S	1359.552	1255.286

5. Determinación de la proporción de vehículos que llegan durante la fase verde.

Para determinar la proporción de vehículos que llegan durante la fase verde, se dividió el número de vehículos que llegan durante la fase de verde entre el número total de vehículos que llegan a la intersección. Luego calculamos la relación de pelotón para determinar el tipo de llegada y la calidad de progresión en cada acceso.

Tabla 93: Proporción de veh. que llegan en verde de la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE	DEL SUR	DEL ESTE	DEL OESTE
	GC-01	GC-03	GC-02	GC-04
Veh. totales en acceso	790	655	641	599
Veh. que llegan en fase verde	245	229	375	347
Verde Efectivo, g	58.00	58.00	33.00	33.00
Duración del ciclo, C	122.00	122.00	72.00	74.00
Relación de Pelotón, Rp	1.000	1.000	1.000	1.000
<i>P</i>	0.475	0.475	0.458	0.446
Tipo de llegada	3	3	3	3
Calidad de progresión	Llegadas Aleatorias	Llegadas Aleatorias	Llegadas Aleatorias	Llegadas Aleatorias

Tabla 94: Proporción de veh. que llegan en verde de la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE	DEL SUR	OESTE
	GC-01	GC-02	GC-03
Veh. totales en acceso	925	1010	1199
Veh. que llegan en fase verde	678	679	782
Verde Efectivo, g	33.00	33.00	68.00
Duración del ciclo, C	73.00	73.00	143.00
Relación de Pelotón, Rp	1.000	1.000	1.000
<i>P</i>	0.452	0.452	0.476
Tipo de llegada	3	3	3
Calidad de progresión	Llegadas Aleatorias	Llegadas Aleatorias	Llegadas Aleatorias

Tabla 95: Proporción de veh. que llegan en verde de la intersección 03.

FACTORES	DEL OESTE	DEL SUR
	GC-02	GC-01
Veh. totales en acceso	935	1048
Veh. que llegan en fase verde	187	471
Verde Efectivo, g	28.00	28.00
Duración del ciclo, C	62.00	63.00
Relación de Pelotón, Rp	1.000	1.000
<i>P</i>	0.771	0.456
Tipo de llegada	3	3
Calidad de progresión	Llegadas Aleatorias	Llegadas Aleatorias

6. Determinación de la duración de fase del semáforo.

Los semáforos ubicados en el tramo de estudio presentaron un ciclo programado, entonces la duración de la fase es una entrada y fue determinado con observaciones en campo como lo muestran las figuras 20, 21 y 22.

7. Determinación de la capacidad y la relación de volumen y capacidad.

Se usaron las ecuaciones indicadas en el ítem g. **Determinación de la capacidad y la razón de volumen-capacidad**, se realizaron los cálculos necesarios y se presentaron en las siguientes tablas para determinar la capacidad, relación V/C y el grado de saturación para cada grupo de carriles:

Tabla 96: Cálculo de la capacidad, relación v/C y grado de saturación en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE	DEL SUR	DEL ESTE	DEL OESTE
	GC-01	GC-03	GC-02	GC-04
Número de carriles, N	2	2	1	1
Flujo ajustado, v(veh/h)	380.00	442.00	653.00	603.00
Flujo de saturación, S	1255.2465	1359.6069	1180.8856	1230.0529
Duración del ciclo, C	122.00	122.00	72.00	74.00
Tiempo de verde efectivo, g seg.	58.00	58.00	33.00	33.00
Proporción de verde, g/C	0.4754	0.4754	0.4583	0.4459
Tiempo perdido puesta en marcha, l1	2.00	2.00	2.00	2.00
Tiempo perdido l2	2.00	2.00	2.00	4.00
Capacidad, c= N x S x (g/C)	1193.5130	1292.7410	541.2392	548.5371
Relación v/c, X	0.3184	0.3419	1.2065	1.0993
Relación de flujo, Yc= v/S	0.3027	0.3251	0.5530	0.4902
Grupo de carriles/fase crítica			X	X
Sumatoria de relaciones de flujos críticos, ΣYc		1.0432		
Tiempo perdido del ciclo, L		10.0000		
Grado de Saturación, $Xc = (\Sigma Yc)(C)/(c - L)$		1.1363		

Tabla 97: Cálculo de la capacidad, relación v/C y grado de saturación en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE	DEL SUR	DEL OESTE
	GC-02	GC-03	GC-04
Número de carriles, N	2	2	2
Flujo ajustado, v(veh/h)	1282.00	1351.00	1223.00
Flujo de saturación, S	1252.8362	1305.0742	1230.1845
Duración del ciclo, C	73.00	73.00	143.00
Tiempo de verde efectivo, g seg.	33.00	33.00	68.00
Proporción de verde, g/C	0.4521	0.4521	0.4755
Tiempo perdido puesta en marcha, l1	2.00	2.00	2.00
Tiempo perdido l2	3.00	3.00	3.00
Capacidad, c= N x S x (g/C)	1132.7012	1179.9301	1169.9657
Relación v/C, X	1.1318	1.1450	1.0453
Relación de flujo, Yc= v/S	1.0233	1.0352	0.9942
Grupo de carriles fase crítica	X	X	

Sumatoria de relaciones de flujos críticos, ΣYc	2.0585
Tiempo perdido del ciclo, L	10.0000
Grado de Saturación, $Xc = (\Sigma Yc)(C)/(c - L)$	2.3852

Tabla 98: Cálculo de la capacidad, relación v/C y grado de saturación en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR	DEL OESTE
	GC-01	GC-02
Número de carriles, N	2	2
Flujo ajustado, v(veh/h)	427.00	1003.00
Flujo de saturación, S	1359.5520	1255.2860
Duración del ciclo, C	63.00	62.00
Tiempo de verde efectivo, g seg.	28.00	28.00
Proporción de verde, g/C	0.4444	0.4516
Tiempo perdido puesta en marcha, l1	2.00	2.00
Tiempo perdido l2	3.00	2.00
Capacidad, c= N x S x (g/C)	1208.4907	1133.8067
Relación v/C, X	0.3533	0.8846
Relación de flujo, Yc= v/S	0.3141	0.7990
Grupo de carriles fase crítica		X
Sumatoria de relaciones de flujos críticos, ΣYc	0.7990	
Tiempo perdido del ciclo, L	4.00	
Grado de Saturación, $Xc = (\Sigma Yc)(C)/(c - L)$	0.8532	

8. Determinación de las demoras y el nivel de servicio.

Una vez obtenidos la capacidad y el grado de saturación, determinamos el nivel de servicio para cada intersección. Para esto, se determinó la demora de control que, según la Tabla 10, nos indica en qué nivel de servicio se encuentran las intersecciones. Las tablas que se presentan a continuación son utilizadas para el cálculo de los dos tipos de demora: d1 y d2, ya que para nuestro caso no se presentó la demora por cola inicial: d3. Las tablas 93, 94, 95, muestran el análisis de las demoras y el nivel de servicio de cada intersección.

Tabla 99: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección 01.

FACTORES	DEL NORTE	DEL SUR	DEL ESTE	DEL OESTE
	GC-02	GC-03	GC-01	GC-04
Duración del ciclo, C	72.00	72.00	122.00	124.00
Duración del análisis (h)	1	1	1	1
Periodo De Análisis (h)	0.25	0.25	0.25	0.25
Proporción de verde, g/C	0.4583	0.4583	0.4754	0.4677
Flujo ajustado, v(veh/h)	380.00	442.00	653.00	603.00
Capacidad, c	1150.6426	1246.3064	561.4046	575.3473
Relación v/c, X	0.3303	0.3546	1.0000	1.0000
Calibración de la demora incremental, k	0.5	0.5	0.5	0.5
Factor de ajuste por ingreso corriente arriba, l $l = 1.0 - 0.91X_u^{2.68}$	0.95328	0.94344	0.09000	0.09000
Demora uniforme, d1:	$d_1 = \frac{0.5C \times (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - [\min(1, X) \frac{g}{C}]}$			
	12.4465	12.6126	32.0000	33.0000
Demora incremental, d2:	$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right]$			
	2.4465	12.6126	45.5812	45.0255
demora, d= d1+d2	15.3806	15.6001	77.5812	78.0255
Nivel de servicio por grupo de carriles	B	B	E	E
Demora por acceso, Da	15.38	15.60	77.58	78.03
Nivel de servicio por acceso	B	B	E	E
tasa de flujo del acceso, Va	380.00	442.00	653.00	603.00
Demora de la intersección, dl	$d_l = \frac{\sum(d_i)(v_i)}{\sum v_i}$			
	53.1520			
Nivel de Servicio de la Intersección	E			

Tabla 100: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección 02.

FACTORES	DEL NORTE	DEL SUR	DEL OESTE
	GC-01	GC-02	GC-03
Duración del ciclo, C	73.00	73.00	143.00
Duración del análisis (h)	1	1	1
Periodo De Análisis (h)	0.25	0.25	0.25
Proporción de verde, g/C	0.4521	0.4521	0.4755
Flujo ajustado, v(veh/h)	1282.00	1351.00	1223.00
Capacidad, c	1132.7012	1179.9301	1169.9657
Relación v/c, X	1.0000	1.0000	1.0000
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por ingreso corriente arriba, l $l = 1.0 - 0.91X_u^{2.68}$	0.09000	0.09000	0.09000

Demora uniforme, d1:			
$d_1 = \frac{0.5C \times (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C} \right]}$	20.0000	20.0000	37.5000
Demora incremental, d2:			
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right]$	22.6909	22.2321	22.3266
demora, d= d1+d2	42.6909	42.2321	59.8266
Nivel de servicio por grupo de carriles	D	D	E
Demora por acceso, dA	42.6909	42.2321	59.8266
Nivel de servicio por acceso	D	D	E
tasa de flujo del acceso, Va	1282.00	1351.00	1223.00
Demora de la intersección, dI		47.9650	
$d_I = \frac{\sum(d_i)(v_i)}{\sum v_i}$			
Nivel de Servicio de la Intersección	D		

Tabla 101: Cálculo de las demoras y el nivel de servicio en la intersección 03.

FACTORES	DEL SUR GC-02	DEL OESTE GC-01
Duración del ciclo, C	63.00	62.00
Duración del análisis (h)	1	1
Periodo de Análisis (h)	0.25	0.25
Proporción de verde, g/C	0.4444	0.4516
Flujo ajustado, v(veh/h)	427.00	1003.00
Capacidad, c	1208.4907	1133.8067
Relación v/c, X	0.3533	0.8846
Calibración de la demora incremental, k	0.50	0.50
Factor de ajuste por ingreso corriente arriba, l $l = 1.0 - 0.91X_u^{2.68}$	0.94400	0.34482
Demora uniforme, d1:		
$d_1 = \frac{0.5C \times (1 - \frac{g}{C})^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C} \right]}$	11.5334	17.0000
Demora incremental, d2:		
$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8klX}{cT}} \right]$	4.3325	9.0918
demora, d= d1+d2	15.8659	26.0918
Nivel de servicio por grupo de carriles	B	C
Demora por acceso, dA	15.8659	26.0918
Nivel de servicio por acceso	B	C

tasa de flujo del acceso, V_a	427.00	1003.00
Demora de la intersección, d_I	$d_I = \frac{\sum(d_i)(v_i)}{\sum v_i}$	
	23.0383	
Nivel de Servicio de la Intersección	C	

Una vez determinados los niveles de servicio de cada intersección, se muestra la siguiente tabla, incluyendo el nivel de servicio del sistema, que será la de mayor demora

Tabla 102: Cuadro del nivel de servicio en las intersecciones y del sistema.

INTERSECCIÓN	Nivel de servicio
Intersección 01: Los Sauces – Prol. Revilla Perez	E
Intersección 02: Los Sauces – Av. Hoyos Rubio	D
Intersección 03: Jr. Manuel Seoane – Jr. Ayacucho	C
INTERSECCION DEL SISTEMA	D

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE DATOS

4.1. NIVELES DE SERVICIO

✓ Tramos de las vías analizadas

En la siguiente tabla, tenemos que el tramo V, ubicada entre la Jr. Ayacucho y Av. Vía de Evitamiento Norte, es la de mayor longitud, 324.17 m, y el menor, tramo II, ubicado entre Prol. Revilla Perez y Av. Hoyos Rubio, con una longitud de 131.83 m.

Tabla 103: Cuadro de resumen de tramos y longitudes.

Tramo	Desde	Hasta	Longitud del Tramo
I	Prol. Tayabamba	Prol. Revilla Perez	145.86 m
II	Prol. Revilla Perez	Av Hoyos Rubio	131.83 m
III	Av. Hoyos Rubio	Jr. Guillermo Urrelo	222.31 m
IV	Jr. Guillermo Urrelo	Jr. Ayacucho	296.08 m
V	Jr. Ayacucho	Av. Vía de Evitamiento Norte	324.17 m

✓ Análisis del conteo vehicular

La siguiente tabla presenta el aforo vehicular realizado en la investigación:

Tabla 104: Cuadro resumen conteo vehicular por segmentos.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO							TOTAL
	I-IDA	I-REG	II-IDA	II-REG	III	IV	V	
Lunes	12661.00	6272.00	5882.00	12074.00	9571.00	9819.00	10454.00	66733.00
Martes	12758.00	6157.00	5837.00	11888.00	9035.00	9620.00	10105.00	65400.00
Miércoles	11292.00	5707.00	5333.00	10969.00	8701.00	9509.00	9903.00	61414.00
Jueves	10977.00	5816.00	5312.00	11157.00	8867.00	9217.00	9384.00	60730.00
Viernes	10966.00	5573.00	5247.00	10948.00	8398.00	8965.00	9142.00	59239.00
Sábado	10901.00	5625.00	5158.00	10802.00	8369.00	8865.00	9026.00	58746.00
Domingo	9212.00	4729.00	4146.00	6883.00	4461.00	4603.00	4724.00	38758.00

Del conteo realizado, se observa que la mayor concentración de vehículos es el lunes en el tramo I - Ida del Jr. Los Sauces, entre la Prol. Revilla Perez y Prol. Tayabamba, con un total de 12661.00 veh/día. También se determinó que la hora pico es 1163 veh/h. entre las horas: 07.30hrs – 08.30hrs.

Tabla 105: Cuadro resumen conteo vehicular por tipo de vehículo, lunes 25 de abril 2022.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	91.00	57.00	46.00	97.00	100.00	101.00	54.00
Moto Lineal	1507.00	576.00	516.00	1459.00	896.00	973.00	1056.00
Mototaxi	7087.00	2962.00	2812.00	6872.00	5509.00	5659.00	5668.00
Auto	2005.00	1357.00	1285.00	1799.00	1689.00	1770.00	1840.00
Camionetas	1309.00	637.00	546.00	1199.00	1076.00	1131.00	1238.00
Buses/Coaster	496.00	588.00	581.00	485.00	155.00	44.00	313.00
Camión	166.00	95.00	96.00	163.00	146.00	141.00	285.00
Total	12661.00	6272.00	5882.00	12074.00	9571.00	9819.00	10454.00

Tabla 106: Cuadro resumen de porcentajes de participación, tipo de vehículo, lunes 25 de abril.

Tipo de Vehículo	SEGMENTO						
	I- IDA	I- REG	II- IDA	II- REG	III	IV	V
Bicicletas	0.72%	0.91%	0.78%	0.80%	1.04%	1.03%	0.52%
Moto Lineal	11.90%	9.18%	8.77%	12.08%	9.36%	9.91%	10.10%
Mototaxi	55.98%	47.23%	47.81%	56.92%	57.56%	57.63%	54.22%
Auto	15.84%	21.64%	21.85%	14.90%	17.65%	18.03%	17.60%
Camionetas	10.34%	10.16%	9.28%	9.93%	11.24%	11.52%	11.84%
Buses/Coaster	3.92%	9.38%	9.88%	4.02%	1.62%	0.45%	2.99%
Camión	1.31%	1.51%	1.63%	1.35%	1.53%	1.44%	2.73%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Del cuadro anterior se puede observar que los vehículos predominantes son mototaxis, autos (taxis y/o particulares) y camionetas, siendo las mototaxis las principales causantes del congestionamiento.

- ✓ De acuerdo con los aforos vehiculares realizados en el Jr. Los Sauces – Manuel Seoane se concluyó que la hora de máxima demanda vehicular, varía de acuerdo con el tramo analizado. Se tienen los siguientes periodos:

Tramo I - Ida:	07:30hrs – 08:30hrs
Tramo I - Regreso:	07.15hrs – 08:15hrs
Tramo II – Ida:	07:15hrs – 08:15hrs
Tramo II – Regreso:	07:30hrs – 08:30hrs
Tramo III:	13:15hrs – 14:15hrs
Tramo IV:	13:00hrs – 14:00hrs
Tramo V:	13:15hrs – 14:15hrs

✓ **Cálculo del nivel de servicio de cada tramo**

El nivel de servicio se determinó para una dirección de viaje (unidireccional o bidireccional) a lo largo de los segmentos en estudio, se siguió el siguiente procedimiento como ejemplo para el tramo I – Ida.

Tabla 107: Cuadro resumen del cálculo del nivel de servicio para el tramo I-Ida.

Pasos de Análisis	Factores	Resultado	
	Velocidad de Flujo Libre Base (S_{f0}) ec. 08	22.61	
A) Determinar la Vel. de Flujo Libre	Factor de Ajuste por Espaciamiento de señales (f_L) ec. 13	0.989	
	Velocidad de Flujo Libre (S_f) ec. 14	22.37	
B) Cálculo del Factor de Ajuste por Proximidad	Factor de ajuste por Proximidad entre vehículos (f_V) ec.15	1.412	
	Demora debido a giros a la derecha ($d_{ap,r}$) ec. 16	0.1087	
C) Cálculo de la Demora Debido a Giros	Demora debido a giros a la izquierda ($d_{ap,i}$) tabla 9	0.9456	
	Demora debido a giros (d_{ap}) ec. dap	1.0543	
	c.1. Estimar demora debido a otras fuentes	Demora debido a giros a otras fuentes (d_{other})	0.00
D) Cálculo del Tiempo de Movimiento en el Segmento	Tiempo de Movimiento en el Segmento (t_R) ec. 28	21.640	
E) Determinar el Tiempo de Propagación Vehicular	Tiempo de Propagación Vehicular (d_t) ec. 29	8.39	
F) Determinar la Velocidad de Viaje	Velocidad de Viaje ($S_{T.seg}$) ec. 30	10.864	
	$N.S(\%) = \frac{S_T}{S_{f0}} \times 100$ ec. 31	48.05%	
G) Determinar el Nivel de Servicio	Nivel de Servicio	D	

De lo anterior (Tabla 107), la Velocidad de viaje en el segmento (10.864 mi/h) representa el 48.05% de la velocidad de flujo libre base (22.61 mi/h), por lo que al ingresar a la Tabla 5, podemos afirmar que el nivel de servicio del segmento analizado es D, la vía tiene una condición menos estable pero con pequeños aumentos en el flujo pueden causar demoras significativas y disminución de la velocidad de viaje. Este es ocasionado por programación inadecuada en los semáforos o volumen de tráfico alto. Cabe mencionar que este tramo su tiempo de viaje promedio para los vehículos que transitan por este segmento es de

15.87s un tiempo no aceptable para las condiciones geométricas y de ubicación del segmento.

✓ **Tiempo de demora en cada tramo**

Se obtuvo un tiempo de viaje para cada tramo.

Tabla 108: Tiempo de viaje para cada tramo.

Tramo	M. 1 seg	M. 2 seg	M. 3 seg	M. Prom. seg
T1 – IDA	15.4	15.4	16.8	15.87
T1- R	18.72	17.6	19.02	18.45
T2 – IDA	15.45	16.63	16.4	16.16
T2 – R	17.82	17.5	16.8	17.37
T3	16.03	16.82	16.51	16.45
T4	18.88	18.63	18.76	18.76
T5	16.48	16.62	16.55	16.55

✓ **Intersecciones semaforizadas**

De las tablas, se observa que el porcentaje de mototaxis en todas las intersecciones es mayor y el porcentaje de vehículos pesados en la intersección 03 es mayor que en otras intersecciones:

Tabla 109: Cuadro resumen del porcentaje de participación vehicular – Inters. 01.

Tipo Veh.	Bicicletas	Moto Lineal	Mototaxi	Auto	Camionet	Bus	Camión	Total
Inter. 01	20	380	1245	519	445	43	33	2685
% Partic.	0.74%	14.15%	46.37%	19.33%	16.57%	1.59%	1.24%	100.00%

Tabla 110: Cuadro resumen del porcentaje de participación vehicular – Inters. 02.

Tipo Veh.	Bicicletas	Moto Lineal	Mototaxi	Auto	Camionet	Bus	Camión	Total
Inter. 01	22	569	1593	578	312	32	27	3134
% Partic.	0.70%	18.16%	50.83%	18.44%	9.96%	1.03%	0.88%	100.00%

Tabla 111: Cuadro resumen del porcentaje de participación vehicular – Inters. 03.

Tipo Veh.	Bicicletas	Moto Lineal	Mototaxi	Auto	Camionet	Bus	Camión	Total
Inter. 01	10	115	1043	439	251	70	55	1983
% Partic.	0.50%	5.80%	52.59%	22.13%	12.65%	3.53%	2.79%	100.00%

El nivel de servicio de las intersecciones se presenta en el siguiente cuadro

Tabla 112: Cuadro resumen cálculo del nivel de servicio en las intersecciones y del sistema.

INTERSECCIÓN	Nivel de servicio
Intersección 01: Los Sauces – Prol. Revilla Perez	E
Intersección 02: Los Sauces – Av. Hoyos Rubio	D
Intersección 03: Jr. Manuel Seoane – Jr. Ayacucho	C
INTERSECCIÓN DEL SISTEMA	D

✓ **Alternativa de solución**

- Restringir el estacionamiento en las calles en horarios con mayor afluencia de tráfico vehicular, lo que significaría un aumento del espacio para la circulación y por tanto la reducción en la saturación vehicular durante la hora punta.
- Optimizar el tiempo del ciclo del semáforo existente, pero con un estudio a gran escala de todas las calles que confluyan a la calle estudiada.

✓ **Determinación del Nivel de Servicio**

Se elaboró un cuadro resumen tomando en cuenta los resultados obtenidos los cálculos en el apartado 3.6.1 de los niveles de servicio del Jirón Los Sauces – Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte que comprende 05 tramos.

Tabla 113: Resumen datos obtenidos para cada tramo.

	T. I – Ida	T. I – R.	T. II – Ida	T. II – R	T. III	T. IV	T. V
Sfo (mi/h)	22.61	18.93	19.34	23.35	27.61	32.89	39.07
Sf	22.37	19.42	19.76	22.84	26.72	31.41	36.47
tR(seg)	21.6401	18.6417	22.3090	25.9515	20.1673	22.7404	23.8701
dT (s/veh)	8.39	9.35	8.23	9.17	16.60	18.93	16.77
ST	10.86	11.66	9.66	8.40	13.53	15.89	17.84
%	48.05	61.57	49.93	35.96	48.98	48.33	45.67
Nivel de Serv.	D	C	D	E	D	D	D

Nivel de Servicio del sistema es “D” tiene una condición menos estable en la que pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos sustanciales en la demora y disminuciones en la velocidad de viaje. Esta operación puede ser debido a volumen alto o programación inapropiada de los semáforos en la

intersección límite. La velocidad de viaje se encuentra entre 40% y 50% de la velocidad de flujo libre base.

Discusión Comparativa De Los Resultados

- Del levantamiento topográfico se tienen pendientes en los accesos variables, que van desde -2.30% hasta -0.47% mientras que según Llanos 2018 indicó que en su intersección 01 su pendiente va desde -4.82% hasta 6.65% .
- Del conteo realizado se obtuvo que el tramo II-Regreso tiene 1199 veh/h mientras que Alcántara (2018) indica que es de 1240 veh/h para el segmento II.
- Según los resultados se observó que el porcentaje de incidencia en mototaxis es de 57.56% en el tramo III, mientras que Alcántara (2018) tiene 53.97% para vehículos L5 (veh. de 3 ruedas simétricas al eje longitudinal al vehículo).
- Se determinaron los valores de la velocidad de flujo libre tomada en campo teniendo como máximo 39.07mi/h en el tramo V, mientras que Alcántara (2018) encontró un valor de 41.15mi/h para su tramo II.
- El nivel de servicio del sistema fue D, con una capacidad de 1224 veh/h en el tramo I – Ida, pero Alcántara (2018) determinó que su nivel de servicio fue E, con 1600 veh/h.
- Se determinó para la intersección 01 la demora máxima fue de 53.15 seg/veh. Y que su nivel de servicio fue E, mientras que Vera (2021), encontró en su intersección tuvo 33 seg/veh como demora general y un nivel de servicio C.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento topográfico del Jr. Los Sauces – Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Av. Vía de Evitamiento Norte, encontrando una pendiente longitudinal máxima de -1.91% y mínima de 0.47%.
- El IMD para el tramo de mayor concentración (Tramo I) vehicular es de 2704 veh./h.
- Según los datos obtenidos se concluyó que las capacidades para cada tramo son:
 - Capacidad TI – Ida: 1224 veh/h
 - Capacidad TI – Regreso: 676 veh/h
 - Capacidad TII – Ida: 812 veh/h
 - Capacidad TII – Regreso: 1288 veh/h
 - Capacidad T III: 1124 veh/h
 - Capacidad T IV: 1116 veh/h
 - Capacidad T V: 1192 veh/h
- Se determinó el tiempo de demora en cada tramo.

Tabla 114: Tiempos de demora en cada tramo.

TRAMO	TIEMPO (Seg)
T.I -IDA	15.87
T.I - R	18.45
T. II -IDA	16.16
T. II - R	17.37
T. III	16.45
T. IV	18.76
T. V	16.55

- Se logró modelar la vía analizada mediante el software PTV VISSIM 21 (versión estudiantil) obteniendo un valor de nivel de servicio de los nodos (intersecciones) de “D”. Tabla 115

- La mejor alternativa de solución es restringir el estacionamiento vehicular donde tengan menor longitud o donde las colas de espera se desborden, durante el periodo de máxima demanda.
- Se determinó el nivel de servicio del Jirón Los Sauces – Manuel Seoane entre la Prolongación Tayabamba hasta la Avenida Vía de Evitamiento Norte según el HCM 2010 siendo el Nivel de Servicio “D” nivel de servicio del sistema.

CONTRASTACIÓN CON LA HIPOTESIS

- Según la hipótesis planteada, se concluyó que es verdadera; ya que; los resultados muestran que la vía en estudio y las 03 intersecciones semaforizadas, según la metodología utilizada del HCM 2010 y con el modelamiento con PTV VISSIM 21, presentan un nivel de servicio D.

Tabla 115: Resumen de los Resultados obtenidos en el Jirón Manuel Seoane.

RESULTADOS SIMULACION EN JIRON LOS SAUCES – MANUEL SEOANE - RESULTADOS EN INTERSECCIONES (NODOS)

Desde	A	Long. Cola	Long. Cola Max.	Cant. Veh.	Nivel de Servicio	Demora de Veh.	Retraso por Demoras	STOPS(ALL)
2: Jr Los Sauces I - R	1: Jr Los Sauces II - R	63.73	125.53	43.00	LOS_F	118.66	87.25	4.40
2: Jr Los Sauces I - R	13: Prol. R.P N	63.73	125.53	2.00	LOS_F	161.89	120.60	4.00
2: Jr Los Sauces I - R	15: Revilla Perez	63.73	125.53	2.00	LOS_E	64.50	43.27	2.50
3: Jr Los Sauces II - Ida	4: Jr Los Sauces I - Ida	69.42	138.29	120.00	LOS_C	34.29	26.84	0.78
12: Prol. R.P N	15: Revilla Perez	19.94	49.44	138.00	LOS_C	31.58	17.47	1.58
14: Prol 2 Mayo S	1: Jr Los Sauces II - R	45.65	72.60	46.00	LOS_E	79.91	58.18	2.11
14: Prol 2 Mayo S	4: Jr Los Sauces I - Ida	45.65	72.60	16.00	LOS_F	177.69	141.51	7.06
Interseccion 01		49.69	138.29	410.00	LOS_D	52.76	37.74	1.82
1: Jr Los Sauces II - R	5: Jr Manuel Seoane III	47.23	135.70	106.00	LOS_C	27.46	22.36	0.49
9: Av. Hoyos Rubio N	3: Jr Los Sauces II - Ida	46.85	74.89	18.00	LOS_F	94.67	79.71	1.78
9: Av. Hoyos Rubio N	5: Jr Manuel Seoane III	46.85	74.89	19.00	LOS_E	58.53	50.82	0.74
9: Av. Hoyos Rubio N	11: Av. Hoyos Rubio S	46.85	74.89	38.00	LOS_E	55.18	46.85	0.79
10: Av. Hoyos Rubio S	3: Jr Los Sauces II - Ida	59.92	90.45	22.00	LOS_F	108.76	90.74	2.05
10: Av. Hoyos Rubio S	5: Jr Manuel Seoane III	59.92	90.45	8.00	LOS_E	55.69	46.43	1.00
10: Av. Hoyos Rubio S	8: Av. Hoyos Rubio N	59.92	90.45	55.00	LOS_E	70.54	59.33	1.29
Interseccion 02		51.33	135.70	316.00	LOS_D	50.48	42.21	0.88
6: Jr Manuel Seoane IV	7: Jr. Manuel Seoane V	155.67	371.40	246.00	LOS_C	27.12	18.22	1.04
6: Jr Manuel Seoane IV	16: Jr Ayaccho S	155.67	371.40	90.00	LOS_C	30.05	20.82	1.11
16: Jr Ayaccho S	7: Jr. Manuel Seoane V	6.14	27.44	61.00	LOS_A	8.93	4.47	0.39
16: Jr Ayaccho S	16: Jr Ayaccho S	6.14	27.44	99.00	LOS_A	9.51	4.98	0.38
Interseccion 03		80.91	371.40	496.00	LOS_C	21.90	14.36	0.84

RECOMENDACIONES

- Sincronizar los ciclos semafóricos para optimizar los tiempos de espera.
- Realizar una investigación a mayor escala en las principales vías de la ciudad de Cajamarca, para determinar las condiciones actuales de serviciabilidad para poder plantear mejoras o alternativas de solución para la problemática que existe en la ciudad.
- Se recomienda restringir el estacionamiento vehicular en la zona estudiada en los periodos donde haya mayor afluencia de vehículos.
- Se recomienda que la entidad competente realice un estudio de tránsito en las zonas más críticas de la ciudad de Cajamarca donde se presentan las mayores congestiones vehiculares, para así poder tener un claro panorama de la problemática para poder implementar alternativas de solución para el congestionamiento.

REFERENCIAS

- Alcántara Quispe, M. d. (2018). *Análisis del Nivel de Servicio y Capacidad Vehicular de la Avenida San Martín de Porres, Ubicada entre la Avenida Atahualpa y la Avenida Argentina, Aplicando la Metodología del HCM 2000*. CAJAMARCA.
- Bañón Blásquez, L., & Beviá García, J. F. (2007). *Manual De Carreteras*.
- Departaments Of Transportation. (2011). Congestion Index Report. KANSAS, ESTADOS UNIDOS.
- HCM. (1985). *MANUAL DE CAPACIDAD VIAL*. Querétaro.
- HCM. (s.f.). *HIGHWAY CAPACITY MANUAL, 2010*.
- ICG. (2005). Manual De Diseño Geometrico De Vias Urbanas - 2005 - VCHI. Lima, Lima, Peru. Obtenido de WWW.VCHISA.COM.PE: <https://es.slideshare.net/soyeralex/manual-de-diseo-geometrico-de-vias-urbanasvchi-70434029>
- JOSE VERA, J. L.-H. (2021). Análisis del Nivel de Servicio en la Intersección de las Avenidas Manabí y América, Portoviejo, Ecuador. *RIEMAT*, 12.
- Llanos Rimarachin, J. M. (2018). *Análisis del Nivel de Servicio de las Intersecciones Semaforizadas con Mayor Afluencia de la Av. Hoyos Rubio*. CAJAMARCA.
- Llanos Sangay, H. (2018). *Análisis del Nivel de Serviabilidad del Jirón Amalia Puga, de la ciudad de Cajamarca, 2018*. CAJAMARCA.
- LUIS OSCAR TICONA MAMANI, J. U. (2020). *Determinación del Nivel de Servicio en tres Tramos de la Avenida Municipal, del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa para Mejorar el Servicio Vial - 2018*. TACNA.
- Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas*. (2005). LIMA.
- Matías León, J. C. (2018). Curso de Maestría: Ingeniería del Tránsito. LIMA.
- Ministerio De Transporte Y Comunicaciones. (07 de OCTUBRE de 2003). REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS.
- MTC. (2003). *Reglamento Nacional de Vehiculos*. Lima: El Peruano.
- NEYRA, R. D. (2016). *Análisis del Nivel de Servicio de las Intersecciones Semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y Modelado con Synchro 8.0- Jaen – 2016*. JAEN.
- PÁJARO ZAPARDIEL, A. M., & QUEZADA NARVÁEZ, R. A. (2012). *Modelación del Tránsito Vehicular en el Sector Bomba el Amparo - Sao La Plazuela, Cartagena por Medio del Software PTV VISSIM*. CARTAGENA.

- PASQUALI, M. (20 de MAYO de 2021). *Statista*. Obtenido de ¿QUÉ CIUDADES LATINOAMERICANAS TIENEN MÁS CONGESTIÓN VEHICULAR?: <https://es.statista.com/grafico/17001/las-ciudades-de-america-latina-con-mas-embotellamientos/>
- Rafael, C., Mayor, R., & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
- SABANDO SANTIBAÑEZ, I. (2017). *Determinación del Nivel de Servicio en Calles Urbanas*. VALPARAISO.
- SALAZAR SOLANO, C. (2018). *Análisis por Micro Simulación de la Intersección entre la Av. Brasil y el Jr. General Borgoño empleando VISSIM 8*. LIMA.
- TRAFFIC, I. (TOMTOM). *TRAFFIC INDEX 2020*.

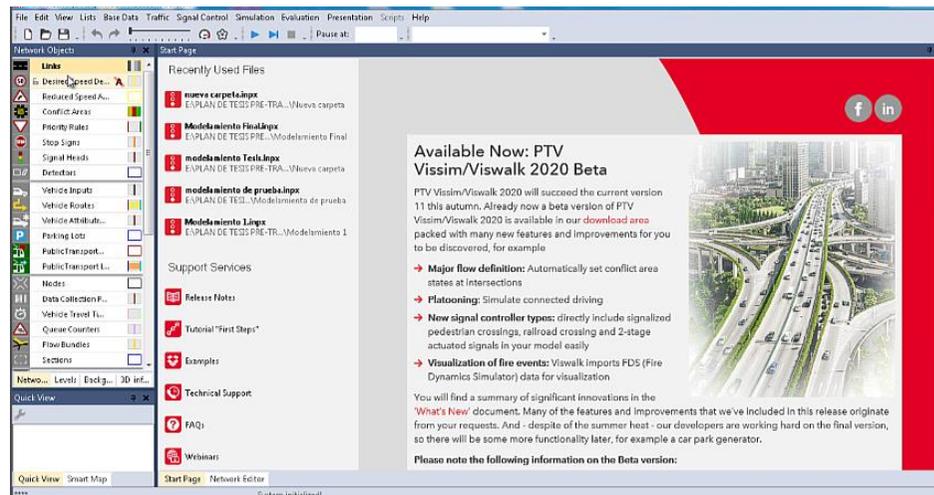
ANEXOS

CAPÍTULO VI. MODELAMIENTO DE LA VIA EN ESTUDIO

6.1. MODELAMIENTO EN PTV VISSIM V21.0

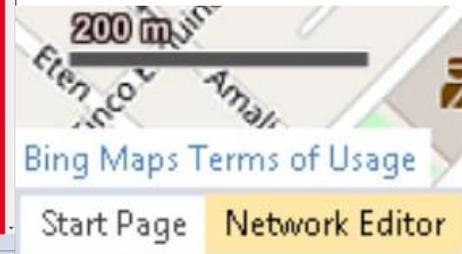
Se procederá al modelamiento mediante el software, el cual nos ayudará a tener una mejor visualización de la problemática que existe. Se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

6.1.1. Luego de abrir el PTV VISSIM 21, nos aparecerá la siguiente



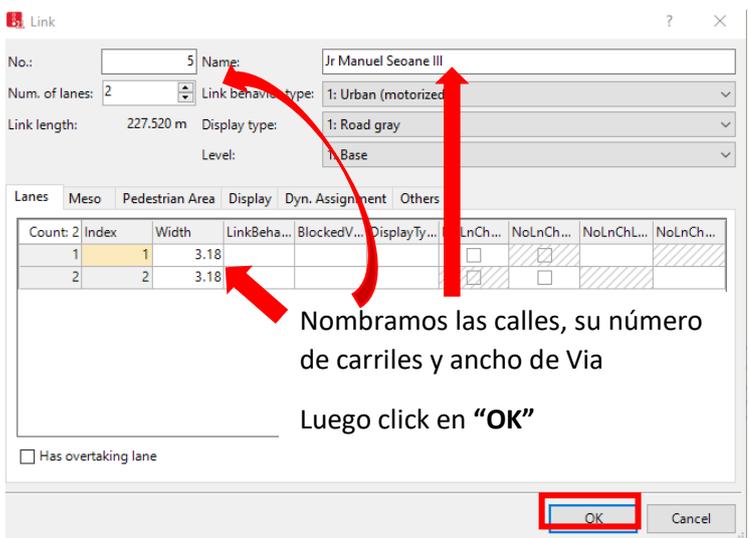
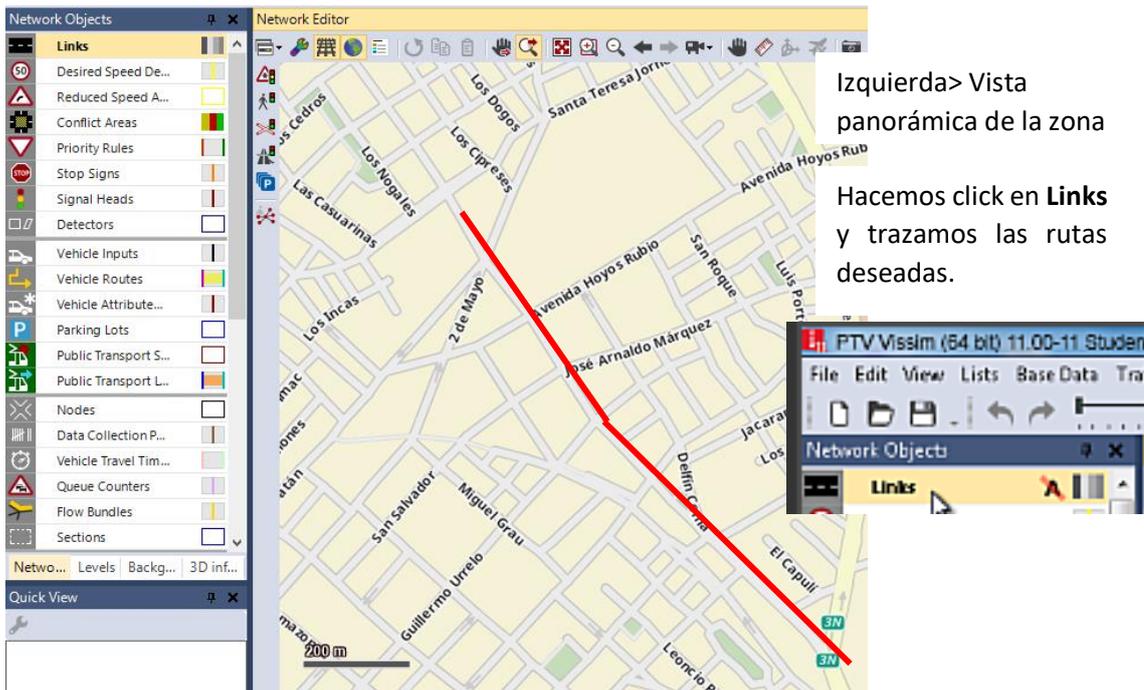
A la derecha: Pantalla de inicio de PTV Vissim 21.0

Abajo: Opción a escoger para empezar el modelamiento.



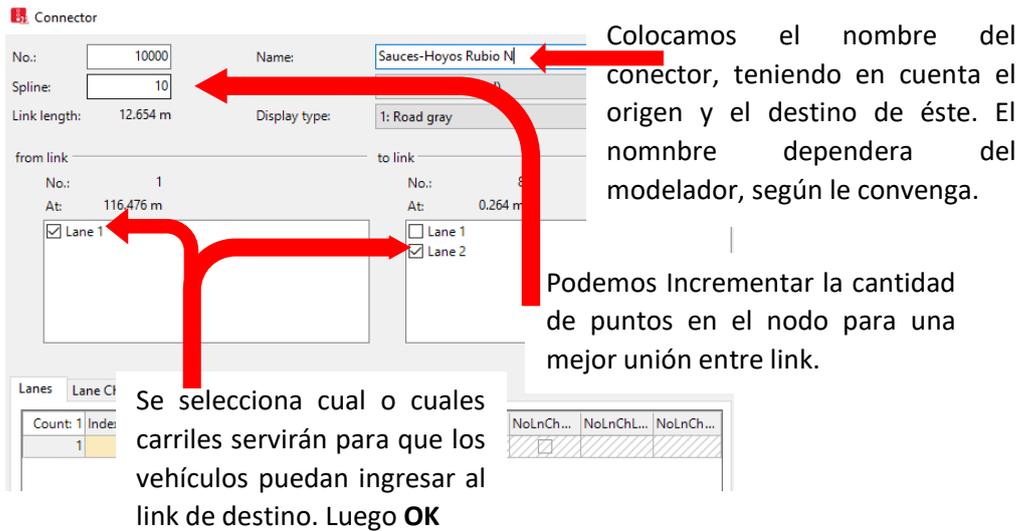
6.1.2. Seleccionar la pestaña “Newtwork Editor”, y ubicamos en el mapa la zona a modelar. “Jr. Los Sauces - Manuel Seoane entre la Prol. Tayabamba y Av. Vía de Evitamiento Norte”

- Hacemos click en Links, dibujamos las rutas y nombramos la calle.



6.1.3. Luego dibujamos los conectores que unirán las calles dibujadas anteriormente. Haciendo click derecho en la parte final del link de origen y se resaltará de color negro y arrastramos hasta el link de destino. Luego se nos abrirá el siguiente cuadro de dialogo.



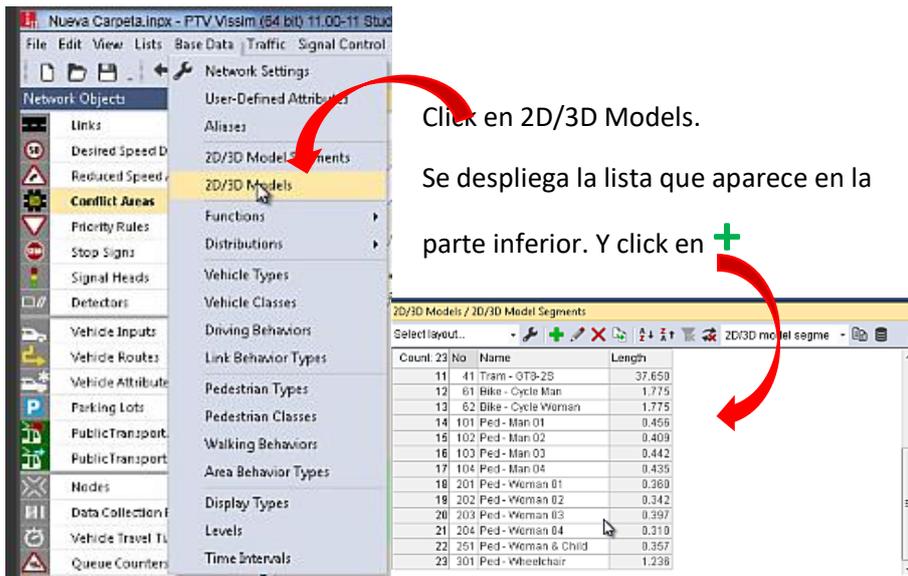


6.1.4. Luego verificamos las áreas de conflicto “Conflict Areas”, para dar las prioridades de paso (verde) o stop (rojo) a la calle que deseemos.



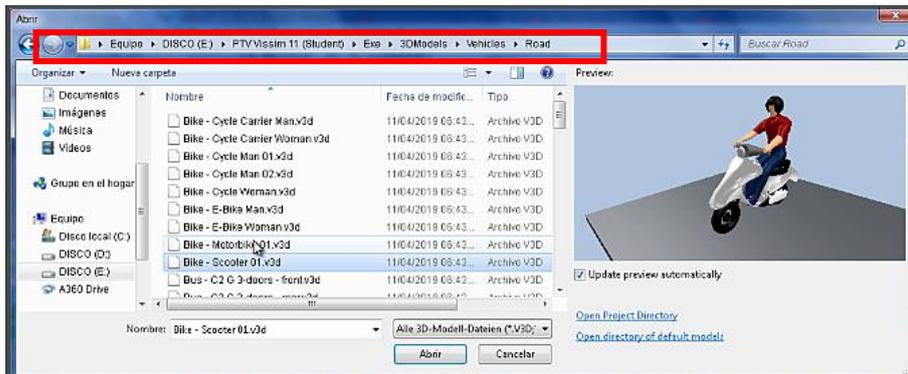
6.1.5. Como PTV Vissim solo tiene ingresado vehículos comunes como autos, buses, camiones, peatones, se tendrá que añadir vehículos especiales tales como moto lineal, moto taxi y camioneta.

- Click en "Base Data" → "2D/3D Models" →

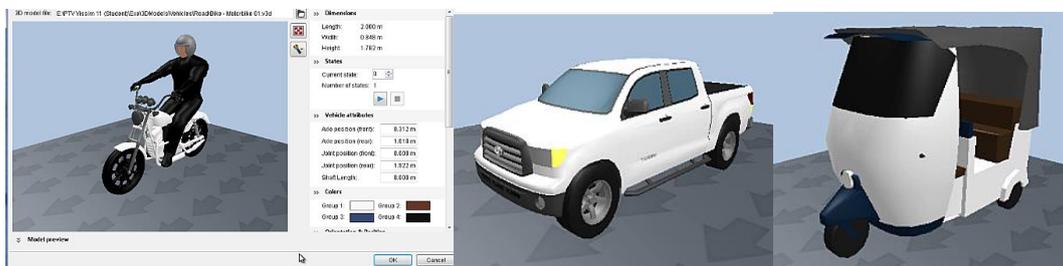


- Aparece el siguiente cuadro de dialogo.

C:\Program Files\PTV Vision\PTV Vissim 2021 (Student)\Exe\3DModels\
Vehicles\Road.



Buscamos la ruta de los vehículos especiales y seleccionamos el que más se adapte a nuestra realidad y clicl en "Abrir". Luego se abre la ventana que muestra el modelo escogido.



Count: 26	No	Name	Length
12	61	Bike - Cycle Man	1.775
13	62	Bike - Cycle Woman	1.775
14	101	Ped - Man 01	0.455
15	102	Ped - Man 02	0.409
16	103	Ped - Man 03	0.442
17	104	Ped - Man 04	0.435
18	201	Ped - Woman 01	0.360
19	202	Ped - Woman 02	0.342
20	203	Ped - Woman 03	0.397
21	204	Ped - Woman 04	0.310
22	251	Ped - Woman & Child	0.357
23	301	Ped - Wheelchair	1.238
24	302	Moto Lineal	2.000
25	303		2.285
26	304		4.941

Agregamos los nombres en cada espacio designado a cada vehiculo.

Moto taxi
Camioneta
Ciclista

- Click en "Base Data" → "Distributions" → "2D/3D Model", se abre la tabla.



2D/3D Model Distributions / Elements

Select layout... [Icons] Elements [Icons]

Count: 13	No	Name
1	10	Car
2	20	HGV
3	30	Bus
4	40	Tram
5	61	Bike Man
6	62	Bike Woman
7	100	Man
8	200	Woman
9	250	Woman & Child
10	300	Wheelchair
11	310	Moto Lineal
12	320	
13	330	

Count	Share	Model2D3D
1	0.100	302: Moto Lineal

Click en +, y nombramos con el tipo de vehículo y su modelo

- Click en “Base Data” → “Vehicle Type”, se despliega la tabla siguiente.

Count	No	Name	Category
1	100	Car	Car
2	200	HGV	HGV
3	300	Bus	Bus
4	400	Tram	Tram
5	510	Man	Pedestrian
6	520	Woman	Pedestrian
7	610	Bike Man	Bike
8	620	Bike Woman	Bike

Click en +, y se despliega el siguiente cuadro y llenamos según correspond a y Click en “OK”

- Click en “Base Data” → “Vehicle Classes”, se despliega la tabla (inferior).

Count	No	Name	VehTypes	UseVehTypeColor
1	10	Car	100	<input checked="" type="checkbox"/>
2	20	HGV	200	<input checked="" type="checkbox"/>
3	30	Bus	300	<input checked="" type="checkbox"/>
4	40	Tram	400	<input checked="" type="checkbox"/>
5	50	Pedestrian	510,520	<input checked="" type="checkbox"/>
6	60	Bike	610,620	<input checked="" type="checkbox"/>
7	70	Ciclista	630	<input checked="" type="checkbox"/>
8	80	Moto Lin...	640	<input checked="" type="checkbox"/>
9	90	Mototaxi	650	<input checked="" type="checkbox"/>
10	100	Camioneta	660	<input checked="" type="checkbox"/>

Click en +, y se una celda vacía, llenamos según corresponda.

Llenamos “Veh/Types” con la codificación debida. Y guardamos

Una vez agregados los vehículos especiales continuamos con el procedimiento para el modelado.

6.1.6. Luego hacemos click “Traffic”→ “Vehicle Compositions”. Se despliega, en la parte inferior, vacía la cual consta de dos partes. Que deberemos llenar de la siguiente manera.

En este panel, hacemos click en + y nombramos las rutas, calles o links para una mejor identificación.

Count	No	Name
1	1	Los Sauces I-Ida
2	2	Los Sauces I-Retor...
3	3	Los Sauces II-Ida
4	4	Los Sauces II-Reto...
5	5	Manuel Seoane III
6	6	Manuel Seoane IV
7	7	Manuel Seoane V

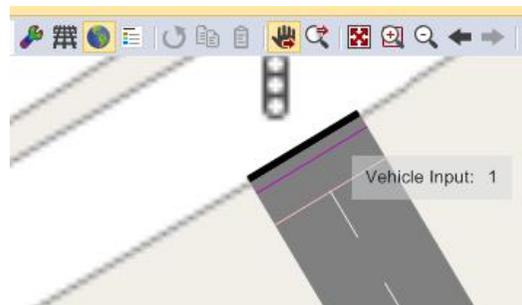
En este panel, hacemos click en + y añadiremos los tipos de vehículos que se encontraron en la calle real. Estos vehículos fueron cargados anteriormente en el paso 4-5

Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	60: 60 km/h	1.000
2	300: Bus	25: 25 km/h	1.000
3	630: Ciclista	5: km/h	1.000
4	640: Moto L...	30: 0 km/h	1.000
5	650: Moto...	40: 0 km/h	1.000
6	660: Moto...	40: 0 km/h	1.000

Luego ingresamos las velocidades de cada vehículo con la que recorrerá la ruta.

Introducimos el volumen vehicular por tipo de vehículo según el aforo realizado en campo. En porcentaje.

- Luego, ya teniendo nuestros links dibujados, nuestras áreas de conflicto y prioridades de pase determinadas, tipos de vehículos, hacemos click en “Vehicle Inputs”, y con click derecho en el link seleccionado nos aparecerá una línea negra para indicarnos el inicio de la “salida de vehículos” y un panel en la parte inferior.

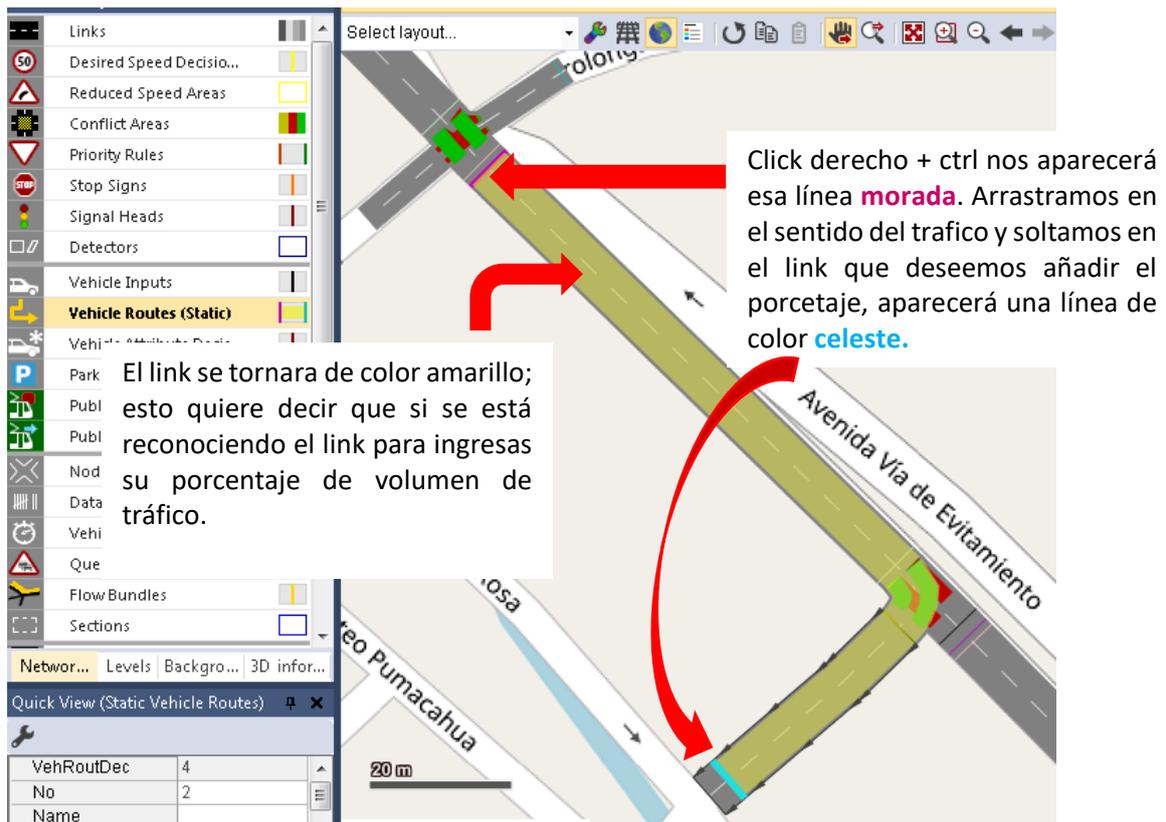


Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval

Count	No	Name	Link	Volume(0)	VehComp(0)
1	1		4: Jr Los Sauces I - Ida	787.0	1: Los Sauces I-Ida
2	2		2: Jr Los Sauces I - R	539.0	2: Los Sauces I-Retorno
3	3		1: Jr Los Sauces II - R	157.0	4: Los Sauces II-Retorno
4	4		3: Jr Los Sauces II - Ida	681.0	3: Los Sauces II-Ida
5	5		5: Jr Manuel Seoane III	910.0	5: Manuel Seoane III
6	6		6: Jr Manuel Seoane IV		
7	7				

Nombramos la calle
 Colocamos el Volumen de Hora Punta
 Seleccionamos la composición vehicular para cada link

6.1.7. Proseguimos haciendo click en la opción “**Vehicle Routes (Static)**”. En este paso indicaremos los porcentajes de vehículos que van en cierta dirección, para el estudio se consideró 4 sentidos o direcciones (Del Norte, del Sur, del Este y del Oeste, para fines prácticos).



Cuando se desea ingresar otra dirección solo nos acercaremos al link amarillo y se visualizara la otra opción de dirección deseada.

6.1.8. Luego se abre el panel inferior y se visualizará los links



La marca de color rojiza representa el tramo a intervenir, las líneas amarillas las posibles rutas de viaje y las marcas celestes el destino.

En el dibujo inferior, en el panel izquierdo está el tramo a intervenir y en el derecho los posibles viajes

Colocamos los porcentajes que van en cada sentido (0.30-0.70, por ejemplo)

Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMath	Count	VehRoutDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0)
2: Jr Los Sauces I - R	0.642	<input checked="" type="checkbox"/>		Static	1	1	1			1: Jr Los Sauces II - R	114.860	1.000
3: Jr Los Sauces II - I...	0.918	<input checked="" type="checkbox"/>		Static	2	1	2			13: Prol. R.P N	40.405	1.000
1: Jr Los Sauces II - R	3.810	<input checked="" type="checkbox"/>		Static	3	1	3			15: Revilla Perez	53.501	1.000

6.1.9. Para colocar los semáforos correspondientes, hacemos click en **“Signal Control”** → **“Signal Controllers”**, se despliega una tabla vacía, la cual iremos añadiendo semáforos haciendo click en **+**. Se abrirá a siguiente ventana.

Signal Controller

No.: Name:

Type: **Fixed Time**

Cycle Time

Fixed: Offset:

variable

Controller configuration | **Signal Times Table Config.** | SC Deter

Edit Signal Control

VISSIG supply file:

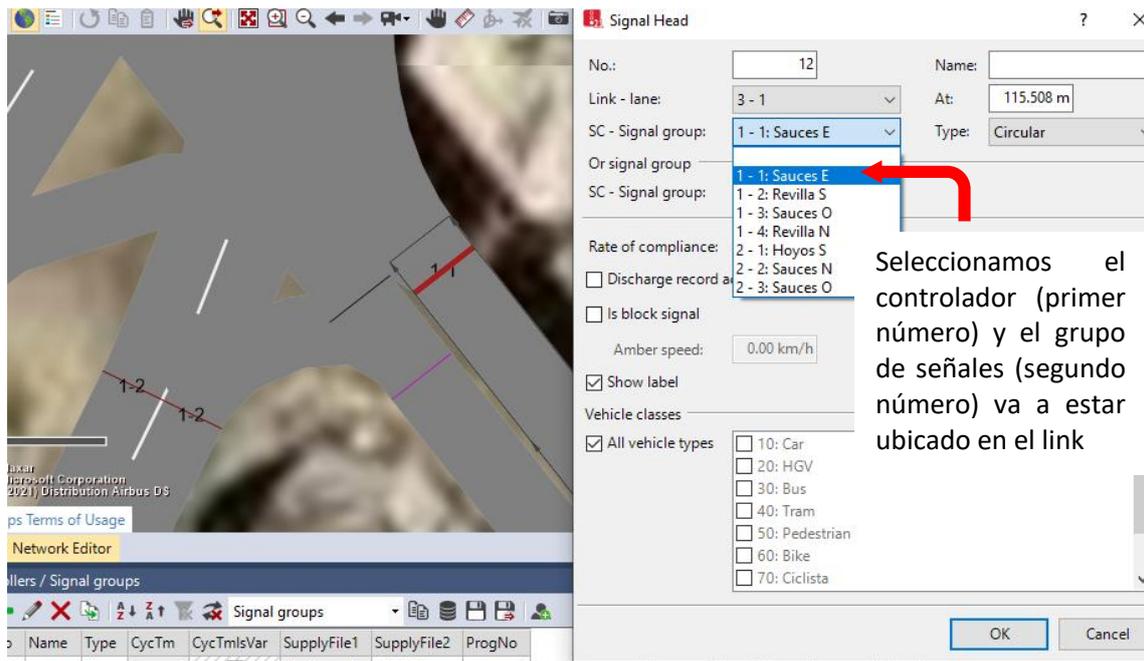
Controller parameters

Program no.:

Seleccionamos el tipo de controlador semafórico, para nuestro caso es del tipo **“tiempo fijo”**.

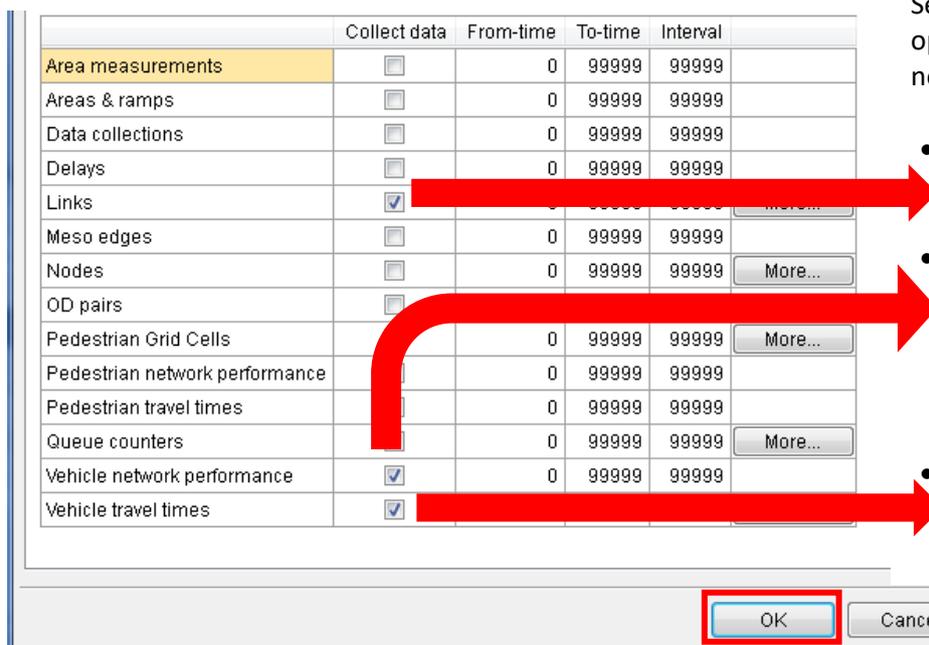
Luego editamos la señal de control **“Edit Signal Control”**. Y continuamos con la siguiente ventana

- Luego ubicamos las cabezas semafóricas en los links o calles que necesitamos



- Luego de haber ubicado todos los semáforos existentes, continuamos configurando.

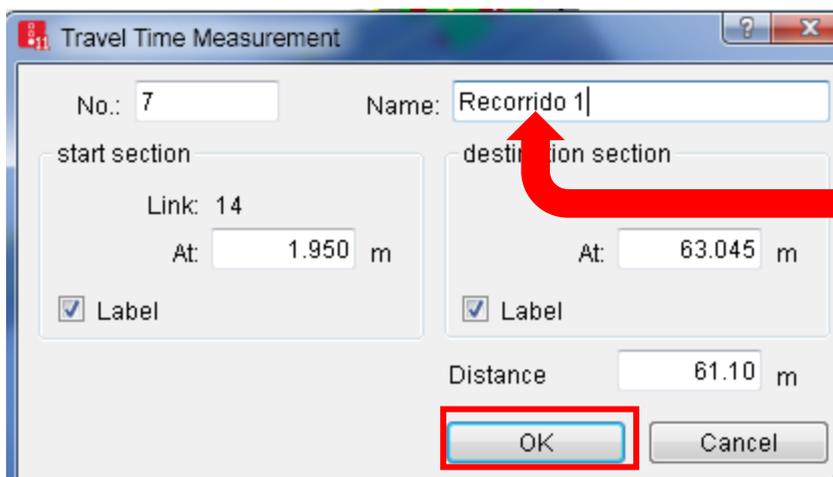
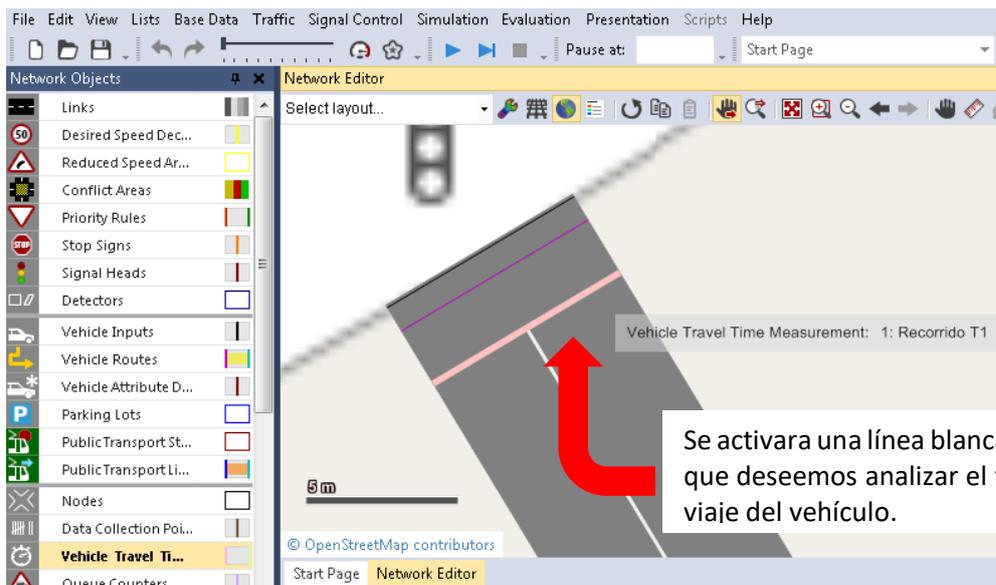
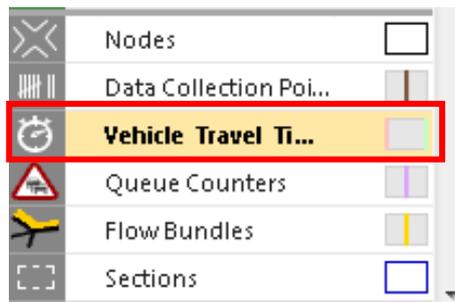
6.1.10. Ahora configuraremos los parámetros de evaluación, haciendo click en “Evaluation” → “Configuration”, y se abre el siguiente cuadro de diálogo.



Seleccionamos las opciones que más nos convengan

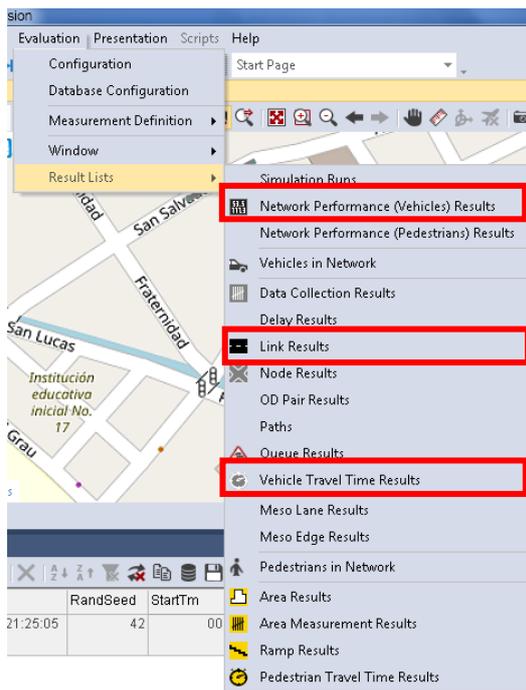
- Links: Análisis de los tramos de calles.
- Vehicle Network Performance: Comportamiento de los vehículos en la red.
- Vehicle travel times: Tiempo de viaje.

6.1.11. Ahora para encontrar el tiempo de viaje de un vehículo a lo largo de la vía hacemos click en “Vehicle Travel”.



Colocamos el nombre y Aceptamos.

- Haciendo click en "Evaluation"



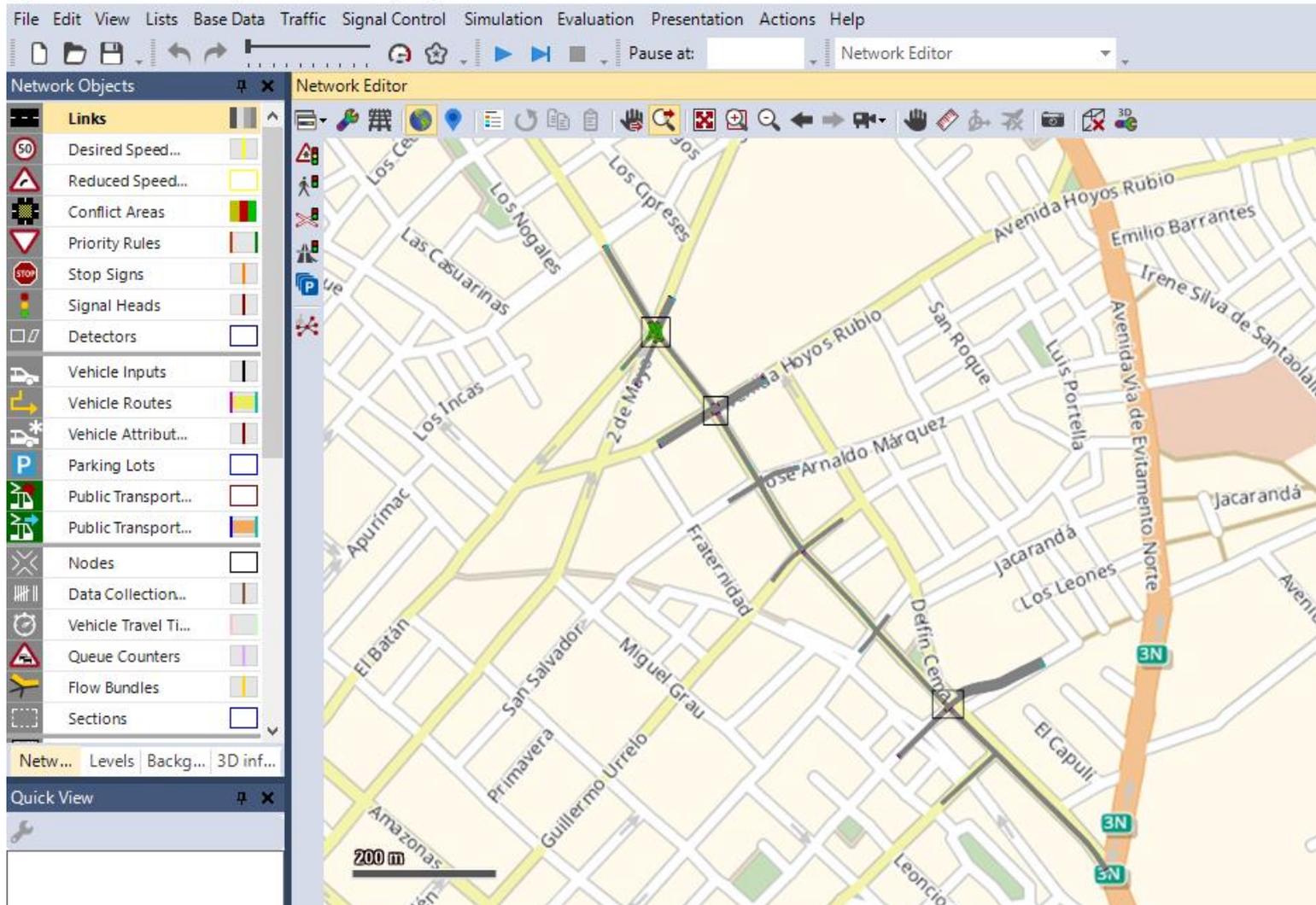
Seleccionamos estos ítems para visualizar sus resultados.

- Network performance (Vehicles) Results: Resultados de la red de trabajo.
- Link Results: Resultados de los links.
- Vehicles Travel Time Results: Resultados del tiempo de viaje de vehículos.

6.1.12. Corremos el modelo y visualizamos los resultados (ANEXOS)

VISTA /GENERAL DE MODELADO DE LA ZONA EN ESTUDIO

MODELAMIENTO TESIS.inpx - PTV Vissim 2022 (SP 05) Student Version

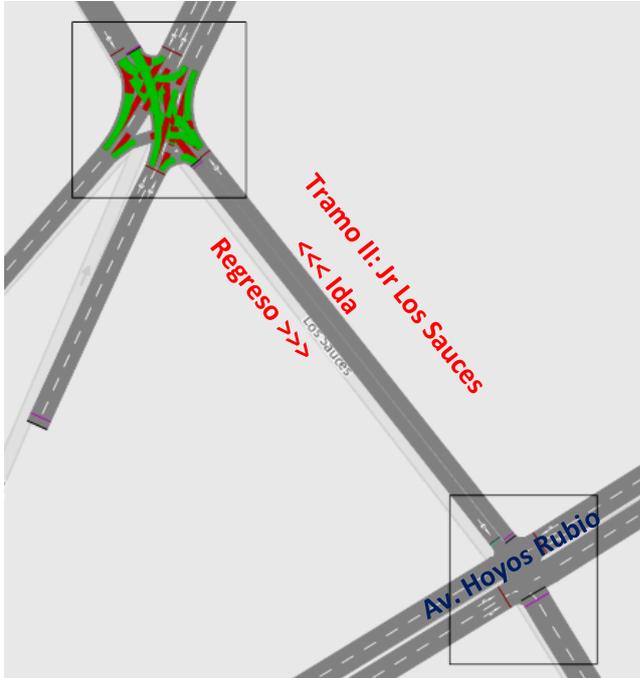


VISTA DEL TRAMO I (Ida y Regreso): Jr. Los Sauces entre Prol. Tayabamba y Prol. 2 Revilla Perez



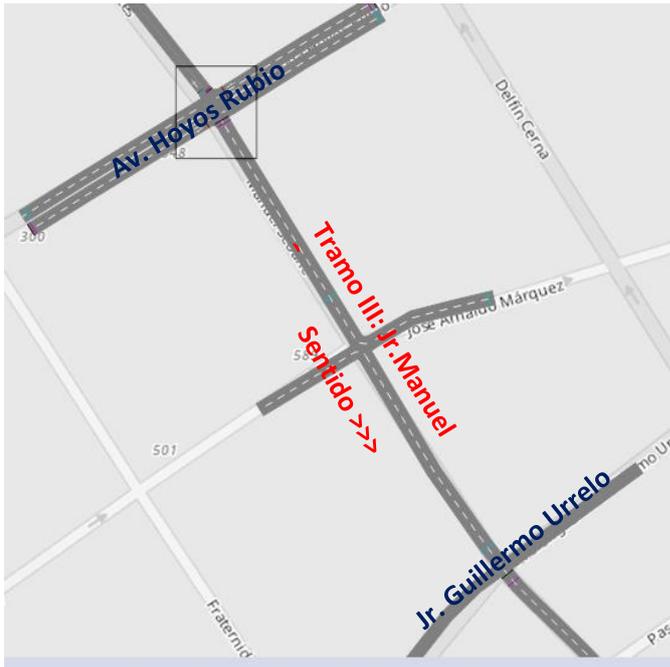
Longitud: 145.86 m

VISTA DEL TRAMO II (Ida y Regreso): Jr. Los Sauces entre Prol. Revilla Perez y Av. Hoyos Rubio.



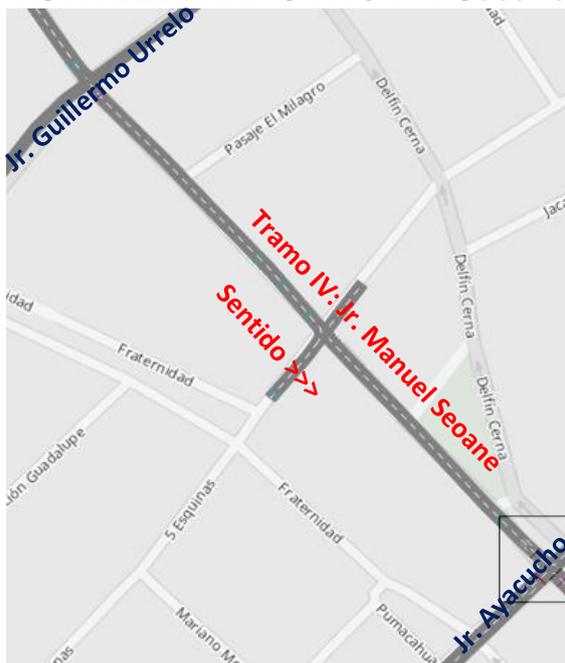
Longitud: 131.83 m

VISTA TRAMO III: Jr. M. Seoane entre Av. Hoyos Rubio y Jr. G. Urrelo.



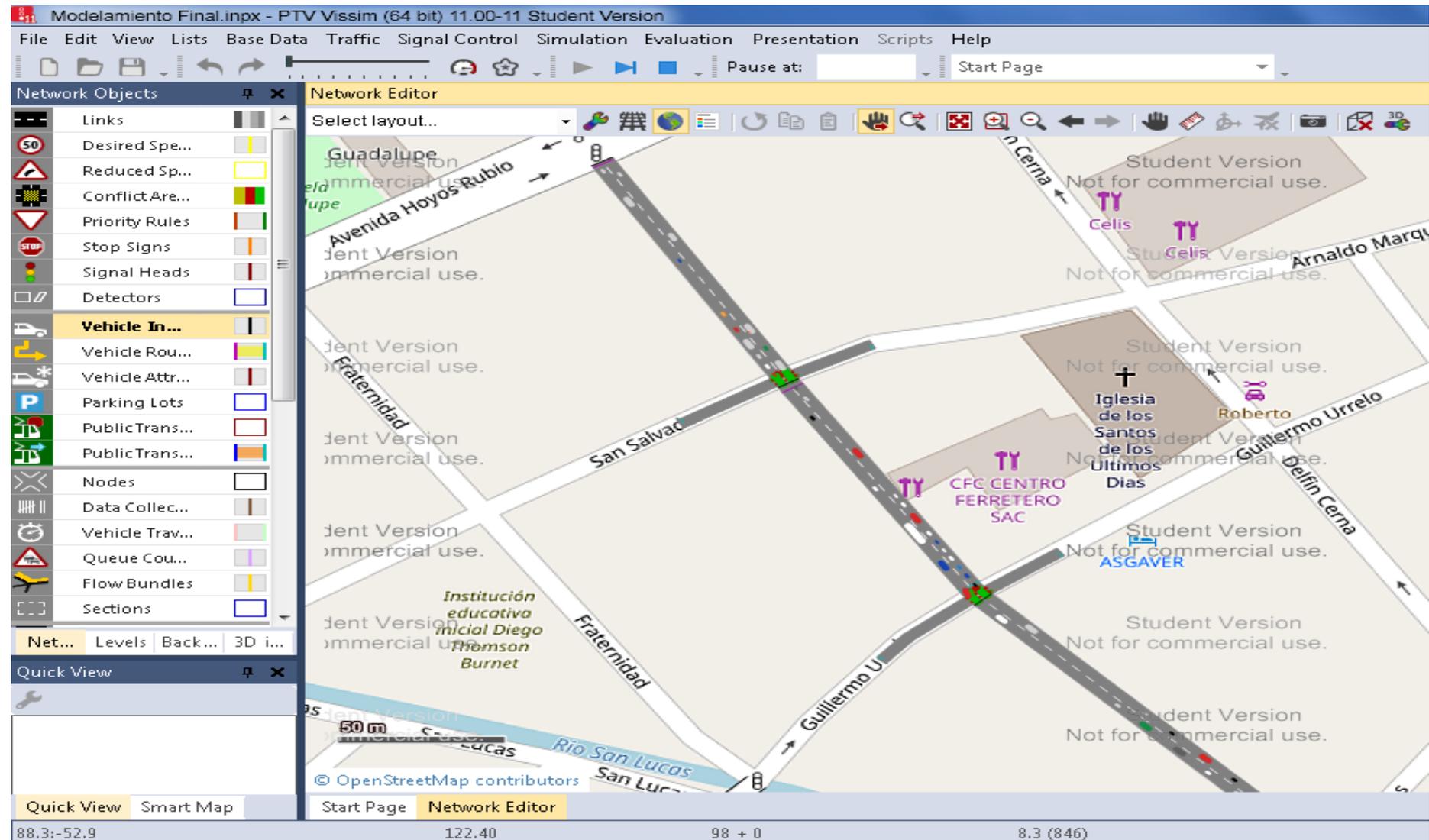
Longitud: 222.31 m

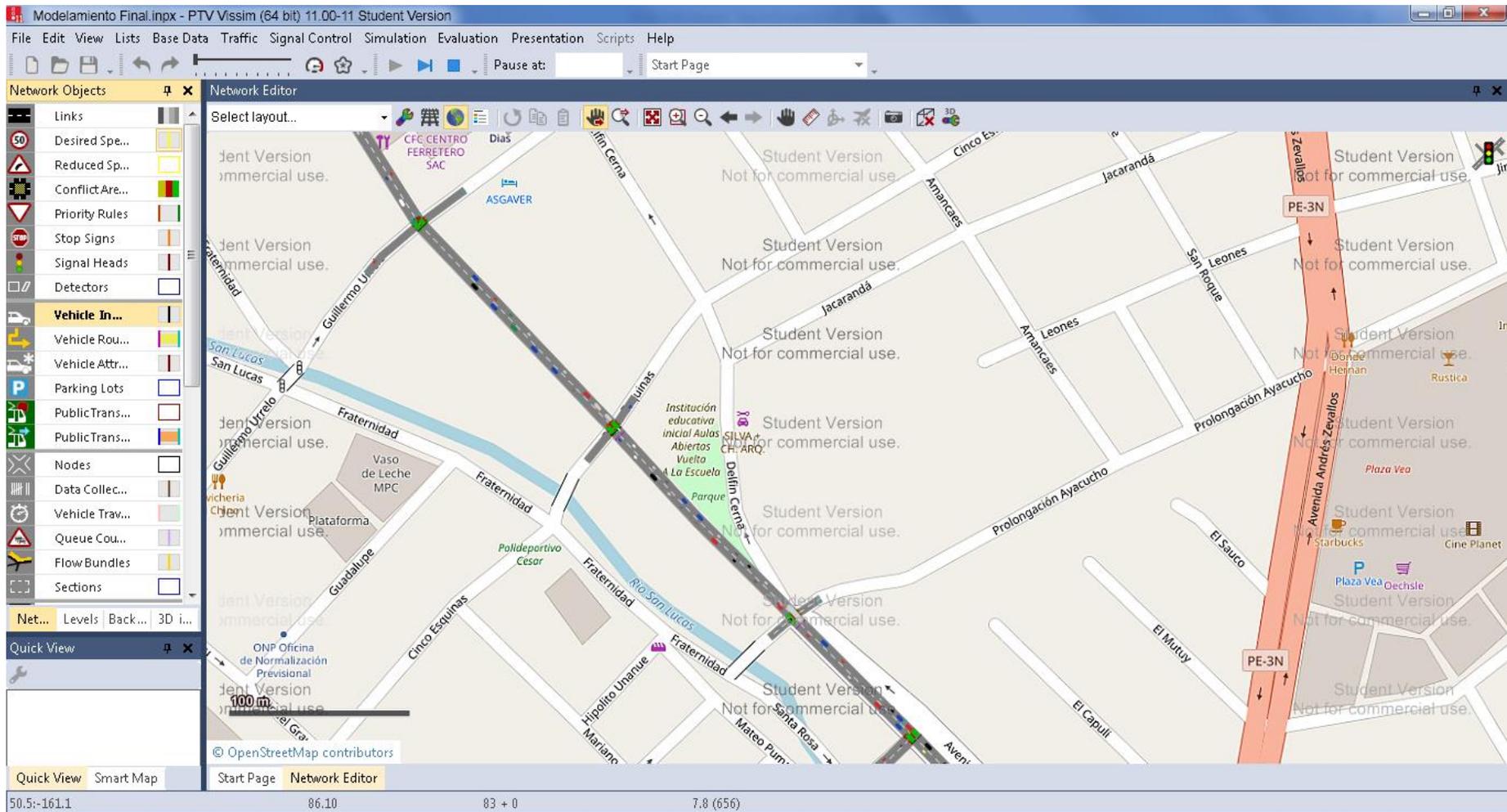
VISTA DEL TRAMO IV: Jr. M. Seoane entre Jr. G. Urrelo y Jr. Ayacucho



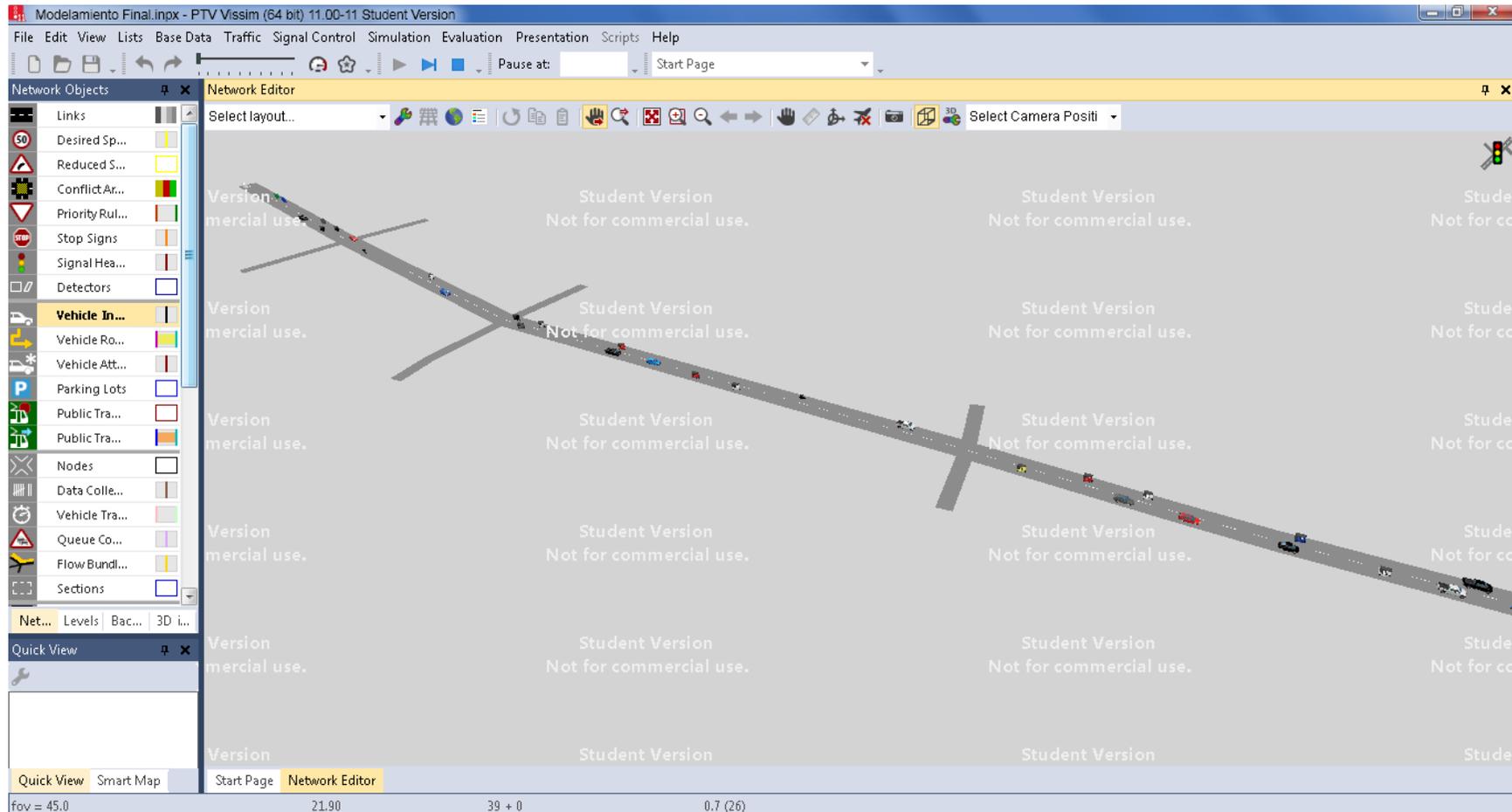
Longitud: 296.08 m

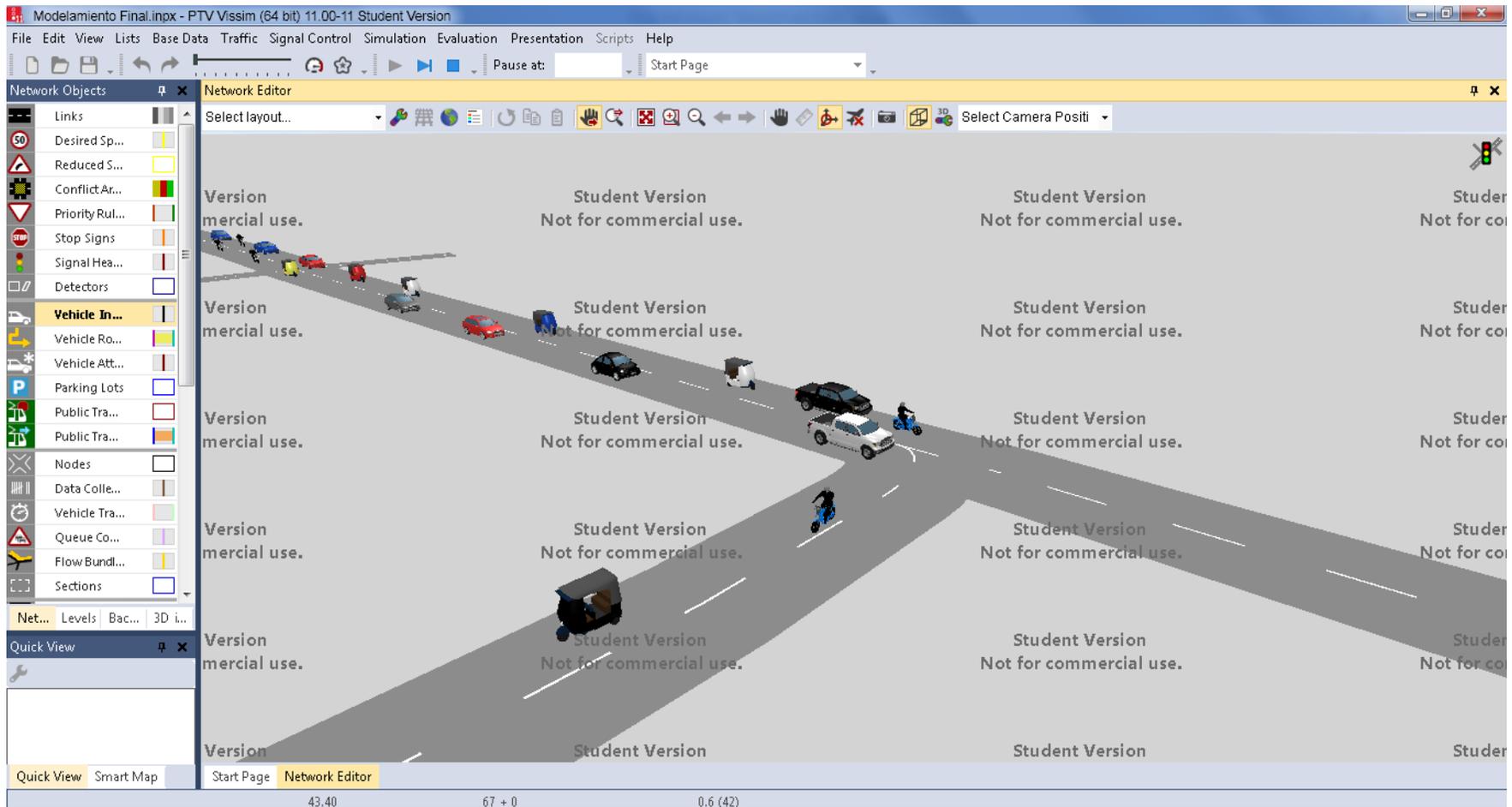
VISTAS PARCIALES DEL MODELADO EN PLANTA MODO "RUN"





VISTAS PARCIALES DEL MODELADO EN 3D MODO "RUN"





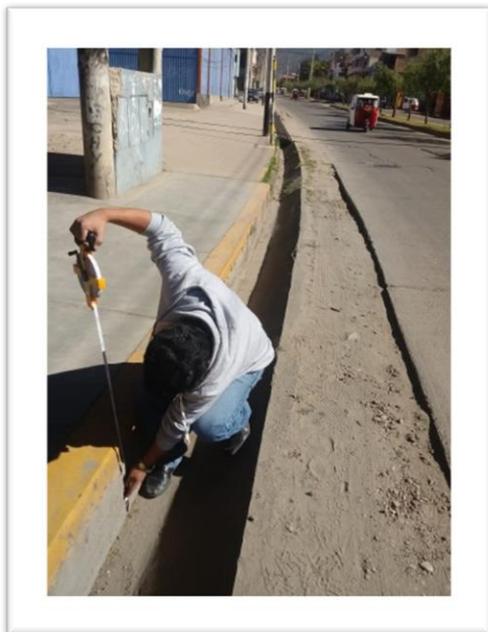
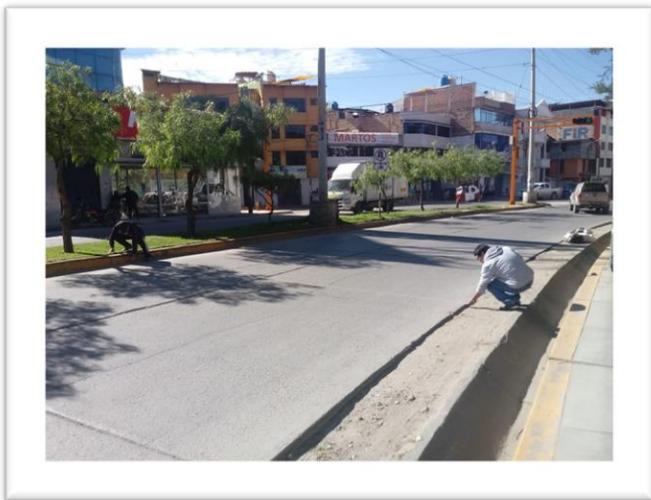
FOTOGRAFIAS DE LA ZONA EN ESTUDIO



Aforador en el final del tramo.

Jirón Manuel Seoane y Avenida Vía de Evitamiento Norte

Se realizó las mediciones del tramo más largo (Tramo V)



Se realizó las mediciones de los elementos de la vía en el tramo más largo (Tramo V). Jirón Manuel Seoane.

Vista Panorámica
del Jirón Manuel
Seoane Tramo V.



Se realizó el
aforo al final del
Tramo V.
Esquina con el
Jirón Ayacucho.

Se realizó las
mediciones del
Jiron Manuel
Seoane en el
tramo V.





Punto de Aforo 03.
Intersección del
Jirón Manuel
Seoane y Jr.
Ayacucho. Tramo IV

Punto de Aforo 01 y
02. Intersección de
los Jirones Los Sauces
y Prolongación Revilla
Perez. Tramo II – IDA
y REGRESO



Se observa la
imprudencia de
algunos conductores
mientras el tráfico se
encuentra en
movimiento.

TABLAS DE AFOROS REALIZADOS

Tesista: Bach. Ing. Civil Víctor Ernesto Vásquez Márquez

Lugar: Prol. Revilla Perez - Prol. Tayabamba

TRAMO I - IDA

Tipo de Veh.	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Autos	Camioneta	Bus	Camión	Total	Total Acumulado
Hora	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Particular /Taxi	Camioneta	Bus	Camión	Total	
6:30-6:45	2	19	99	30	18	1	1	170	768
6:45-7:00	1	16	105	25	18	0	2	167	865
7:00-7:15	2	20	120	33	17	2	0	194	995
7:15-7:30	2	21	154	31	21	6	2	237	1094
7:30-7:45	1	31	170	40	18	4	3	267	1163
7:45-8:00	1	40	176	49	19	8	4	297	1163
8:00-8:15	4	33	176	47	18	14	1	293	1061
8:15-8:30	9	40	183	32	19	17	6	306	1034
8:30-8:45	2	37	162	41	8	14	3	267	1005
8:45-9:00	3	33	94	33	20	8	4	195	1003
9:00-9:15	0	31	155	33	28	11	8	266	1020
9:15-9:30	1	25	161	52	16	16	6	277	1019
9:30-9:45	1	32	154	34	27	13	4	265	963
9:45-10:00	2	27	117	26	24	14	2	212	933
10:00-10:15	2	23	163	38	27	9	3	265	990
10:15-10:30	1	28	135	32	12	12	1	221	998
10:30-10:45	0	18	149	33	22	12	1	235	1045
10:45-11:00	1	32	154	46	21	11	4	269	1062
11:00-11:15	0	24	160	46	27	11	5	273	1024
11:15-11:30	0	27	159	34	33	13	2	268	973
11:30-11:45	2	32	146	31	24	12	5	252	954
11:45-12:00	0	35	113	44	25	11	3	231	881
12:00-12:15	0	29	121	34	20	14	4	222	879
12:15-12:30	1	36	133	47	22	8	2	249	844
12:30-12:45	1	30	92	22	24	10	0	179	806
12:45-13:00	2	37	112	46	28	2	2	229	859
13:00-13:15	5	25	97	23	27	5	5	187	921
13:15-13:30	3	19	110	35	37	5	2	211	874
13:30-13:45	4	36	113	33	39	4	3	232	907
13:45-14:00	5	34	153	45	44	7	3	291	948
14:00-14:15	1	8	90	19	14	6	2	140	896
14:15-14:30	1	27	150	32	23	9	2	244	1014
14:30-14:45	3	37	153	34	30	13	3	273	1003
14:45-15:00	2	40	121	41	21	10	4	239	966
15:00-15:15	0	43	149	29	19	14	4	258	972
15:15-15:30	0	23	139	27	29	11	4	233	974

15:30-15:45	0	18	153	40	10	10	5	236	986
15:45-16:00	2	33	134	38	27	8	3	245	992
16:00-16:15	2	44	151	35	17	8	3	260	960
16:15-16:30	2	30	136	37	22	16	2	245	929
16:30-16:45	1	19	140	43	22	12	5	242	915
16:45-17:00	2	18	133	32	19	8	1	213	846
17:00-17:15	1	39	124	39	14	8	4	229	859
17:15-17:30	3	39	112	30	22	16	9	231	885
17:30-17:45	0	18	93	26	21	11	4	173	890
17:45-18:00	3	22	130	36	27	4	4	226	918
18:00-18:15	0	34	131	41	33	11	5	255	907
18:15-18:30	3	29	110	49	33	9	3	236	860
18:30-18:45	1	21	90	41	35	10	3	201	835
18:45-19:00	2	17	93	51	39	11	2	215	841
19:00-19:15	3	21	102	45	28	9	0	208	840
19:15-19:30	1	20	112	40	33	5	0	211	
19:30-19:45	0	15	105	55	29	2	1	207	
19:45-20:00	0	22	100	50	39	1	2	214	
TOTAL	91	1507	7087	2005	1309	496	166	12661	

Tesista: Bach. Ing. Civil Víctor Ernesto Vásquez Márquez

Lugar: Prol. Tayabamba – Prol. Revilla Perez

TRAMO I - REGRESO

Tipo de Veh.	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Automóvil	Camioneta	Bus	Camión	Total	Total Acumulado
Hora	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Particular/ Taxi	Camioneta	Bus	Camión	Total	
6:30-6:45	1	15	55	22	28	1	0	122	520
6:45-7:00	1	17	56	19	30	0	1	124	535
7:00-7:15	2	14	60	18	27	1	1	123	553
7:15-7:30	0	13	65	21	37	13	2	151	599
7:30-7:45	0	9	73	20	22	13	0	137	556
7:45-8:00	0	7	76	16	21	21	1	142	535
8:00-8:15	6	16	82	20	22	22	1	169	525
8:15-8:30	7	2	50	15	20	13	1	108	441
8:30-8:45	1	6	50	19	22	16	2	116	444
8:45-9:00	0	12	61	14	18	24	3	132	432
9:00-9:15	1	4	41	11	15	11	2	85	394
9:15-9:30	3	4	53	18	12	19	2	111	453
9:30-9:45	0	3	51	20	12	17	1	104	450
9:45-10:00	0	4	56	18	7	7	2	94	507
10:00-10:15	0	20	72	25	13	13	1	144	516
10:15-10:30	0	9	52	22	12	12	1	108	475
10:30-10:45	0	9	92	39	9	9	3	161	489
10:45-11:00	0	7	63	18	7	7	1	103	445
11:00-11:15	2	7	66	19	4	4	1	103	444

11:15-11:30	3	10	63	38	2	2	4	122	479
11:30-11:45	0	12	62	27	7	7	2	117	450
11:45-12:00	0	9	55	21	7	7	3	102	466
12:00-12:15	0	16	58	42	9	9	4	138	553
12:15-12:30	0	7	48	24	6	6	2	93	513
12:30-12:45	1	19	55	29	9	16	4	133	535
12:45-13:00	2	31	67	41	43	1	4	189	516
13:00-13:15	1	11	42	20	23	1	0	98	457
13:15-13:30	3	11	48	21	31	0	1	115	489
13:30-13:45	2	9	57	23	21	0	2	114	512
13:45-14:00	1	14	58	22	35	0	0	130	532
14:00-14:15	0	4	67	33	13	12	1	130	513
14:15-14:30	0	11	54	45	3	21	4	138	506
14:30-14:45	0	5	50	43	7	25	4	134	449
14:45-15:00	2	12	50	24	8	15	0	111	404
15:00-15:15	1	16	47	27	9	21	2	123	363
15:15-15:30	0	7	29	27	1	16	1	81	365
15:30-15:45	0	7	42	18	4	15	3	89	394
15:45-16:00	0	1	38	17	1	12	1	70	426
16:00-16:15	0	7	63	37	4	14	0	125	460
16:15-16:30	2	10	41	35	4	13	5	110	432
16:30-16:45	0	12	63	20	4	18	4	121	405
16:45-17:00	1	12	46	23	6	15	1	104	398
17:00-17:15	0	12	32	28	11	14	0	97	415
17:15-17:30	0	4	43	14	2	18	2	83	438
17:30-17:45	0	11	53	35	5	8	2	114	468
17:45-18:00	0	7	62	31	3	17	1	121	460
18:00-18:15	1	16	56	35	2	7	3	120	450
18:15-18:30	4	16	50	27	3	12	1	113	437
18:30-18:45	3	10	53	21	6	10	3	106	422
18:45-19:00	4	17	55	25	3	5	2	111	400
19:00-19:15	1	15	49	34	1	7	0	107	383
19:15-19:30	1	9	51	27	1	9	0	98	
19:30-19:45	0	11	42	20	2	8	1	84	
19:45-20:00	0	17	39	29	3	4	2	94	
TOTAL	57	576	2962	1357	637	588	95	6272	

Tesista: Bach. Ing. Civil Víctor Ernesto Vásquez Márquez

Lugar: Av. Hoyos Rubio – Prol. Revilla Perez

TRAMO II - IDA

Tipo de Veh.	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Autos	Camioneta	Buses	Camión	Total	Total Acumulado
Hora	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Particular/ Taxi	Camioneta	Bus	Camión	Total	
6:30-6:45	1	15	54	20	28	1	0	119	518
6:45-7:00	1	19	56	19	30	1	1	127	543
7:00-7:15	2	10	61	18	27	1	1	120	558
7:15-7:30	0	13	65	22	37	13	2	152	641
7:30-7:45	0	9	80	20	22	13	0	144	597
7:45-8:00	0	7	76	16	21	21	1	142	569
8:00-8:15	0	16	122	20	22	22	1	203	559
8:15-8:30	7	2	50	15	20	13	1	108	441
8:30-8:45	1	6	50	19	22	16	2	116	444
8:45-9:00	0	12	61	14	18	24	3	132	432
9:00-9:15	1	4	41	11	15	11	2	85	394
9:15-9:30	3	4	53	18	12	19	2	111	453
9:30-9:45	0	3	51	20	12	17	1	104	447
9:45-10:00	0	4	56	18	7	7	2	94	504
10:00-10:15	0	20	72	25	13	13	1	144	513
10:15-10:30	0	9	52	22	12	9	1	105	472
10:30-10:45	0	9	92	39	9	9	3	161	489
10:45-11:00	0	7	63	18	7	7	1	103	445
11:00-11:15	2	7	66	19	4	4	1	103	444
11:15-11:30	3	10	63	38	2	2	4	122	479
11:30-11:45	0	12	62	27	7	7	2	117	450
11:45-12:00	0	9	55	21	7	7	3	102	466
12:00-12:15	0	16	58	42	9	9	4	138	553
12:15-12:30	0	7	48	24	6	6	2	93	513
12:30-12:45	1	19	55	29	9	16	4	133	535
12:45-13:00	2	31	67	41	43	1	4	189	516
13:00-13:15	1	11	42	20	23	1	0	98	457
13:15-13:30	3	11	48	21	31	0	1	115	489
13:30-13:45	2	9	57	23	21	0	2	114	512
13:45-14:00	1	14	58	22	35	0	0	130	527
14:00-14:15	0	4	67	33	13	12	1	130	508
14:15-14:30	0	11	54	45	3	21	4	138	501
14:30-14:45	0	5	50	43	7	20	4	129	444
14:45-15:00	2	12	50	24	8	15	0	111	404
15:00-15:15	1	16	47	27	9	21	2	123	363
15:15-15:30	0	7	29	27	1	16	1	81	365
15:30-15:45	0	7	42	18	4	15	3	89	394
15:45-16:00	0	1	38	17	1	12	1	70	426
16:00-16:15	0	7	63	37	4	14	0	125	460

16:15-16:30	2	10	41	35	4	13	5	110	432
16:30-16:45	0	12	63	20	4	18	4	121	405
16:45-17:00	1	12	46	23	6	15	1	104	398
17:00-17:15	0	12	32	28	11	14	0	97	415
17:15-17:30	0	4	43	14	2	18	2	83	444
17:30-17:45	0	11	53	35	5	8	2	114	474
17:45-18:00	0	7	62	31	3	17	1	121	459
18:00-18:15	1	16	56	35	2	13	3	126	436
18:15-18:30	4	16	50	27	3	12	1	113	404
18:30-18:45	3	10	53	21	1	8	3	99	380
18:45-19:00	2	13	47	24	3	7	2	98	363
19:00-19:15	1	12	39	29	1	10	2	94	342
19:15-19:30	1	9	44	27	1	6	1	89	
19:30-19:45	1	11	42	20	2	5	1	82	
19:45-20:00	0	10	38	21	2	4	2	77	
TOTAL	46	516	2812	1285	546	581	96	5882	

Tesista: Bach. Ing. Civil Víctor Ernesto Vásquez Márquez

Lugar: Prol. Revilla Perez – Av. Hoyos Rubio

TRAMO II - REGRESO

Tipo de Veh.	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Autos	Camioneta	Bus	Camión	Total	Total Acumulado
Hora	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Particular/Taxi	Camioneta	Bus	Camión	Total	
6:30-6:45	2	19	103	25	15	3	2	169	790
6:45-7:00	3	22	115	29	14	4	2	189	900
7:00-7:15	2	20	125	31	17	2	0	197	1017
7:15-7:30	2	21	154	29	21	6	2	235	1112
7:30-7:45	3	31	180	40	18	4	3	279	1199
7:45-8:00	1	40	185	49	19	8	4	306	1187
8:00-8:15	5	33	176	47	18	12	1	292	1076
8:15-8:30	13	40	195	32	19	17	6	322	1051
8:30-8:45	2	37	162	41	8	14	3	267	1006
8:45-9:00	3	33	94	33	20	8	4	195	1004
9:00-9:15	1	31	155	33	28	11	8	267	1021
9:15-9:30	1	25	161	52	16	16	6	277	1019
9:30-9:45	1	32	154	34	27	13	4	265	963
9:45-10:00	2	27	117	26	24	14	2	212	934
10:00-10:15	2	23	163	38	27	9	3	265	991
10:15-10:30	1	28	135	32	12	12	1	221	999
10:30-10:45	1	18	149	33	22	12	1	236	1046
10:45-11:00	1	32	154	46	21	11	4	269	1062
11:00-11:15	0	24	160	46	27	11	5	273	1024
11:15-11:30	0	27	159	34	33	13	2	268	973
11:30-11:45	2	32	146	31	24	12	5	252	957

11:45-12:00	0	35	113	44	25	11	3	231	887
12:00-12:15	0	29	121	34	20	14	4	222	893
12:15-12:30	1	36	136	47	22	8	2	252	856
12:30-12:45	4	30	92	22	24	10	0	182	816
12:45-13:00	2	37	120	46	28	2	2	237	863
13:00-13:15	3	25	97	23	27	5	5	185	932
13:15-13:30	4	19	110	35	37	5	2	212	887
13:30-13:45	1	36	113	33	39	4	3	229	925
13:45-14:00	5	34	168	45	44	7	3	306	971
14:00-14:15	1	8	90	19	14	6	2	140	906
14:15-14:30	1	27	156	32	23	9	2	250	1027
14:30-14:45	3	37	155	34	30	13	3	275	1010
14:45-15:00	4	40	121	41	21	10	4	241	971
15:00-15:15	3	43	149	29	19	14	4	261	975
15:15-15:30	0	23	139	27	29	11	4	233	974
15:30-15:45	0	18	153	40	10	10	5	236	986
15:45-16:00	2	33	134	38	27	8	3	245	992
16:00-16:15	2	44	151	35	17	8	3	260	960
16:15-16:30	2	30	136	37	22	16	2	245	929
16:30-16:45	1	19	140	43	22	12	5	242	915
16:45-17:00	2	18	133	32	19	8	1	213	846
17:00-17:15	1	39	124	39	14	8	4	229	859
17:15-17:30	3	39	112	30	22	16	9	231	885
17:30-17:45	0	18	93	26	21	11	4	173	890
17:45-18:00	3	22	130	36	27	4	4	226	923
18:00-18:15	0	34	131	41	33	11	5	255	887
18:15-18:30	3	29	110	49	33	9	3	236	831
18:30-18:45	3	19	121	31	21	8	3	206	786
18:45-19:00	0	21	97	37	27	7	1	190	757
19:00-19:15	0	29	103	30	31	5	1	199	730
19:15-19:30	1	20	115	27	25	3	0	191	
19:30-19:45	1	16	112	20	22	5	1	177	
19:45-20:00	0	18	98	21	20	4	2	163	
TOTAL	97	1459	6872	1799	1199	485	163	12074	

Tesista: Bach. Ing. Civil Víctor Ernesto Vásquez Márquez

Lugar: Av. Hoyos Rubio – Jr. Guillermo Urrelo

TRAMO III

Tipo de Veh.	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Automóvil	Camioneta	Bus	Camión	Total	Total Acumulado
Hora	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Particular/ Taxi	Camioneta	Bus	Camión	Total	
6:30-6:45	0	27	128	47	34	2	4	242	887
6:45-7:00	1	22	119	41	36	3	0	222	813
7:00-7:15	0	25	118	45	45	1	0	234	797
7:15-7:30	1	19	88	50	30	0	1	189	720
7:30-7:45	3	18	86	31	28	0	2	168	705
7:45-8:00	3	25	121	30	26	1	0	206	739
8:00-8:15	2	9	94	26	21	2	3	157	718
8:15-8:30	7	13	104	28	16	4	2	174	744
8:30-8:45	3	20	125	26	22	3	3	202	735
8:45-9:00	1	18	121	22	16	2	5	185	655
9:00-9:15	2	13	120	24	21	0	3	183	647
9:15-9:30	2	18	86	26	23	5	5	165	639
9:30-9:45	1	14	70	23	10	3	1	122	631
9:45-10:00	4	22	90	24	25	5	7	177	677
10:00-10:15	4	13	102	28	21	1	6	175	644
10:15-10:30	1	16	92	26	17	3	2	157	654
10:30-10:45	1	14	90	41	14	5	3	168	643
10:45-11:00	1	6	90	26	13	5	3	144	642
11:00-11:15	2	18	111	24	22	3	5	185	671
11:15-11:30	3	16	81	24	16	2	4	146	621
11:30-11:45	2	17	92	30	18	3	5	167	683
11:45-12:00	0	15	97	28	28	3	2	173	717
12:00-12:15	0	15	84	14	13	7	2	135	734
12:15-12:30	1	21	121	27	27	5	6	208	827
12:30-12:45	3	19	113	34	25	4	3	201	870
12:45-13:00	4	25	101	33	23	0	4	190	922
13:00-13:15	4	30	115	49	25	3	2	228	1013
13:15-13:30	5	21	137	61	22	1	4	251	1026
13:30-13:45	3	12	145	72	20	0	1	253	964
13:45-14:00	2	21	157	79	18	4	0	281	927
14:00-14:15	0	10	154	48	26	1	2	241	814
14:15-14:30	1	18	106	44	16	3	1	189	756
14:30-14:45	3	0	165	45	0	3	0	216	742
14:45-15:00	1	14	115	36	0	0	2	168	606
15:00-15:15	3	21	106	22	20	10	1	183	501
15:15-15:30	0	21	107	25	19	2	1	175	446
15:30-15:45	0	7	50	9	12	2	0	80	428
15:45-16:00	2	3	40	10	6	2	0	63	487
16:00-16:15	2	10	71	23	10	5	7	128	593
16:15-16:30	4	10	85	33	17	3	5	157	629
16:30-16:45	1	7	92	17	16	2	4	139	639
16:45-17:00	3	19	100	22	19	2	4	169	673
17:00-17:15	1	16	99	23	18	5	2	164	669
17:15-17:30	2	13	94	28	21	5	4	167	738
17:30-17:45	0	25	98	20	26	2	2	173	762
17:45-18:00	1	11	101	32	13	5	2	165	761

18:00-18:15	1	29	133	33	30	4	3	233	777
18:15-18:30	3	18	107	35	25	3	0	191	734
18:30-18:45	3	18	109	24	15	3	0	172	691
18:45-19:00	1	15	101	25	25	7	7	181	710
19:00-19:15	2	29	100	31	19	4	5	190	529
19:15-19:30	0	17	71	33	24	2	1	148	
19:30-19:45	0	23	107	32	24	0	5	191	
TOTAL	100	896	5509	1689	1076	155	146	9571	

Tesista: Bach. Ing. Civil Víctor Ernesto Vásquez Márquez

Lugar: Jr. Guillermo Urrelo – Jr. Ayacucho

TRAMO IV

Tipo de Veh.	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Automóvil	Camioneta	Buses	Camión	Total	Total Acumulado
Hora	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Particular/ Taxi	Camioneta	Bus	Camión	Total	
6:30-6:45	0	29	128	47	34	2	4	244	896
6:45-7:00	2	23	119	41	36	3	0	224	819
7:00-7:15	1	26	118	45	45	1	0	236	797
7:15-7:30	2	21	88	50	30	0	1	192	724
7:30-7:45	2	18	86	31	28	0	2	167	705
7:45-8:00	3	21	121	30	26	1	0	202	739
8:00-8:15	2	15	94	26	21	2	3	163	722
8:15-8:30	4	15	104	28	16	4	2	173	744
8:30-8:45	0	22	125	26	22	3	3	201	734
8:45-9:00	0	19	121	22	16	2	5	185	657
9:00-9:15	2	15	120	24	21	0	3	185	651
9:15-9:30	1	17	86	26	23	5	5	163	643
9:30-9:45	1	16	70	23	10	3	1	124	632
9:45-10:00	3	25	90	24	25	5	7	179	670
10:00-10:15	4	15	102	28	21	1	6	177	635
10:15-10:30	1	14	92	26	17	0	2	152	641
10:30-10:45	0	14	90	41	14	0	3	162	634
10:45-11:00	0	12	90	26	13	0	3	144	639
11:00-11:15	1	20	111	24	22	0	5	183	665
11:15-11:30	1	19	81	24	16	0	4	145	613
11:30-11:45	3	19	92	30	18	0	5	167	671
11:45-12:00	0	15	97	28	28	0	2	170	703
12:00-12:15	1	16	84	14	13	1	2	131	726
12:15-12:30	1	21	121	27	27	0	6	203	855
12:30-12:45	2	22	113	34	25	0	3	199	903
12:45-13:00	5	27	101	33	23	0	4	193	962
13:00-13:15	3	22	147	65	20	2	1	260	1048
13:15-13:30	4	26	140	60	19	2	0	251	1030
13:30-13:45	6	14	145	72	20	0	1	258	966
13:45-14:00	5	20	157	79	18	0	0	279	918
14:00-14:15	0	12	154	48	26	0	2	242	807
14:15-14:30	0	20	106	44	16	0	1	187	738
14:30-14:45	0	0	165	45	0	0	0	210	728
14:45-15:00	1	14	115	36	0	0	2	168	599
15:00-15:15	3	21	106	22	20	0	1	173	492
15:15-15:30	3	21	107	25	19	1	1	177	443
15:30-15:45	3	7	50	9	12	0	0	81	422
15:45-16:00	1	3	40	10	6	1	0	61	480
16:00-16:15	2	10	71	23	10	1	7	124	585
16:15-16:30	5	10	85	33	17	1	5	156	623
16:30-16:45	3	7	92	17	16	0	4	139	629
16:45-17:00	2	19	100	22	19	0	4	166	661
17:00-17:15	3	16	99	23	18	1	2	162	655
17:15-17:30	2	13	94	28	21	0	4	162	721
17:30-17:45	0	25	98	20	26	0	2	171	746
17:45-18:00	1	11	101	32	13	0	2	160	743

18:00-18:15	0	29	133	33	30	0	3	228	761
18:15-18:30	2	18	107	35	25	0	0	187	719
18:30-18:45	2	18	109	24	15	0	0	168	681
18:45-19:00	5	15	101	25	25	0	7	178	704
19:00-19:15	2	29	100	31	19	0	5	186	807
19:15-19:30	1	17	71	33	24	2	1	149	
19:30-19:45	0	23	107	32	24	0	5	191	
19:45-20:00	0	37	115	66	63	0	0	281	
TOTAL	101	973	5659	1770	1131	44	141	9819	

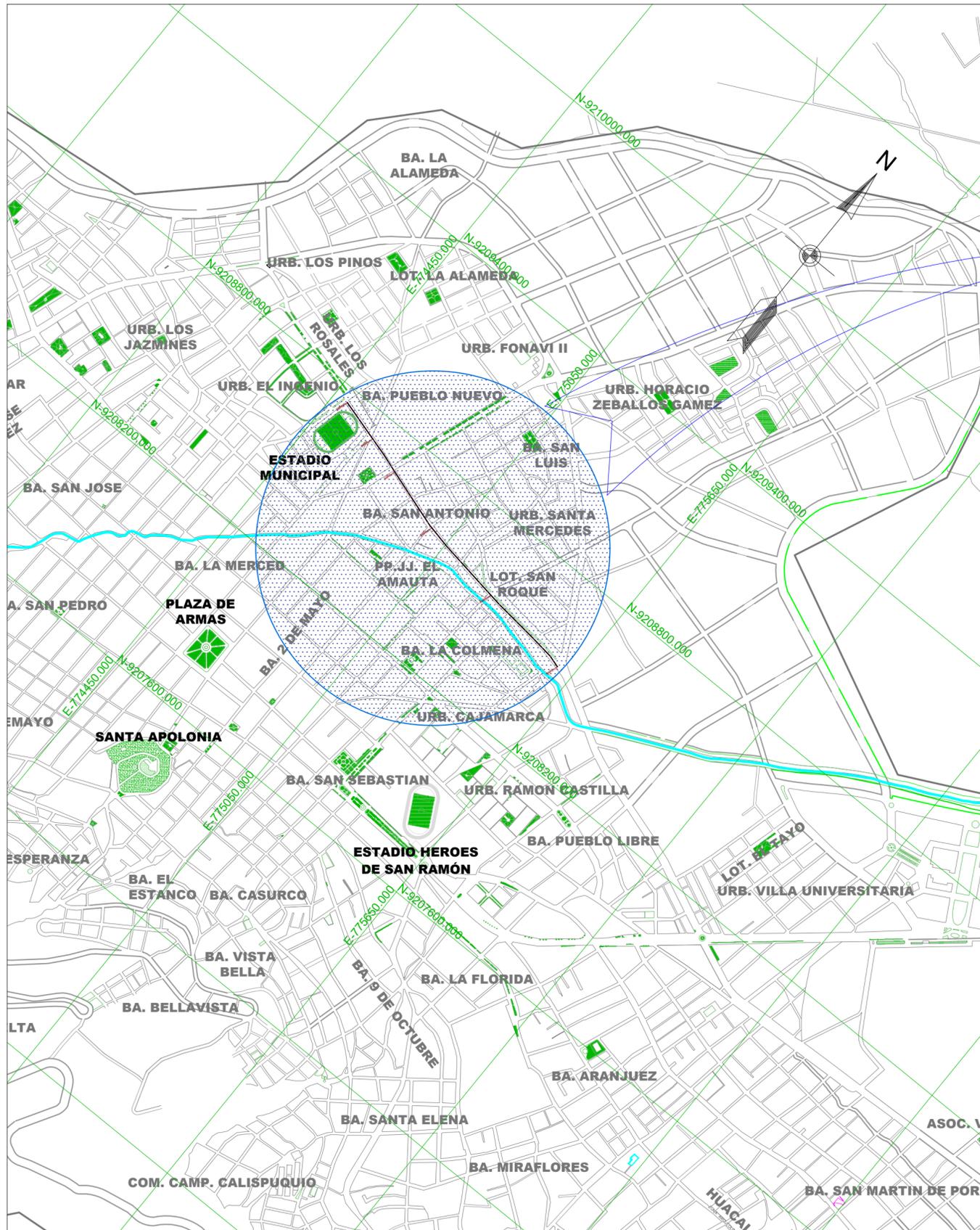
Tesista: Bach. Ing. Civil Víctor Ernesto Vásquez Márquez

Lugar: Jr. Ayacucho – Av. Vía de Evitamiento Norte

TRAMO V

Tipo de Veh.	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Automóvil	Camioneta	Buses	Camión	Total	Total Acumulado
Hora	Bicicleta	Moto lineal	Mototaxi	Particular/ Taxi	Camioneta	Bus	Camión	Total	o
6:30-6:45	0	30	131	50	37	5	7	260	961
6:45-7:00	1	25	122	44	39	6	3	240	885
7:00-7:15	1	28	121	48	48	4	3	253	867
7:15-7:30	2	22	91	53	33	3	4	208	789
7:30-7:45	1	21	89	34	31	3	5	184	766
7:45-8:00	1	28	124	33	29	4	3	222	800
8:00-8:15	2	12	97	29	24	5	6	175	783
8:15-8:30	0	16	107	31	19	7	5	185	809
8:30-8:45	1	23	128	29	25	6	6	218	805
8:45-9:00	3	21	124	25	19	5	8	205	726
9:00-9:15	2	16	123	27	24	3	6	201	708
9:15-9:30	0	21	89	29	26	8	8	181	694
9:30-9:45	0	17	73	26	13	6	4	139	688
9:45-10:00	0	25	93	27	28	8	6	187	736
10:00-10:15	0	16	103	31	24	4	9	187	711
10:15-10:30	1	19	95	29	20	6	5	175	725
10:30-10:45	2	17	93	44	17	8	6	187	714
10:45-11:00	1	9	93	29	16	8	6	162	711
11:00-11:15	0	21	114	27	25	6	8	201	744
11:15-11:30	3	19	84	27	19	5	7	164	699
11:30-11:45	1	20	95	33	21	6	8	184	763
11:45-12:00	4	18	100	31	31	6	5	195	796
12:00-12:15	2	18	87	17	16	11	5	156	807
12:15-12:30	3	24	124	30	30	8	9	228	893
12:30-12:45	1	22	116	37	28	7	6	217	921
12:45-13:00	2	28	104	36	26	3	7	206	973
13:00-13:15	1	32	118	48	32	5	6	242	1065
13:15-13:30	1	26	138	60	24	4	3	256	1084
13:30-13:45	1	15	148	75	23	3	4	269	1036
13:45-14:00	1	24	160	82	21	7	3	298	998
14:00-14:15	2	13	157	51	29	4	5	261	885
14:15-14:30	2	21	109	47	19	6	4	208	823
14:30-14:45	0	3	168	48	3	6	3	231	808
14:45-15:00	0	17	118	39	3	3	5	185	679
15:00-15:15	1	24	109	25	23	13	4	199	574
15:15-15:30	0	24	110	28	22	5	4	193	515
15:30-15:45	0	10	57	12	15	5	3	102	491
15:45-16:00	1	6	43	13	9	5	3	80	545
16:00-16:15	1	13	74	26	13	8	5	140	649
16:15-16:30	2	13	88	36	20	6	4	169	692
16:30-16:45	0	10	95	20	19	5	7	156	707
16:45-17:00	0	22	103	25	22	5	7	184	745
17:00-17:15	1	19	102	26	21	9	5	183	745
17:15-17:30	1	16	97	31	24	8	7	184	812
17:30-17:45	3	28	101	23	29	5	5	194	834
17:45-18:00	2	14	104	35	16	8	5	184	827

18:00-18:15	0	32	136	36	33	7	6	250	837
18:15-18:30	0	21	110	38	28	6	3	206	793
18:30-18:45	0	21	112	27	18	6	3	187	751
18:45-19:00	0	18	104	28	28	10	6	194	773
19:00-19:15	0	32	103	34	22	7	8	206	579
19:15-19:30	0	20	74	36	27	3	4	164	
19:30-19:45	0	26	110	35	27	3	8	209	
19:45-20:00								0	
TOTAL	54	1056	5668	1840	1238	313	285	10454	



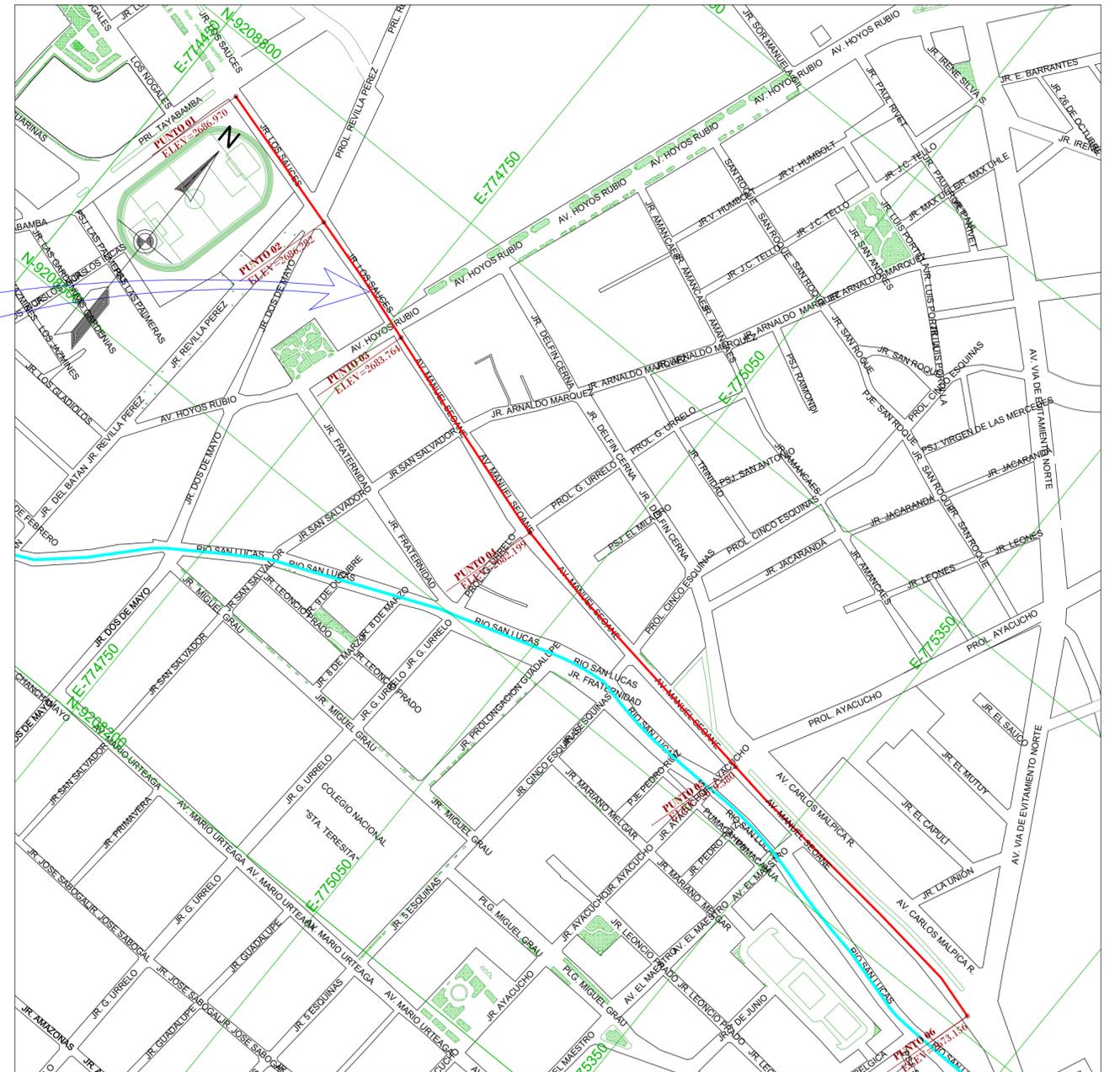
PLANO DE UBICACIÓN DISTRITO DE CAJAMARCA

ESCALA: 1:12000

ESCALA GRÁFICA 1:12000



FUENTE: PLANO CATASTRAL DE CAJAMARCA 2014



PLANO DE LOCALIZACIÓN

ESCALA: 1:4000

LEYENDA

	VÍA EN ESTUDIO SENTIDO NORTE - SUR
	PARQUES Y JARDINES

CUADRO DE COORDENADAS
WGS 84 ZONA 17S

PUNTO	ESTE	NORTE
P1 INICIO	774500.902 m	9208752.061 m
P2	774641.233 m	9208712.283 m
P3	774767.310 m	9208673.851 m
P4	774979.552 m	9208607.888 m
P5	775271.452 m	9208558.933 m
P6 FINAL	775591.950 m	9208514.605 m

ESCALA GRÁFICA 1:4000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Título Tesis:
"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y MODELAMIENTO CON PTV VISSIM 21
CASO: JR. LOS SAUCES - MANUEL SEOANE ENTRE LA PROLONGACIÓN TAYABAMBA
HASTA LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE EN CAJAMARCA"

Plano: PLANO DE UBICACIÓN - ZONA DE ESTUDIO

Testista: Bach. Víctor Ernesto Vásquez Márquez	Asesor: Maestro en Transporte Ing. Alejandro Cubas Becerra.	Fecha: MARZO-2022
		Escala: INDICADA

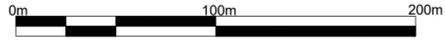
PU-01

PLANO EN PLANTA VÍA EN ESTUDIO



PUNTO	ESTE	NORTE
P1 INICIO	774500.902 m	9208752.061 m
P2	774641.233 m	9208712.283 m
P3	774767.310 m	9208673.851 m
P4	774979.552 m	9208607.888 m
P5	775271.452 m	9208558.933 m
P6 FINAL	775591.950 m	9208514.605 m

ESCALA GRÁFICA 1:2500

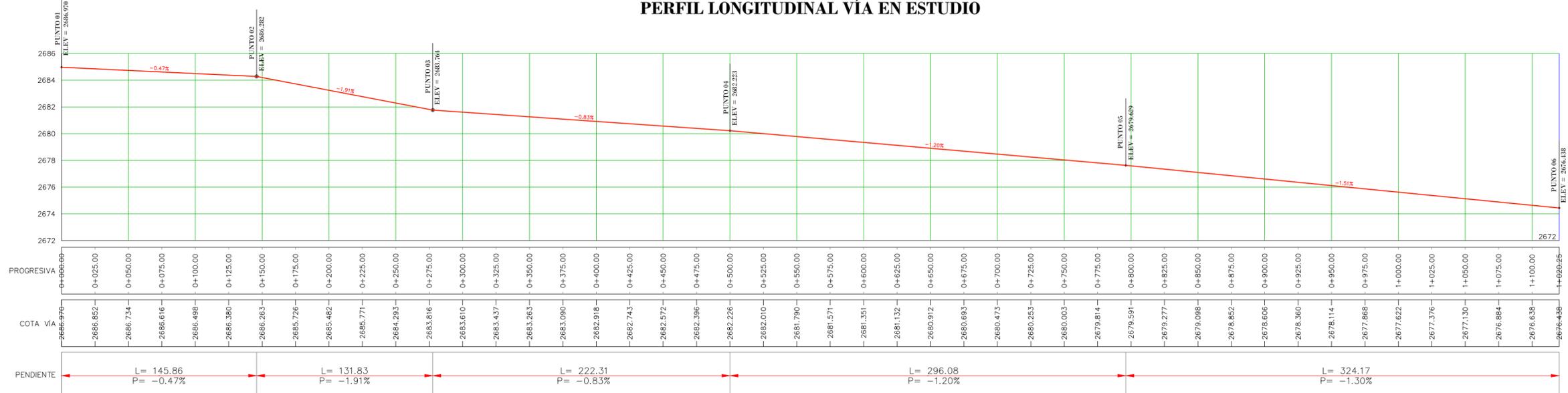


PLANO EN PLANTA DE LA VÍA EN ESTUDIO
ESCALA: 1:2500

CUADRO DE DISTANCIAS

TRAMO	LONGITUD (m)
P1-P2	145.86
P2-P3	131.83
P3-P4	222.31
P4-P5	296.08
P5-P6	324.17
TOTAL	1120.25

PERFIL LONGITUDINAL VÍA EN ESTUDIO



ESCALA HORIZONTAL: 1/2500
ESCALA VERTICAL: 1/250



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



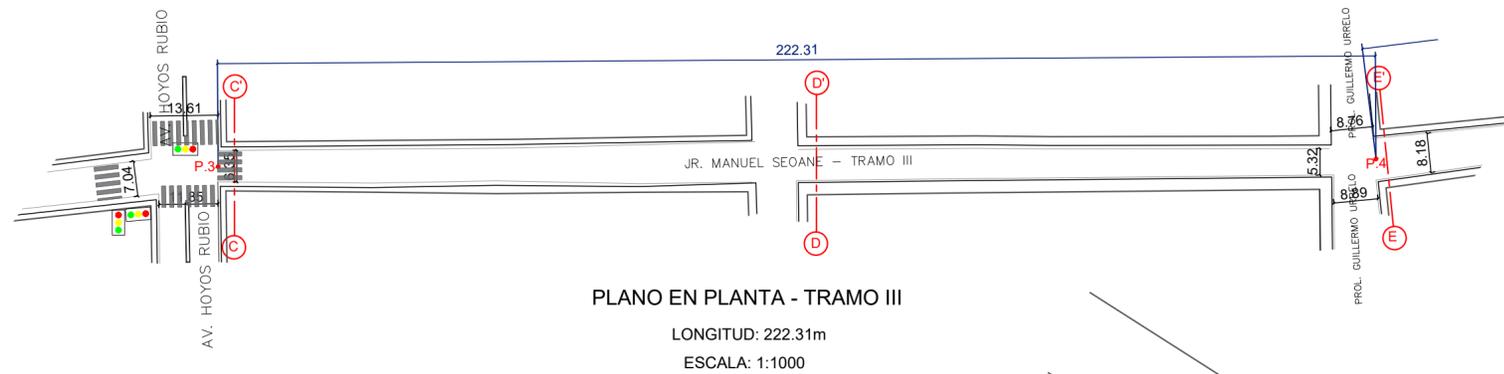
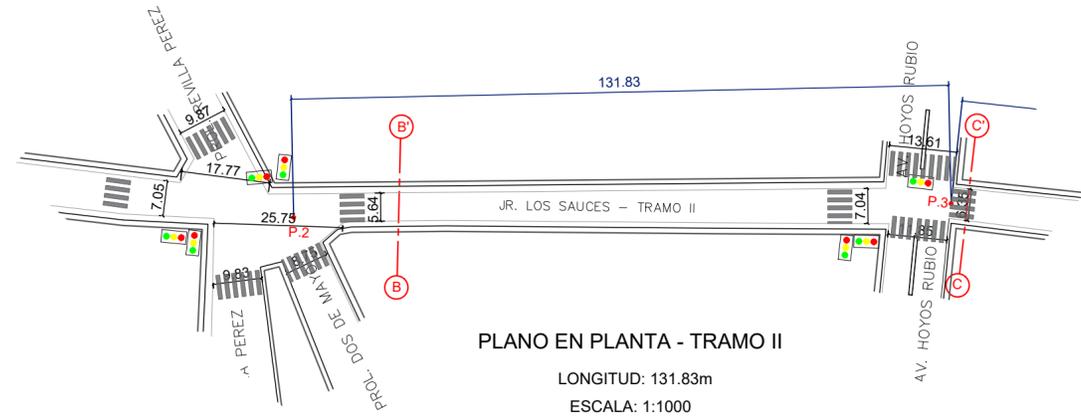
Título Tesis:
"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y MODELAMIENTO CON PTV VISSIM 21
CASO: JR. LOS SAUCES - MANUEL SEOANE ENTRE LA PROLONGACIÓN TAYABAMBA
HASTA LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE EN CAJAMARCA"

Plano: PLANO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL - ZONA DE ESTUDIO

Tesista: Bach. Víctor Ernesto Vázquez Márquez	Asesor: Maestro en Transporte Ing. Alejandro Cubas Becerra.
---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------

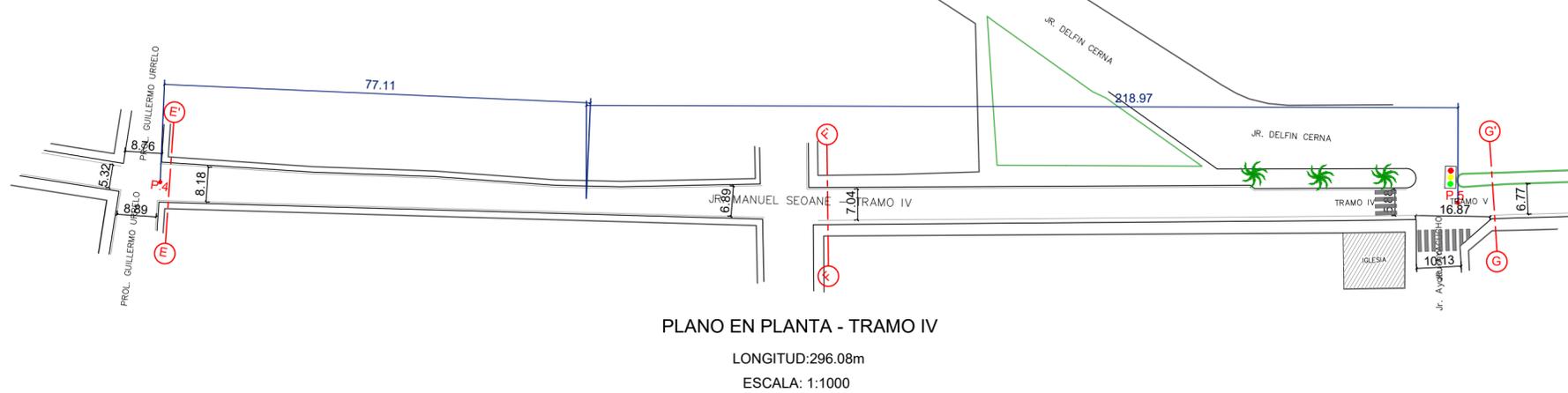
Fecha: MARZO-2022
Escala: INDICADA

PP-01

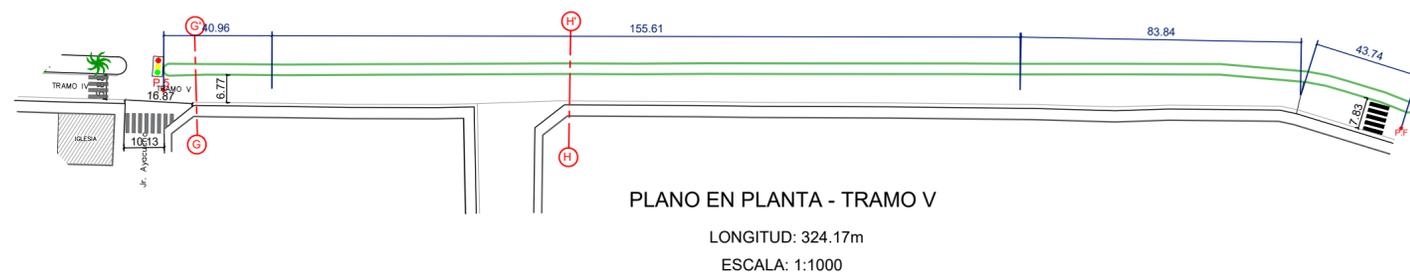


LEYENDA	
	SENTIDO DE TRAFICO
	LIMITE DE VIVIENDA
	VEREDAS
	CRUCE PEATONAL
	PARQUES Y JARDINES

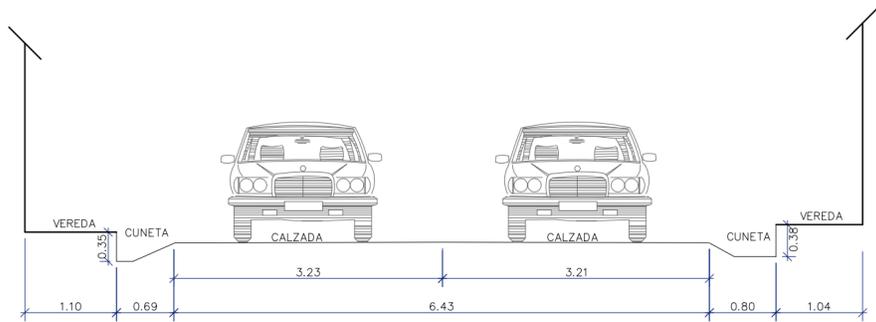
CUADRO DE DISTANCIAS	
TRAMO	LONGITUD (m)
P1-P2	145.86
P2-P3	131.83
P3-P4	222.31
P4-P5	296.08
P5-P6	324.17
TOTAL	1120.25



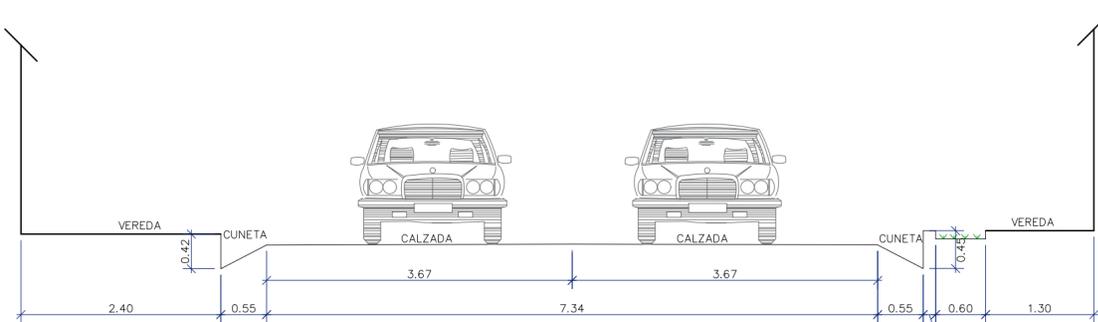
CUADRO DE COORDENADAS WGS 84 ZONA 17S		
PUNTO	ESTE	NORTE
P1 INICIO	774500.902 m	9208752.061 m
P2	774641.233 m	9208712.283 m
P3	774767.310 m	9208673.851 m
P4	774979.552 m	9208607.888 m
P5	775271.452 m	9208558.933 m
P6 FINAL	775591.950 m	9208514.605 m



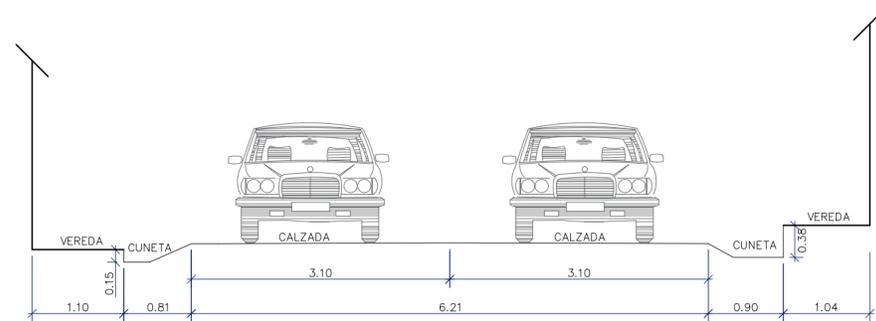
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Título Tesis: "DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y MODELAMIENTO CON PTV VISSIM 21 CASO: JR. LOS SAUCES - MANUEL SEOANE ENTRE LA PROLONGACIÓN TAYABAMBA HASTA LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE EN CAJAMARCA"		
Plano: PLANO EN PLANTA DE LOS TRAMOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	Tesisista: Bach. Víctor Ernesto Vásquez Márquez	Asesor: Maestro en Transporte Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Fecha: MARZO-2022		ESCALA: 1/1000
		PPT-01



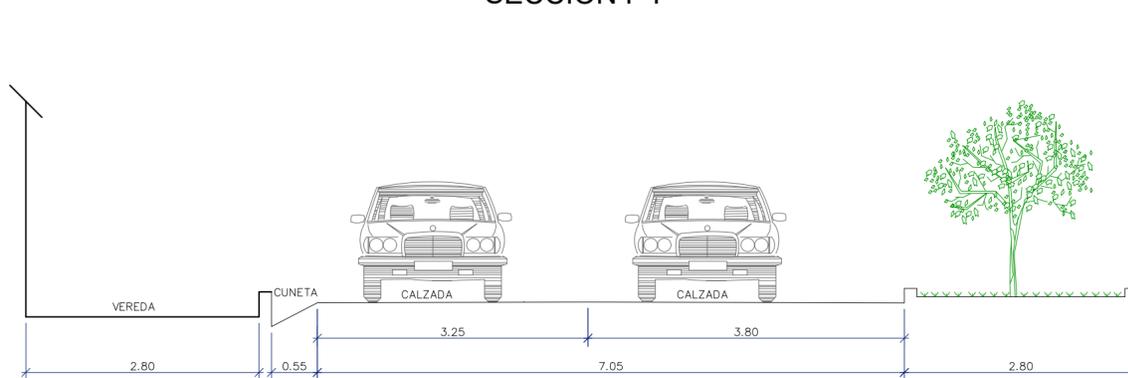
SECCIÓN A-A'



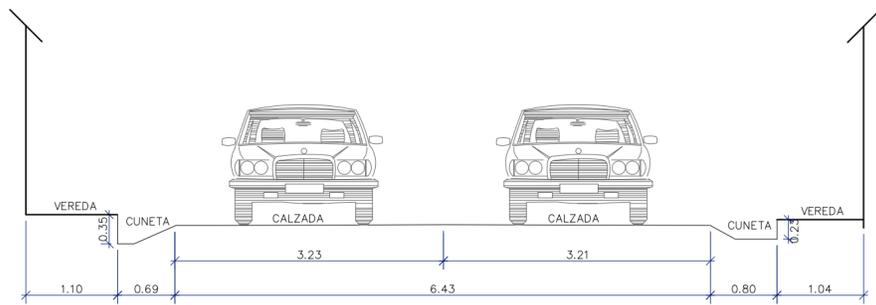
SECCIÓN F-F'



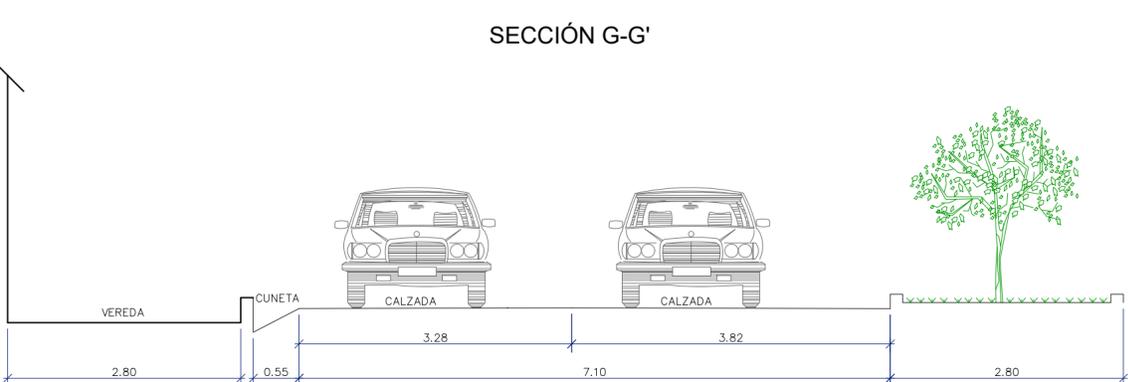
SECCIÓN B-B'



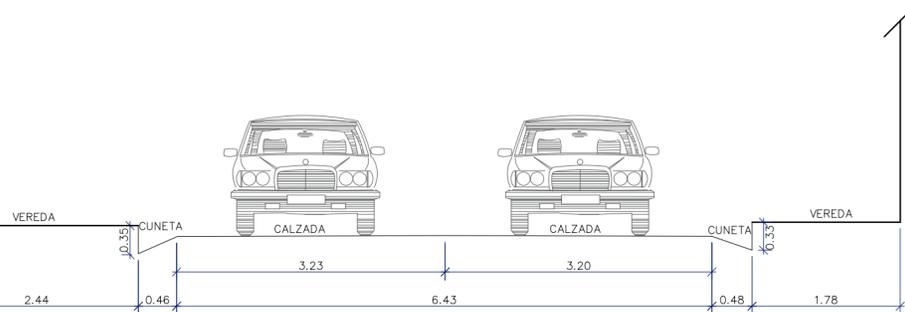
SECCIÓN G-G'



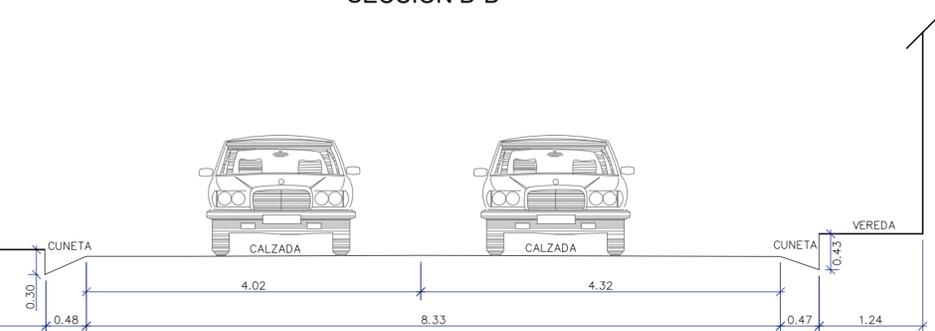
SECCIÓN C-C'



SECCIÓN H-H'



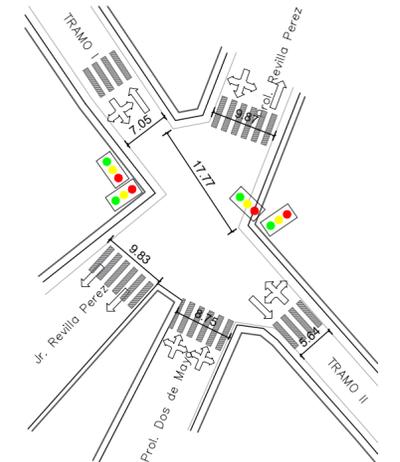
SECCIÓN D-D'



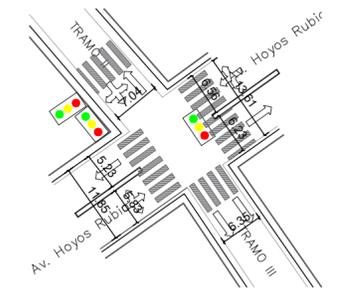
SECCIÓN E-E'

LEYENDA	
	SENTIDO DE TRAFICO
	LIMITE DE PISTA
	VEREDAS
	CRUCE PEATONAL
	PARQUES Y JARDINES

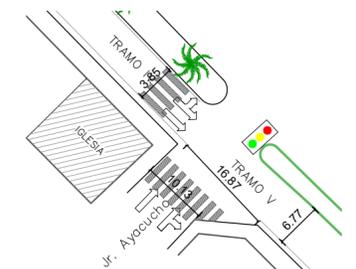
CUADRO DE COORDENADAS WGS 84 ZONA 17S		
PUNTO	ESTE	NORTE
P1 INICIO	774500.902 m	9208752.061 m
P2	774641.233 m	9208712.283 m
P3	774767.310 m	9208673.851 m
P4	774979.552 m	9208607.888 m
P5	775271.452 m	9208558.933 m
P6 FINAL	775591.950 m	9208514.605 m



PLANO EN PLANTA - INTERSECCIÓN 1
ESCALA: 1:750



PLANO EN PLANTA - INTERSECCIÓN 2
ESCALA: 1:750



PLANO EN PLANTA - INTERSECCIÓN 3
ESCALA: 1:750



ESCALA GRÁFICA 1:750

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Título Tesis: "DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO Y MODELAMIENTO CON PTV VISSIM 21 CASO: JR. LOS SAUCES - MANUEL SEOANE ENTRE LA PROLONGACIÓN TAYABAMBA HASTA LA AVENIDA VIA DE EVITAMIENTO NORTE EN CAJAMARCA"		
Plano: PLANO DE SECCIONES TÍPICAS E INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS		Fecha: MARZO-2022
Tesista: Bach. Víctor Ernesto Vásquez Márquez	Asesor: Maestro en Transporte Ing. Alejandro Cubas Becerra.	Escala: 1/60