

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

INFLUENCIA DE LA SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS “OLA VERDE” EN EL FLUJO VEHICULAR Y PEATONAL DE LA ZONA MONUMENTAL DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2021.

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: INGENIERIA CIVIL

Presentada por:

KATTIA IVONNE ABANTO PÉREZ

Asesor:

Dr. YTER ANTONIO VALLEJOS DÍAZ

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Kattia Ivonne Abanto Pérez
DNI: 72516858
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería. Programa de Maestría en Ciencias. Mención: Ingeniería Civil
2. Asesor: Dr. Yter Antonio Vallejos Díaz
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:

Influencia de la Sincronización de Semáforos "Ola Verde" en el Flujo Vehicular y Peatonal de la Zona Monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.
6. Fecha de evaluación: **01/04/2025**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **2%**
9. Código Documento: **3117:444847199**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
X APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **01/04/2025**

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>

----- <i>Dr. Yter Antonio Vallejos Díaz</i> DNI: 26704600

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

Copyright © 2025 by
KATTIA IVONNE ABANTO PÉREZ
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDUC/D

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 horas, del día 14 de febrero de dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **M. EN I. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR**, **M. EN I. ALEJANDRO CUBAS BECERRA**, **M. CS. SERGIO HUAMAN SANGAY**, y en calidad de Asesor el **DR. YTER ANTONIO VALLEJOS DÍAZ**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la Tesis titulada "INFLUENCIA DE LA SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS "OLA VERDE" EN EL FLUJO VEHICULAR Y PEATONAL DE LA ZONA MONUMENTAL DE LA CIUDAD DE CAJAMARCA, 2021", presentada por la bachiller en Ingeniería Civil **KATTIA IVONNE ABANTO PÉREZ**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó ..APROBAR.. con la calificación de DIECISIETE (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, la bachiller en Ingeniería Civil, **KATTIA IVONNE ABANTO PÉREZ**, se encuentra apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **INGENIERÍA**, con mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las 11:15 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Yter Antonio Vallejos Díaz
Asesor

.....
M. en I. José Benjamín Torres Tafur
Jurado Evaluador

.....
M. en I. Alejandro Cubas Becerra
Jurado Evaluador

.....
M. Cs. Sergio Huaman Sangay
Jurado Evaluador

DEDICATORIA:

A Dios, que siempre me ha dado la fortaleza para enfrentar los obstáculos y la paciencia para poder cumplir mis objetivos.

A mi familia, que con su apoyo, cariño y confianza ha logrado motivarme día con día para seguir cumpliendo mis sueños.

Al Ing. Yter Antonio Vallejos Díaz, por su asesoramiento en la elaboración de esta tesis, sus amplios conocimientos y sugerencias para culminar con ella.

A mis amigos que siempre me apoyaron, resolvieron dudas y alentaron durante este trayecto y así poder concretar esta meta.

AGRADECIMIENTO:

A Dios, por su amor incondicional que me incentiva para cumplir con cada sueño.

A mi familia, por siempre estar pendiente de mi, por cuidarme y creer siempre que puedo llegar lejos.

Al Ing. Yter Antonio Vallejos Díaz, por su asesoramiento en la elaboración de esta tesis, sus conocimientos compartidos que me ayudaron a concretarla.

A mis amigos por compartir sus experiencias, su entendimiento, su apoyo y su sencillez.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Contextualización	1
1.1.2. Descripción del problema.....	2
1.1.3. Formulación del Problema.....	5
1.2. Justificación e Importancia.....	5
a. Justificación científica	5
b. Justificación técnica-práctica.....	5
c. Justificación institucional	5
d. Personal:	6
1.3. Delimitación de la investigación	6
1.4. Limitaciones	6
1.5. Objetivos de la investigación	7
1.5.1. Objetivo General.....	7
1.5.2. Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Marco legal.....	8
2.1.1 Reglamento de la calidad de servicio de una vía según HCM 2010: Manual de Capacidad de Carreteras.	8
2.1.2 Reglamento de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras según Manual del MTC 2016.....	8
2.1.3 Regulación de normas y desarrollo en materia de Transportes y comunicaciones según el MTC: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.....	8
2.2. Antecedentes teóricos de la investigación	9

2.2.1 Antecedentes Internacionales:	9
2.2.2 Antecedentes Nacionales:	11
2.2.3 Antecedentes Locales:	12
2.3. Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio	13
2.3.1 Teoría de semáforos.....	13
2.3.2 Teoría de Colas	16
2.3.3 Teoría de Sincronización de Semáforos	17
2.3.4 Teoría de “Ola Verde”	19
2.3.5 Teoría de Flujo Vehicular.....	22
2.3.6 Teoría de Flujo Peatonal.....	37
2.3.7 Programa VISSIM 23.0:	38
2.3.8 Programa VISWALK 23.0:	39
2.4. Definición de términos básicos	40
CAPÍTULO III	43
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	43
3.1. Hipótesis.....	43
3.1.1 Hipótesis general.....	43
3.1.2 Hipótesis específicas	43
3.2. Variables	43
3.2.1. Variable Independiente	43
3.2.2. Variables dependientes.....	43
3.3. Operacionalización/ categorización de los componentes de las hipótesis	44
CAPÍTULO IV	45
MARCO METODOLÓGICO	45
4.1. Ubicación geográfica.....	45
4.2. Diseño de la Investigación.....	48

4.3. Métodos de investigación	49
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación	49
4.4.1. Población	49
4.4.2. Muestra	49
4.4.3. Unidad de Análisis.....	50
4.4.4. Unidades de Observación	50
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	50
4.5.1. Intersecciones seleccionadas	50
4.5.2. Para la caracterización de la Sincronización de Semáforos.....	54
4.5.3. Para la caracterización del Flujo Vehicular	55
4.5.4. Para la caracterización del Flujo Peatonal	56
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	58
4.6.1. Aplicación de HCM 2010.....	58
4.6.2. Modelación y Validación de los tramos en estudio.....	59
4.6.3. Procesamiento de datos – Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde”..	59
4.6 Equipos, materiales, insumos, etc.....	62
4.6.1 Equipo y herramientas menores.....	62
4.7 Matriz de consistencia metodológica	63
CAPÍTULO V	64
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
5.1 Presentación de resultados.....	64
5.1.1 Datos geométricos y Ciclos Semafóricos	64
5.1.2 Datos de demanda.....	71
5.1.3 Modelamiento Inicial.....	156
5.1.4 Calibración del modelo vehicular.....	167
5.1.5 Aplicación de la Norma HCM 2010.....	169

5.1.6 Simulación de las intersecciones en estudio en Vissim 23.0 sin “Ola Verde”	200
5.1.7 Determinación del tiempo semafórico óptimo	202
5.1.8 Simulación de las intersecciones en estudio en Vissim 23.0 con “Ola Verde”	209
5.2 Análisis, interpretación y discusión de Resultados	210
5.2.1 Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde”	210
5.2.2 Sincronización de Semáforos con “Ola Verde”	212
5.2.3 Comparación en las demoras obtenidas de la Sincronización de Semáforos sin y con Sincronización de Semáforos “Ola Verde”	212
5.3 Contrastación de hipótesis	217
5.3.1 Prueba de hipótesis general	217
5.3.2 Prueba de hipótesis específicas	219
CAPÍTULO VI	231
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	231
6.1 CONCLUSIONES	231
6.2 RECOMENDACIONES	233

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor de Ajuste por ancho de carril- Intersección 01.....	33
Tabla 2. Niveles de servicio HCM 2010	36
Tabla 3. Operacionalización/categorización de los componentes de las hipótesis.....	44
Tabla 4. Coordenadas de ubicación de los tramos de estudio.	48
Tabla 5. Intersecciones en estudio.....	51
Tabla 6. Longitud de las vías en estudio	66
Tabla 7. Ancho de las vías en estudio	67
Tabla 8. Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 1	68
Tabla 9. Ciclo semafórico Peatonal – Intersección 1	68
Tabla 10. Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 2	69
Tabla 11. Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 3	69
Tabla 12. Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 4	70
Tabla 13. Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 5	70
Tabla 14. Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 6	71
Tabla 15. Equivalencias de vehículos que transitan en las vías que confluyen en las intersecciones en estudio y las que Vissim 23.0 presenta	74
Tabla 16. Flujo Peatonal – Comerciantes formales e informales	138
Tabla 17. Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Primera Modelación) - 10:30 AM – 11 :30 AM.....	140
Tabla 18. Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Segunda Modelación) - 04:00 PM – 05:00 PM	140
Tabla 19. Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Tercera Modelación) - 06:30 PM – 07:30 PM	141
Tabla 20. Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Primera Validación) - 10:30 AM – 11 :30 AM.....	141
Tabla 21. Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Segunda Validación) - 04:00 PM – 05:00 PM	142
Tabla 22. Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Tercera Validación) - 06:30 PM – 07:30 PM	142
Tabla 23. Flujo Peatonal – Comerciantes formales e informales	143

Tabla 24. Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Primera Modelación) - 10:30 AM – 11 :30 AM.....	145
Tabla 25. Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Segunda Modelación) - 11:45 AM – 12: 45PM	145
Tabla 26. Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Tercera Modelación) - 05:45 PM – 06: 45PM	146
Tabla 27. Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Primera Validación) - 10:30 AM – 11 :30 AM.....	146
Tabla 28. Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Segunda Validación) - 11:45 AM – 12: 45PM	147
Tabla 29. Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Tercera Validación) - 05:45 PM – 06: 45PM	147
Tabla 30. Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.)- Jr. Dos de Mayo	150
Tabla 31. Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.) - Jr. Dos de Mayo	150
Tabla 32. Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.) - Jr. José Gálvez.....	151
Tabla 33. Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.) - Jr. José Gálvez.....	152
Tabla 34. Tiempos de viaje peatonales de modelación del cruce 1 (seg).....	153
Tabla 35. Tiempos de viaje peatonales de validación del cruce 1 (seg).....	153
Tabla 36. Tiempos de viaje peatonales de modelación del cruce 1 (seg).....	155
Tabla 37. Tiempos de viaje peatonales de validación del cruce 1 (seg).....	155
Tabla 38. Datos resumen de tiempos de parada vehiculares (seg.) 34	156
Tabla 39. Factor Hora Pico – Intersección 01	171
Tabla 40. Pendiente Media – Intersección 01.....	171
Tabla 41. Ancho de los accesos – Intersección 01	172
Tabla 42. Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 01	172
Tabla 43. Factor Hora Pico – Intersección 02	175
Tabla 44. Pendiente Media – Intersección 02.....	176
Tabla 45. Ancho de los accesos – Intersección 02	176
Tabla 46. Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 02	176
Tabla 47. Factor Hora Pico - Intersección 03.....	180

Tabla 48. Pendiente Media – Intersección 03.....	181
Tabla 49. Ancho de los accesos – Intersección 03	181
Tabla 50. Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 03	182
Tabla 51. Factor Hora Pico – Intersección 04	185
Tabla 52. Pendiente media – Intersección 04	186
Tabla 53. Ancho de los accesos – Intersección 04	186
Tabla 54. Ancho de los accesos – Intersección 04	187
Tabla 55. Pendiente Media – Intersección 05.....	191
Tabla 56. Ancho de los accesos – Intersección 05	191
Tabla 57. Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 05	192
Tabla 58. Factor Hora Pico – Intersección 06	195
Tabla 59. Pendiente Media – Intersección 06.....	196
Tabla 60. Ancho de los accesos– Intersección 06	196
Tabla 61. Número de maniobras de estacionamiento – Jr. José Gálvez y Jr. Huánuco	196
Tabla 62. Comparación de las demoras vehiculares promedio en las intersecciones en estudio, a través del Vissim 23.0 y HCM 2010 - sin “Ola Verde”	211
Tabla 63. Demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 con “Ola Verde”	212
Tabla 64. Comparación de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	213
Tabla 65. Comparación de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	215
Tabla 66. Comparación de los niveles de serviciabilidad de las intersecciones en estudio	216
Tabla 67. Comparación de los coeficientes de correlación entre la sincronización de semáforos con y sin “Ola Verde” y el flujo vehicular en las intersecciones en estudio.	217
Tabla 68. Comparación de los coeficientes de correlación entre la sincronización de semáforos con y sin “Ola Verde” y el flujo peatonal en las intersecciones en estudio.	218
Tabla 69. Prueba de normalidad de la diferencia de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	220

Tabla 70. Tipo de distribución de la diferencia de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	221
Tabla 71. Nivel de significancia de la diferencia de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	223
Tabla 72. Prueba de normalidad de la diferencia de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	225
Tabla 73. Tipo de distribución de la diferencia de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	226
Tabla 74. Prueba de muestras emparejadas de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	228
Tabla 75. Estadísticos descriptivos de muestras emparejadas de las demoras peatonales en la intersección 4, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	229
Tabla 76. Prueba de Wilcoxon de muestras emparejadas de las demoras peatonales en la intersección 4, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”	229
Tabla 77. Influencia de la Sincronización de Semáforos "Ola Verde" en el Flujo Vehicular y Peatonal de la Zona Monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021	246

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tramo comprendido entre el Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal: Largas colas de vehículos por la falta de sincronización de semáforos	3
Figura 2. Tramo comprendido entre el Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal.....	3
Figura 3. Tramo comprendido entre el Jr. El Comercio y Jr. Junín: Largas colas de vehículos por la falta de sincronización de semáforos	4
Figura 4. Tipo de Semáforos	13
Figura 5. Ciclo de Semáforos	17
Figura 6. Sistema de Control de Tránsito	20
Figura 7. Diagrama Tiempo – Distancia	21
Figura 8. Esquema de Manheim	23
Figura 9. Importancia del tráfico en la dinámica del sistema de transporte	24
Figura 10. Clasificación de los conflictos de tráfico	25
Figura 11. Representación del tráfico en el espacio (s) – tiempo (t).....	26
Figura 12. Intervalos y espaciamientos en una corriente de tráfico	26
Figura 13. Sistema de análisis de la teoría del seguimiento vehicular	27
Figura 14. Distribución del tiempo percepción-respuesta	28
Figura 15. Características Fundamentales del Flujo Vehicular.....	29
Figura 16. Clases de flujo de saturación Tránsito	31
Figura 17. Esquema de construcción en Vissim.....	39
Figura 18. Esquema de construcción en Viswalk.....	40
Figura 19. Mapa departamental de Cajamarca	45
Figura 20. Zonas monumentales de la ciudad de Cajamarca	46
Figura 21. Intersecciones en estudio ubicadas en la zona monumental “A” de la ciudad de Cajamarca.	47
Figura 22. Intersección semaforizada Jr. Dos de Mayo y Jr. Amalia Puga.....	52
Figura 23. Intersección semaforizada Jr. Dos de Mayo y Jr. Amazonas.....	52
Figura 24. Intersección semaforizada Jr. Dos de Mayo y Jr. José Sabogal.....	53
Figura 25. Intersección semaforizada Jr. José Gálvez y Jr. El Comercio.....	53
Figura 26. Intersección semaforizada Jr. José Gálvez y Jr. Junín.	54
Figura 27. Intersección semaforizada Jr. José Gálvez y Jr. Huánuco.	54
Figura 28. Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. Dos de Mayo	64
Figura 29. Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. José Gálvez...	65

Figura 30. Ciclos semafóricos de las intersecciones en estudio	71
Figura 31. Tipos de vehículos que transitan en las vías de estudio.....	73
Figura 32. Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 01 ...	75
Figura 33. Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 02 ...	76
Figura 34. Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 03 ...	77
Figura 35. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01	79
Figura 36. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02	80
Figura 37. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03	81
Figura 38. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01	83
Figura 39. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02 Jr. Amazonas	84
Figura 40. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03	85
Figura 41. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01	87
Figura 42. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02	88
Figura 43. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03	89
Figura 44. Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 04. ..	91
Figura 45. Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N°05	92
Figura 46. Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 06 ...	93
Figura 47. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04	95
Figura 48. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05	96
Figura 49. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06	97
Figura 50. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04	99

Figura 51. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05	100
Figura 52. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06	101
Figura 53. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N°04	103
Figura 54. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05	104
Figura 55. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06	105
Figura 56. Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 01 .	107
Figura 57. Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 02 .	108
Figura 58. Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 03 .	109
Figura 59. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01	111
Figura 60. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02.	112
Figura 61. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03	113
Figura 62. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01	115
Figura 63. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02	116
Figura 64. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03	117
Figura 65. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01.	119
Figura 66. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02	120
Figura 67. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03	121
Figura 68. Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 04 .	123
Figura 69. Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 05 .	124
Figura 70. Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 06 .	125

Figura 71. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04	127
Figura 72. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05	128
Figura 73. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06	129
Figura 74. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04	131
Figura 75. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05	132
Figura 76. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06	133
Figura 77. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04	135
Figura 78. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05	136
Figura 79. Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06	137
Figura 80. Ubicación de áreas peatonales consideradas.....	139
Figura 81. Ubicación de áreas peatonales consideradas.....	144
Figura 82. Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. Dos de Mayo	149
Figura 83. Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. Dos de Mayo	151
Figura 84. Tramos para obtención de tiempos de viaje peatonales – Jr. José Gálvez..	152
Figura 85. Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. José Gálvez.	154
Figura 86. Pantalla de inicio del programa VISSIM 23.0	157
Figura 87. Importación del archivo autocad al programa VISSIM 23.0	157
Figura 88. Creación de las vías vehiculares	158
Figura 89. Creación de las vías peatonales.....	159
Figura 90. Creación de las áreas peatonales	159
Figura 91. Asignación de vehículos y peatones	160
Figura 92. Rutas que siguen los vehículos en el Jr Dos de Mayo	160
Figura 93. Rutas que siguen los peatones en el Jr José Gálvez.....	161

Figura 94. Creación de Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo	161
Figura 95. Edición de los Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo.....	162
Figura 96. Creación de los grupos de señales para Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo.....	162
Figura 97. Asignación de colores en los Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo	163
Figura 98. Asignación de la duración de los tiempos semafóricos en los Reguladores Semafóricos del Dos de Mayo – Amalia Puga.....	163
Figura 99. Asignación de los reguladores semafóricos en el modelo, correspondiente al Jr. Dos de Mayo – Amalia Puga.....	164
Figura 100. Asignación de los reguladores semafóricos según el grupo de señales que le corresponde.....	165
Figura 101. Zonas de conflicto - Jr. Dos de Mayo	165
Figura 102. Zonas de conflicto - Jr. José Gálvez.....	166
Figura 103. Reglas de prioridad	166
Figura 104. Problema observado: reglas de prioridad en el Jr. Amazonas	167
Figura 105. Parámetros de Simulación.....	168
Figura 106. Atributos de los Resultados.....	169
Figura 107. Flujos de ingreso – Intersección N° 01	170
Figura 108. Ciclo Semafórico – Intersección N° 01.....	172
Figura 109. Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 01	173
Figura 110 Demoras Vehiculares – Intersección N° 02	174
Figura 111. Flujos de ingreso – Intersección N° 02	175
Figura 112. Ciclo Semafórico – Intersección N° 02.....	177
Figura 113. Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 02	178
Figura 114. Demoras Vehiculares – Intersección N° 02	178
Figura 115. Flujos de ingreso – Intersección N°03	180
Figura 116. Ciclo Semafórico – Intersección N° 03.....	182
Figura 117. Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 03	183
Figura 118. Demoras Vehiculares – Intersección N° 03	184
Figura 119. Flujos de ingreso – Intersección N° 04	185
Figura 120. Ciclo Semafórico –Intersección N° 04.....	187
Figura 121. Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 04	188
Figura 122. Demoras Vehiculares – Intersección N° 04	189

Figura 123. Flujos de ingreso – Intersección N° 05	190
Figura 124. Ciclo Semafórico – Intersección N° 05.....	192
Figura 125. Demoras Vehiculares –Intersección N° 05	193
Figura 126. Demoras Vehiculares – Intersección N° 05	194
Figura 127. Flujos de ingreso – Intersección N° 06	195
Figura 128. Ciclo Semafórico – Intersección N° 06.....	197
Figura 129. Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 06	198
Figura 130. Demoras Vehiculares – Intersección N° 06	199
Figura 131. Simulación del Jr Dos de Mayo: Intersección N°01, 02 y 03	200
Figura 132. Simulación del Jr Dos de Mayo: Intersección N°04, N° 05 y N° 06.....	201
Figura 133. Tipos de vehículos que transitan en las vías de estudio.....	202
Figura 134. Intersecciones N° 01, N° 02 y N° 03 en las que se aplicará la “Ola verde”.	204
Figura 135. Ciclo de los semáforos de los carriles de entrada que confluyen en las intersecciones obtenidos en el Vissim 23.0 y Viwalk 23.0 para un mejor funcionamiento de las intersecciones en estudio.....	205
Figura 136. Ciclo de los semáforos en las intersecciones N° 01, N° 02 y N° 03.....	205
Figura 137. Tipos de vehículos que transitan en las vías de estudio.....	206
Figura 138. Intersecciones N° 04, N° 05 y N° 06 en las que se aplicará la “Ola verde”.	208
Figura 139. Ciclo de los semáforos de los carriles de entrada que confluyen en las intersecciones obtenidos en el Vissim 23.0 y Viswalk 23.0 para un mejor funcionamiento de las intersecciones en estudio.....	208
Figura 140. Ciclo de los semáforos en las intersecciones del Jr José Gálvez y el Jr. El Comercio, Jr. Junín y Jr. Huánuco.	209
Figura 141. Demoras Vehiculares en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 – Vissim 23.0 y HCM 2010.....	210
Figura 142. Comparación de las demoras del desempeño vehicular en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 sin y con “Ola Verde” – Vissim 23.0	213
Figura 143. Comparación de las demoras del desempeño peatonal en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 sin y con “Ola Verde” – Vissim 23.0	215

RESUMEN

El flujo vehicular y peatonal en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca es lento debido a la falta de sincronización “Ola verde” en sus intersecciones semaforizadas. No sólo el crecimiento indiscriminado del parque automotor y la existencia de espacios comerciales y recreacionales generan demoras en los tiempos de viaje, largas colas y malestar en los usuarios de dichas vías sino también la falta de sincronización. Es por ello que, el objetivo de este trabajo es determinar la influencia de la sincronización de semáforos “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca. La situación existente de las intersecciones fue inicialmente modelada a través de la versión 21.0 de los softwares Vissim y Viswalk, sin embargo, debido a que dichas versiones fueron actualizadas, se culminó este modelo utilizando la versión 23.0; tomando en cuenta datos, parámetros y características de dicha zona para compararlos con los parámetros obtenidos con el HCM 2010; luego de simular la situación real se procedió a simular también la situación ideal consistente en la sincronización de semáforos conocida como “Ola verde”. Se determinó la influencia de la sincronización de semáforos sin y con “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca a través de la comparación de las demoras. Mediante los softwares Vissim y Viswalk 23.0 para la situación real sin “Ola verde” se obtuvieron las siguientes demoras en las intersecciones N° 01, 02, 03, 04, 05 y 06: 83.99 (s/veh), 99.95(s/veh), 84.02(s/veh), 16.92(s/veh), 13.94 (s/veh) y 14.49 (s/veh) respectivamente. De la misma manera para la situación ideal con “Ola verde” se obtuvieron las siguientes demoras: 73.10(s/veh), 56.95(s/veh), 39.66(s/veh), 14.38(s/veh), 12.75(s/veh) y 13.97(s/veh). Finalmente, al comparar las demoras sin y con “Ola verde” se observaron demoras significativamente más bajas en el segundo escenario lo que se traduce en flujos vehiculares y peatonales más rápidos. Se concluyó que la sincronización de semáforos “ola verde” influye positivamente en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, por lo cual es recomendable la aplicación de la ola verde adecuándola al flujo vehicular y peatonal existentes de cada zona.

Palabras clave: Influencia, flujo vehicular, flujo peatonal, sincronización de semáforos “ola verde”.

ABSTRACT

The vehicular and pedestrian flow in the monumental area of the city of Cajamarca is slow due to the lack of “Ola Verde” synchronization at its traffic light intersections. Not only the indiscriminate growth of the vehicle fleet and the existence of commercial and recreational spaces generate delays in travel times, long lines and discomfort in the users of these roads, but also the lack of synchronization. That is why the objective of this work is to determine the influence of the synchronization of “green wave” traffic lights on the vehicular and pedestrian flow of the monumental area of the city of Cajamarca. The existing situation of the intersections was initially modeled through version 21.0 of the Vissim and Viswalk software, however, because these versions were updated, this model was completed using version 23.0; taking into account data, parameters and characteristics of said area to compare them with the parameters obtained with the HCM 2010; After simulating the real situation, the ideal situation consisting of traffic light synchronization known as “Green Wave” is also simulated. The influence of the synchronization of traffic lights without and with “green wave” on the vehicular and pedestrian flow of the monumental area of the city of Cajamarca was determined through the comparison of delays. Using the Vissim and Viswalk 23.0 software, for the real situation without “Green Wave”, the following delays obtained at intersections No. 01, 02, 03, 04, 05 and 06 were: 83.99 (s/veh), 99.95 (s/veh), s/veh), 84.02(s/veh), 16.92(s/veh), 13.94 (s/veh) and 14.49 (s/veh) respectively. In the same way, for the ideal situation with “Green Wave” the following delays were obtained: 73.10(s/veh), 56.95(s/veh), 39.66(s/veh), 14.38(s/veh), 12.75(s/veh). /veh) and 13.97(s/veh). Finally, when comparing the delays without and with “Green Wave” significantly lower delays were observed in the second scenario which translates into faster vehicular and pedestrian flows . It was concluded that the synchronization of "green wave" traffic lights positively influences the vehicular and pedestrian flow of the monumental area of the city of Cajamarca, which is why the application of the green wave is recommended, adapting it to the existing vehicular and pedestrian flow.

Keywords: Influence, vehicular flow, pedestrian flow, traffic light synchronization “green wave”.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

El flujo peatonal y vehicular es lento debido al aumento de los vehículos motorizados a nivel mundial, afectando de esta manera no sólo a las grandes urbes de nuestro planeta, sino que éste se ha extendido y es encontrado recurrentemente en la mayoría de ciudades del mundo. Esta aglomeración, es conocida comúnmente como “hora punta” u “hora pico” (Prahara y Yerlomen, 2018).

Una solución sencilla, segura y fácil de aplicar durante las horas punta es la implementación de “olas verdes” en calles principales. Esta implementación consiste en sincronizar una serie de semáforos de intersecciones continuas, dando relevancia a la vía principal con una secuencia progresiva de verdes, permitiendo que el flujo vehicular y peatonal sea más fluido en esta vía. La “ola verde” ha sido ampliamente usada en numerosas intersecciones de nuestra ciudad capital, mejorando el funcionamiento de dichas zonas, como es el caso de San Isidro en la ciudad de Lima en avenidas con gran congestión vehicular como Juan de Arona, Paz Soldán y Camino Real (Perú 21, 2016). A fin del año 2019 se tuvieron 704 intersecciones con la “ola verde” en la ciudad de Lima, debido a que entre las avenidas donde se aplicaron anteriormente la sincronización: República de Panamá, México, Venezuela, Brasil y Tomás Marsano, el tiempo de viaje se redujo en casi 10% según indicó la municipalidad. (Delgado, 2019).

Por otro lado, para aplicar una alternativa de solución como la “ola verde”, de manera efectiva y práctica, más de 2500 ciudades han tomado decisiones basadas en las soluciones que se simulan a través de los softwares, y debido a su tecnología de optimización se ahorra alrededor del 17% en costos (PTV GROUP, 2019).

En nuestro país existen estudios relacionados al empleo de soluciones como la “ola verde” y el uso de softwares de simulación (VISSIM) Pérez (2017). En esta investigación se hace referencia a las “olas verdes” como una alternativa de solución, es decir a la sincronización semafórica de varias intersecciones, que garanticen el flujo continuo en una dirección de una avenida principal, dicha solución se analizó a través de

la creación de un modelo de micro simulación previamente calibrado y ajustado a la situación actual, demostrando que el uso de softwares es de gran utilidad por su versatilidad, flexibilidad y rapidez al buscar la mejor alternativa de solución para un problema real.

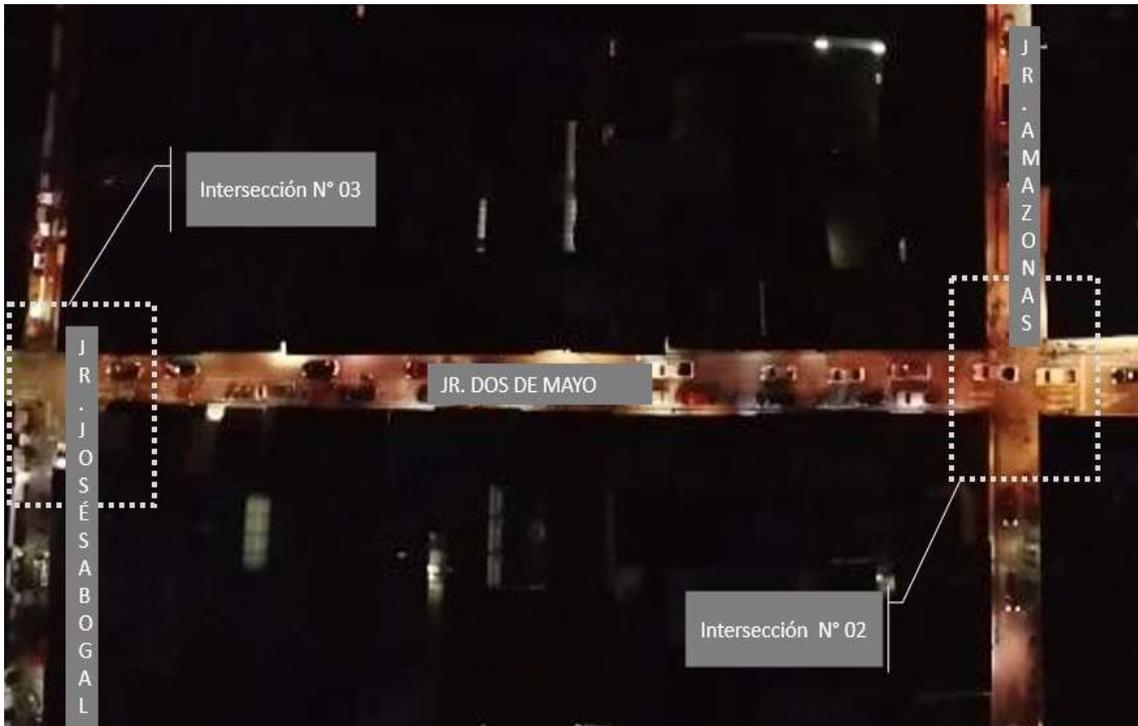
En Cajamarca, en zonas de alto congestionamiento, en las que el flujo vehicular y peatonal es lento como lo es en la zona monumental es que se planteó utilizar estos softwares para modelar un escenario actual y real. Posteriormente, se buscó la efectividad de la ola verde aplicado en dicho modelo y se demostró la utilidad de dichos softwares.

1.1.2. Descripción del problema.

En Cajamarca, los flujos vehiculares y peatonales son lentos, principalmente por el incremento de unidades motorizadas de manera no controlada que ha ido mermando la calidad de vida de manera casi imperceptible en el transcurso del tiempo, pero hoy en día dicho problema genera gran preocupación e incomodidad en la población. Este incremento es más notorio en vehículos motorizados particulares y en los que ofrecen servicios informales, preferidos en su mayoría debido al deficiente sistema de transporte público y el no cumplimiento de una adecuada gestión vial. Influye también que no se han establecido tiempos semafóricos adecuados en las principales vías de ciudad, menos aún la sincronización semafórica que puede ser implementada en calles con intersecciones semaforizadas próximas entre sí.

En la zona monumental se observan intersecciones semaforizadas ubicadas secuencialmente en ciertas vías las cuales no presentan sincronización semafórica generando demoras innecesarias en los vehículos que al haber ingresado por la primera intersección encuentran el semáforo en rojo al llegar a la segunda intersección y tienen que detenerse. Esta situación se observa en los jirones Dos De Mayo, José Gálvez y Amazonas, ubicados en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, en los cuales se observan semáforos en 3 intersecciones continuas. En el Jr. Dos de Mayo, los vehículos que ingresan a la primera intersección (Jr Dos de Mayo y Amalia Puga) cuando el semáforo está en verde se ven obligados a detenerse debido a que la siguiente intersección (Jr. Dos de Mayo y Jr. Amazonas) muestra el semáforo en rojo, así también se observa el mismo problema al llegar a la tercera intersección (Jr. Dos de Mayo y Jr. José Sabogal).

Figura 1: Tramo comprendido entre el Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal: Largas colas de vehículos por la falta de sincronización de semáforos



Nota. Elaboración propia

En la figura 1 se observa el Jirón Dos de Mayo, se puede apreciar que mientras los vehículos se desplazan libremente la altura de la Intersección N°02, al llegar a la intersección N° 03 tienen que esperar ya que el semáforo se encuentra en rojo.

Se puede tener una mejor visualización con la siguiente imagen:

Figura 2: Tramo comprendido entre el Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal



De la misma manera, se presenta este conflicto en el Jr. José Gálvez entre las intersecciones con el Jr. El Comercio y el Jr. Huánuco, incrementando la longitud de la cola y demoras.

Figura 3: Tramo comprendido entre el Jr. El Comercio y Jr. Junín: Largas colas de vehículos por la falta de sincronización de semáforos



Estas demoras no sólo generan el 70% de contaminación del aire, según se menciona en un artículo publicado por RPP (2021), sino también generan contaminación sonora, mayor uso de combustible e incrementan los niveles de estrés en los usuarios de las vías.

Existen varios estudios relacionados al uso de programas computacionales para evaluar las vías de la ciudad de Cajamarca, pero no se han empleado para aplicar olas verdes en las intersecciones semaforizadas señaladas.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, es que la zona monumental fue seleccionada, la cual debido a la interacción presente peatón – vehículo se recurrió a un análisis microscópico mediante los softwares VISSIM 23.0 y VISWALK 23.0. Estos programas permiten generar una reproducción adecuada de la situación de tráfico de ciudades como Cajamarca a través con un correcto análisis y brindar ciertas medidas para

mejorar la situación actual del flujo vehicular y peatonal, por tal motivo es imprescindible estudiar dichos flujos y además estudiar la sincronización de las intersecciones semaforizadas con la ola verde para determinar la posible mejora de dichas intersecciones: flujos vehiculares y peatonales más rápidos evidenciado en menores demoras en los tiempos de viaje.

1.1.3. Formulación del Problema.

¿Cuál es la influencia de la sincronización de semáforos “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021?

1.2. Justificación e Importancia

1.2.1 Justificación científica

Desde el punto de vista científico lo que se buscó en esta investigación fue determinar la viabilidad de la implementación de la sincronización de semáforos “ola verde” en las intersecciones semaforizadas de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, a través de la modelación y simulación de la situación real y la optimizada en los softwares VISSIM 23.0 y VISWALK 23.0, ya que no se han encontrado estudios con estas variables en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca. Este estudio es una adición importante desde el punto de vista científico.

1.2.2 Justificación técnica-práctica

La presente investigación busca que los flujos vehiculares y peatonales sean rápidos a través de la disminución de las demoras en las intersecciones semaforizadas del Jr. Dos de Mayo y Jr. José Gálvez de la zona monumental de la Ciudad de Cajamarca a través de la sincronización de semáforos “ola verde” para mejorar el Nivel de Servicio de dichas intersecciones a través del uso de softwares.

1.2.3 Justificación institucional

La Universidad Nacional de Cajamarca a través de la Escuela de Posgrado que se encuentra institucionalmente comprometida con el desarrollo de la región, a través de esta investigación busca ofrecer una posible alternativa de solución al congestionamiento vehicular y peatonal aplicando la ola verde y fomentando el uso de programas computacionales en estudiantes, profesionales e interesados en aplicar diferentes y variadas alternativas de solución en el problema de congestionamiento de la ciudad de Cajamarca, ya que es un problema que se agrava rápidamente y los softwares

ofrecen la posibilidad de modelar incontables escenarios, adecuarlos a la realidad y probar muchas alternativas, escoger la más efectiva, eficiente y económica.

1.2.4 Personal:

El logro de la maestría es obtener el grado de maestro.

1.3. Delimitación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la zona monumental de Cajamarca, específicamente en la zona A, cuyos tramos en estudio son: el Jirón Dos de Mayo, el tramo comprendido entre el jirón Amalia Puga y José Sabogal, con un total de 3 intersecciones semaforizadas y próximas entre sí. Para este trabajo no se estudiaron las intersecciones semaforizadas en el Jr. Amazonas debido a que se estaban realizando trabajos de reparación de calzada en el momento del estudio. De la misma manera en el Jirón José Gálvez, el tramo comprendido entre el jirón El Comercio y Huánuco también con 3 intersecciones semaforizadas y próximas entre sí. No se tomó en cuenta la intersección entre el Jr. José Gálvez y Jr. Amazonas ya que entre el Jr. El Comercio y el Jr. Amazonas se encuentra una intersección no semaforizada.

Para llevar a cabo el estudio, se utilizó el manual de capacidad de carreteras HCM 2010 para calcular las demoras de la situación actual y así determinar el nivel de serviciabilidad de las vías. De la misma manera, se realizaron 2 modelos de simulación que reflejaron la situación actual del flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca: una simulación perteneciente al Jr. Dos de Mayo y la otra perteneciente al Jr. José Gálvez. Para la elaboración de dichos modelos se hizo uso de los softwares de simulación VISSIM y VISWALK, obteniendo las demoras correspondientes a la situación actual.

1.4.Limitaciones

Las limitaciones presentes en el desarrollo de la investigación radican principalmente en los siguientes factores:

- **Factor Muestra:** El estudio realizado en las intersecciones del Jr. Dos de Mayo y Jr. José Gálvez se llevó a cabo en época de pandemia por lo que el número de vehículos y peatones fue considerablemente menor al que se presenta en situaciones normales. Además, las intersecciones ubicadas en el Jr. Amazonas no fueron consideradas en este estudio debido a que la calzada

se encontraba en reparación. Los resultados que se obtuvieron en esta tesis no pueden ser generalizados.

- **Factor Software:** Otra limitación importante es que en este proyecto se utilizó la versión estudiante, por lo cual lo que limita el tiempo de simulación a sólo 15 minutos, razón por la cual se utilizó el máximo volumen vehicular y peatonal durante 15 minutos de la hora de máxima demanda (hora pico).
- **Factor Documentos Normativos:** Actualmente, en el país no se ha elaborado un manual de capacidad de carreteras en el que se estudie el tráfico de acuerdo a las condiciones del país existentes: comportamiento de los usuarios de las vías, características geométricas, controles, tipos de vehículos, entre otros, sino que es recurrente el uso de metodologías americanas como es el HCM, por lo que se tuvieron diferencias considerables entre las demoras obtenidas del HCM y las que se obtuvieron a través de los softwares Vissim y Viswalk.
- **Factor Bibliografía:** Escasa información en cuanto a tesis a nivel de posgrado en el ámbito nacional y la nula presencia a nivel local en el que se aplique la “Ola Verde” en intersecciones semaforizadas a través del uso de programas computacionales como es el Vissim y Viswalk , por lo que no se contó con la cantidad de información adecuada y deseada para poder contrastarla en el momento de redactar la discusión de resultados.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la sincronización de semáforos “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca.
- b) Determinar el ciclo semafórico óptimo para la sincronización de semáforos “Ola Verde” en los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.
- c) Determinar los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021 después de la aplicación de la sincronización de semáforos “Ola Verde”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco legal.

2.1.1 Reglamento de la calidad de servicio de una vía según HCM 2010: Manual de Capacidad de Carreteras.

El Manual de Capacidad de Carreteras proporciona a los profesionales e investigadores un consistente sistema de técnicas para la evaluación de la calidad del Servicio que prestan a los usuarios los distintos tipos de caminos y calles. El Manual no establece criterios que tengan en cuenta la calidad del Servicio, adecuada o deseable, para las diferentes categorías de caminos. Esa decisión, la debe tomar el profesional a cargo del proyecto, dado que los objetivos del Manual son proveer una serie de métodos para evaluar los componentes del sistema de transporte (Granados, 2011).

2.1.2 Reglamento de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras según Manual del MTC 2016.

El presente Manual es un documento oficial que contiene los diferentes dispositivos para el control del tránsito o movilidad, para ser utilizados en el diseño, construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, conservación o mantenimiento y dispositivos de control del tránsito temporal en zonas de trabajo y en emergencias o sucesos (Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016).

2.1.3 Regulación de normas y desarrollo en materia de Transportes y comunicaciones según el MTC: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Las normas de desarrollo de transportes y comunicaciones prescriben que “el diseño, promoción y ejecución de políticas sectoriales es en favor del desarrollo territorial sostenible del país, en beneficio preferentemente de la población de menores recursos” (MTC, 2019).

Además, es “el Ente Rector en materia de Urbanismo, Vivienda, Construcción y Saneamiento, responsable de diseñar, normar, promover, supervisar, evaluar y ejecutar la política sectorial, contribuyendo a la competitividad y al desarrollo territorial sostenible

del país, en beneficio preferentemente de la población de menores recursos” (MTC, 2019).

2.2. Antecedentes teóricos de la investigación

2.2.1 Antecedentes Internacionales:

Ma (2019), en su artículo, se enfocó en la importancia de optimizar la “ola verde” para solucionar problemas de congestión del tráfico mejorando la eficiencia de las redes viales. Para ello, utilizó un algoritmo denominado “artificial fish swarm algorithm” (AFSA), para ajustar la evolución grupal de las intersecciones que forman parte de la “ola verde”. Concluyó que el uso de este algoritmo en la ola verde en 5 intersecciones continuas ubicadas en la avenida Jianning Road, Lanzhou, China, generó un mejor programa de control del sistema de tránsito que el método tradicional de cálculo utilizado en ola verde.

Goryaev, Myachkov y Oleg (2018), en su artículo, se enfocaron en priorizar y proponer la mejora del transporte público basándose en el requerimiento más importante de los pasajeros: la velocidad del transporte público. Para ello, se implementó la “ola verde” en la avenida Lenin en Chelyabinsk, Rusia, y se procedió a analizar la velocidad de cada vehículo de transporte público. Concluyeron que configurar la “ola verde” para el transporte público en las situaciones que no se presente congestión vehicular permite que la velocidad que éstos presentan sea muy similar a las velocidades de los vehículos de transporte privado, por lo cual eleva la demanda del primero.

Prahara y Yerlomen (2018), en su artículo, se enfocaron en la construcción del paso subterráneo en Metro Pondok Indah Road hecha por el gobierno de DKI Yakarta. El impacto de este proyecto durante la construcción fue hacer que el camino sea más estrecho (cuello de botella) y causar mayor tiempo de viaje de los vehículos y disminuir la velocidad promedio. Esta investigación simuló esta situación utilizando Vissim como herramienta de modelado de tráfico y luego se comparó con las condiciones reales. Algunas calibraciones de los parámetros de comportamiento de manejo han sido hechas usando la fórmula GEH para ajustar el parámetro al nivel de aceptación en un valor inferior a 5.0, por lo que pudo concluir que la simulación con Vissim puede representar una condición real durante el congestionamiento y condiciones de tráfico normales, especialmente en el tráfico de Yakarta. Estos parámetros ajustados pueden representar la condición real del tráfico en Yakarta.

Caleb, Garba, & Zwalnanselfa, (2018), en su estudio, buscaron dar solución al congestionamiento de tráfico como causa principal de las demoras en las intersecciones ubicadas en la zona central de negocios de Abuja – Nigeria, ya que observaron que los vehículos tienen que parar en casi todas las intersecciones que encuentran durante su trayecto. Para ello simularon y ejecutaron 4 intersecciones continuas semaforizadas y coordinadas llamado “Ola verde” a través del software R-package. Concluyeron que la “Ola Verde” disminuyó significativamente los tiempos de viaje vehiculares, menor contaminación ambiental y además se demostró su eficiencia y facilidad para llevarse a cabo en cualquier tipo de vía controlado por semáforos.

(Mei, Qiu, & Feng, 2018), en su investigación se enfocaron en promover el uso prioritario de buses y la movilidad orientada a las personas. Para ello primero diseñaron la ola verde para viajes sin vehículos motorizados y en autobús, luego escogieron 3 intersecciones en la calle Monganshan de la ciudad de Hangzhou y posteriormente simularon las situaciones actual y con la ola verde a través del software Vissim. Finalmente determinaron que las demoras promedio por persona disminuye de 77.9 segundo a 45.3 segundos.

Cáceres, Cifuentes y Parra (2017), en su artículo, analizaron la problemática de la movilidad existente en las intersecciones identificadas como puntos de congestión y propusieron el diseño y modelación de dichas intersecciones. Para ello realizaron estudios a intersecciones ubicadas en diferentes ciudades indicando los parámetros más relevantes de los estudios para entender el tipo de intersección, y así modelar y proponer alternativas de solución con ayuda del software Vissim. Se concluyó que la simulación y visualización de la situación observada en las diferentes intersecciones presentan al software Vissim como una herramienta esencial para dar solución a la problemática observada.

(Oblakova, Al Hanbali, Boucherie, & van Ommeren, 2017), en su investigación se enfocaron en los beneficios de la ola verde en zonas urbanas para los conductores y el medio ambiente pues al reducir las demoras reduce también la contaminación. Para ello buscaron minimizar el tiempo perdido por vehículo y maximizaron la eficiencia de la ola verde a través del algoritmo MAXBAN. Demostraron que las demoras por vehículo fueron reducidas hasta en un 10% y la reducción promedio de demoras en la corriente principal alcanzó el 20%.

Zhandong, Shaohui, Yanquan, Aixiu y Xinyi (2016), en su artículo, investigaron los problemas de control de rampa de salida de la autopista urbana, para lo cual se adoptó el software de simulación de tráfico VISSIM. Además, se investigó el modo de control de la entrada de Shoushan y salida del segundo anillo del sur de la autopista urbana in Fuzhou. Los resultados de la simulación muestran que los métodos de control óptimo son: en la etapa de flujo libre usa el sin control, durante la etapa de deambulaci3n y congesti3n, el nivel II utiliza control de inducci3n. Para la etapa de mayor congesti3n, los veh3culos de la carretera principal tienen prioridad o cierre de la rampa de sal3a. De esta manera, este estudio proporciona una referencia para las aplicaciones de control de rampa de autopista.

Wu, Deng, Du y Ma (2014), en su artículo, abordaron el problema de la mecanizaci3n del tr3fico en China. Modelaron la situaci3n actual de intersecciones transversales y en “T” a trav3s de un software que les permiti3o comparar la seguridad del peat3n, que tradicionalmente no se le da la importancia que se requiere y tambi3n la cantidad de accidentes o falta de seguridad en los veh3culos. Concluyeron que, despu3s de comparar los dise1os tradicionales de las fases de los sem3foros con la “ola verde”, se obtiene un dise1o m3s racional y favorable con el 3ltimo ya que no s3lo reduce el consumo de combustible o la contaminaci3n, sino tambi3n mejora la seguridad en todas las intersecciones.

2.2.2 Antecedentes Nacionales:

Campomanes y L3pez (2020), en su trabajo de investigaci3n, abordaron el problema de congesti3n vehicular de la Av. Caminos del Inca en el tramo de estudio y el mejoramiento de los niveles de servicio en sus intersecciones con la implementaci3n de la ola verde a trav3s del modelamiento y simulaci3n en el software Synchro 8. Finalmente, con la implementaci3n de la ola verde y las modificaciones de gesti3n de tr3fico se obtuvieron mejoras notables como optimizaci3n de los niveles de servicio en las intersecciones en la intersecci3n N° 01 pas3 de C a B, en la N° 02 de F a D, en la N° 03 de C a B y en la N° 04 de C a B; asimismo, las esperas en las intersecciones disminuyeron favorablemente como se indica a continuaci3n, en la intersecci3n N° 01 baj3 de 20.1 a 16.7 segundos, en la N° 02 de 332.2 a 35.3 segundos, en la N° 03 de 239.9 a 11.4 segundos y en la N° 04 de 37.0s a 6.3 segundos; de igual forma, el tiempo de recorrido de un punto extremo, intersecci3n N° 01, al otro, intersecci3n N° 04, mejor3 considerablemente de 6

minutos y 30 segundos aproximadamente a 1 minuto y 28 segundos debido a la sincronización progresiva del color verde de los semáforos en cada intersección.

Rivera, Velásquez, Bravo y Minano (2020), en su artículo buscaron optimizar ciclos semafóricos utilizando la simulación para mejorar el flujo de vehículos. Para ello utilizaron el simulador PTV Vissim 9.0 y el software Synchro 10.0 con el cual determinaron el ciclo inicial óptimo del semáforo. Concluyeron que se redujo el 14% en los tiempos de retardo y del 10% en la longitud de las colas. Por otro lado, la velocidad media del vehículo aumentó un 10,56%, representando una mejora en el nivel de servicio de las intersecciones del estudio.

Silvera (2020), en su tesis de maestría, analizó el comportamiento de cinco intersecciones ubicadas en el distrito de Santiago de Surco. Para ello utilizó la metodología HCM 2010 y los softwares de simulación Synchro 10 y Vissim 11.0, evaluando su aplicabilidad dentro de la realidad peruana. Concluyó que los tres modelos evidencian en algunos casos diferencias superiores a los 300 segundos en las demoras por control, siendo la micro simulación calibrada y validada con Vissim 11 el más recomendable para el análisis operacional de la red vial urbana en el Perú.

Pérez (2017), en su trabajo de tesis, abordó los problemas de congestión con una extensión de 1.7 km en el corredor complementario Tacna-Arequipa como vía arterial importante desde su intersección con la Av. Alejandro Tirado hasta la Av. Cesar Vallejo. El tratamiento que realizó fue mediante un análisis de resultados en un modelo de microsimulación previamente calibrado y ajustado a la situación actual observada en campo. Dispuso cinco (5) escenarios futuros para los cuales usó cuatro (4) tópicos de solución: olas verdes semafóricas, ajuste de frecuencias del transporte público de buses, prohibición de giros a la izquierda en intersecciones de gran número de conflictos y un nuevo sistema de trenes ligeros como alternativa de transporte público masivo.

2.2.3 Antecedentes Locales:

No existen.

2.3. Marco doctrinal de las teorías particulares en el campo de la ciencia en la que se ubica el objeto de estudio

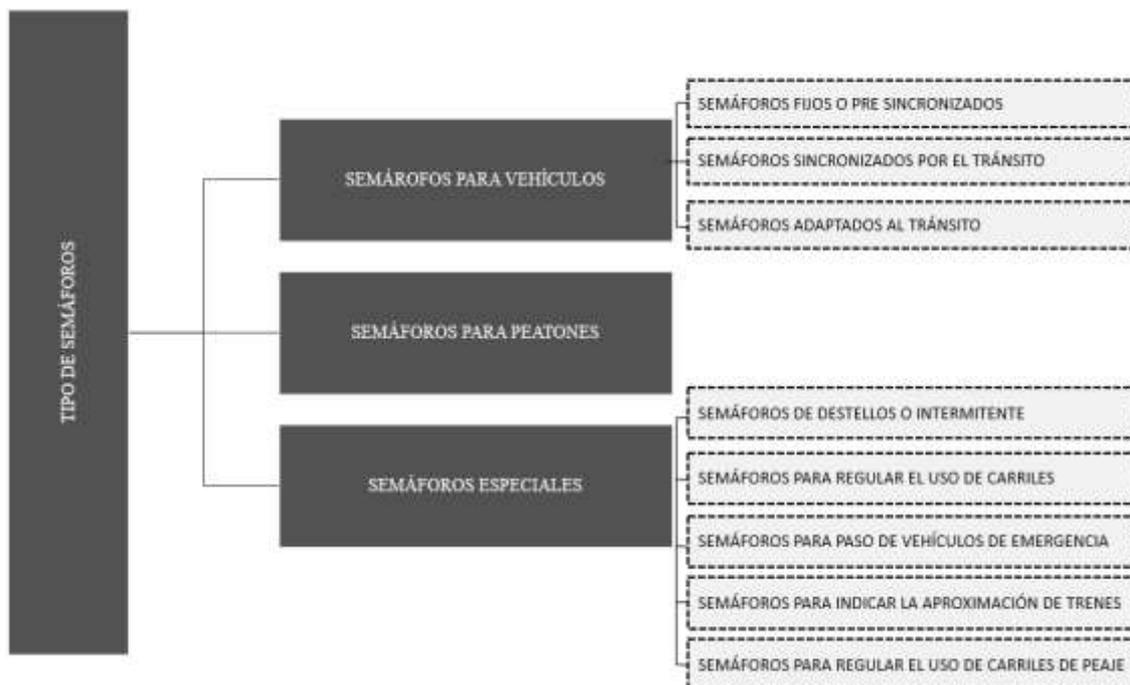
2.3.1 Teoría de semáforos

Son dispositivos de control del tránsito que permiten regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar. El color rojo prohíbe el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado. El color verde permite el tránsito, el color amarillo o ámbar dispone al conductor ceder el paso y detener el vehículo, y no ingresar al cruce o intersección vial. La regulación y control de la operación de los semáforos se realizan a través de unidades de control de diferentes tipos. Para el caso de un sistema coordinado de semáforos, deberán contar con unidades de control adyacentes o sucesivas interconectadas, que controlan sus funciones básicas a través de una Estación Central o Control Maestro. (Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016).

2.3.1.1 Tipo de semáforos.

Según su forma de operación y control:

Figura 4: Tipo de Semáforos



Nota. Adaptado del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016

Para esta investigación nos centraremos en los dos primeros tipos de semáforos, ya que de este tipo son los que se encuentran en la zona de estudio de este proyecto.

a) Semáforos para vehículos:

Controlan el tránsito vehicular

- **Semáforos fijos o presincronizados.**

Tienen programados la secuencia de fases e intervalos los cuales se pueden cambiar.

- **Semáforos sincronizados por el tránsito.**

Se encuentran programados por las demandas del flujo vehicular y cuentan con detectores de vehículos y/o peatones.

- **Semáforos adaptados al tránsito.**

Conocidos también como semáforos inteligentes, los cuales se ajustan automáticamente al flujo vehicular que es recaudado por los detectores de tráfico, los cuales determinan las fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases y envía esta información a una Estación Central o Control Maestro.

b) Semáforos para peatones:

Controlan el tránsito peatonal. Estos semáforos se deben complementar con señalización horizontal en el pavimento y de ser posible la instalación de dispositivos sonoros.

2.3.1.2 Instalación de semáforos.

La implementación de semáforos debe realizarse previo un estudio de ingeniería vial, en el que se efectuará una investigación de las condiciones del tránsito y de las características físicas de la intersección, a fin de determinar los estudios y condicionantes mínimas requeridas para justificar su instalación.

Alcances generales de los estudios requeridos

La información básica requerida para determinar la necesidad de implementación semafórica es la siguiente:

a) Volumen del tránsito que ingresa a una intersección por cuartos de hora y por cada vía de acceso en un período de 16 horas consecutivas durante tres (3) días representativos.

Las 16 horas seleccionadas deben contener el mayor porcentaje del tránsito de las 24 horas.

b) El volumen del tránsito para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículos (camiones, buses, autos, motos y bicicletas) durante cada período de 15 minutos de las dos horas de máxima demanda.

c) Volumen peatonal en períodos de 15 minutos por cada cruce durante las horas de máxima demanda vehicular y de máxima intensidad de circulación de peatones.

d) Diagrama conteniendo estadísticas sobre accidentes, por lo menos de un año anterior, clasificados por tipo, ubicación, sentido de circulación, consecuencias, hora, fecha y día de la semana.

e) Plano conteniendo las características geométricas de la intersección, canalización, pendientes y/o restricciones de distancia y visibilidad; así como de la superficie de rodadura, entradas, salidas, pasos ferroviarios, postes, hidrantes y otros. Asimismo, información sobre Dispositivos de Control del Tránsito tales como señalización vertical, demarcaciones en el pavimento, iluminación, sentido de circulación, condiciones de estacionamiento, paraderos y rutas de transporte público.

f) Información adicional referida entre otras a demoras de los vehículos para cada acceso, número y distribución de intervalos o espaciamientos entre grupos de vehículos en los accesos de la intersección en condiciones de seguridad.

2.3.1.3 Ciclo Semafórico

Tiempo que transcurre desde un cambio de un grupo semafórico hasta la repetición de la misma situación. Cada ciclo semafórico se divide en fases. La fase para un semáforo vehicular es rojo, verde y ámbar. La duración óptima del ciclo semafórico se calcula teniendo en cuenta la ecuación (1):

$$v = \frac{3.6D}{C} \quad (1)$$

Dónde: v = Velocidad de progresión entre intersecciones (km/h). D =Distancia entre intersecciones (m). C =Duración del ciclo (s).

A. Tiempo de Verde

En IPSUM se menciona que para obtener el tiempo en verde se debe prioritariamente cumplir la condición de que el tiempo mínimo obtenido sea suficiente para que los peatones crucen la vía. (IPSUM, 2020).

Para determinar el tiempo verde se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{I_a}{I_b} \quad (2)$$

$$T_a + T_b = C \quad (3)$$

Donde:

I_a, I_b = Intensidades máximas por carril en las calles A y B respectivamente.

T_a, T_b = Tiempos de verde correspondientes a cada calle.

C = Duración del ciclo en segundos.

B. Duración del tiempo ámbar

La duración mínima de la luz ámbar en casi todas las ciudades del mundo es de 3 segundos para evitar accidentes de tránsito. (IPSUM, 2020)

C. Duración del tiempo de rojo

La duración del tiempo de rojo es obtenida al sumar los tiempos de verde y ámbar y restarlos del total del tiempo asignado para todos los movimientos de la intersección.

2.3.1.4 Velocidad Límite en Zonas Urbanas

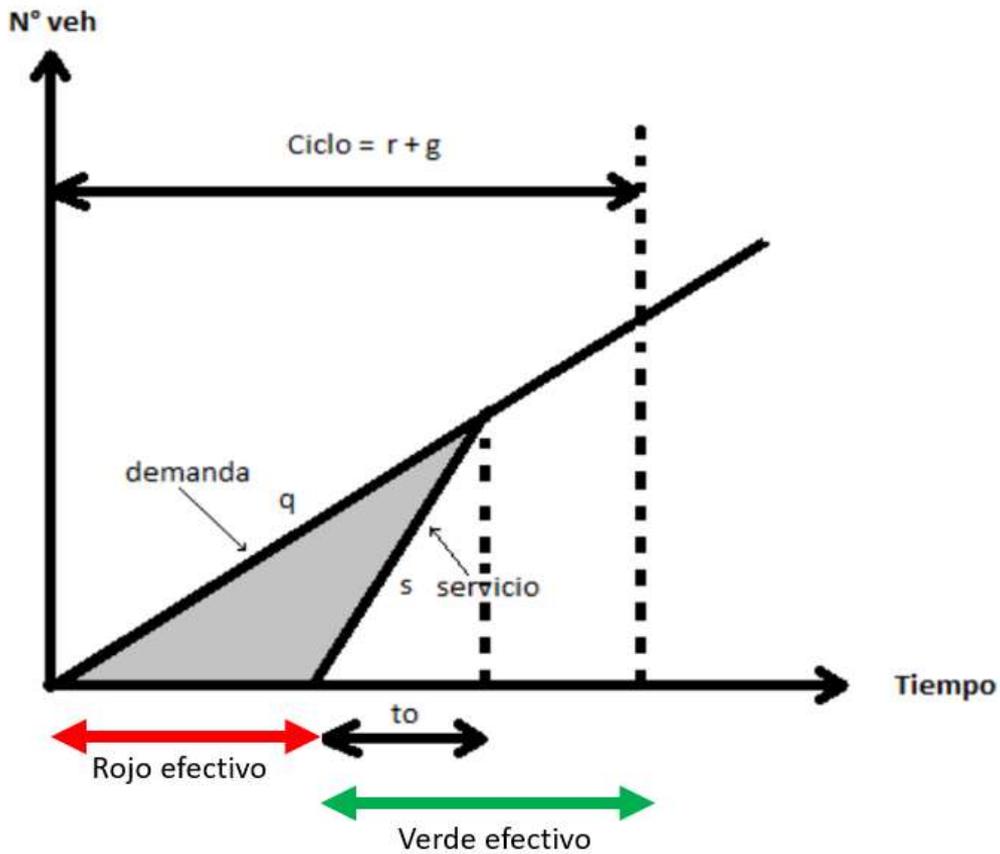
La velocidad promedio es de 30 km/hr basándose en lo mencionado en la página web del Estado Peruano en donde se menciona que, en las zonas urbanas del país, específicamente en las calles y jirones, así como también en zonas comerciales, escolares u hospitales, los vehículos motorizados no deben exceder los 30 km/hr. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2024)

2.3.2 Teoría de Colas

La aplicación de este estudio matemático permite el análisis de la eficacia del servicio en colas o líneas de espera tomando en cuenta las características de un sistema de colas o líneas de espera en el que interviene las llegadas de diferentes usuarios a estos sistemas, la línea de espera y la instalación del servicio. (Satama, Bernal, & Gálvez, 2021). El elemento determinístico de los modelos de intersecciones semaforizadas

comprende tasas de arribo y servicios uniformes, ocasionado por el ciclo de los semáforos. (Campomanes y López, 2019)

Figura 5: Ciclo de Semáforos



Nota. El gráfico representa el diagrama de ciclos de semáforo. Tomado de Torres y Alvarado 2018. Siendo: r: rojo efectivo, g: verde efectivo y t_0 : tiempo hasta que se disipe la cola.

El eje horizontal representa el tiempo entre la llegada y salida del vehículo y el área del triángulo representa la demora en un ciclo determinado.

2.3.3 Teoría de Sincronización de Semáforos

La sincronización es la coordinación del encendido de las luces verdes de los semáforos que se encuentran ubicados secuencialmente en una misma vía, de tal manera que los vehículos que ingresan a ésta puedan desplazarse a una velocidad constante e ininterrumpida, procurando que dichas de interrupciones generadas por la luz roja sean mínimas. Es una de las formas más eficientes de reducir demoras, consumo de combustible, contaminación y accidentes (Bezerra, 2007) (Koonce, y otros, 2008).

Existen cuatro sistemas de coordinación de semáforos de tiempo fijo:

a) Sistema simultáneo:

La sincronización básicamente es la misma y las indicaciones cambian simultáneamente, para que así todos los semáforos indiquen luz verde en la dirección de la calle principal y luz roja en todas las calles secundarias, cambiando alternadamente.

Para hacer uso de este sistema, pueden ser consideradas hasta cinco intersecciones próximas entre sí, determinando un tiempo suficiente de duración de luz verde en la calle principal que permita el pase de una proporción mayor de la circulación y despeje de las intersecciones. En condiciones de tránsito muy intenso puede dar mejores resultados que un sistema progresivo (Campomanes & López, 2019).

Las duraciones de los ciclos y la asignación a cada subfase están controladas por las características de una o dos de las intersecciones más importantes, pudiendo generar serias demoras en los demás. La relación entre la velocidad, ciclo y distancia se expresa así con la ecuación (1) mencionada en párrafos anteriores.

b) Sistema alternado:

Los semáforos que se ubican de manera simultánea o grupos de semáforos simultáneos muestran indicaciones alternas a lo largo de una ruta determinada. En el sistema alterno sencillo, los semáforos simultáneos muestran indicaciones contrarias u opuestas. Los sistemas alternos dobles y triples están conformados por un grupo de dos o tres semáforos que, correlativamente, muestran indicaciones contrarias (Campomanes y López, 2019).

El sistema alterno, frecuentemente, es una mejora del sistema simultáneo ya que mediante una serie de intersecciones controladas alternadamente puede haber, en condiciones óptimas, un progreso de circulación de los grupos de vehículos, y sumado a ello, la longitud de las calles es más uniforme, generará una mayor fluidez. Bajo estas condiciones se consigue una banda del 100% siempre y cuando la velocidad de los vehículos sea:

$$v = \frac{7.2D}{C} \quad (4)$$

Dónde:

v = Velocidad de progresión entre intersecciones (km/h).

D =Distancia entre intersecciones (m).

C =Duración del ciclo (s).

c) Sistema progresivo simple o limitado:

Este sistema funciona en varios semáforos simultáneos en el curso de una calle, que presentan la luz verde en base a una variación de tiempo que permite, hasta donde es factible, el flujo continuo de grupos de vehículos a una velocidad fija en “olas verdes”. Se puede tener una división diferente de ciclo para cada intersección, pero esta división se mantiene fija.

Este sistema es factible de ser supervisado por un control maestro, para mantener las relaciones debidas de tiempo entre las indicaciones de los semáforos. Las revisiones periódicas de los controles son necesarias, ya que pueden presentarse variaciones ocasionadas por cambios de voltaje y temperatura (Campomanes y López, 2019).

d) Sistema progresivo flexible:

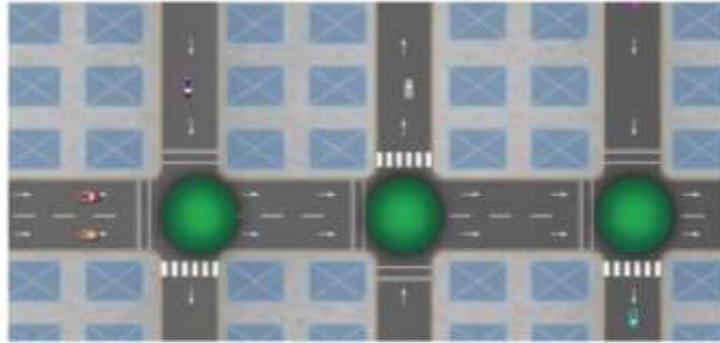
En este sistema cada intersección con semáforo puede variar automáticamente en diferentes aspectos. A través del uso de controles de intersecciones con carátulas múltiples, se pueden determinar diferentes programas para subdividir el ciclo. Así también, se pueden alterar los desfases con la frecuencia deseada. Durante las horas de máxima demanda, se les puede dar prioridad estableciendo programas de tiempo predeterminado en los controles múltiples, la “ola verde” forma parte de estos métodos.

2.3.4 Teoría de “Ola Verde”

La ola verde es la forma más común de coordinación de semáforos en vías de sentido único y progresivo. (Bezerra, 2007)

Una ola verde es un fenómeno inducido intencionalmente, en el cual una serie de semáforos se coordinan para permitir el flujo continuo del tráfico sobre varias intersecciones en una misma dirección (Campomanes y López, 2019)

Figura 6: Sistema de Control de Tránsito



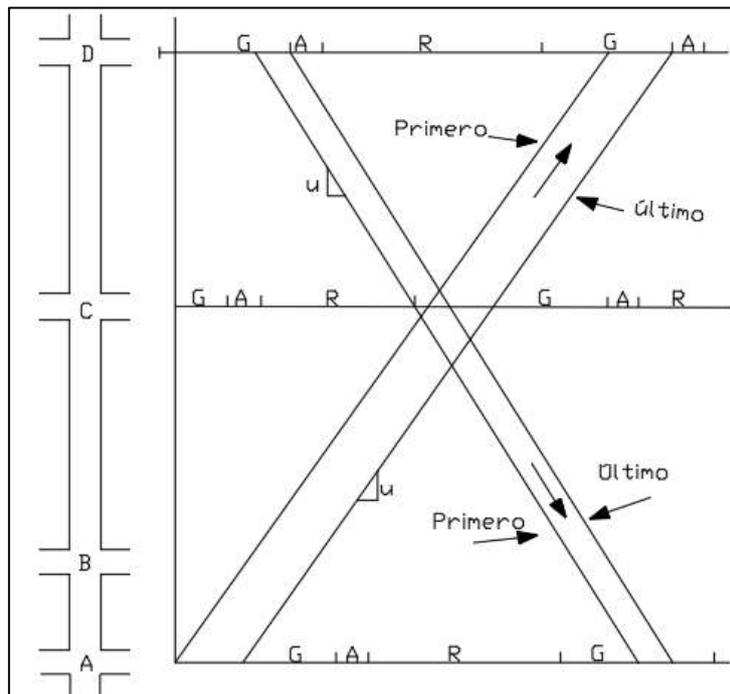
Nota. El gráfico representa la sincronización de semáforos “Ola Verde”. Tomado de Montoya 2005.

Para los vehículos que se desplazan a lo largo de la ola verde, a una velocidad establecida promedio por los controladores de tráfico no tendrán que detenerse en las intersecciones pues los semáforos se encontrarán en verde. Debido a ello los volúmenes de tráfico serán mayores, así como también el nivel de ruido y consumo de combustible se reducirá.

La “ola verde” se basa en criterios para dar preferencia a las circulaciones en las horas de máxima demanda, para coordinaciones con índice de saturación bajo, siendo muy efectivas en vías de un solo sentido de circulación. Además, otra ventaja de este sistema es que el usuario puede apreciar directamente las ventajas de la coordinación.

En la mayoría de los casos es recomendable utilizar los métodos geométricos, para que mediante el diagrama tiempo-distancia se pueda calcular la “ola verde” y los desfases entre intersecciones, obteniéndose así un movimiento continuo a lo largo de una arteria, como se muestra en la figura 2. (Campomanes y López, 2019).

Figura 7: Diagrama Tiempo – Distancia



Nota. El gráfico representa la sincronización de semáforos “Ola Verde”. En las intersecciones continuas A,B,C y D. Tomado de Montoya 2005 de HCM 2000. Así: G: duración de verde, A: duración de ámbar y R: duración de rojo.

Como se observa en la figura 7, se tiene las intersecciones continuas (de abajo hacia arriba) A, B, C y D, las cuales se ubican de manera consecutiva, observándose que dichas intersecciones se encuentran espaciadas las siguientes longitudes: Longitud \overline{AB} , Longitud \overline{BC} y Longitud \overline{CD} .

Para realizar la sincronización de semáforos se debe conocer el desfase que hay entre intersecciones, para ello se determina una velocidad constante de ingreso de los vehículos y conociendo la longitud entre intersecciones se calcula el desfase entre las 4 intersecciones de la siguiente manera:

Intersección A: Teniéndose en cuenta que la sincronización de las 4 intersecciones empieza en un tiempo 0, el semáforo tendrá una duración determinada en base al número de vehículos y teniendo en cuenta este ciclo semafórico optimo (IPSUM, 2020):

$$35 \leq t_{\text{ciclo semafórico}} \leq 130 \tag{5}$$

Intersección B: Este semáforo iniciará el tiempo en verde, teniendo en cuenta el desfase que existe entre ambas intersecciones, para ello el desfase en B será:

$$\text{Desfase B} = \frac{\text{Longitud } \overline{AB}}{\text{Velocidad } \overline{AB}} \quad (6)$$

Intersección C: El tiempo verde iniciará teniendo en cuenta el desfase en B. Para ello se determinará el desfase en C:

$$\text{Desfase C} = \frac{\text{Longitud } \overline{BC}}{\text{Velocidad } \overline{BC}} \quad (7)$$

Intersección D: El tiempo verde iniciará teniendo en cuenta el desfase en C. Para ello se determinará el desfase en D:

$$\text{Desfase D} = \frac{\text{Longitud } \overline{CD}}{\text{Velocidad } \overline{CD}} \quad (8)$$

2.3.4.1 Ancho de Banda

Cantidad de vehículos que cruzan una avenida sin parar. La ola verde es calculada en base al mayor ancho de banda. El ancho de banda tiene diferentes unidades. (Ibarra, pág. 2). Para esta tesis se ha tomado como base el tiempo del semáforo en verde, por lo que su unidad es el segundo.

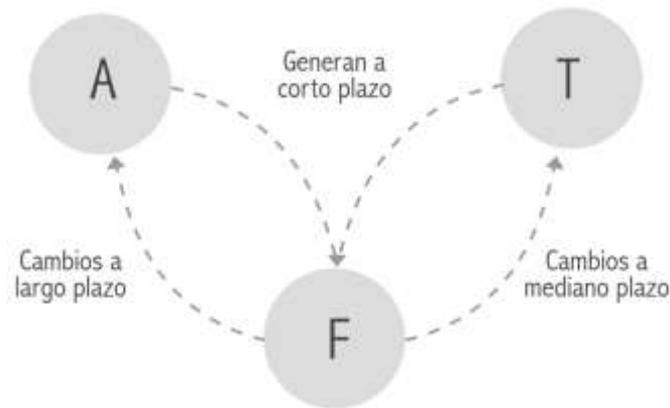
2.3.5 Teoría de Flujo Vehicular

2.3.5.1 Definiciones y presentación del problema

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de realizar el diseño geométrico de una vía es necesario definir las características del tránsito que una vía esté ocupando. (Arjona, 2000).

Es importante entender el estudio de tráfico como fenómeno físico, que según el enfoque de Manheim es:

Figura 8: Esquema de Manheim



Nota. Manheim (1984)

Donde:

A = Sistema de actividades en un área geográfica (país, región, ciudad, comuna, etc.): Residencia, trabajo y estudio, servicios y esparcimiento.

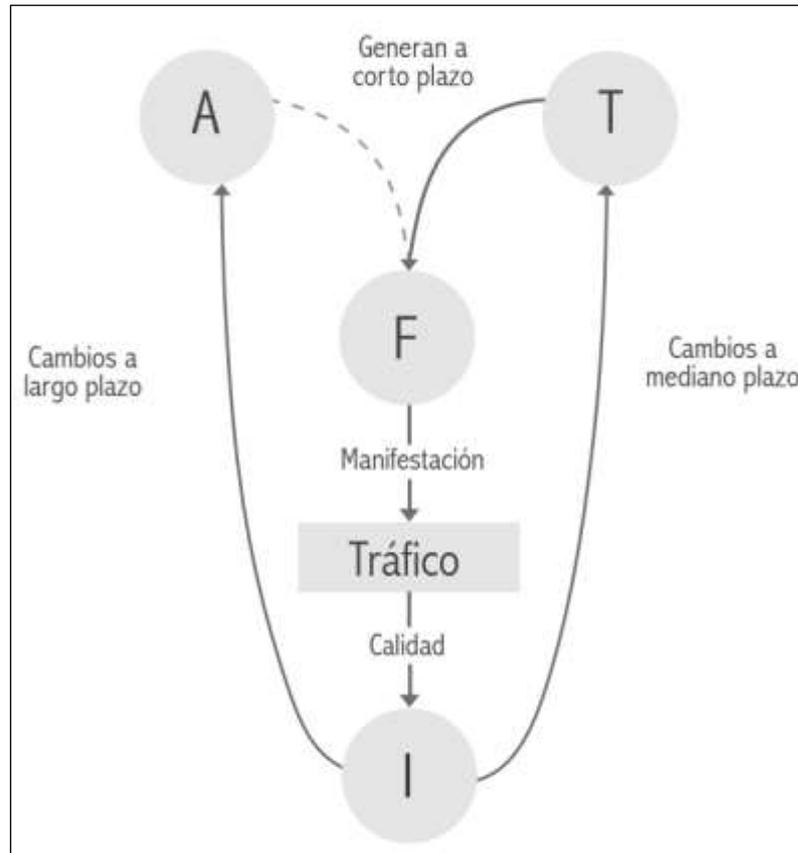
T = Sistema de transporte en el área geográfica compuesto por: vías, vehículos, terminales (estaciones, paraderos, estacionamientos), y; forma de operar el sistema (sentidos de calles, frecuencia de los buses, etc.)

F = Patrón de viajes en el área, es decir, la cantidad de viajes de personas y cosas: entre distintos pares origen – destino, en diversos medios o modos de transporte (auto, bus, metro, a pie, etc.); por variadas rutas (conjuntos conexos de vías), y; durante diferentes períodos (punta mañana, tarde, fuera de punta, etc.).

De la figura 8 menciona que A (Sistema de Actividades), y el Sistema de Transporte (T) generan un específico Patrón de viajes (F) a corto plazo. Además, se producirán cambios a largo plazo sobre A: creación de centros recreacionales, comerciales o cambios a mediano plazo sobre T: mayor frecuencia del transporte público, así como nuevas redes viales. (Fernández R. , 2008)

Según (Fernández R. , 2008), la figura 8 no contempla la influencia final de los factores antes mencionados en el tránsito o tráfico: circulación de personas en los espacios públicos. Entonces la gráfica se extendería así:

Figura 9: Importancia del tráfico en la dinámica del sistema de transporte



Nota. Fernández (2008)

Donde:

I = Conjunto de impactos derivados del tráfico: congestión (demoras, colas, detenciones), polución (contaminación atmosférica), riesgo (agravar el número de accidentes y su gravedad), ruido (contaminación sonora y física), entre otros.

En el enfoque de este trabajo nos hemos enfocado en la congestión, específicamente las demoras observadas en la zona de estudio.

Para entender la congestión se procederá a entender las causas de los conflictos de tráfico:

2.3.5.2 Conflictos de tráfico

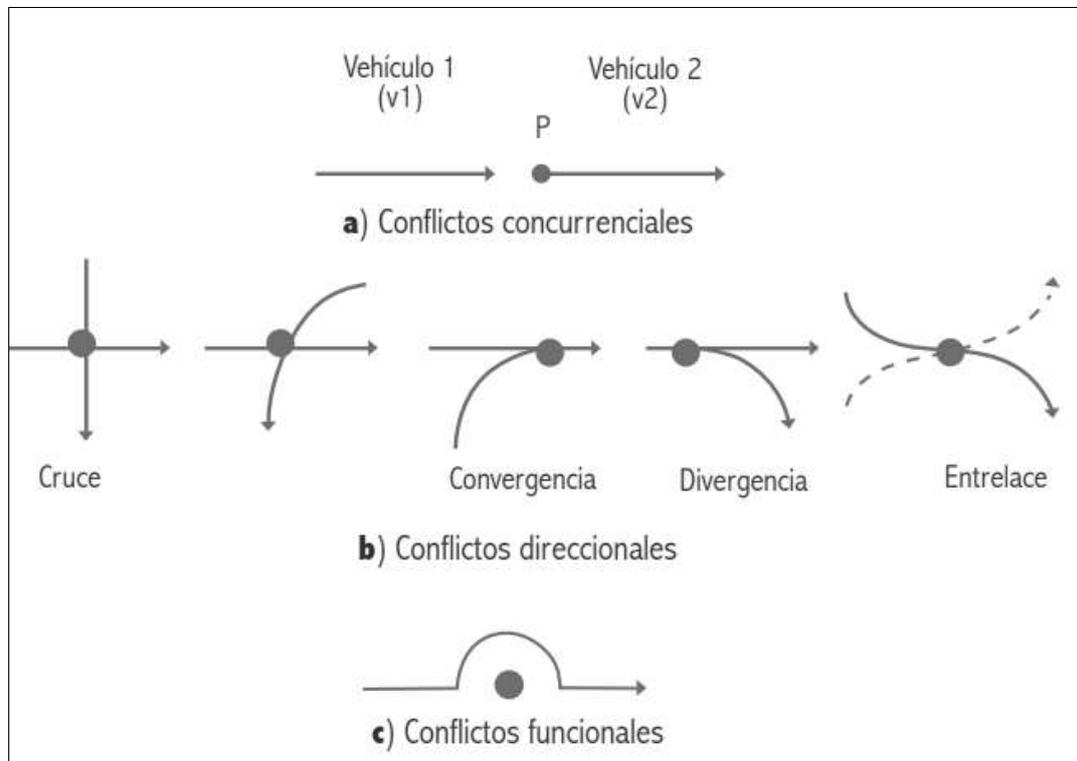
Aparecen cuando dos ó más usuarios desean circular en el mismo espacio de una vía.

En la figura 10 se observa los diferentes tipos de conflicto:

- Conflictos concurrentiales.
- Conflictos direccionales.

- Conflictos funcionales.

Figura 10: Clasificación de los conflictos de tráfico



Nota. Fernández (2008)

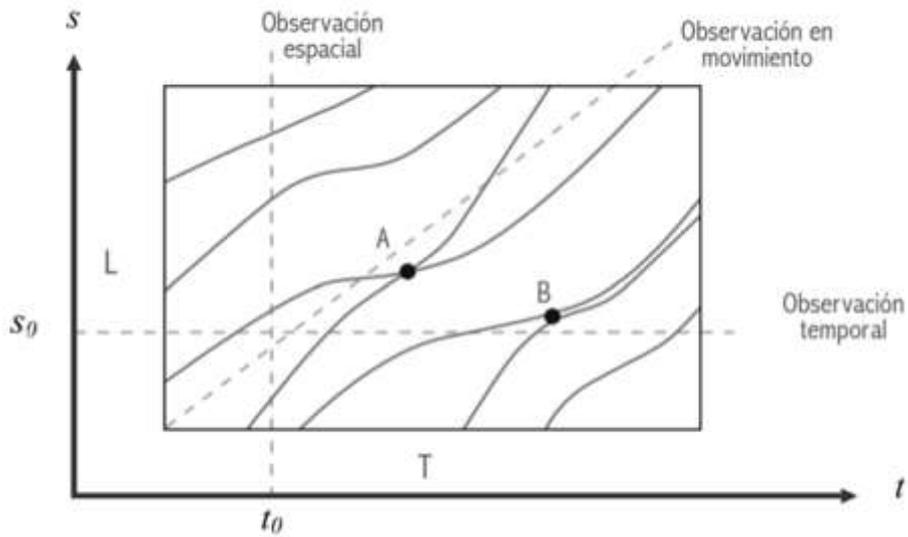
2.3.5.3 Modelos de circulación continua

No se presentan detenciones obligadas causados por dispositivos viales en un tramo de una vía. Existen dos enfoques al problema de circulación continua:

- **Modelo fluido dinámico**

El tráfico se define como un flujo continuo de partículas similares, estudiando su comportamiento promedio.

Figura 11: Representación del tráfico en el espacio (s) – tiempo (t)



Nota. Fernández (2008)

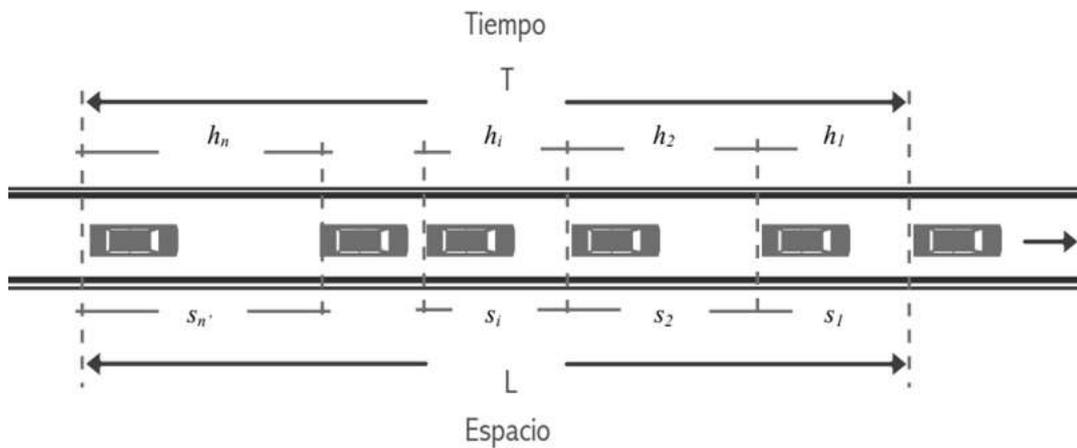
En la figura 11 se muestran los diferentes tipos de observación del movimiento de vehículos en el tráfico.

✓ **Observación espacial.**

El observador se sitúa en un tiempo T_0 en donde se observa el tramo de longitud L , que recorre un vehículo desde su posición inicial hasta su posición final.

A continuación, se muestran las características de espacio en el flujo vehicular presente en un tramo de vía.

Figura 12: Intervalos y espaciamentos en una corriente de tráfico



Nota. Fernández (2008)

✓ **Observación temporal.**

El observador se ubica un lugar estratégico S_0 en donde se observa todo lo que ocurre en periodo de tiempo inicial y final.

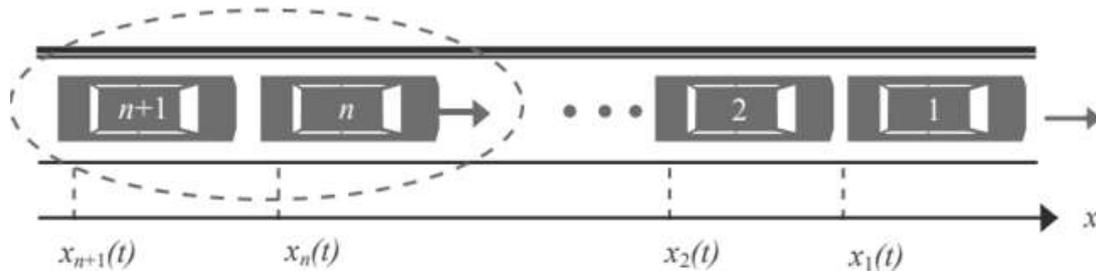
✓ **Observación en movimiento.**

El observador es parte del flujo vehicular, obteniendo información (método del vehículo flotante para medir velocidades).

- **Teoría del Seguimiento Vehicular**

El tráfico se define como un flujo continuo de partículas similares. Estudia las interacciones entre un par de vehículos que son considerados idénticos y van uno detrás de otro en una vía, como se muestra:

Figura 13: Sistema de análisis de la teoría del seguimiento vehicular



Nota. Fernández (2008)

En la figura 13 se agrupan 2 vehículos: n (predecesor) y n+1 (sucesor). La teoría del seguimiento vehicular asume que el comportamiento del vehículo n+1 dependerá del comportamiento del vehículo n cuando el espaciamiento entre ambos es menos a los 100-125 metros. Fernández (2008).

Se establecen las siguientes variables:

$x_n(t)$ = Posición de un vehículo n en el instante t

$\dot{x}_n(t)$ = Velocidad de un vehículo n en el instante t

$\ddot{x}_n(t)$ = Aceleración de un vehículo n en el instante t.

Teniendo en cuenta que el vehículo sucesor variará su respuesta de manera directamente proporcional al estímulo que le genera y la sensibilidad con la que cuenta:

Respuesta = Sensibilidad x Estímulo

(9)

Debido a que la velocidad que mantenga el vehículo sucesor dependerá del estímulo que le genere el vehículo predecesor, la respuesta del primero no será inmediata, sino que tendrá cierto retraso temporal. Entonces, este comportamiento se expresará matemáticamente así:

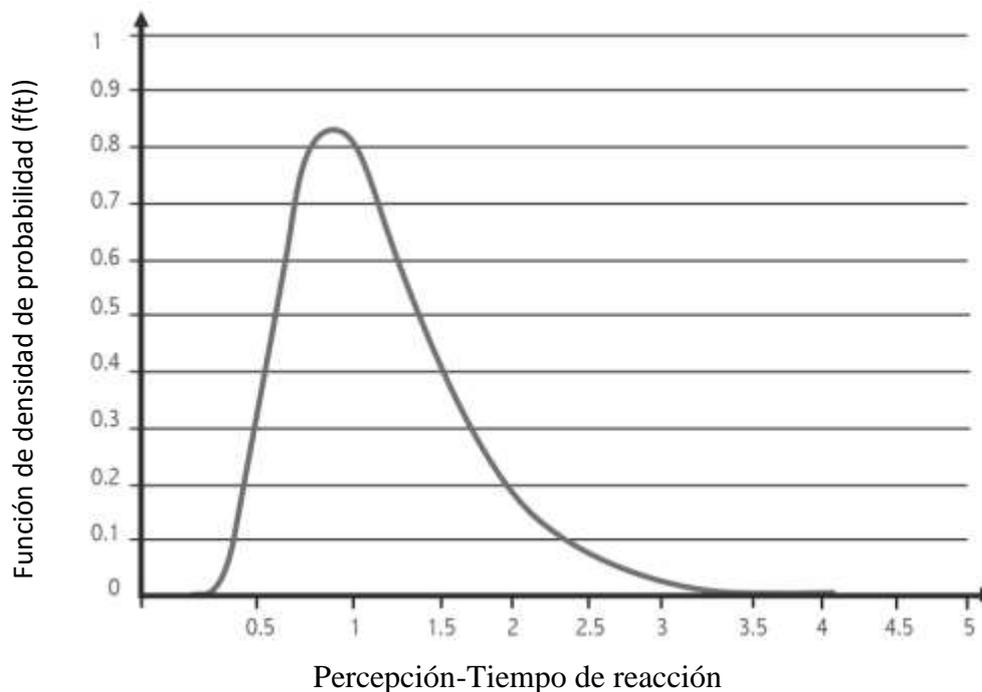
$$\dot{x}_{n+1}(t+T) = \lambda \cdot [\dot{x}_n(t) - \dot{x}_{n+1}(t)] \quad (10)$$

El periodo de tiempo percepción-respuesta, considera:

- ✓ Percibir el estímulo.
- ✓ Interpretar el estímulo.
- ✓ Evaluar la mejor respuesta.
- ✓ Ejecutar la respuesta decidida.
- ✓ Transmisión mecánica de la respuesta.

Es importante tener en cuenta que los conductores tienen un tiempo diferente de percepción respuesta. Por lo cual se creó el siguiente modelo:

Figura 14: Distribución del tiempo percepción-respuesta



Nota. Fernández (2008)

Teniendo en cuenta el comportamiento del vehículo sucesor se expresará con la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dv_{n+1}}{dt} = \lambda \frac{ds_{n+1}}{dt} \quad (11)$$

Donde:

$$S_{n+1} = x_n(t) - x_{n+1}(t) \quad (12)$$

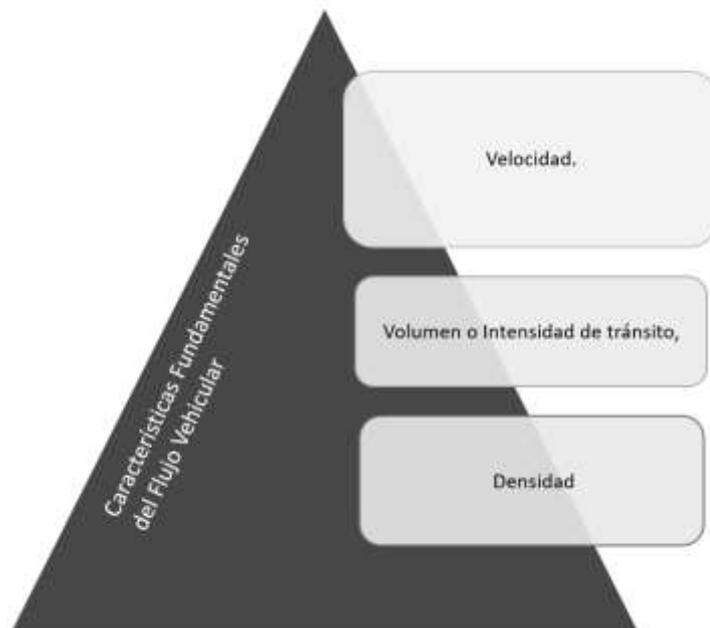
$$v_{n+1} = \dot{x}_{n+1}(t) \quad (13)$$

2.3.5.4 Conceptos fundamentales

Básicamente el flujo vehicular se compone de tres variables principales: el flujo, la velocidad y la densidad mediante las cuales pueden determinarse las características de la corriente de tránsito, y así pronosticar las consecuencias de las diferentes opciones de operación o de proyecto. Análogamente, conocer estas tres variables reviste esencial importancia, pues éstas indican la calidad o nivel de Servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial. Similarmente, estas tres variables se pueden expresar en términos de otras, llamadas variables asociadas. El volumen, el intervalo, el espaciamiento, la distancia y el tiempo (Arjona, 2000).

Las tres características fundamentales que se pueden explicar matemáticamente son:

Figura 15: Características Fundamentales del Flujo Vehicular



Nota. Elaboración Propia

- Velocidad:

Distancia que recorre un vehículo durante un tiempo determinado. (Taquino Torrez, 2001)

- Volumen o Intensidad de tránsito

Cantidad de vehículo que transitan por un espacio en un tiempo determinado, generalmente en intervalos de 15 minutos. (Romana, Núñez, Martínez y Diez, 2017)

- Densidad

Número de vehículos que ocupan el tramo de una vía. (Romana, Núñez, Martínez y Diez, 2017)

La ecuación fundamental de tránsito o flujo vehicular, su fórmula es:

$$Q = V \cdot k \quad (14)$$

Donde:

Q = flujo (veh/seg) o (veh/min): frecuencia a la cual pasan los vehículos por un punto o sección transversal de un carril o calzada.

V = velocidad (km/h) : razón de movimiento en distancia por unidad de tiempo

K = densidad (veh/km): número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril.

Además

$$Q = N/T \quad (15)$$

Donde:

N = Número de vehículos. (veh)

T = Intervalo de tiempo. (seg) o (min)

2.3.5.5 Aforos Vehiculares

Conteo de vehículos en un determinado periodo de tiempo, en este estudio se realizó cada 15 minutos en cada intersección determinada. Para realizar el aforo, se necesitan los siguientes parámetros (Parillo E.,2017):

- Intensidad de circulación.
- Velocidad y tiempo de recorrido de los vehículos.
- Origen, destino y objeto de los viajes realizados.

- Accidentes de circulación.

2.3.5.6 Volumen Horario de Máxima Demanda

Es el mayor volumen horario registrado dentro de un día. Según (Reyes Spindola, 2007) es el volumen más alto de vehículos que se desplazan en un determinado tramo de una vía en el lapso de 60 minutos. Representa los intervalos de máxima demanda que se observan durante un día específico.

2.3.5.7 Factor de Hora Pico (PHF)

Es un indicador de la variabilidad o uniformidad de la demanda durante las horas de máxima demanda.

$$PHF = \frac{n_{60}}{4 \cdot n_{15 \text{ max.}}} \quad (16)$$

Donde:

n_{60} = Volumen horario de máxima demanda

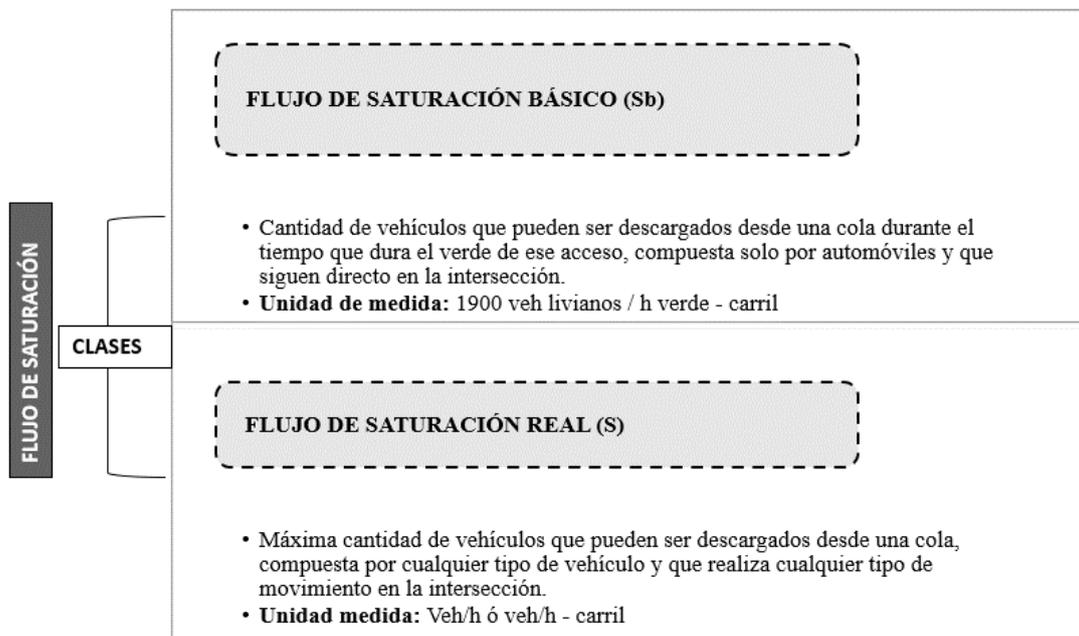
n_{15} = Volumen máximo durante 15 minutos de flujo (veh./15min)

2.3.5.8 Flujo de Saturación

Es la tasa máxima de flujo para un tráfico por carril (HCM,2010).

Se tiene dos clases de flujo de saturación:

Figura 16: Clases de flujo de saturación



Nota. Elaboración Propia

Para determinar la capacidad de un grupo de vías se establece la siguiente ecuación:

$$Q = S (g/C) \quad (17)$$

Donde:

Q = capacidad del grupo de vías.

S = Tasa ajustada de saturación (Veh/h).

g= tiempo verde del semáforo.

C = Duración del ciclo semafórico.

Para determinar el flujo de saturación se emplea la siguiente fórmula:

$$S = S_O \times f_w \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_a \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad (18)$$

Donde:

S = Tasa ajustada de saturación (Veh/h)

S_O= Tasa de flujo de saturación base.

f_w= Factor de ajuste por ancho de carril.

f_{HV}= factor de ajuste por presencia de vehículos pesados en el flujo de tráfico.

f_g= factor de ajuste por pendiente en los accesos.

f_p= factor de ajuste por la existencia de un carril de estacionamiento y las maniobras de estacionamiento.

f_{bb}= factor de ajuste por el efecto de autobuses locales que paran y bloquean la intersección.

f_a= factor de ajuste por el tipo de área.

f_{LU}= factor de ajuste para la utilización del carril.

f_{LT}= factor de ajuste por la presencia de vehículos que giran a la izquierda en el grupo de carriles.

f_{RT}= factor de ajuste por la presencia de vehículos que giran a la derecha en el grupo de carriles.

f_{Lpb}=factor de ajuste de presencia de peatones en el carril de giro a la izquierda.

f_{Rpb} = factor de ajuste de presencia de peatones en el carril de giro a la derecha.

Cálculo de cada factor:

a. Tasa de Flujo de Saturación base (S_0):

Esta base representa una tasa de flujo promedio de un carril cuyas condiciones geométricas y de tráfico corresponden a un valor de 1.0 para cada valor de ajuste.

Típicamente:

$$S_0 = 1900 \text{ veh/h.} \quad (19)$$

b. Ajuste por Ancho de carril (f_w) :

Tabla 1: Factor de Ajuste por ancho de carril - Intersección 01

Ancho promedio de carril (pies)	Factor de ajuste (f_w)
<10.0	0.96
$\geq 10.0 - 12.9$	1.00
>12.9	1.04

c. Ajuste por Vehículos pesados (f_{HV}):

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} (E_T - 1)} \quad (20)$$

Donde:

P_{HV} = Porcentaje de vehículos pesados en el grupo de movimiento correspondiente (%)

E_T = número equivalente de vehículos para cada vehículo pesado : buses = 3.0

d. Ajuste de Pendiente (f_g):

Representa la pendiente de los accesos a la intersección sobre el rendimiento de los vehículos:

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} \quad (21)$$

Donde:

P_g = Pendiente del acceso para el grupo de movimiento correspondiente (%) de -6 % hasta 10 %.

e. Ajuste por Estacionamiento (f_p):

Toma en cuenta el efecto de fricción de un carril de estacionamiento del flujo en el grupo de carriles adyacente. También toma en cuenta el bloqueo ocasional de un carril adyacente por vehículos en movimiento hacia fuera de los espacios de estacionamiento. Si no dispone de estacionamiento, este factor tiene un valor de 1.00. Si el estacionamiento está presente:

$$f_p = \frac{N - 0.1 \frac{18Nm}{3600}}{N} \geq 0.05 \quad (22)$$

Donde:

Nm = Tasa de maniobras de estacionamiento (maniobras / hr)

N = número de carriles por grupo.

f. Ajuste por Obstrucción de Buses (f_{bb}):

Toma en cuenta el impacto sobre el tránsito que causan los buses locales que se detiene para descargar y recoger pasajeros en un lateral, cerca o parada de autobús dentro de 250 pies de la línea de parada (aguas arriba o aguas abajo)

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 Nb}{3600}}{N} \geq 0.05 \quad (23)$$

Donde:

Nb = tasa de autobuses que se detienen (autobuses/hr)

N = número de carriles por grupo.

g. Ajuste por Tipo de Área (f_a):

Toma en cuenta la ineficiencia de la intersección por la ubicación de la misma en relación con los demás lugares. Cuando se ubican en zonas cercanas al centro de la ciudad tiene un valor de 0.90.

h. Ajuste por Utilización de carril (f_{LU}):

Si el grupo de carriles tiene un carril compartido o un carril exclusivo el factor es 1.0.

i. Ajuste por giros a la Izquierda:

Refleja el efecto del giro a la izquierda sobre la geometría en la tasa de saturación.

Para un carril compartido este factor = 0.95

j. Ajuste por giros a la Derecha:

Refleja el efecto del giro a la derecha sobre la geometría en la tasa de saturación.

Para un carril compartido este factor = 0.85

k. Ajuste por presencia de peatones y bicicletas.

Se basa en el concepto de ocupación en la zona de conflicto, entre los vehículos que giran, peatones y bicicletas.

2.3.5.9 Niveles de Servicio

Los niveles de servicio caracterizan a cada una de las intersecciones con semáforos teniendo en cuenta las demoras que se cuantifican.

Según el Manual de Capacidad Vial (HCM, 2000), establece seis niveles de servicio: A, B, C, D, E y F que indican la comodidad o consumo de combustible del mejor al peor escenario.

- a. Nivel de Servicio A:** Circulación a flujo libre, el conductor conduce de manera libre con la velocidad deseada y la libertad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es alta. El nivel de comodidad del conductor y conveniencia del usuario es alta. (Reyes Spindola,2007)
- b. Nivel de Servicio B:** Se presenta aún en un rango de flujo estable, con algunas restricciones al flujo libre o especificaciones geométricas reducen la velocidad. El nivel de comodidad del conductor es aceptable, sin embargo, se empieza a percibir la presencia de otros usuarios. (Reyes Spindola,2007)
- c. Nivel de Servicio C:** El flujo vehicular es aún estable, pero las restricciones de geometría y pendiente son más fuertes. El nivel de comodidad y libertad del conductor es apropiado pero un poco restringido. (Reyes Spindola,2007)
- d. Nivel de Servicio D:** La circulación presenta densidad elevada pero todavía estable con restricciones en la geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada no existe. El conductor tiene un nivel de libertad y comodidad deficiente y los reducidos incrementos del flujo causan problemas de operación. (Reyes Spindola,2007)

- e. **Nivel de Servicio E:** La circulación es a capacidad, donde el conductor no puede adelantar. Los niveles de comodidad y libertad son bajos. Pequeñas alteraciones en el flujo producen congestión.
- f. **Nivel de Servicio F:** La circulación es forzada y congestionada, el volumen de demanda supera la capacidad de la vía. Las colas formadas son largas y las operaciones con constantes paradas y pequeños avances.

Para delimitar las intersecciones semaforizadas según el nivel de serviciabilidad, el HCM presenta los siguientes rangos:

Tabla 2: Niveles de servicio HCM 2010

Nivel de Servicio	Demoras por Control (Segundos/Vehículos)
A	≤ 10
B	$> 10 - 20$
C	$> 20 - 35$
D	$> 35 - 55$
E	$> 55 - 80$
F	> 80

Nota. Niveles de Servicio HCM 2010.

El cálculo de las demoras en intersecciones semaforizadas según el HCM 2010 se calculan así:

a. Control de la demora:

$$d = d_1 + d_2 \tag{24}$$

Donde:

d = control de demora (s/veh)

d_1 = demora uniforme (s/veh)

d_2 = demora incremental (s/veh)

b. Demora uniforme:

$$d_1 = \frac{0.50 C (1 - \frac{g}{c})^2}{1 - [\min(1, x) \frac{g}{c}]} \tag{25}$$

Donde:

d_1 = demora uniforme (veh/h)

C= Longitud del ciclo semafórico.

g/c =proporción del verde efectivo.

x =volumen/capacidad para cada grupo de carriles.

$$d_2 = 900T \left[(X - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{8kIx}{CT}} \right] \quad (26)$$

Donde:

d_2 = demora incremental (s/veh)

T=periodo de evaluación

x =volumen/capacidad para cada grupo de carriles.

k =factor de ajuste por tipo de carril

I= factor de ajuste.

C=Longitud del ciclo

2.3.6 Teoría de Flujo Peatonal

Según Helbing, Molnar, Farkas y Bolay (2001), estudiar el flujo peatonal es esencial, pues no sólo muestra luces del comportamiento, sino también nuevas alternativas para la toma de decisiones basándose en el nivel de servicio, el diseño geométrico de la infraestructura y manuales de planificación. En este mismo artículo se hace referencia a un grupo de trabajos asociados a cada uno de estos dominios.

Los flujos peatonales no suelen analizarse como los vehiculares, debido a que existen distinciones en el comportamiento de masas. Una de estas diferencias es que los peatones se mueven bajo el supuesto de auto organización. Helbing y Molnár (1997) definen la auto organización como la formación de patrones colectivos de comportamiento sin planificación, prescripción u organización externas, como semáforos, leyes o convenciones de comportamiento. Por el contrario, estos patrones surgirían desde las interacciones no lineales entre peatones. Helbing et al. (2001) afirman que la auto organización peatonal es similar al comportamiento que se esperaría por parte de conductores experimentados, debido a las reacciones instantáneas que estos tomarían frente a algunas situaciones de tráfico determinadas, sin pensar en detalle los pasos a realizar. A

partir del supuesto de auto organización se explican otros de los fenómenos estudiados en flujos peatonales. Algunos de estos son el efecto de cierre o zipper effect (Hoogendoorn y Daamen, 2005), la formación de carriles o pistas (Oeding, 1963; Older, 1968), el arqueo en cuellos de botella (Hoogendoorn y Daamen, 2009; Cristiani, Piccoli y Tosin, 2014) y el movimiento en grupos (Bierlaire y Robin, 2009; Do, Haghani y Sarvi, 2016). Otro aspecto por considerar dentro de los flujos peatonales, a diferencia de los vehiculares, es la posibilidad de encontrar múltiples direcciones dentro un mismo espacio compartido.

Las pistas vehiculares, para un tramo horario específico, suelen tener solo una dirección de flujo. Sin embargo, en el tráfico peatonal se pueden encontrar tanto flujos unidireccionales, como multi-direccionales, destacando dentro de estos los bidireccionales (Duives et al., 2013) (Arismendi, 2018).

2.3.7 Programa VISSIM 23.0:

PTV Vissim es un software de simulación que modela la situación del tráfico de manera muy realista. Por ejemplo, para el estudio de las diferentes intersecciones, el análisis sobre cómo implementar las medidas en el transporte público o el efecto de un distinto plan de semaforización (PTV Group, 2016).

a. Antecedentes

Vissim tuvo su primera aparición en el año 1992, con la versión 2.03. Sin embargo, sus inicios se remontan a la década de los ochenta en Alemania, durante la cual se realizan trabajos de planificación de redes de autobús y transporte en la carretera de Mannheim. PTV Group recientemente lanzó al mercado la versión más reciente de este programa, en la actualidad el software se encuentra en su versión 23.0. (PTV, 2023)

b. Aplicación

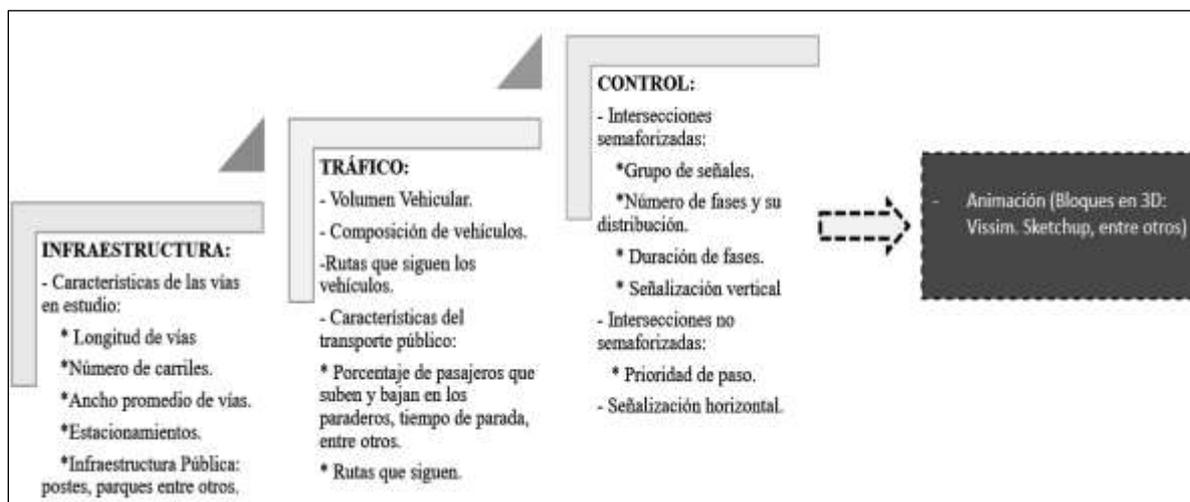
Vissim es una herramienta de simulación orientada al modelamiento de tráfico urbano y rural, así como a flujos peatonales. Este programa puede ser utilizado no solo para el estudio de transporte privado sino también para el estudio del transporte público.

Este software, además, permite el planeamiento del tráfico, ya que modela y analiza el impacto de los proyectos en el tráfico urbano, buscando modelar los procesos internos del sistema (por ejemplo, las decisiones de los conductores, características del vehículo, operaciones de señales de tráfico, etc.) y no simplemente la salida del sistema. Estos modelos de micro simulación son populares porque los sistemas que ellos

representan son tan complejos que los modelos macroscópicos son insuficientes para hacerlo. (Cáceres, N., A., Cifuentes, & Parra, 2017)

Para generar un modelo en el Vissim es necesario:

Figura 17: Esquema de construcción en Vissim



Nota. Elaboración propia.

Finalmente, permite la modelación de los detalles de buses, subterráneo, trenes y otros medios de transporte masivos. De esta forma, se pueden plantear mejoras operacionales específicas, simular y comparar los distintos caminos que puede tomar el transporte público y la ubicación de las paradas. (Avilés Carolina, 2017, p.16)

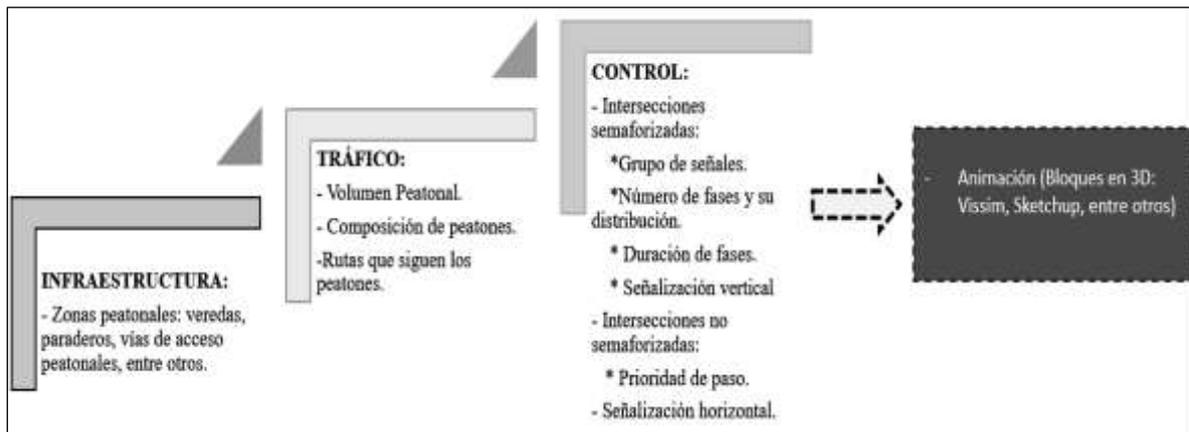
2.3.8 Programa VISWALK 23.0:

Los modelos que se pueden simular con Vissim son utilizados para el análisis de distintos medios de transporte, incluyendo caminar. Sin embargo, como complemento de Vissim 23.0 se puede hacer uso de Viswalk 23.0. Este programa de microsimulación surge debido a que se ha observado que los peatones y los vehículos no se rigen bajo las mismas reglas. Este software se basa en el modelo de Fuerza Social. (PTV, 2023)

a. Aplicaciones

Viswalk es una herramienta que permite la planificación de instalaciones, ya que analiza la capacidad y el uso eficiente del espacio. También permite comparar entre las distintas alternativas que se puedan presentar y así evitar problemas como los “cuellos de botella”. (PTV, 2023)

Figura 18: Esquema de construcción en Viswalk



Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, los centros comerciales, lugares públicos y eventos pueden hacer uso de este software para simular la evacuación de los locales en caso de emergencia. El software le permitirá observar los obstáculos y problemas que sus instalaciones presentan para poder buscar una solución a los mismos.

Es así que la planificación del tránsito es una de las aplicaciones de Viswalk, pues permite el análisis y observación de la interacción entre los peatones y los vehículos. Es por esta razón que es una herramienta que permite aplicar los conceptos de movilidad universal o accesibilidad universal.

2.4. Definición de términos básicos

Intersecciones Semaforizadas:

Estas intersecciones están reguladas por semáforos, las cuales permiten varios movimientos en diferentes sentidos dentro de la intersección, que a su vez se establecen por una variedad de condiciones que afectan la circulación del tráfico rodado, como son: la cantidad y distribución del tráfico, composición del mismo, diseños geométricos, manejo de la semaforización, señalización tanto vertical como horizontal, entre otros. (Revisión de HCM 2010 y 2000 intersecciones semaforizadas, 2015)

Sincronización de Semáforos:

La sincronización es la coordinación del encendido de las luces verdes de los semáforos que se encuentran ubicados secuencialmente en una misma vía, de tal manera que los vehículos que ingresan a ésta, puedan desplazarse a una velocidad constante e

ininterrumpida, procurando que dichas interrupciones generadas por la luz roja sean mínimas. (Bezerra, 2007) (Koonce, y otros, 2008)

Flujo Vehicular:

Es el movimiento de vehículos desde de una posición inicial a una posición final sobre secciones específicas dentro de un sistema vial, describen la forma como circulan los vehículos y para su análisis se relacionan con diferentes variables, principalmente con el volumen, velocidad, densidad, intervalo y espaciamiento. (Rivera Banquez, 2016) ; (Mozo Sánchez, 2011, pág. 11).

Espacios Comerciales:

Son extensiones territoriales, ya sea en un medio urbano o rural, destinadas al comercio de bienes o servicios, en los que interactúan los compradores y vendedores. Entre los tipos de comercio desarrollados en estas zonas se tiene: locales comerciales, mercados, restaurantes y negocios informales. (ConceptoDefinicion, 2016) ; (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011, pág. 2).

Edificaciones de Espectáculos Deportivos:

Son bienes inmuebles destinados a las actividades de esparcimiento, recreación activa o pasiva, a la presentación de espectáculos artísticos, a la práctica de deportes o a la realización de espectáculos deportivos, y cuentan por lo tanto con la infraestructura necesaria para facilitar la realización de las funciones propias de dichas actividades. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, pág. 1).

Aforo Vehicular:

Es el conteo de vehículos que se encuentran en una determinada área, que pasan por sección de una vía o intersección en un intervalo de tiempo dado; se tiene en cuenta su variación, su tasa de crecimiento y su composición. (Asistra, s.f.).

Flujo Peatonal:

Describe la circulación de los peatones sobre las vías públicas, desde una posición inicial a una posición final. El flujo peatonal dependerá de variables como la velocidad del peatón, condiciones de movilidad, grado de fricción entre otras; su análisis es factible en ciudades pequeñas e intermedias. (Guío Burgos, Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 2010, pág. 195).

Aforo Peatonal:

Es el conteo de peatones, especialmente clasificados por su variación (espacial y temporal), distribución (por sentidos o cruces en accesos de intersecciones) y composición (de acuerdo con los atributos de los peatones, como género, edad y ocupación). (Guío Burgos, Revista Virtual, 2010).

Longitud de cola:

Es la longitud lineal de todos los vehículos que esperan antes de cruzar una intersección vial por un determinado periodo de tiempo, ya sea debido a la presencia de una señal de parada de tránsito, un policía de tránsito o algún peatón cruzando la calle. Su análisis es importante para determinar la capacidad y calidad del equipo de control del tráfico (Martínez, 2004) ; (Wu N.).

Demora de Viaje:

Es la diferencia que existe entre el tiempo real y el tiempo de viaje ideal (en flujo libre) requerido para ir de un punto a otro en una determinada ruta. Se puede dar debido al tiempo de espera para cruzar una intersección o algún otro evento que ocasione una demora. (Avilés García, 2017, pág. 64); (BU, pág. 2).

Paradas:

Son espacios o elementos urbanos en los que existe intercambio pasajero-vehículo y que contribuyen al funcionamiento óptimo del flujo vehicular. Estos pueden ser predeterminados como en el caso del sistema público, los cuales son conocidos como paraderos; o en base a la decisión del conductor, sin seguir una regla, como en el caso de los vehículos privados. (Avilés, 2017, pág. 19). (RAE, 2019).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

La sincronización de semáforos con "ola verde" influye positivamente en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.

3.1.2 Hipótesis específicas

- El flujo vehicular y peatonal es lento antes de la aplicación de la sincronización de semáforos “Ola Verde” en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.
- El flujo vehicular y peatonal es rápido después de la aplicación de la sincronización de semáforos “Ola Verde” en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.

3.2. Variables

3.2.1. Variable Independiente

- Sincronización de semáforos

3.2.2. Variables dependientes

- Flujo Vehicular.
- Flujo Peatonal.

3.3. Operacionalización/ categorización de los componentes de las hipótesis

Tabla 3

<i>Influencia de la Sincronización de Semáforos "Ola Verde" en el Flujo Vehicular y Peatonal de la Zona Monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021</i>						
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/	Dimensiones/	Indicadores/	Fuente o Instrumento de recolección de datos
			Categorías	Factores	Cualidades	
Pregunta general	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Independientes			
¿Cuál es la influencia de la sincronización de semáforos "ola verde" en los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021?	Determinar la influencia de la sincronización de semáforos "ola verde" en los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.	La sincronización de semáforos con "ola verde" influye en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.	Sincronización de Semáforos	Ciclo semafórico	Tiempo (s)	Técnica: - Observación
				Distribución de tiempo en verde de cada fase	Velocidad de circulación	-Dron
					Geometría de vías e intersecciones	-Videogradora -Cámara fotográfica
				Desfase	Tiempo total del ciclo semafórico	Fichas de observación
	Período de tiempo entre el comienzo de una fase específica en un semáforo y su comienzo en la intersección siguiente	-Cuestionarios				
	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas				
	a) Determinar los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021. b) Determinar y simular el tiempo semafórico óptimo para la sincronización de semáforos "Ola Verde" en los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021. c) Determinar los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021 después de la aplicación de la sincronización de semáforos "Ola Verde".	• El flujo vehicular y peatonal es lento antes de la aplicación de la sincronización de semáforos "Ola Verde" en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021. • El flujo vehicular y peatonal es rápido después de la aplicación de la sincronización de semáforos "Ola Verde" en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.	Flujo Vehicular	Espacios comerciales	Concurrencia a Locales Comerciales	
					Concurrencia de Mercados	
					Concurrencia de Restaurantes	
					Concurrencia de Negocios Informales	
Espacios Recreacionales				Edificaciones de Espectáculos deportivos		
				Aforo vehicular	Cantidad de vehículos de servicio público	
Cantidad de Vehículos particulares						
Cantidad de Vehículos mixtos adaptables						
Cantidad de Vehículos de carga						
Concurrencia de Locales Comerciales existentes						
Concurrencia de Mercados existentes						
Flujo Peatonal	Espacios comerciales	Concurrencia de Restaurantes existentes				
		Concurrencia a Locales Comerciales				
		Concurrencia de Mercados				
	Espacios	Concurrencia de Restaurantes				
		Edificaciones para Espectáculos deportivos				
		Aforo peatonal	Cantidad Comerciantes formales			
Cantidad Comerciantes informales						
Cantidad Usuarios en general						

Nota. Esta tabla demuestra la Operacionalización de los componentes de la hipótesis

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

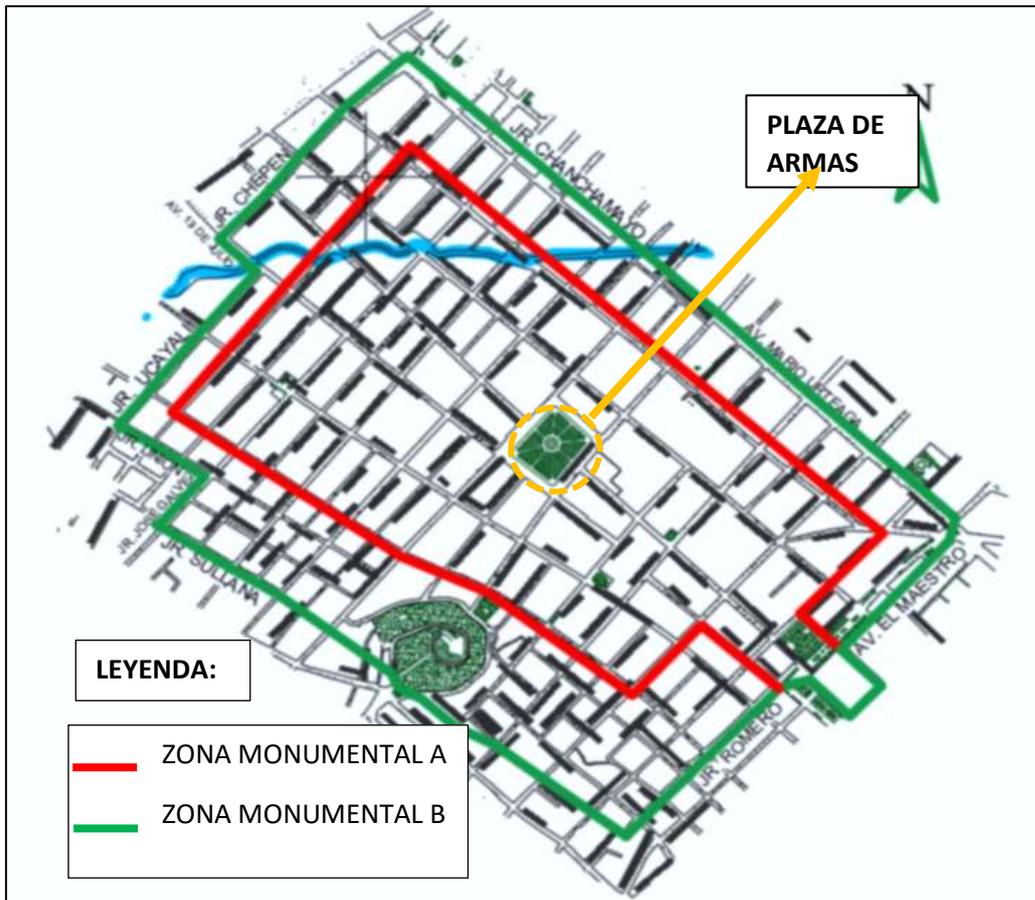
La investigación se realizó en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, localizado en el norte del Perú (Figuras 19, 20 y 21)

Figura 19: Mapa departamental de Cajamarca



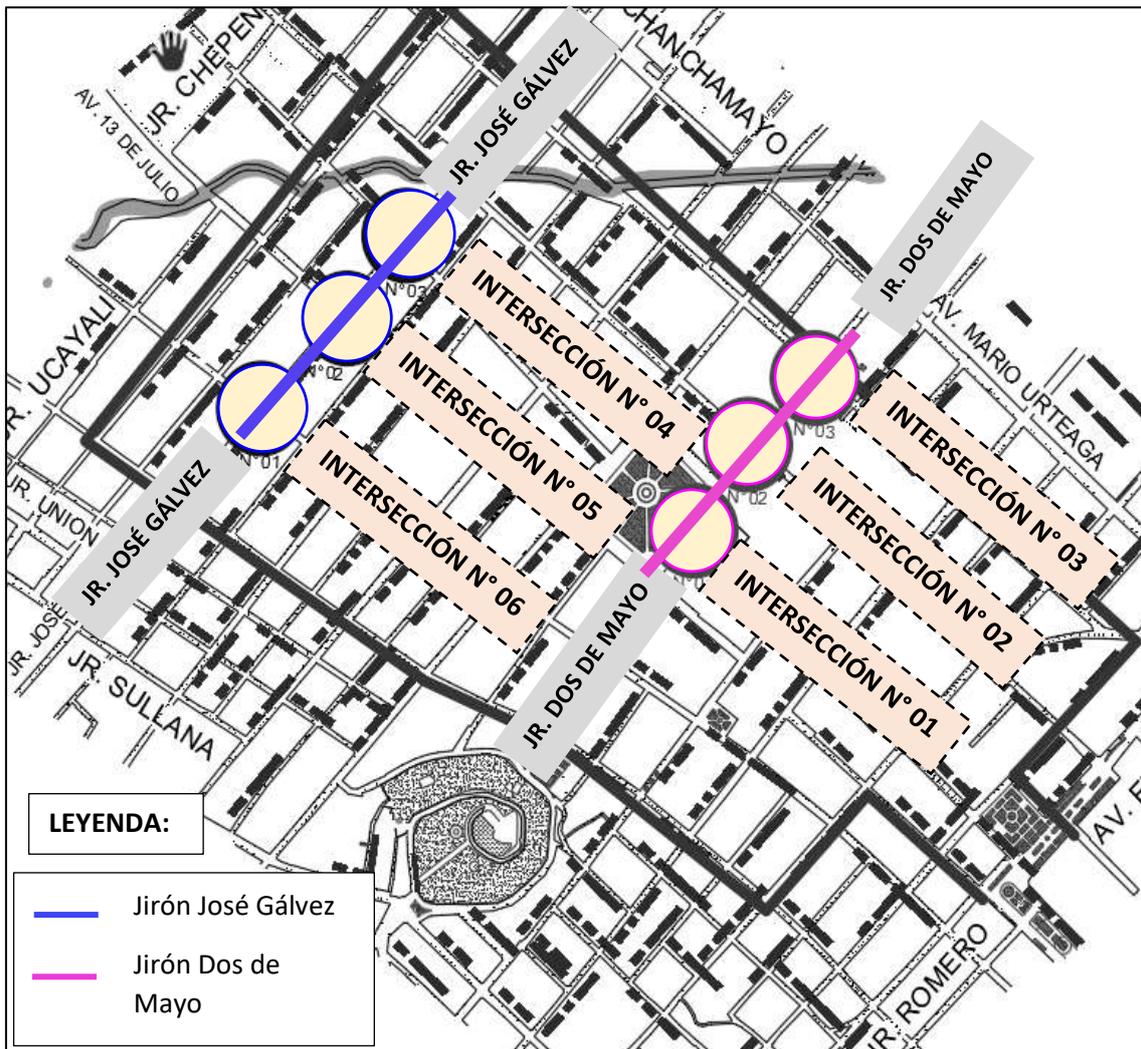
Nota. Tomado de Gualberto Valderrama.

Figura 20: Zonas monumentales de la ciudad de Cajamarca



Nota. Adaptado de Municipalidad Provincial de Cajamarca

Figura 21: Intersecciones en estudio ubicadas en la zona monumental “A” de la ciudad de Cajamarca.



Nota. Adaptado de Municipalidad Provincial de Cajamarca.

Tabla 4: Coordenadas de ubicación de los tramos de estudio.

Tramo	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas		Altitud
Jirón Dos de mayo					
	Este	Norte	Longitud	Latitud	Cota
Punto inicial (Jr. Amalia Puga)	774,239	9'208,110	78°31'00.93''O	7°9'26.84''S	2721.00 msnm
Punto final (Jr. José Sabogal)	774,403	9'208,302	78°30'55.82''O	7°9'20.67''S	2716.00 msnm
Jirón José Gálvez					
Punto final (Jr. El Comercio)	773,888	9'208,448	78°31'12.80''O	7°9'15.90'' S	2740.00 msnm
Punto inicial (Jr. Huánuco)	773,712	9'208,253	78°31'18.44''O	7°9'22.27''S	2728.00 msnm

Nota. Coordenadas obtenidas del Google Earth.

4.2. Diseño de la Investigación

En el presente trabajo de investigación se realizó un diseño cuasi experimental con pre y post test de un solo grupo.

O₁ ----- X ----- O₂

O₃----- X ----- O₄

Donde:

O₁ : Observación del flujo vehicular con la sincronización de semáforos sin “ola verde” (pre test).

X : Sincronización “ola verde” (propuesta).

O₂ : Observación del flujo vehicular con la sincronización de semáforos con “ola verde” (post test).

O₃ : Observación del flujo peatonal con la sincronización de semáforos sin “ola verde” (pre test).

O₄ : Observación del flujo peatonal con la sincronización de semáforos con “ola verde” (post test).

Es importante mencionar que se observaron O1 y O2 simultáneamente con la sincronización sin ola verde, así como también se observó O3 y O4 con la sincronización de la ola verde.

4.3. Métodos de investigación

Se utilizó el método inductivo debido a que se observaron casos individuales de la influencia de la sincronización de semáforos sin y con “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal. De estos casos individuales y específicos se llevó a generalizar, con un nivel de abstracción mínimo la influencia obtenida.

Se utilizó el método deductivo debido a que las teorías, tanto de sincronización como del flujo vehicular y peatonal, que establecen una comprensión ideal de la influencia, conducirán a estructurar de forma real cada observación real.

Se utilizó el método analítico, con el cual se analizó la influencia de la semaforización sin y con “ola verde” del flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca.

Se utilizó el método comparativo, para comparar los flujos vehiculares y peatonales de la semaforización sin “ola verde” con los flujos vehiculares y peatonales con “ola verde” de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

4.4.1. Población

P1= vehículos que circulan por las intersecciones seleccionadas.

P2= peatones que circulan por las intersecciones seleccionadas.

4.4.2. Muestra

Debido a que la población es infinita se utilizará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2} \quad (27)$$

Donde:

n= Tamaño de muestra.

e= Error de estimación máximo= aceptado

Z= Parámetro estadístico que depende del Nivel de confianza (NC) =1.96

p= probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)=0.5

q= (1-p) = Probabilidad de que

evh= error= 4%

no ocurra el evento estudiado. =0.5

ep= error= 5%

Muestra 1= $600.25 = 600$ vehículos.

Muestra 2= $384.16 = 400$ peatones.

4.4.3. Unidad de Análisis

Flujo vehicular

Flujo peatonal.

4.4.4. Unidades de Observación

Vehículos/segundo

Peatones/segundo.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

La observación se aplicó para recopilar datos de la duración de los ciclos semafóricos, distribución del tiempo de verde en cada fase y el desfase presente entre los semáforos de las 6 intersecciones consideradas. De la misma manera, se realizó el conteo manual para definir el flujo vehicular y peatonal y sus respectivas características en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca.

Los instrumentos que se utilizaron para la recopilación de datos e información fueron: Dron, videgrabadora, cámara fotográfica, cronómetro, wincha, fichas de observación y cuestionarios, los cuales sirvieron para determinar el número de vehículos que circulan por dichas vías, los flujogramas presentes, el tipo de vehículos que se presentan, la duración de cada ciclo semafórico, características geométricas y demás dimensiones que intervinieron en la sincronización de semáforos, el flujo vehicular y peatonal.

4.5.1. Intersecciones seleccionadas

Las 06 intersecciones semaforizadas seleccionadas se encuentran ubicadas en el jirón Dos de Mayo (03) y el jirón José Gálvez (03) debido a las características particulares que presentan para una probable aplicación efectiva de la sincronización de semáforos “ola verde”. Esto es, las intersecciones se encuentran ubicadas de manera continua y el espaciamiento adyacente entre intersecciones es apropiado para la sincronización de semáforos en cuanto a efectos de control y la poca probabilidad de que el flujo se vuelva uniforme. Además, los semáforos de estas intersecciones son de tiempo fijo configurados para 2 fases solamente, lo cual representó una ventaja para la “Ola verde”. Por otro lado, el tráfico vehicular y peatonal generado durante las horas punta es impulsivo, por lo que es más probable que se formen colas debido a la falta de sincronización semafórica.

Las intersecciones estudiadas en esta tesis se muestran en la tabla 5.

Tabla 5: Intersecciones en estudio

Tramo	Intersección	Denominación de la Intersección*
Jr. Dos de Mayo	Jr. Dos de Mayo y Jr. Amalia Puga.	Intersección 01
	Jr. Dos de Mayo y Jr. El Amazonas	Intersección 02
	Jr. Dos de Mayo y Jr. José Sabogal	Intersección 03
Jr. José Gálvez	Jr. José Gálvez y Jr. El Comercio	Intersección 04
	Jr. José Gálvez y Jr. Junín	Intersección 05
	Jr. José Gálvez y Jr. Huánuco	Intersección 06

Nota. Esta tabla muestra las intersecciones consideradas en este estudio y cómo se las denominará a partir de esta sección para un mejor entendimiento.

Las demás intersecciones presentes en la zona monumental no fueron consideradas pues no cumplieron el requisito mínimo para la ola verde pueda ser probada: ser de 3 a más intersecciones semaforizadas ubicadas en serie en la misma dirección, y si bien hay 3 intersecciones semaforizadas en el Jr. Amazonas, ésta calle fue desestimada ya que se encontraban haciendo reparaciones de la calzada.

Para conocer el estado de cada tramo comprendidos entre las intersecciones estudiadas, se los describe a continuación:

- Jr. Dos de Mayo

El tramo comprendido entre los jirones Amalia Puga y José Sabogal tiene una longitud aproximada de 320 metros, el ancho promedio de la vía es de 11 metros, teniendo un ancho inicial (intersección jr. Dos de Mayo y jr. Amalia Puga de 11.90 metros, la cual cuenta con 4 carriles de salida y un ancho final (intersección jr. Dos de Mayo y jr. José Sabogal) de 4.60 metros, en el cual hay 1 carril de ingreso. En las intersecciones semaforizadas presentes en este tramo se observan demoras debido al elevado flujo vehicular y peatonal presentes en las vías que confluyen en dichas intersecciones.

Figura 22: Intersección 01



Figura 23: Intersección 02



Figura 24: Intersección 03



- Jr. José Gálvez

El tramo comprendido entre los jirones El Comercio y Huánuco tiene una longitud aproximada de 250 metros, la vía es uniforme y tiene un ancho promedio de 6.50 metros en el cual existen 2 carriles de salida. En las vías que confluyen en las intersecciones semaforizadas presentes en este tramo se observan largas colas a consecuencia del alto flujo vehicular y peatonal presente.

Figura 25: Intersección 04



Figura 26: Intersección 05



Figura 27: Intersección 06



4.5.2. Para la caracterización de la Sincronización de Semáforos

Para determinar esta variable, se recopiló información previa de las dimensiones y los indicadores de éstas.

Para modelar de manera adecuada las intersecciones en estudio se realizó la recolección de los datos geométricos de las intersecciones el día 01 de marzo del 2021. Estos datos comprenden anchos de vías, anchos de veredas, anchos de pasos

peatonales, dimensiones de los paraderos de ser el caso entre otros, los cuales fueron medidos 5 veces con una wincha para obtener una medida promedio.

Para determinar los ciclos semafóricos, distribución de tiempo en verde de cada fase y desfases de los semáforos presentes en las intersecciones en estudio se cuantificaron sus respectivos indicadores, para lo cual se utilizó un cronómetro, dichas mediciones de tiempo se realizaron 5 veces para determinar un tiempo promedio de mayor precisión.

Se utilizaron fichas de observación para determinar la cantidad de vehículos presentes en los tramos de los jirones Dos de Mayo y José Gálvez y la velocidad de circulación.

4.5.3. Para la caracterización del Flujo Vehicular

Para determinar el flujo vehicular, se realizaron encuestas a los usuarios (conductores de los vehículos) que hacen uso de las vías en estudio, se utilizaron fichas de observación y además se realizó el aforo vehicular en las vías de ingreso a las intersecciones en la zona de estudio, definiéndolas acorde a las rutas que siguieron y clasificándolas según los indicadores mencionados en la matriz de consistencia.

Para recopilar información de esta variable se utilizaron los instrumentos siguientes:

- **Encuestas:** Se realizó una encuesta EN-01 para la subvariable espacios comerciales y espacios recreacionales, las cuales fueron realizadas en base a la información necesaria para esta investigación. Luego de haberse realizado esta encuesta se procedió a aplicarla en las 06 intersecciones ubicadas en los jirones Dos de Mayo y José Gálvez. Este procedimiento se llevó a cabo por la tesista y se aplicó a conductores de los vehículos que hacen uso de las vías. (Ver Apéndice 04)

Procedimiento:

1. Preparación de la encuesta.
2. Recolección de la información de campo en las vías en estudio.
3. Análisis de la información obtenida.
4. Interpretación de la información.

Ficha de observación: Se realizó una ficha de observación para la subvariable aforo vehicular, teniendo en cuenta las vías que confluyen en cada intersección

estudio. Luego de haberse realizado una ficha de observación para cada intersección en estudio se procedió a aplicarla en las 06 intersecciones ubicadas en los jirones Dos de Mayo y José Gálvez. Este procedimiento se llevó a cabo por la tesista.

Para obtener información del aforo vehicular, primero se realizó el seguimiento de los flujos vehiculares de las intersecciones en estudio durante 2 semanas mediante la toma de datos de manera manual. Con dicha información se determinaron los días de mayor flujo vehicular así como también las horas punta de dichos días con el objetivo de que dicha toma de datos se realicen con drones para tener una mejor precisión y facilidad durante el recojo de información: aforos vehiculares, rutas entre otros, la cual posteriormente fue utilizada para la modelación de la situación actual.

Las filmaciones con el dron se realizaron el día martes 16 de marzo del 2021, en el Jr. Dos de mayo, a las 10:30 am, 04:15 pm y 06:30 pm, en el Jr. José Gálvez a las 10:45 am, 12:30 pm y 06:00 pm cada una con una duración de 15 minutos, datos que fueron utilizados para la modelación y el día martes 23 de marzo del 2021 en los horarios antes mencionados, datos que fueron utilizados para la validación del modelo.

- **Procedimiento:**

1. Preparación de la ficha de observación.
2. Recolección de la información de campo en las intersecciones en estudio.
3. Transferencia y procesamiento de la información en excel.
4. Ingreso de información en el programa Vissim 23.0.

4.5.4. Para la caracterización del Flujo Peatonal

Para determinar el flujo peatonal, se realizaron encuestas a los peatones que hacen uso de las vías en estudio, se utilizaron fichas de observación y además se realizó el aforo peatonal en las vías de ingreso a las intersecciones en la zona de estudio, definiéndolas acorde a las rutas que siguieron y clasificándolas según los indicadores mencionados en la matriz de consistencia.

Para recopilar información de esta variable se utilizaron los instrumentos siguientes:

- **Encuestas:** Se realizó una encuesta EN-02 para la subvariable espacios comerciales y espacios recreacionales, las cuales fueron realizadas en base a la información necesaria para esta investigación. Luego de haberse realizado esta encuesta se procedió a aplicarla en las 06 intersecciones ubicadas en los jirones

Dos de Mayo y José Gálvez. Este procedimiento se llevó a cabo por la tesista y se aplicó a los peatones que hacen uso de las vías. (Ver Apéndice 04)

Procedimiento:

1. Preparación de la encuesta.
 2. Recolección de la información de campo en las vías en estudio.
 3. Análisis de la información obtenida.
 4. Interpretación de la información.
- **Fichas de observación:** Se realizó dos fichas de observación para la subvariable aforo peatonal, teniendo en cuenta las vías que confluyen en cada intersección estudio. Luego de haberse realizado dos fichas de observación para cada intersección en estudio se procedió a aplicarla en las 06 intersecciones ubicadas en los jirones Dos de Mayo y José Gálvez. Este procedimiento se llevó a cabo por la tesista. (Ver Apéndice 04)

Para obtener información del aforo peatonal, primero se realizó el seguimiento de los flujos peatonales de las intersecciones en estudio durante 2 semanas mediante la toma de datos de manera manual. Con dicha información se determinaron los días de mayor flujo peatonal así como también las horas punta de dichos días con el objetivo de que dicha toma de datos se realicen con drones para tener una mejor precisión y facilidad durante el recojo de información: aforos vehiculares y peatonales, rutas entre otros, la cual posteriormente fue utilizada para la modelación de la situación actual.

Las filmaciones con el dron se realizaron el día martes 16 de marzo del 2021, en el Jr. Dos de mayo, a las 10:30 am, 04:15 pm y 06:30 pm, en el Jr. José Gálvez a las 10:45 am, 12:30 pm y 06:00 pm cada una con una duración de 15 minutos, datos que fueron utilizados para modelación y el día martes 23 de marzo del 2021 en los horarios antes mencionados, datos que fueron utilizados para la validación del modelo.

Ficha de Observación 02:

- **Procedimiento:**
1. Preparación de la ficha de observación.
 2. Recolección de la información de campo en las intersecciones en estudio.
 3. Transferencia y procesamiento de la información en excel.
 4. Ingreso de información en el programa Vissim 23.0.

Ficha de Observación 03:

- Procedimiento:

1. Preparación de la ficha de observación.
2. Recolección de la información de campo en las intersecciones en estudio.
3. Análisis de la información obtenida.
4. Interpretación de la información.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

El procesamiento de información se realizó a través de hojas Excel para calcular y promediar las medidas de los indicadores propuestos para la variable Sincronización de Semáforos. Además, se utilizó el mismo programa para determinar la cantidad de y velocidad de los vehículos en las intersecciones en estudio. De la misma manera, fueron procesados los aforos vehiculares y peatonales, para calcular, graficar y determinar las horas punta de estas intersecciones. También se procesaron los datos de las fichas de observación para los espacios comerciales y recreacionales, además de otros parámetros que se observaron durante las visitas de campo y las grabaciones realizadas, los cuales sirvieron para el cálculo de variables que fueron apareciendo durante el desarrollo de esta tesis, como son las demoras de la situación actual de la zona de estudio a través de la metodología HCM 2010.

Así también, se determinaron las demoras de la situación actual mediante los simuladores VISSIM y VISWALK, estos programas también fueron utilizados para la aplicación de la sincronización de semáforos con “ola verde” del flujo vehicular y peatonal. Para la presentación de los resultados procesados se utilizaron tablas de distribución de frecuencia de datos, según la estadística descriptiva, con proporciones y porcentajes de frecuencia simples y acumulativas.

Para la contrastación y análisis de la hipótesis referente a la “determinación de la influencia de la semaforización con y sin ola verde en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021”, en concordancia con los objetivos específicos, se utilizó la prueba estadística de dos proporciones mediante la prueba T de Student, través del software SPSS, el cual nos permitió hacer la comparación de medias de los grupos considerados en esta investigación.

4.6.1. Aplicación de HCM 2010

Con la información obtenida en campo se procedieron a calcular las demoras mediante la norma HCM 2010.

4.6.2. Modelación y Validación de los tramos en estudio.

También se realizó el modelamiento de las intersecciones en estudio, el cual es la representación de los tramos, intersecciones en estudio y el flujo vehicular y peatonal presente para analizar su comportamiento. Posteriormente se realizó la validación para comprobar que el modelo realizado tenga un comportamiento muy similar al de la situación real. Ambos procesos se realizaron en los softwares Vissim 23.0 y Viswalk 23.0.

4.6.3. Procesamiento de datos – Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde”

Al tener el modelo creado y validado en los softwares Vissim 23.0 y Viswalk 23.0, se procedió a obtener los datos de demoras. Posteriormente se procedieron a comparar las demoras encontradas en el programa y las demoras encontradas a través del HCM 2010.

Así también, se compararon las demoras de la situación actual y la situación óptima con la implementación de la sincronización de semáforos” ola verde” en las intersecciones de dichos tramos para comprobar la hipótesis planteada en este proyecto.

Finalmente, a través del software SPSS, se procesaron los parámetros obtenidos para encontrar el grado de correlación entre las variables de Sincronización de Semáforos sin y con “Ola Verde” y el flujo vehicular y peatonal en las 06 intersecciones estudiadas. Es importante mencionar que la variable Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” se verá englobada dentro de la variable demora obtenida durante el procesamiento de la información a través del HCM 2010 y Vissim y la variable Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” corresponde a la demora obtenida después de haberse aplicado la “Ola verde” en el modelo de simulación de Vissim.

4.6.3.1 Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” y Flujo Vehicular

Se llevaron a cabo 06 pruebas de correlación en las horas punta, para determinar la influencia entre estas variables.

Prueba 01: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 01

Prueba 02: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 02

Prueba 03: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 03

Prueba 04: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 04

Prueba 05: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 05

Prueba 06: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 06

4.6.3.2 Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” y Flujo Peatonal

Se llevaron a cabo 06 pruebas de correlación en las horas punta, para determinar la influencia entre estas variables:

Prueba 01: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 01

Prueba 02: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 02

Prueba 03: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 03

Prueba 04: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 04

Prueba 05: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 05

Prueba 06: Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 06

4.6.3.3 Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” y Flujo Vehicular

Se llevaron a cabo 06 pruebas de correlación en las horas punta, para determinar la influencia entre estas variables:

Prueba 01: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 01

Prueba 02: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 02

Prueba 03: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 03

Prueba 04: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 04

Prueba 05: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 05

Prueba 06: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Vehicular:

Para la intersección 06

4.6.3.4 Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” y Flujo Peatonal

Se llevaron a cabo 06 pruebas de correlación en las horas punta, para determinar la influencia entre estas variables:

Prueba 01: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 01

Prueba 02: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 02

Prueba 03: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 03

Prueba 04: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 04

Prueba 05: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 05

Prueba 06: Sincronización de Semáforos con “Ola Verde” vs Flujo Peatonal:

Para la intersección 06

4.6.3.5 Contrastación de hipótesis

Después de haberse determinado la influencia entre las variables Sincronización de Semáforos sin y con “Ola Verde” y el Flujo Vehicular y el Flujo Peatonal correspondientes, se procedió a contrastar la hipótesis planteada inicialmente con ayuda del programa SPSS.

Por otro lado, de la modelación de la Sincronización de Semáforos sin y con “Ola Verde” en los softwares Vissim y Viswalk se obtuvieron demoras, las cuales se compararon utilizando la prueba “t” student, para determinar cuál sería el mejor escenario para las intersecciones en estudio.

Fórmulas para la prueba t student

De la diferencia de dos medias

$$\sigma_{x_2-x_1} = \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) \left(\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right)} \quad (26)$$

$$t = \frac{(x_2 - x_1) - D_0}{\sigma_{x_2-x_1}} \quad (27)$$

Grados de libertad = n_1+n_2-2

Donde:

x_2, x_1 : medias de las muestras 1 y 2.

s_1^2 y s_2^2 : varianzas insesgadas de las muestras 1 y 2.

n_1 y n_2 : tamaño de las muestras n_1 y n_2 .

4.7 Equipos, materiales, insumos, etc.

4.7.1. Equipo y herramientas menores

- Fichas técnicas.
- Dron.
- Cronómetro.
- Wincha de 50 m.
- Computadora.
- Impresora.
- Videgrabadora.

4.7 Matriz de consistencia metodológica

<i>Influencia de la Sincronización de Semáforos "Ola Verde" en el Flujo Vehicular y Peatonal de la Zona Monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021</i>										
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/ Categorías	Dimensiones/ Factores	Indicadores/ Cualidades	Fuente o Instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra		
Pregunta general	Objetivo General	Hipótesis General	Variables Independientes							
¿Cuál es la influencia de la sincronización de semáforos "ola verde" en los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021?	Determinar la influencia de la sincronización de semáforos "ola verde" en los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.	La sincronización de semáforos con "ola verde" influye en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.	Sincronización de Semáforos	Ciclo semafórico	Tiempo (s)	* Técnica: Observación Instrumentos: Dron Videograbadora Cámara fotogr Fichas de observación Cuestionarios	Método Inductivo Deductivo Analítico Comparativo	Población: Población uno P1: Cantidad indeterminada de vehículos que fluyen por las vías de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca. Población dos P2: Cantidad indeterminada de peatones que fluyen por las vías de la		
	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		Flujo Vehicular	Distribución de tiempo en verde de cada fase				Velocidad de circulación	Período de tiempo entre el comienzo de una fase específica en un semáforo y su comienzo en la intersección siguiente
									Geometría de vías e intersecciones	
									Tiempo total del ciclo semafórico	
	a) Determinar los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021. b) Determinar y simular el tiempo semafórico óptimo para la sincronización de semáforos "Ola Verde" en los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021. c) Determinar los flujos vehiculares y peatonales de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021 después de la aplicación de la sincronización de semáforos "Ola Verde".	• El flujo vehicular y peatonal es lento antes de la aplicación de la sincronización de semáforos "Ola Verde" en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021. • El flujo vehicular y peatonal es rápido después de la aplicación de la sincronización de semáforos "Ola Verde" en la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.	Flujo Vehicular	Espacios comerciales	Concurrencia a Locales Comerciales					
					Concurrencia de Mercados					
					Concurrencia de Restaurantes					
					Concurrencia de Negocios Informales					
				Espacios Recreacionales	Edificaciones de Espectáculos deportivos					
					Aforo vehicular				Cantidad de vehículos de servicio público	
									Cantidad de Vehículos particulares	
									Cantidad de Vehículos mixtos adaptables	
	Cantidad de Vehículos de carga									
	Flujo Peatonal	Espacios comerciales	Concurrencia de Locales Comerciales existentes							
			Concurrencia de Mercados existentes							
Concurrencia de Restaurantes existentes										
Concurrencia a Locales Comerciales										
Concurrencia de Mercados										
Concurrencia de Restaurantes										
Concurrencia de Negocios Informales										
Espacios Recreacionales	Edificaciones de Espectáculos deportivos									
	Aforo peatonal	Cantidad Comerciantes formales								
		Cantidad Comerciantes informales								
Cantidad Usuarios en general										

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Presentación de resultados

5.1.1 Datos geométricos y Ciclos Semafóricos

5.1.1.1 Datos geométricos

En la presente investigación se realizaron las medidas de los tramos de las vías ubicadas en las intersecciones en estudio. Estas medidas se realizaron 05 veces en cada tramo para determinar su promedio.

En las figuras 28 y 29 se observan los tramos en estudio y en la tabla 5 se muestran las medidas promedio de estos tramos.

Figura 27: Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. Dos de Mayo

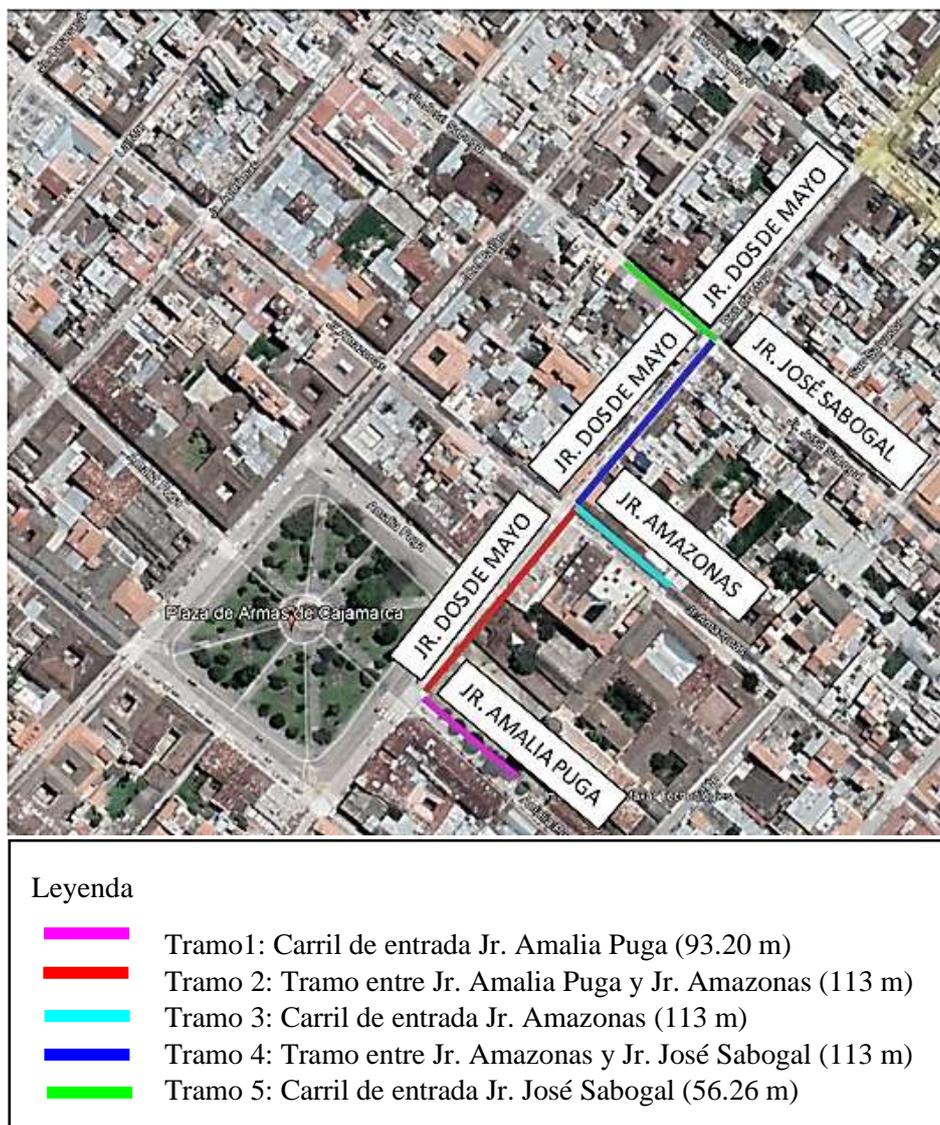


Figura 28: Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. José Gálvez



Leyenda

-  Tramo 6: Carril de entrada Jr. El Comercio (57.90 m)
-  Tramo 7: Tramo entre Jr. Junín y Jr. El Comercio (147 m)
-  Tramo 8: Carril de entrada Jr. Junín (53 m)
-  Tramo 9: Tramo entre Jr. Huánuco y Jr. Junín (140 m)
-  Tramo 10: Carril de entrada Jr. Huánuco (63.60 m)

Tabla 6: Longitud de las vías en estudio

N° de Intersección/ Característica Long. promedio (m)	Jr. Dos de Mayo					Jr. José Gálvez				
	Tramo 1*	Tramo 2*	Tramo 3*	Tramo 4*	Tramo 5*	Tramo 6*	Tramo 7*	Tramo 8*	Tramo 9*	Tramo 10*
	93.20	113.03	112.96	113.01	56.26	57.90	146.97	52.99	139.95	63.60

Nota.

- * La nominación de los tramos considerados es la siguiente:
 - Tramo 1: Tramo de ingreso de vía secundaria 1: Jr. Amalia puga
 - Tramo 2: Tramo del Jr. Dos de mayo comprendido entre Jr. Amalia puga y Jr. Amazonas.
 - Tramo 3: Tramo de ingreso de vía secundaria 2: Jr. Amazonas
 - Tramo 4: Tramo del Jr. Dos de mayo comprendido entre Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal
 - Tramo 5: Tramo de ingreso de vía secundaria 3: Jr. José Sabogal
 - Tramo 6: Tramo de ingreso de vía secundaria 1: Jr. El Comercio
 - Tramo 7: Tramo del Jr. José Gálvez comprendido entre Jr. El Comercio y Jr. Junín
 - Tramo 8: Tramo de ingreso de vía secundaria 2: Jr. Junín
 - Tramo 9: Tramo del Jr. José Gálvez comprendido entre Jr. Junín y Jr. Huánuco
 - Tramo 10: Tramo de ingreso de vía secundaria 3: Jr. Huánuco

De la misma manera, se realizaron las medidas del ancho de las vías ubicadas en las intersecciones en estudio. Estas medidas se realizaron 05 veces en cada tramo para determinar su promedio.

En la tabla 6 se muestra las medidas promedio de estos tramos, así como en el Apéndice 01 se presenta el plano de ubicación de la zona en estudio.

Tabla 7: Ancho de las vías en estudio

N° de Intersección/ Característica	INT. 1		INT. 2		INT. 3		INT.4		INT.5		INT. 6	
	Vía 1-1*	Vía 3*	Vía 1-2*	Vía 4*	Vía 1-3*	Vía 5*	Vía 2-1*	Vía 6*	Vía 2-2*	Vía 7*	Vía 2-3*	Vía 8*
Ancho prom. (m)	16.20	7.13	8.94	7.50	4.99	4.73	4.34	4.21	5.07	3.54	5.58	3.96

Nota.

- * La nominación de las vías consideradas es la siguiente:

Vía 1-1: Tramo 1 de ingreso de vía principal 1: Jr. Dos de Mayo

Vía 3 : Ingreso de vía secundaria 1: Jr. Amalia puga

Vía 1-2: Tramo 2 de ingreso de vía principal 1: Jr. Dos de Mayo

Vía 4 : Ingreso de vía secundaria 2: Jr. Amazonas.

Vía 1-3: Tramo 3 de ingreso de vía principal 1: Jr. Dos de Mayo

Vía 5: Ingreso de vía secundaria 3: Jr. José Sabogal.

Vía 2-1: Tramo 1 de ingreso de vía principal 1: Jr. José Gálvez

Vía 6: : Ingreso de vía secundaria 1: Jr. El Comercio.

Vía 2-2: Tramo 2 de ingreso de vía principal 1: Jr. José Gálvez

Vía 7 : Ingreso de vía secundaria 2: Jr. Junín.

Vía 2-3: Tramo 3 de ingreso de vía principal 1: Jr. José Gálvez

Vía 8 : Ingreso de vía secundaria 3: Jr. El Comercio.

5.1.1.2 Ciclos Semafóricos

El número de fases de los semáforos ubicados en las intersecciones en estudio son 2, y en cada fase se producen 2 movimientos simultáneos, los cuales no generan conflicto en los usuarios.

Se realizaron las medidas del tiempo del ciclo semafórico y sus respectivas fases de los semáforos ubicados en las intersecciones en estudio. Estas medidas se realizaron 05 veces en cada intersección para determinar su promedio.

En la tabla 8 se muestran la duración del ciclo semafórico vehicular de la intersección 1 y sus respectivas fases:

Tabla 8: Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 1

Caract./Item	Ciclo Semafórico(s)	FASE I*			FASE II*		
		Rojo	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar
Promedio (s)	118	88	27	3	30	85	3

Nota.

- * La nominación de las fases consideradas es la siguiente:

FASE I: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. Dos de Mayo.

FASE II: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. Amalia Puga.

En la tabla 9 se muestran la duración del ciclo semafórico peatonal de la intersección 1 y sus respectivas fases:

Tabla 9: Ciclo semafórico Peatonal – Intersección 1

Caract./Item	Ciclo Semafórico*	Rojo*	Verde*
		Promedio (s)	118

Nota.

- * La nominación considerada es la siguiente:

Características correspondientes a la duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo peatonal ubicado en el Jr. Dos de Mayo.

En la tabla 10 se muestran la duración del ciclo semafórico peatonal de la intersección 2 y sus respectivas fases:

Tabla 10: Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 2

Caract./Item	Ciclo Semafórico	FASE I*			FASE II*		
		Rojo	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar
Promedio	80	39	38	3	41	36	3

Nota.

- * La nominación de las fases consideradas es la siguiente:

FASE I: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. Dos de Mayo.

FASE II: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. Amazonas.

En la tabla 11 se muestran la duración del ciclo semafórico peatonal de la intersección 3 y sus respectivas fases:

Tabla 11: Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 3

Caract./Item	Ciclo Semafórico	FASE I*			FASE II*		
		Rojo	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar
Promedio	78	38	38	2	40	36	2

Nota.

- * La nominación de las fases consideradas es la siguiente:

FASE I: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. Dos de Mayo.

FASE II: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. José Sabogal.

En la tabla 12 se muestran la duración del ciclo semafórico peatonal de la intersección 4 y sus respectivas fases:

Tabla 12: Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 4

Caract./Item	Ciclo Semafórico	FASE I			FASE II		
		Rojo	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar
Promedio	97	59	35	3	38	56	3

- * La nominación de las fases consideradas es la siguiente:

FASE I: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. José Gálvez

FASE II: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. El Comercio.

En la tabla 13 se muestran la duración del ciclo semafórico peatonal de la intersección 5 y sus respectivas fases:

Tabla 13: Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 5

Caract./Item	Ciclo Semafórico	FASE I			FASE II		
		Rojo	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar
Promedio	70	29	39	2	41	27	2

- * La nominación de las fases consideradas es la siguiente:

FASE I: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. José Gálvez

FASE II: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. Junín.

En la tabla 14 se muestran la duración del ciclo semafórico peatonal de la intersección 6 y sus respectivas fases:

Tabla 14: Ciclo semafórico Vehicular – Intersección 6

Caract./Item	Ciclo Semafórico	FASE I			FASE II		
		Rojo	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar
Promedio	68	35	30	3	33	32	3

- * La nominación de las fases consideradas es la siguiente:

FASE I: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. José Gálvez

FASE II: Duración de los tiempos rojo, verde y ámbar del semáforo ubicado en el Jr. Huánuco.

En resumen, se tiene los siguientes ciclos semafóricos en las intersecciones en estudio:

Figura 29: Ciclos semafóricos de las intersecciones en estudio

		TIEMPO (S)						
FASE		Int.*	Int.*	Int.*	Int.*	Int.*	Int.*	
		01	02	03	04	05	06	
FASE I	ROJO		88	39	38	59	29	35
	VERDE		27	38	38	35	39	30
	AMBAR		3	3	2	3	2	3
FASE II	ROJO		30	41	40	38	41	33
	VERDE		85	36	36	56	27	32
	AMBAR		3	3	2	3	2	3
CICLO SEMAFÓRICO			118	80	78	97	70	68
TOTAL (s)								

- Int.*: Intersección

5.1.2 Datos de demanda

Para obtener los datos de demanda, primero se realizó el seguimiento de los flujos vehiculares y peatonales de las intersecciones en estudio durante 2 semanas mediante la toma de datos de manera manual. Con dicha información se determinaron los días de mayor flujo vehicular y peatonal así como también las horas punta de dichos días

con el objetivo de que dicha toma de datos se realicen con drones para tener una mejor precisión y facilidad durante el recojo de información: aforos vehiculares y peatonales, rutas entre otros, la cual fue utilizada para la modelación de la situación actual. Las filmaciones con el dron se realizaron el día martes 16 de marzo del 2021, en el Jr. Dos de mayo, a las 10:30 am, 04:15 pm y 06:30 pm, en el Jr. José Gálvez a las 10:45 am, 12:30 pm y 06:00 pm cada una con una duración de 15 minutos, datos que fueron utilizados para la modelación y el día martes 23 de marzo del 2021 en los horarios antes mencionados, datos que fueron utilizados para la validación del modelo. Es importante aclarar que adicional a estas filmaciones se realizaron la toma manual de datos durante esas 2 semanas conjuntamente con el dron para verificar la información obtenida en las 2 primeras semanas, en las cuales se encontraron ligeras variaciones.

5.1.2.1 Variable: Flujo Vehicular

Para determinar el flujo vehicular, se realizó el aforo vehicular en las vías de ingreso a las intersecciones en la zona de estudio, definiéndolas acorde a las rutas que siguieron y clasificándolas según los indicadores mencionados en la matriz de consistencia. (Ver Apéndice 02)

Sin embargo, para la simulación en el programa Vissim 23.0 y de acuerdo a lo observado en campo se clasificaron de manera independiente seis clases de vehículos motorizados.

Figura 30: Tipos de vehículos que transitan en las vías de estudio.

	
<p>MOTOTAXI</p>	<p>AUTOMOVIL</p>
	
<p>BICICLETA</p>	<p>MOTOCICLETA</p>
	
<p>COMBI</p>	<p>CAMION</p>

Nota. Elaboración propia.

Para modelar este tráfico vehicular se tomó en cuenta los tipos de vehículos que Vissim 23.0 presenta, los cuales son 5:

Tabla 15: Equivalencias de vehículos que transitan en las vías que confluyen en las intersecciones en estudio y las que Vissim 23.0 presenta

Tipo de vehículos que confluyen en las intersecciones en estudio	Tipo de vehículos Vissim 23.0
Auto	Auto
Mototaxi	Mototaxi
Camión	Camión
Motocicleta, Bicicleta	Moto
Combi	Bus

5.1.2.2 Datos de modelación

Martes 16 de Marzo – Jr. Dos de Mayo

Los datos de la Intersección 01 fueron determinados mediante los aforos vehiculares realizados el día martes 16 de marzo del 2021 desde las 07:00 am a 09:00 pm.

Para determinar la hora punta se realizaron aforos vehiculares cada 15 minutos en campo, posteriormente se realizó la gráfica de barras que se observa en la figura 32. En ella se muestra las barras más altas las que muestran los mayores volúmenes, escogiéndose 4 conteos de 15 minutos en 3 periodos de tiempo de una a lo largo del día.

Según las figuras 32, 33 y 34, las barras en color rojo indican los volúmenes más elevados obtenidos en una hora a lo largo del día, en este caso se observa que en la mañana de 10:30 am a 11:30 am, en la tarde de 04:00 a 05:00 pm y por la noche desde 06:30 pm a 07:30 pm se tienen los mayores volúmenes vehiculares.

Con los aforos vehiculares obtenidos de la toma de datos, se procedió a sumar los volúmenes de las 3 intersecciones en estudio y con el mayor valor obtenido se escogió la hora punta.

La hora punta de mayor flujo vehicular es desde las 06:30 pm a 07:30 pm, según se muestra.

Figura 31: Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 01.

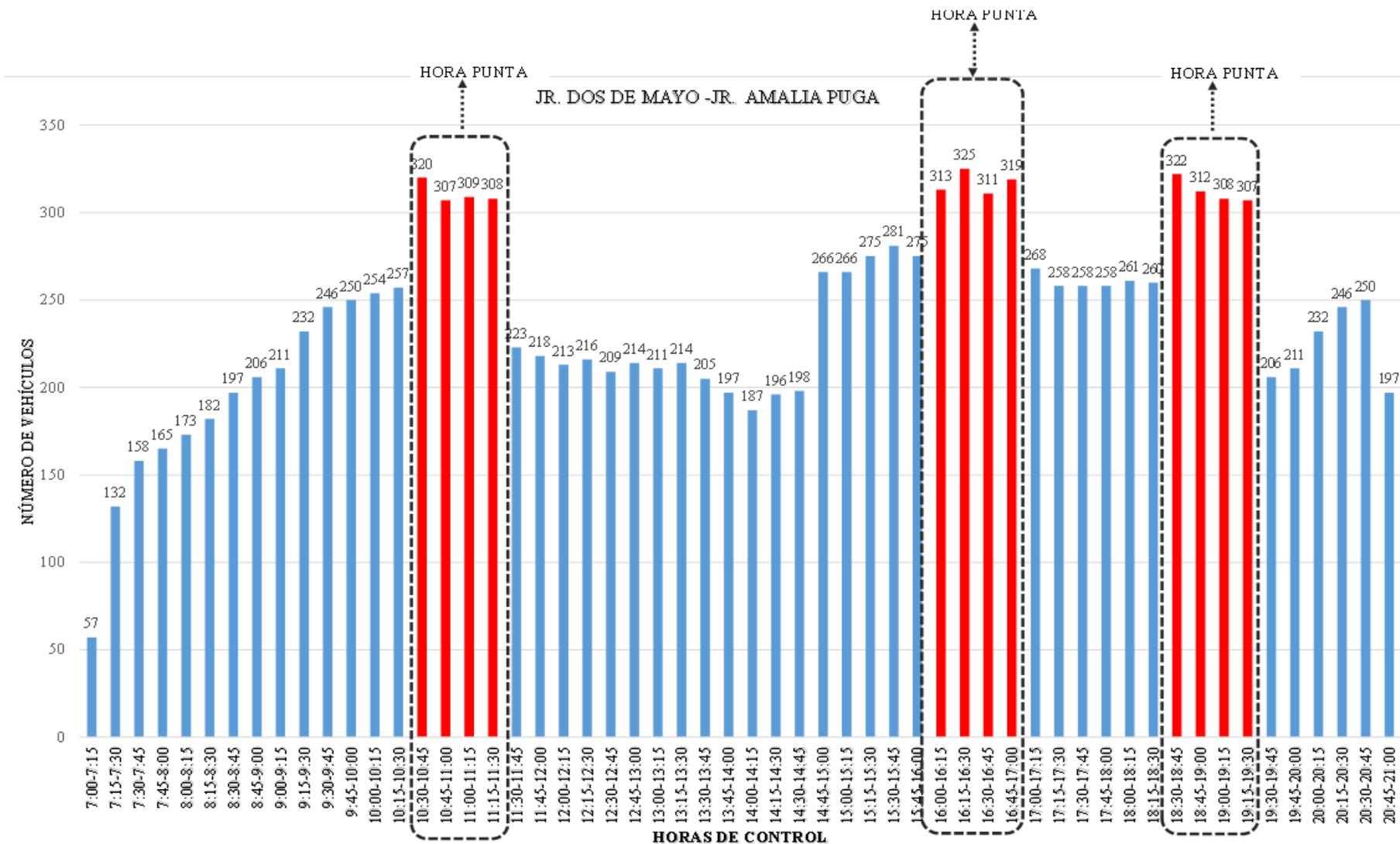


Figura 32: Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 02.

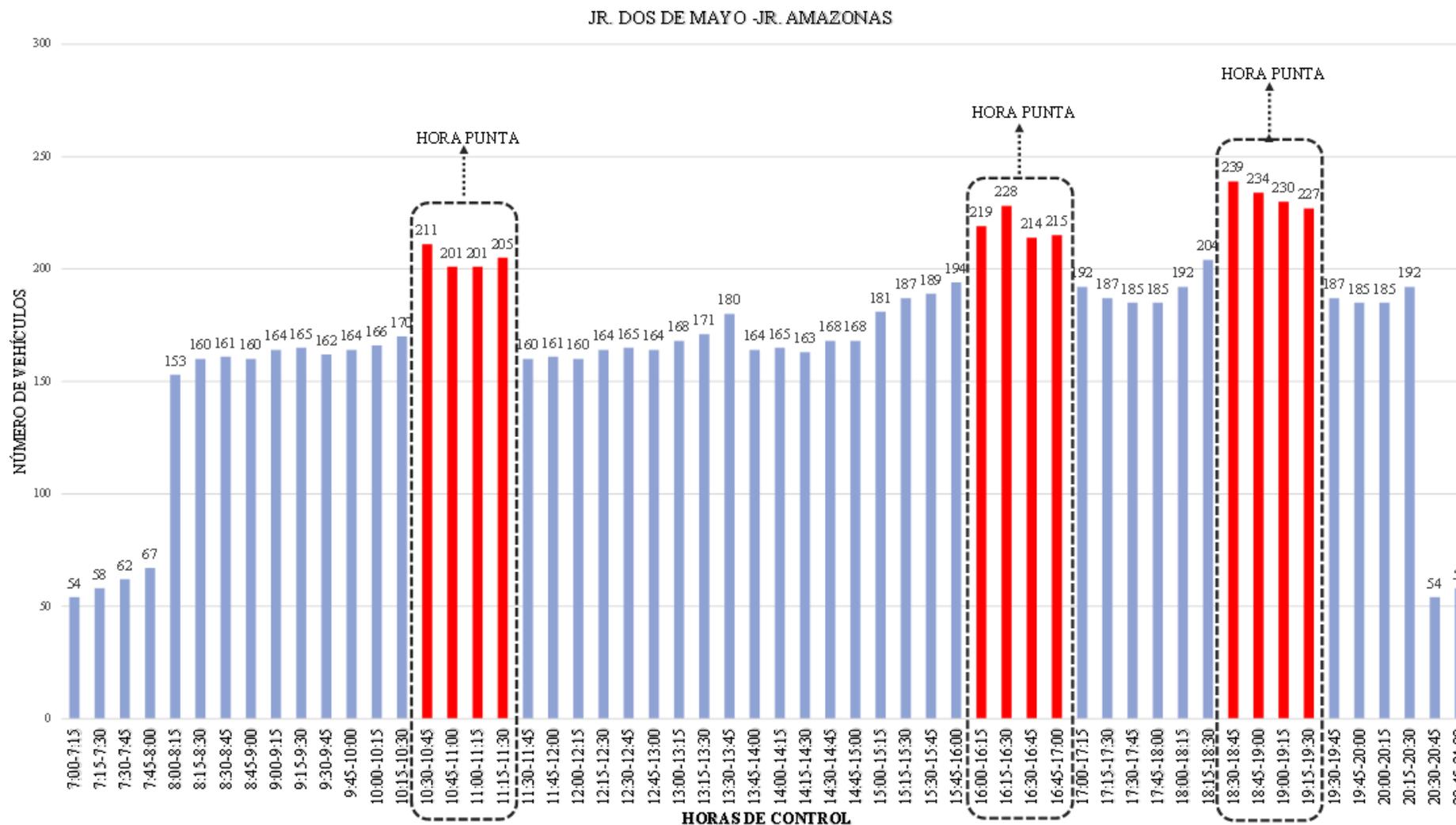
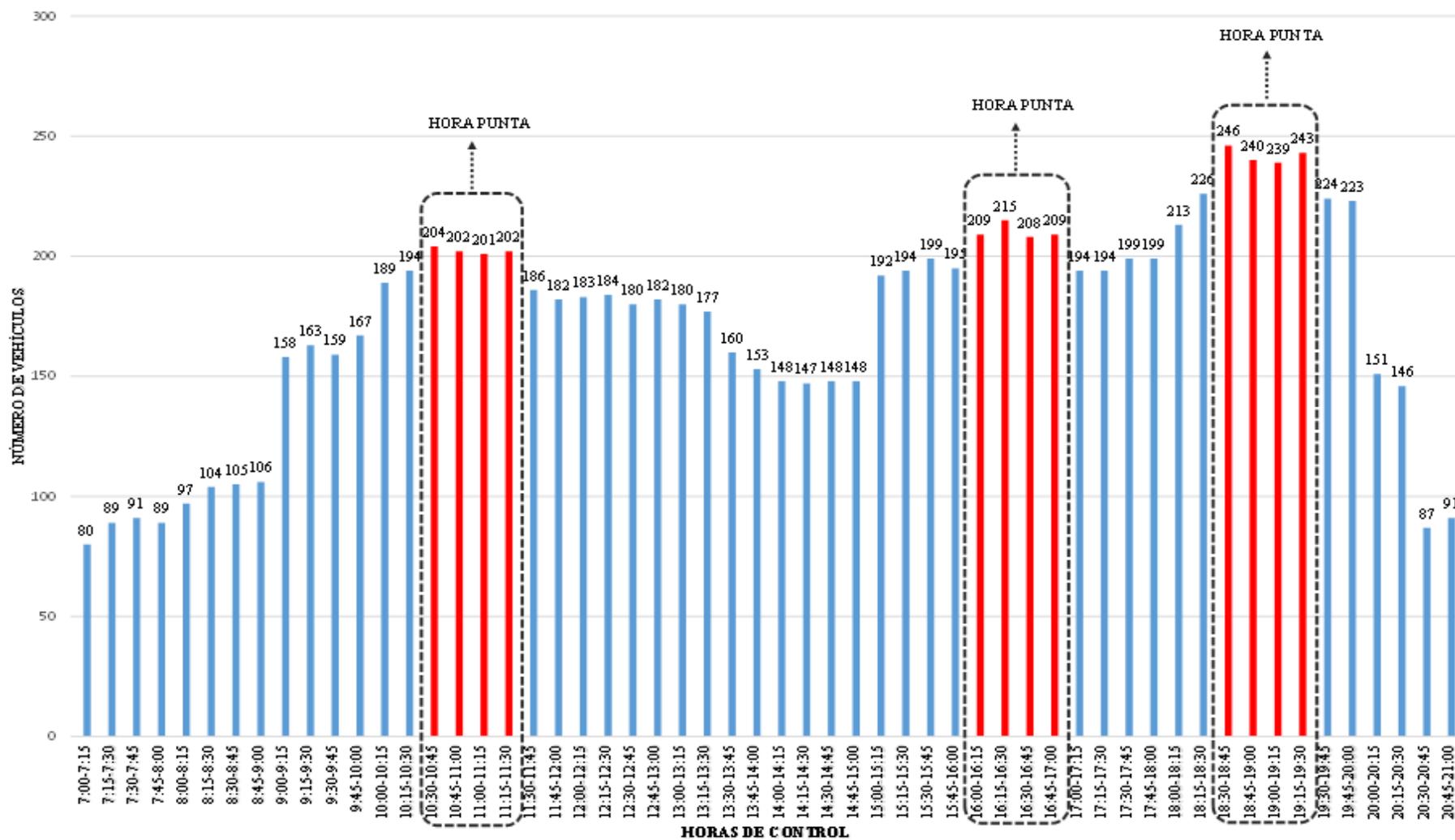


Figura 33: Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 03.

JR. DOS DE MAYO - JR. JOSÉ ABOGAL



Igualmente, se realizaron los aforos vehiculares para las demás intersecciones consideradas en este estudio.

Primera Modelación (Mañana 10:30 Am – 10:45 a.m)

La Intersección 01 presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 728 vehículos por hora: 526 (Autos), 4 (Bus), 195 (Moto) y 3 (Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amalia Puga con un total de 516 vehículos por hora: 411 (Auto), 03 (Bus) y 102 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 02, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 165 vehículos por hora: 130 (Auto), 1 (Bus), 33 (Moto) y 1 (Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amazonas con un total de 458 vehículos por hora: 300 (Auto), 7 (Camión) y 151 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 03 correspondiente, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 146 vehículos por hora: 104 (Auto) y 42 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. José Sabogal con un total de 542 vehículos por hora: 388 (Auto) y 154 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Las figuras 35, 36 y 37 muestran los flujogramas de las intersecciones 1, 2 y 3 respectivamente y se observan a continuación:

Figura 34: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01.

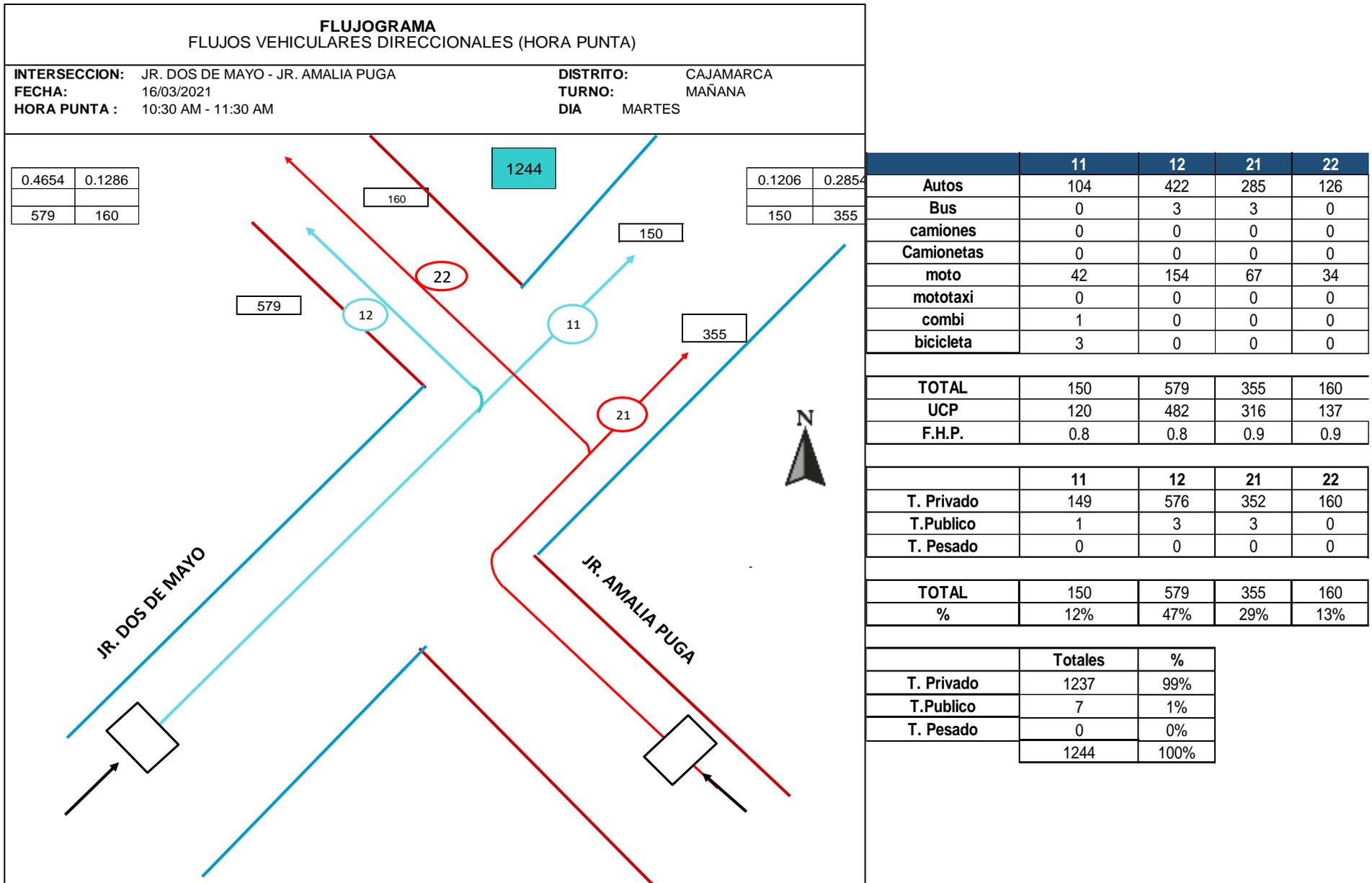
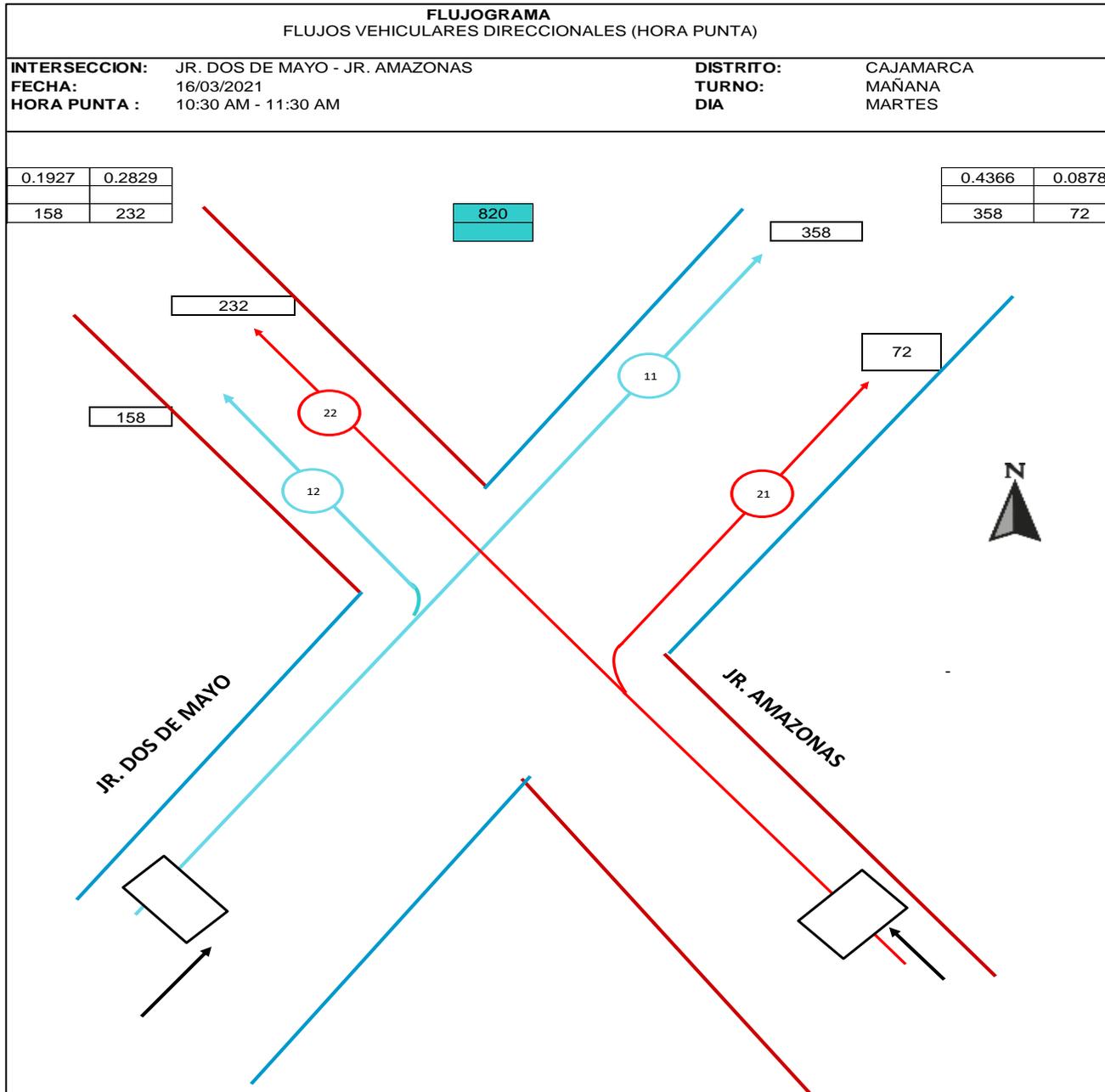


Figura 35: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02..



	11	12	21	22
Autos	277	132	50	149
Bus	0	2	0	0
camiones	0	0	3	2
Camionetas	0	0	0	0
moto	81	22	19	81
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	2	0	0

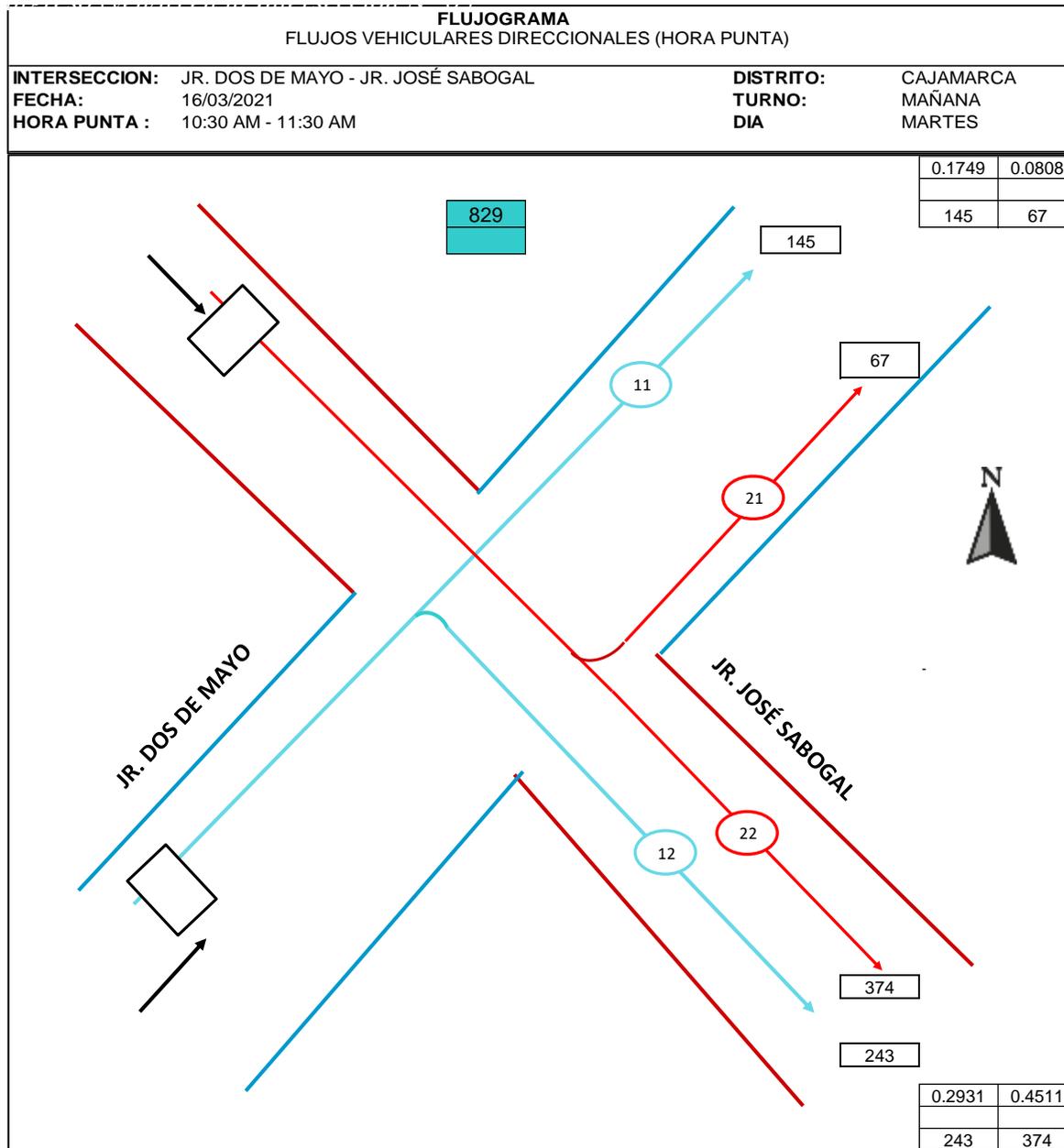
TOTAL	358	158	72	232
UCP	304	145	64	181
F.H.P.	0.8	0.9	0.9	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	358	156	69	230
T.Publico	0	2	0	0
T. Pesado	0	0	3	2

TOTAL	358	158	72	232
%	44%	19%	9%	28%

	Totales	%
T. Privado	813	99%
T.Publico	2	0%
T. Pesado	5	1%
	820	100%

Figura 36: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03



	11	12	21	22
Autos	103	173	48	267
Bus	0	0	0	0
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	42	70	19	107
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	145	243	67	374
UCP	117	196	54	302
F.H.P.	0.8	0.8	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	145	243	67	374
T.Publico	0	0	0	0
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	145	243	67	374
%	17%	29%	8%	45%

	Totales	%
T. Privado	829	100%
T.Publico	0	0%
T. Pesado	0	0%
	829	100%

Segunda Modelación (Tarde 04:15 Pm – 04:30 p.m)

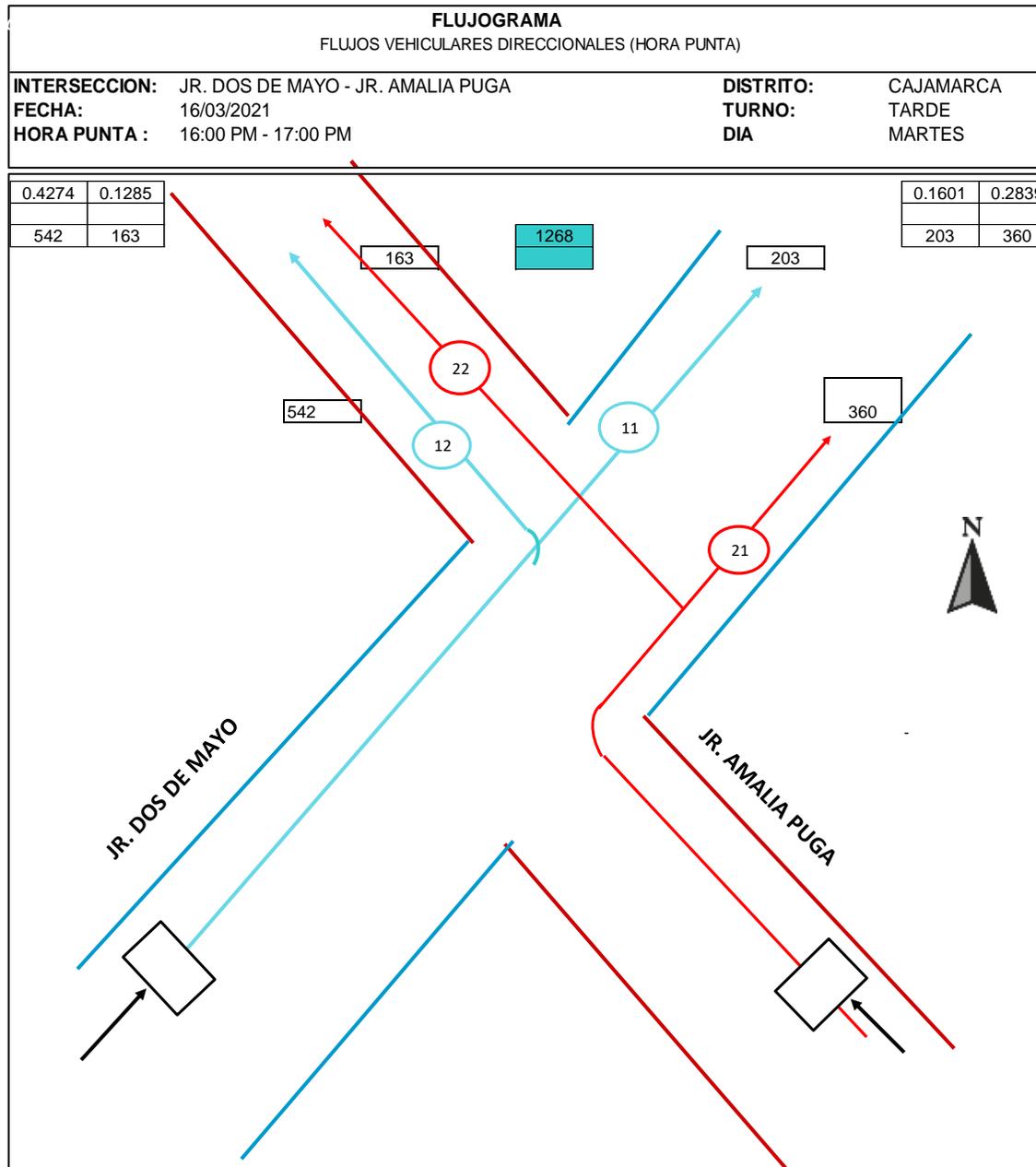
La Intersección 01, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 746 vehículos por hora: 561 (Autos), 5 (Camion), 177 (Moto) y 3 (Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amalia Puga con un total de 522 vehículos por hora: 418 (Auto), y 104 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 02, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 203 vehículos por hora: 160 (Auto), 2 (Camion) y 41 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amazonas con un total de 377 vehículos por hora: 243 (Auto), 8 (Camión) y 126 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 03, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 198 vehículos por hora: 141 (Auto) y 57 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. José Sabogal con un total de 516 vehículos por hora: 369 (Auto) y 147 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Las figuras 38, 39 y 40 muestran los flujogramas de las intersecciones 1, 2 y 3 respectivamente y se observan a continuación:

Figura 37: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01.



	11	12	21	22
Autos	159	401	290	129
Bus	0	0	0	0
camiones	0	5	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	41	136	70	34
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	3	0	0	0

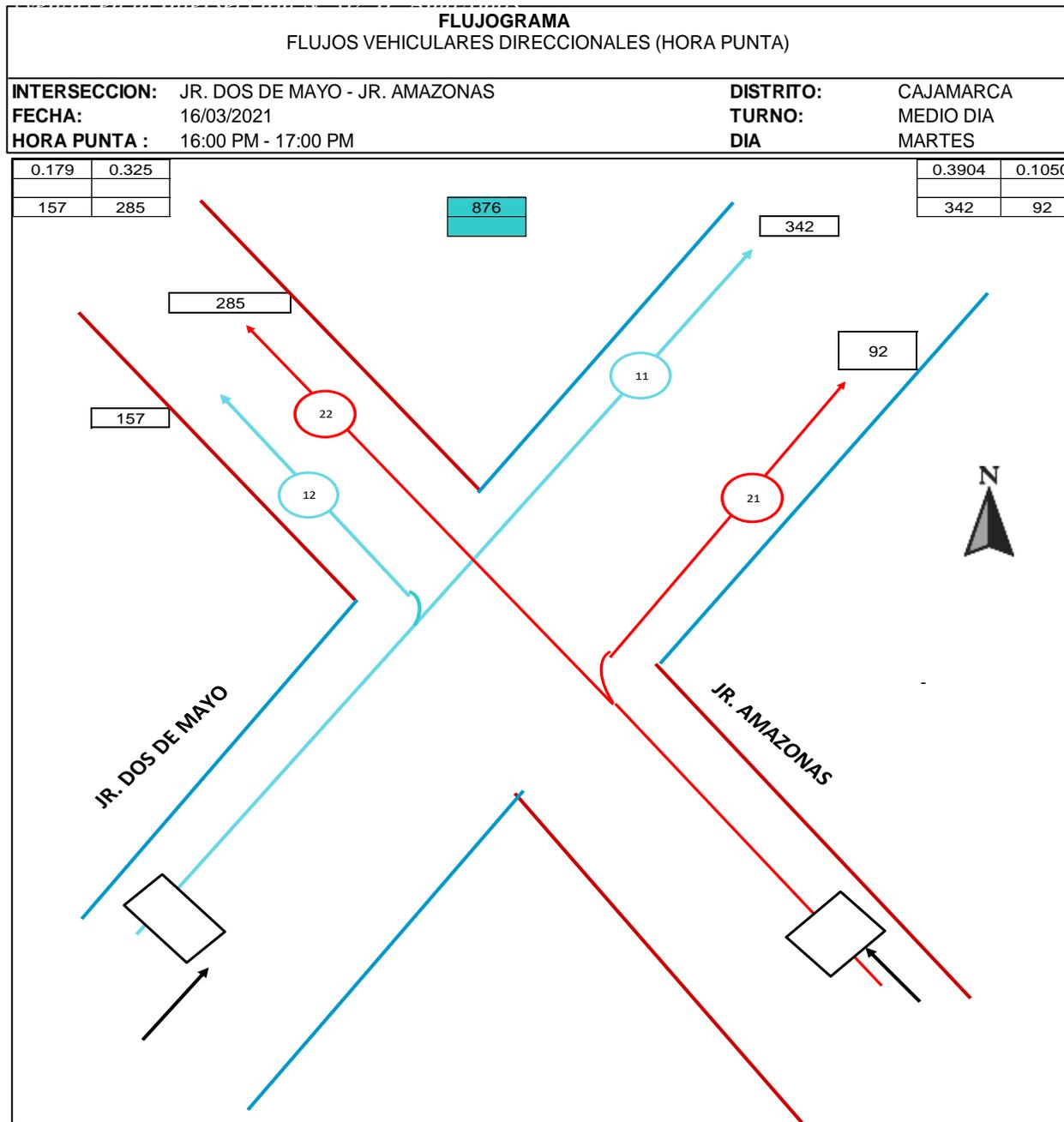
TOTAL	203	542	360	163
UCP	173	458	313	140
F.H.P.	0.8	0.8	0.9	0.9

	11	12	13	24
T. Privado	203	537	360	163
T.Publico	0	0	0	0
T. Pesado	0	5	0	0

TOTAL	203	542	360	163
%	16%	43%	28%	13%

	Totales	%
T. Privado	1263	100%
T.Publico	0	0%
T. Pesado	5	0%
	1268	100%

Figura 38: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02. Flujogramas



	11	12	21	22
Autos	272	121	62	181
Bus	0	0	0	0
camiones	0	6	0	8
Camionetas	0	0	0	0
moto	70	30	30	96
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

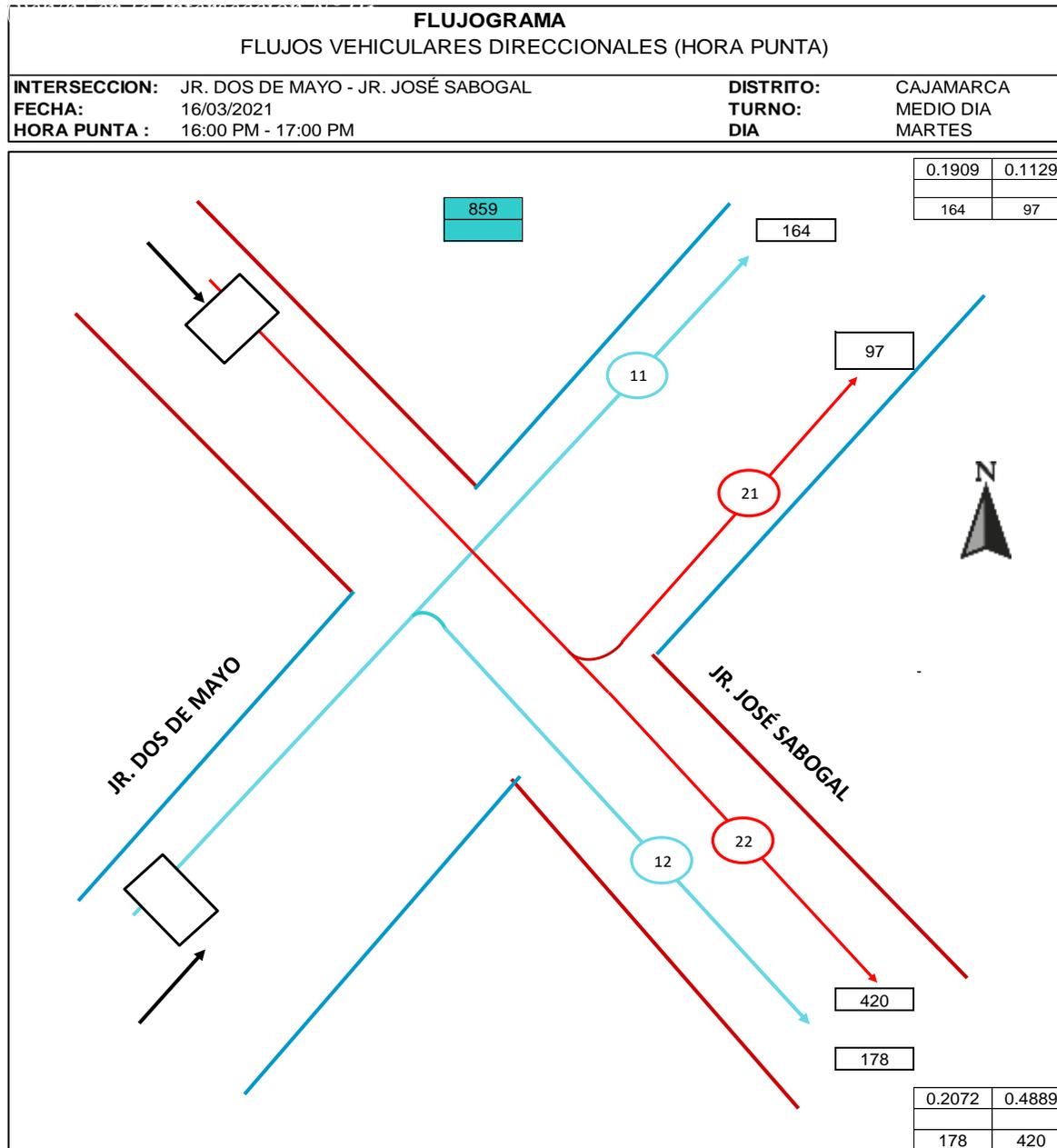
TOTAL	342	157	92	285
UCP	295	146	72	233
F.H.P.	0.9	0.9	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	342	151	92	277
T.Publico	0	0	0	0
T. Pesado	0	6	0	8

TOTAL	342	157	92	285
%	39%	18%	11%	33%

	Totales	%
T. Privado	862	98%
T.Publico	0	0%
T. Pesado	14	2%
	876	100%

Figura 39: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03. Flujogramas



	11	12	21	22
Autos	141	151	71	291
Bus	0	0	0	11
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	23	27	26	118
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	164	178	97	420
UCP	149	160	80	363
F.H.P.	0.9	0.9	0.8	0.9

	11	12	21	22
T. Privado	164	178	97	409
T.Publico	0	0	0	11
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	164	178	97	420
%	19%	21%	11%	49%

	Totales	%
T. Privado	848	99%
T.Publico	11	1%
T. Pesado	0	0%
	859	100%

Tercera Modelación (Tarde 06:30 Pm – 06:45 pm)

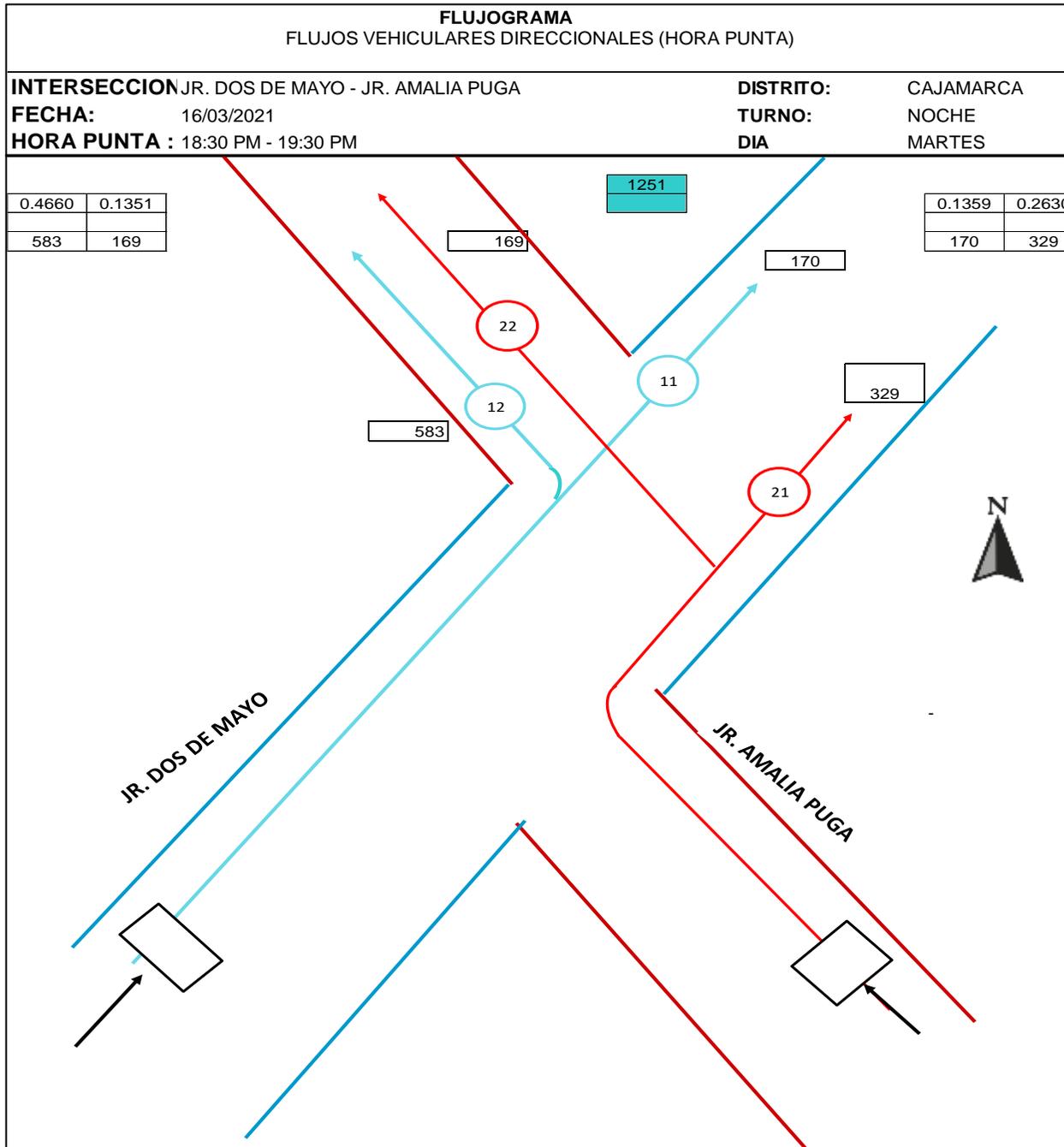
La Intersección 01, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 755 vehículos por hora: 551 (Autos), 202 (Moto) y 2 (Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amalia Puga con un total de 496 vehículos por hora: 386 (Auto), 2 (Bus) y 108 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 02, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 171 vehículos por hora: 126 (Auto) y 45 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amazonas con un total de 458 vehículos por hora: 314 (Auto), 2 (Bus), 2 (Camión) y 140 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 03, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 135 vehículos por hora: 101 (Auto) y 34 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. José Sabogal con un total de 542 vehículos por hora: 364 (Auto), 2 (Bus) y 176 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Las figuras 41, 42 y 43 muestran los flujogramas de las intersecciones 1, 2 y 3 respectivamente y se observan a continuación:

Figura 40: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01..



	11	12	21	22
Autos	146	405	245	143
Bus	0	0	0	2
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	22	178	84	24
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	2	0	0	0

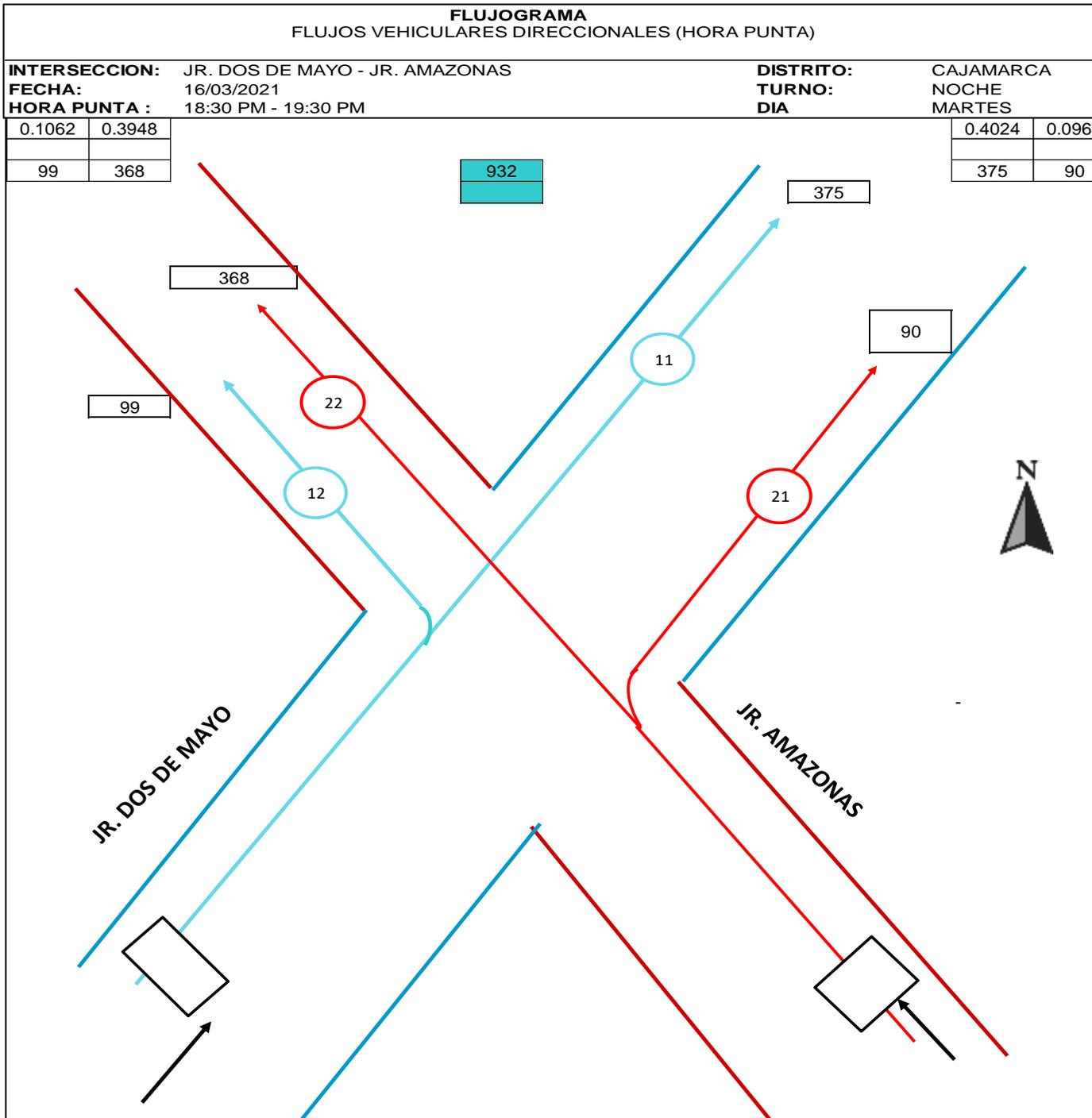
TOTAL	170	583	329	169
UCP	153	464	273	157
F.H.P.	0.9	0.8	0.8	0.9

	11	12	13	24
T. Privado	170	583	329	167
T.Publico	0	0	0	2
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	170	583	329	169
%	14%	47%	26%	14%

	Totales	%
T. Privado	1249	100%
T.Publico	2	0%
T. Pesado	0	0%
	1251	100%

Figura 41: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02.



	11	12	21	22
Autos	274	74	54	261
Bus	0	0	0	0
camiones	0	0	0	2
Camionetas	0	0	0	0
moto	101	25	36	105
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

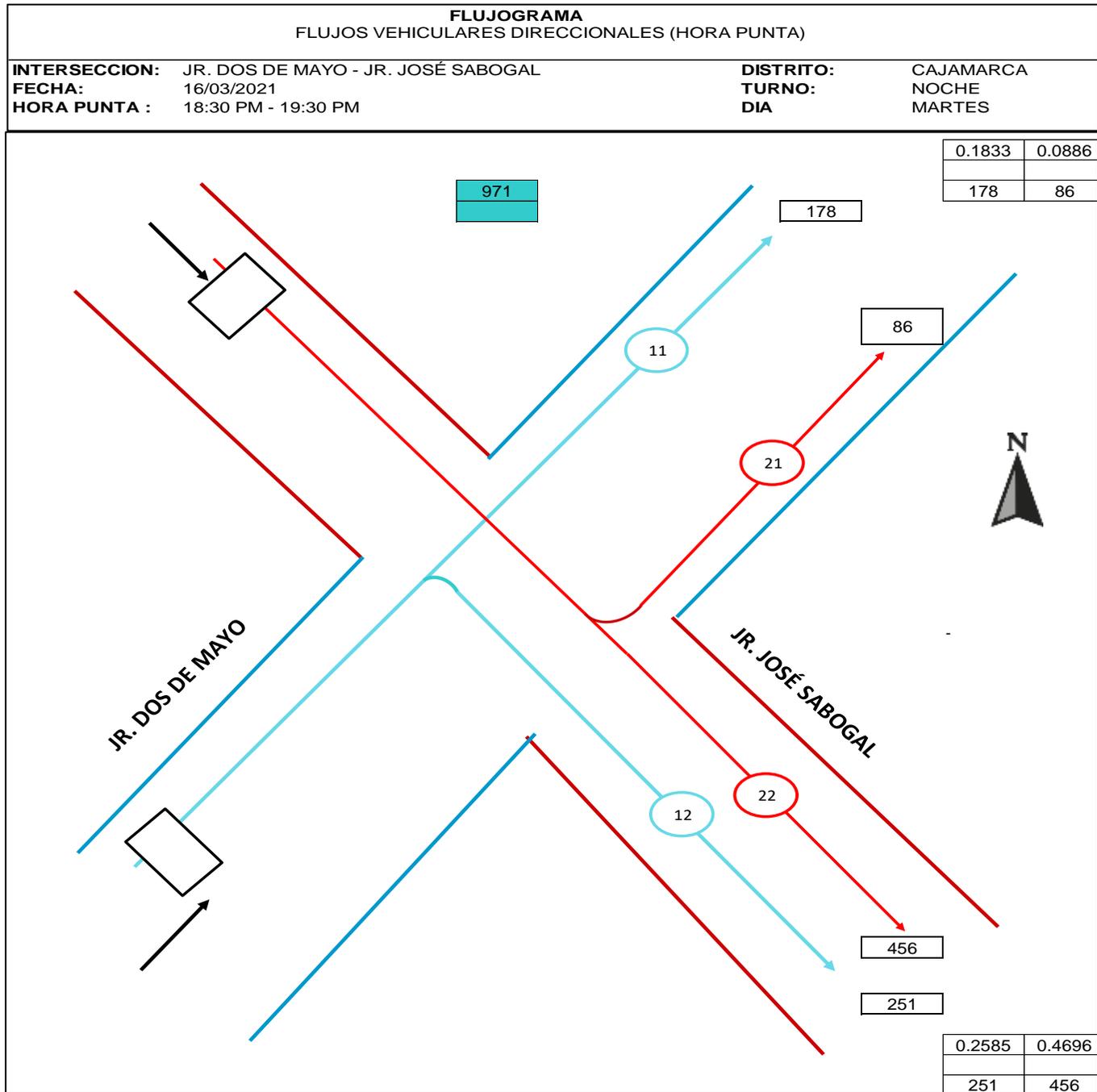
TOTAL	375	99	90	368
UCP	307	82	66	301
F.H.P.	0.8	0.8	0.7	0.8

	11	12	13	24
T. Privado	375	99	90	366
T.Publico	0	0	0	0
T. Pesado	0	0	0	2

TOTAL	375	99	90	368
%	40%	11%	10%	39%

	Totales	%
T. Privado	930	100%
T.Publico	0	0%
T. Pesado	2	0%
	932	100%

Figura 42: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03..



	11	12	21	22
Autos	124	196	68	296
Bus	0	0	0	1
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	54	55	18	159
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	178	251	86	456
UCP	142	214	74	351
F.H.P.	0.8	0.9	0.9	0.8

	11	12	13	24
T. Privado	178	251	86	455
T.Publico	0	0	0	1
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	178	251	86	456
%	18%	26%	9%	47%

	Totales	%
T. Privado	970	100%
T.Publico	1	0%
T. Pesado	0	0%
	971	100%

Martes 16 de Marzo – Jr. José Gálvez

Los datos de las intersecciones en el Jr. José Gálvez entre el Jr. El Comercio y el Jr. Huánuco fueron determinados mediante los aforos vehiculares realizados el día martes 16 de marzo del 2021 desde las 07:00 am a 09:00 pm. La hora punta de mayor flujo vehicular fue desde las 05:45 pm a 06:45 pm, según se muestra en la figura 44.

Igualmente, se realizaron los aforos vehiculares para las demás intersecciones consideradas en este estudio.

Figura 43: Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 04.

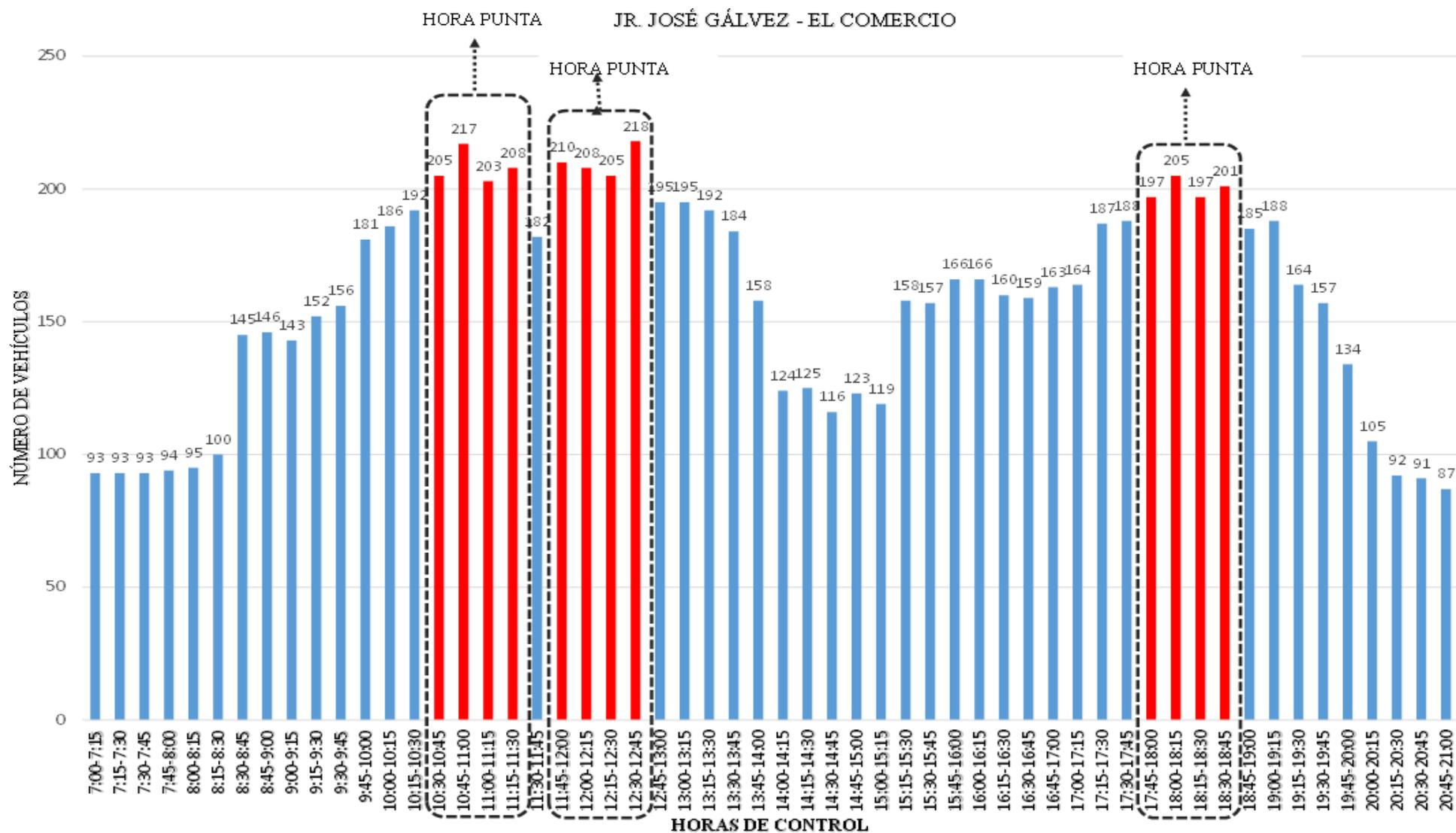


Figura 44: Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 05.

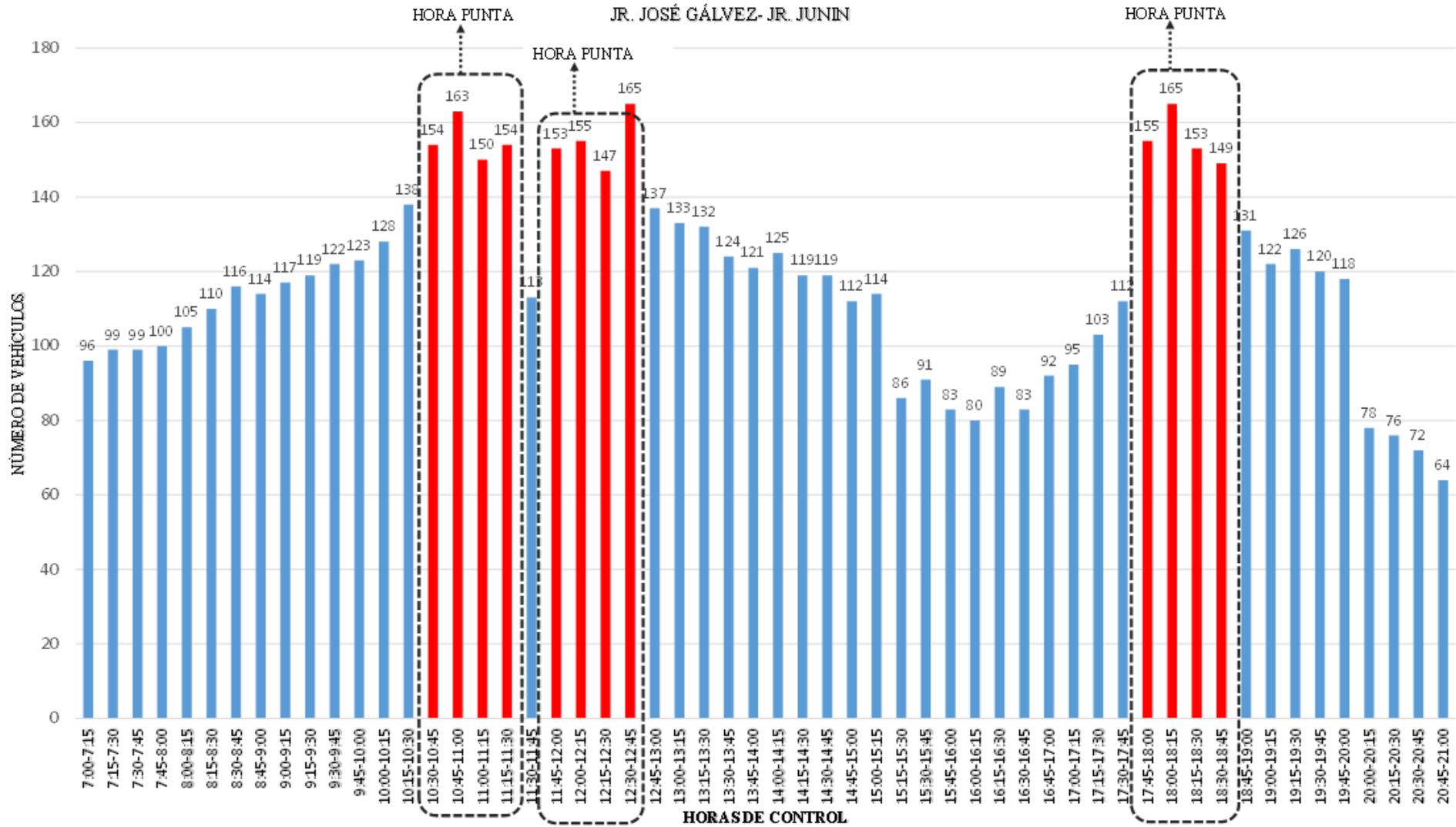
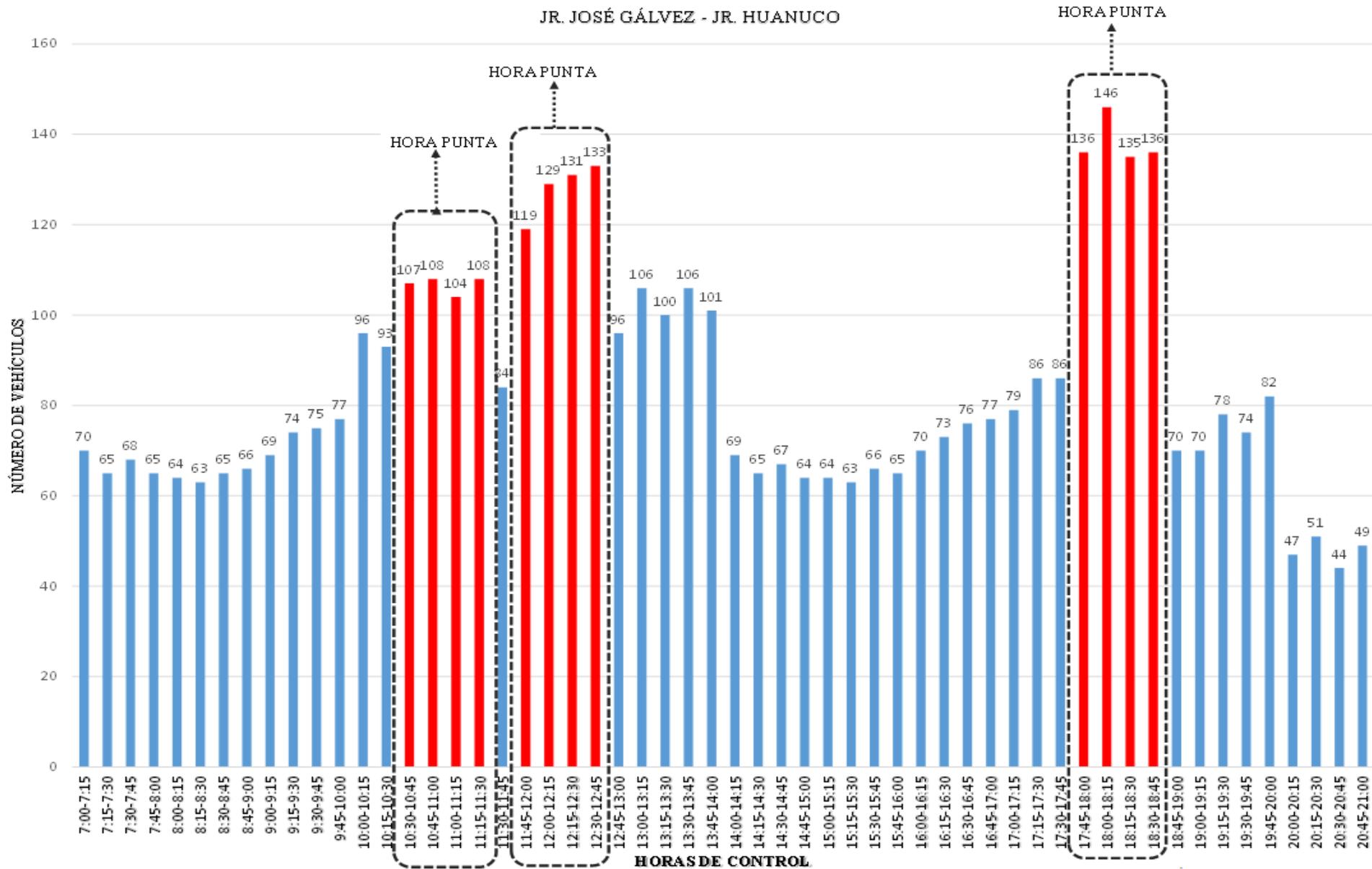


Figura 45: Flujo vehicular del día martes 16 de marzo del 2021. Intersección N° 06.



Primera Modelación (Mañana 10:45 am – 11:00 am)

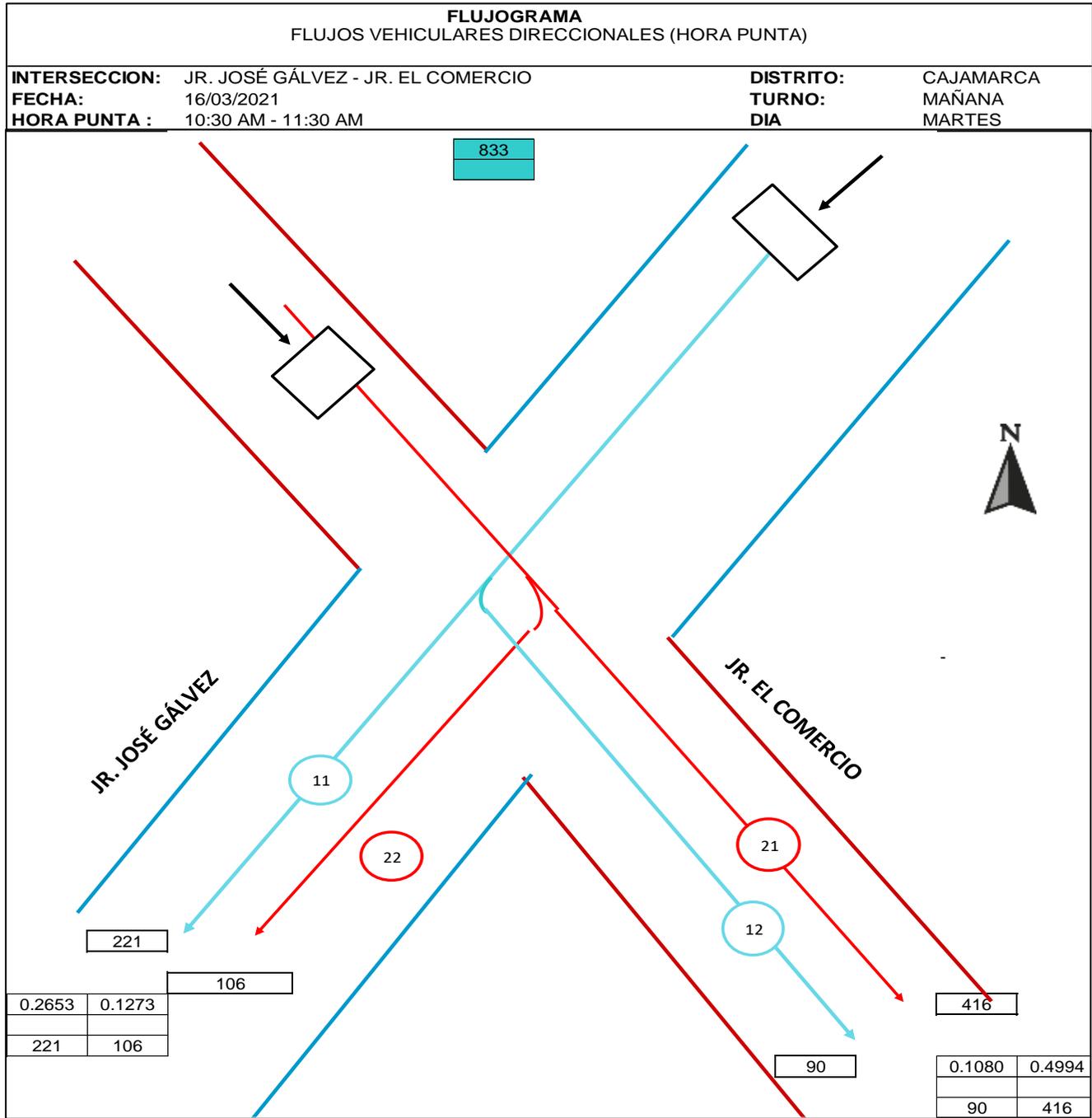
La Intersección 04, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 311 vehículos por hora: 132 (Autos), 3 (Camión), 21 (Moto), 115 (Mototaxi) y 40 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. El Comercio con un total de 522 vehículos por hora: 291 (Auto), 02 (Bus) y 117 (Moto), 99 (Mototaxi) y 13 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 05, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 221 vehículos por hora: 39 (Auto), 7 (Moto), 150 (Mototaxi) y 25 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Junín con un total de 326 vehículos por hora: 109 (Auto), 21 (Moto), 194 (Mototaxi) y 2 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 06, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 157 vehículos por hora: 26 (Auto), 3 (Bus), 6 (Moto), 101 (Mototaxi) y 21 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Huánuco con un total de 143 vehículos por hora: 17 (Auto), 3 (Camion), 33 (Moto), 88 (Mototaxi) y 2 (Bus) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Las figuras 47, 48 y 49 muestran los flujogramas de las intersecciones 1, 2 y 3 respectivamente y se observan a continuación:

Figura 46: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04.



	11	12	21	22
Autos	54	78	273	18
Bus	0	0	2	0
camiones	0	3	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	14	7	114	3
mototaxi	113	2	17	82
combi	40	0	10	3
bicicleta	0	0	0	0

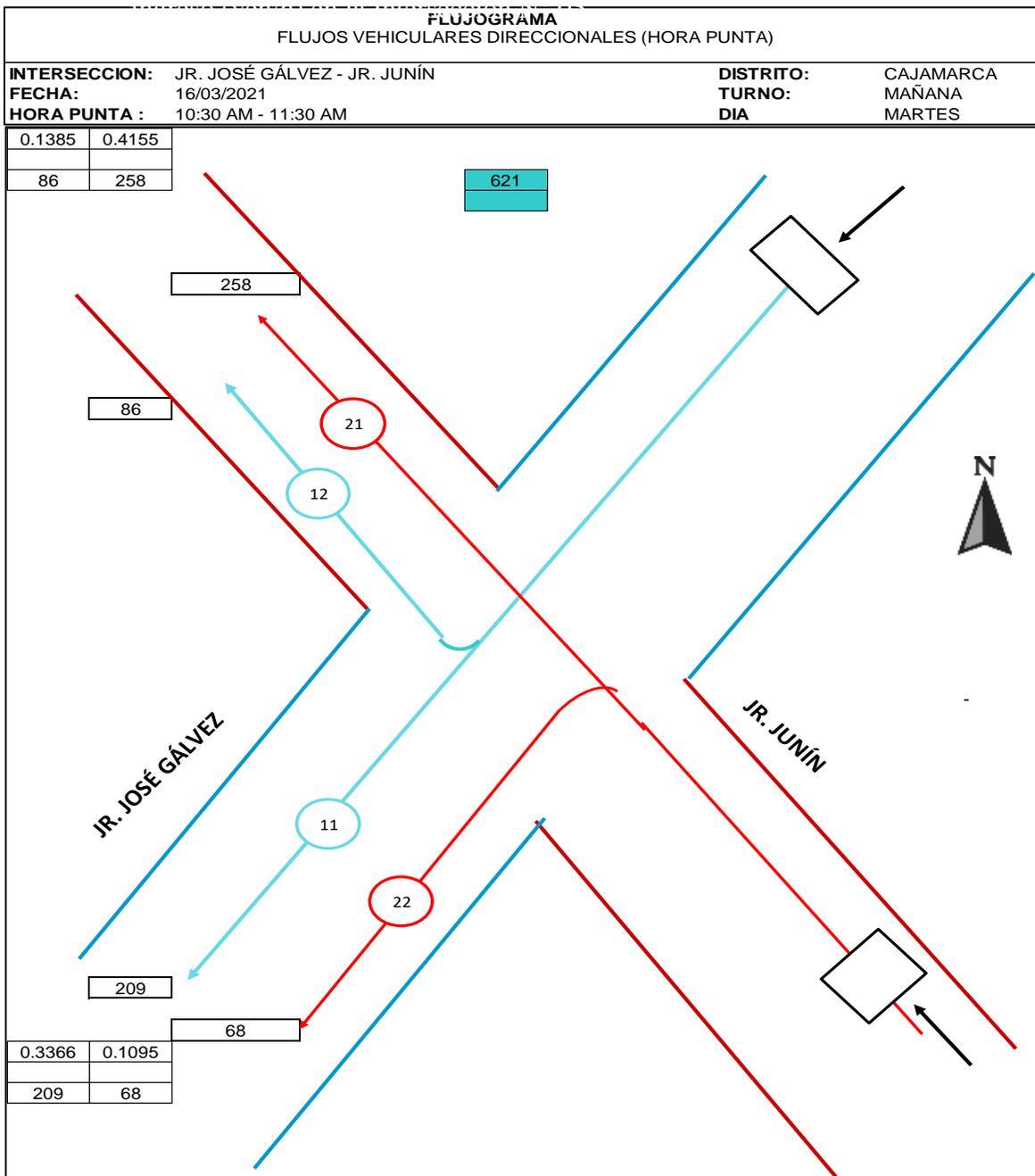
TOTAL	221	90	416	106
UCP	223	89	349	86
F.H.P.	1.0	1.0	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	68	85	387	21
T.Publico	153	2	29	85
T. Pesado	0	3	0	0

TOTAL	221	90	416	106
%	27%	11%	50%	13%

	Totales	%
T. Privado	561	67%
T.Publico	269	32%
T. Pesado	3	0%
	833	100%

Figura 47: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05.



	11	12	21	22
Autos	34	18	86	23
Bus	0	0	0	0
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	6	4	18	3
mototaxi	138	62	152	42
combi	31	2	2	0
bicicleta	0	0	0	0

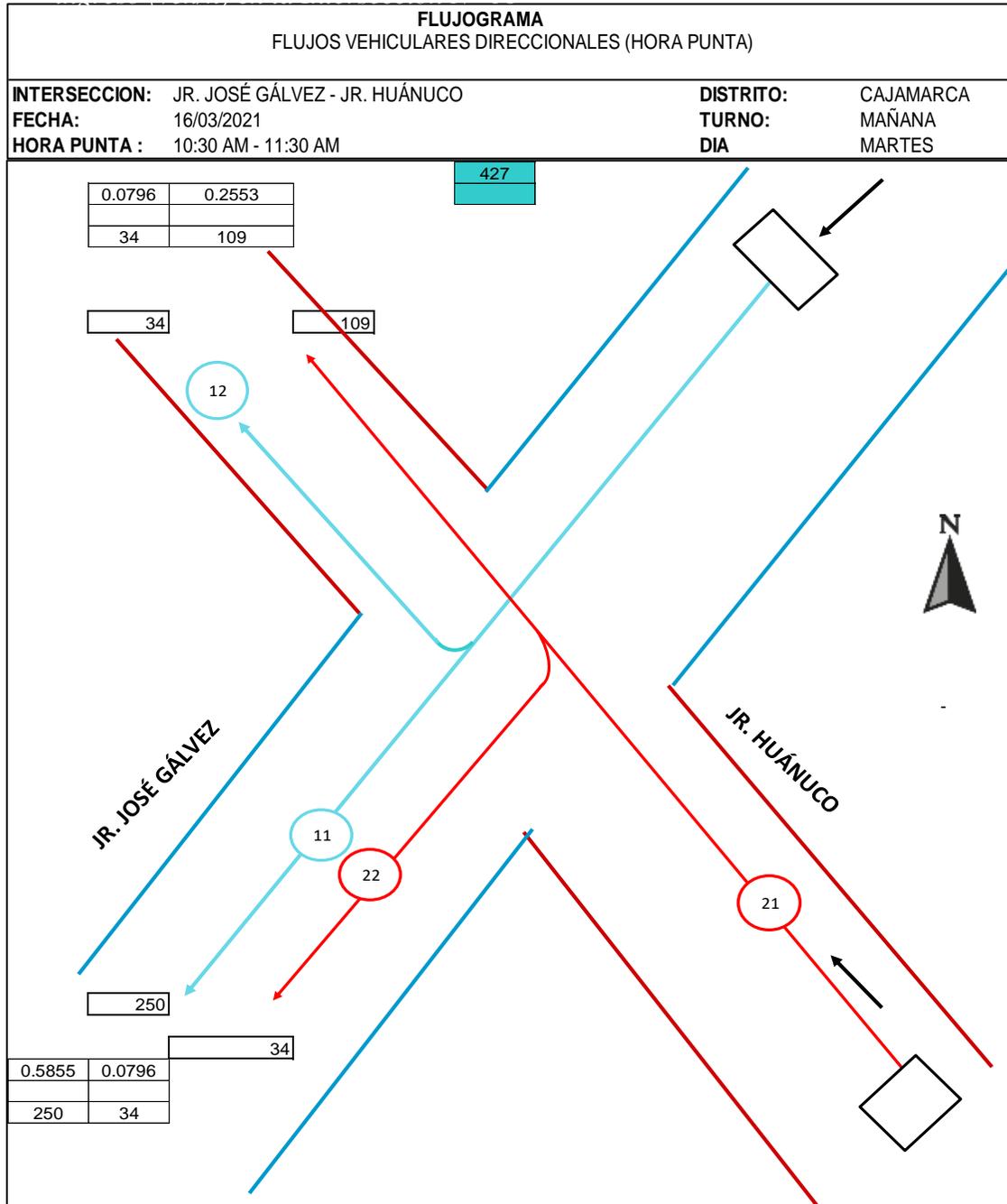
TOTAL	209	86	258	68
UCP	201	70	210	55
F.H.P.	1.0	0.8	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	40	22	104	26
T.Publico	169	64	154	42
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	209	86	258	68
%	34%	14%	42%	11%

	Totales	%
T. Privado	192	31%
T.Publico	429	69%
T. Pesado	0	0%
	621	100%

Figura 48: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06.



	11	12	21	22
Autos	38	10	14	3
Bus	5	0	0	0
camiones	0	0	3	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	8	2	28	5
mototaxi	161	22	62	26
combi	38	0	2	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	250	34	109	34
UCP	252	27	81	24
F.H.P.	1.0	0.8	0.7	0.7

	11	12	21	22
T. Privado	46	12	42	8
T.Publico	204	22	64	26
T. Pesado	0	0	3	0

TOTAL	250	34	109	34
%	59%	8%	26%	8%

	Totales	%
T. Privado	108	25%
T.Publico	317	74%
T. Pesado	3	1%
	427	100%

Segunda Modelación (Tarde 11:45 pm – 12:45 pm)

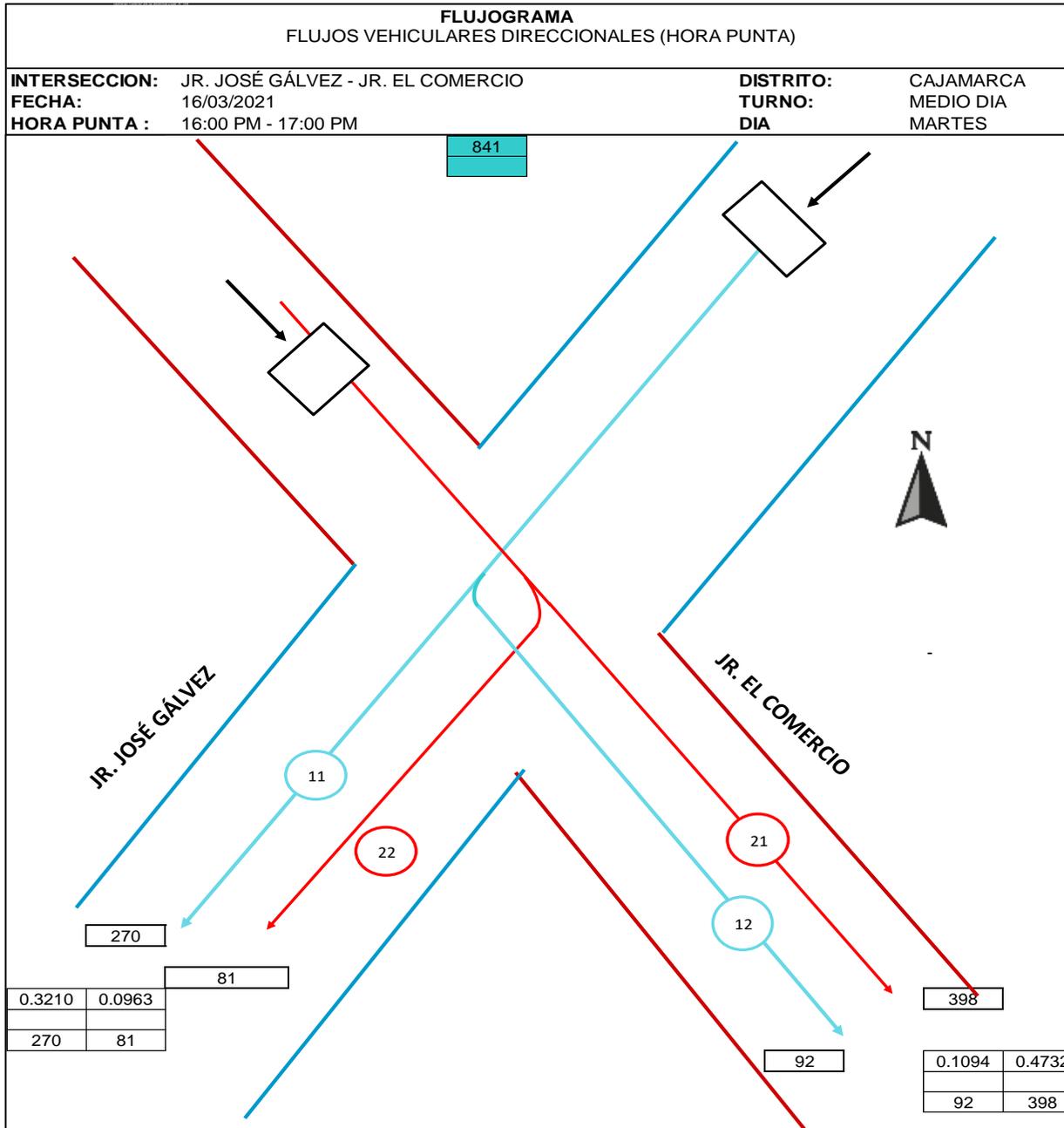
La Intersección 04, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 362 vehículos por hora: 116 (Autos), 1 (Camion), 39 (Moto), 170 (Mototaxi) y 36 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. El Comercio con un total de 479 vehículos por hora: 268 (Auto), 3 (Bus). 157 (Moto), 47 (Mototaxi) y 4 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, Intersección 05, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 270 vehículos por hora: 42 (Auto), 48 (Moto), 148 (Mototaxi) y 32 (Combi) los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Junín con un total de 253 vehículos por hora: 57 (Auto), 48 (Moto), 142 (Mototaxi) y 6 (Combi) y 126 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 06, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 157 vehículos por hora: 29 (Auto), 4 (Bus), 1 (Camión), 21 (Moto), 83 (Mototaxi) y 19 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Huánuco con un total de 197 vehículos por hora: 34 (Auto), 2 (Camión), 52 (Moto), 107 (Mototaxi) y 2 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Las figuras 50, 51 y 52 muestran los flujogramas de las intersecciones 1, 2 y 3 respectivamente y se observan a continuación:

Figura 49: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04..



	11	12	21	22
Autos	42	74	258	10
Bus	0	0	3	0
camiones	0	1	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	25	14	131	26
mototaxi	167	3	3	44
combi	36	0	3	1
bicicleta	0	0	0	0

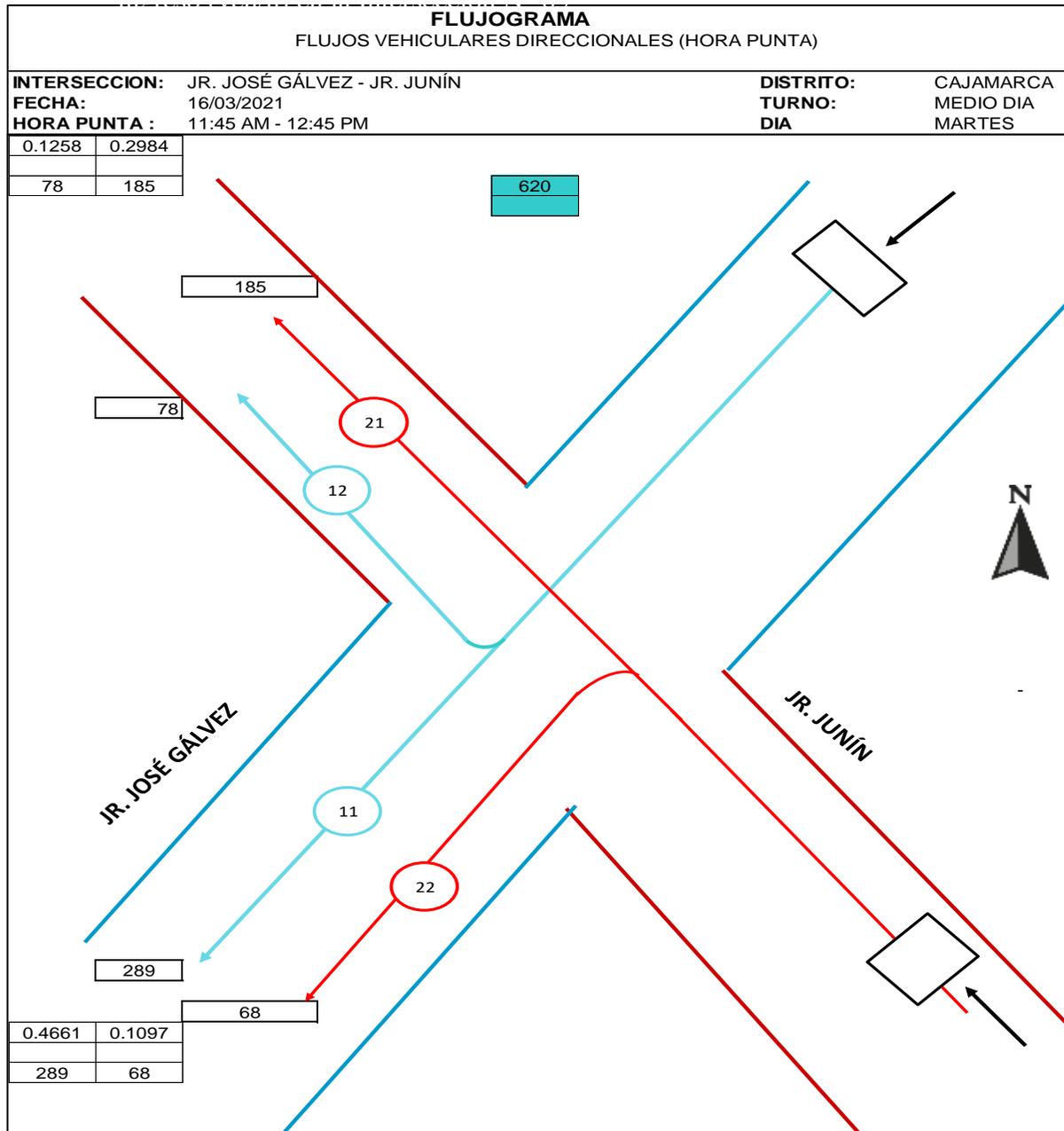
TOTAL	270	92	398	81
UCP	248	83	318	54
F.H.P.	0.9	0.9	0.8	0.7

	11	12	21	22
T. Privado	67	88	389	36
T.Publico	203	3	9	45
T. Pesado	0	1	0	0

TOTAL	270	92	398	81
%	32%	11%	47%	10%

	Totales	%
T. Privado	580	69%
T.Publico	260	31%
T. Pesado	1	0%
	841	100%

Figura 50: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05.



	11	12	21	22
Autos	50	7	50	7
Bus	0	0	0	0
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	46	19	23	25
mototaxi	151	50	106	36
combi	42	2	6	0
bicicleta	0	0	0	0

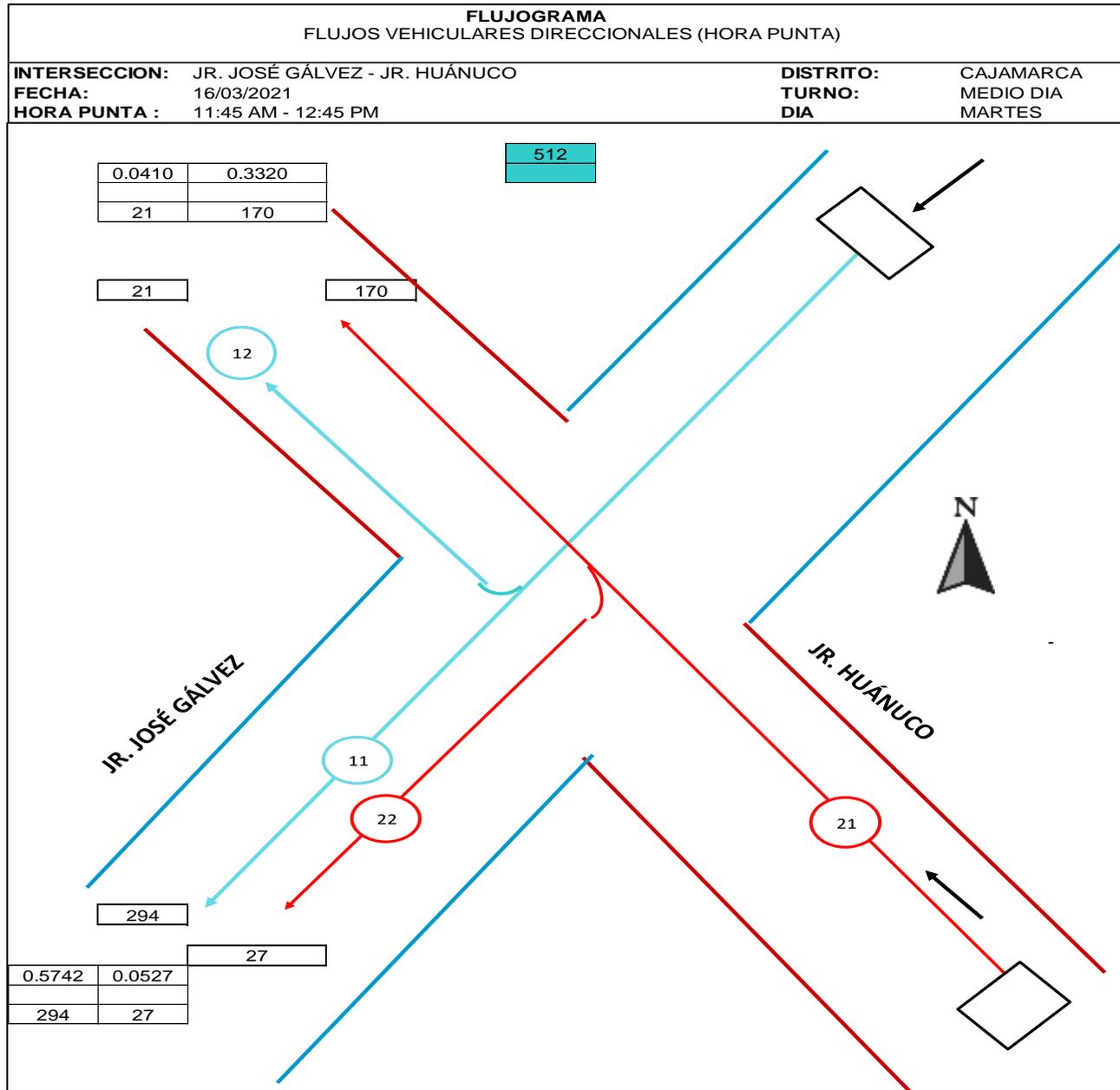
TOTAL	289	78	185	68
UCP	262	55	149	42
F.H.P.	0.9	0.7	0.8	0.6

	11	12	21	22
T. Privado	96	26	73	32
T.Publico	193	52	112	36
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	289	78	185	68
%	47%	13%	30%	11%

	Totales	%
T. Privado	227	37%
T.Publico	393	63%
T. Pesado	0	0%
	620	100%

Figura 51: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06.



	11	12	21	22
Autos	48	10	27	7
Bus	7	0	0	0
camiones	2	0	2	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	41	2	46	6
mototaxi	158	9	93	14
combi	38	0	2	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	294	21	170	27
UCP	282	17	121	19
F.H.P.	1.0	0.8	0.7	0.7

	11	12	21	22
T. Privado	89	12	73	13
T.Publico	203	9	95	14
T. Pesado	2	0	2	0

TOTAL	294	21	170	27
%	57%	4%	33%	5%

	Totales	%
T. Privado	187	37%
T.Publico	321	63%
T. Pesado	4	1%
	512	100%

Tercera Modelación (Tarde 17:45 pm – 18:45 pm)

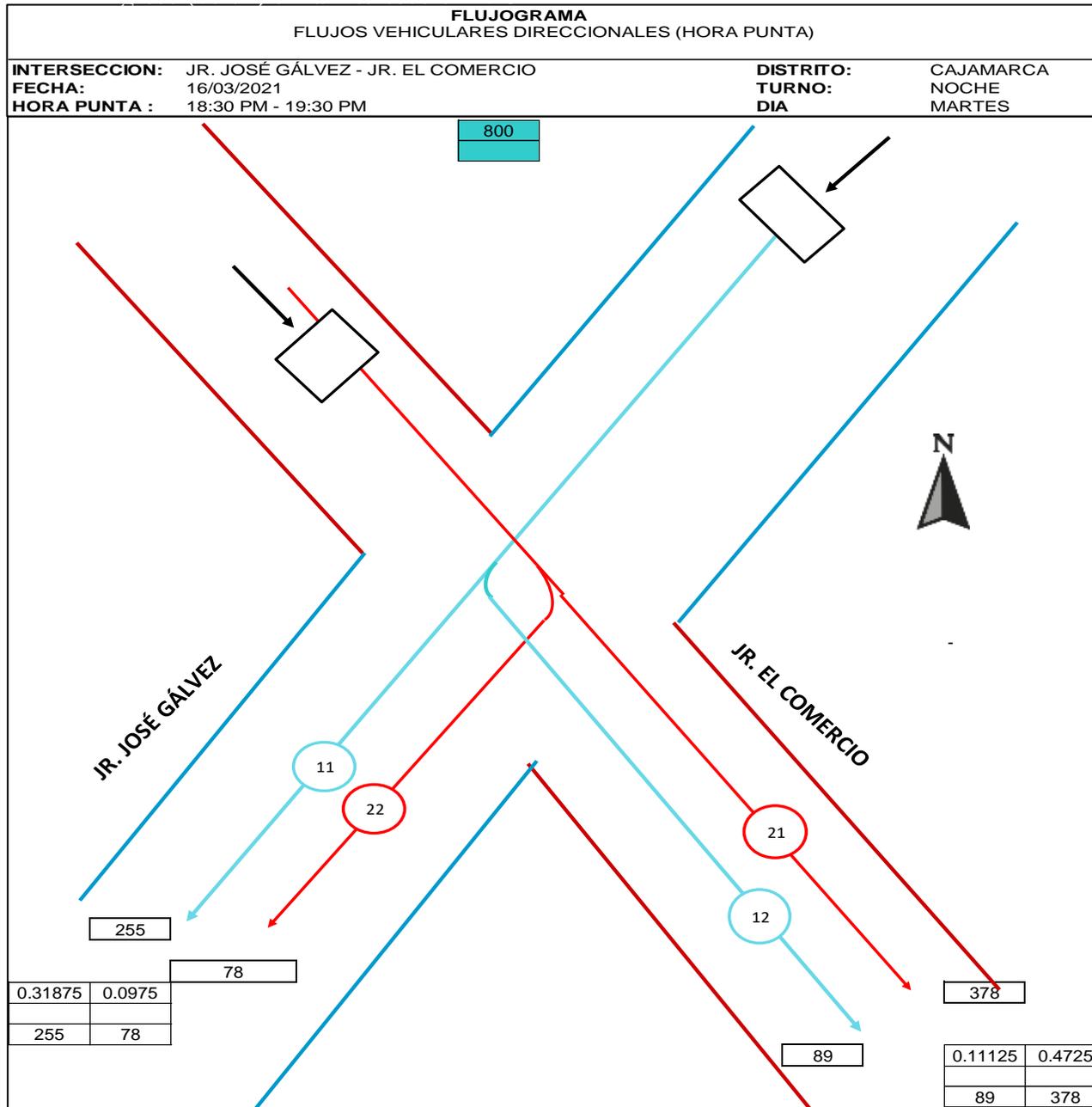
La Intersección 04, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 344 vehículos por hora: 120(Auto),1 (Camión), 28 (Moto), 170 (Mototaxi) y 25 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. EL Comercio con un total de 456 vehículos por hora: 283 (Auto), 2 (Bus), 114 (Moto), 54 (Mototaxi) y 3 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 05, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 255 vehículos por hora: 40 (Auto), 45 (Moto), 140 (Mototaxi) y 30 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Junín con un total de 225 vehículos por hora: 54 (Auto), 28 (Moto) y 143 (Mototaxi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 06, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 199 vehículos por hora: 44 (Auto), 9(Bus), 18 (Moto), 118 (Mototaxi) y 10 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Huánuco con un total de 351 vehículos por hora: 236 (Auto), 1 (Bus) y 114 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Las figuras 53, 54 y 55 muestran los flujogramas de las intersecciones 1, 2 y 3 respectivamente y se observan a continuación:

Figura 52: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04.



	11	12	21	22
Autos	50	70	268	15
Bus	0	0	2	0
camiones	0	1	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	14	14	107	7
mototaxi	166	4	0	54
combi	25	0	1	2
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	255	89	378	78
UCP	229	80	311	62
F.H.P.	0.9	0.9	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	64	84	375	22
T.Publico	191	4	3	56
T. Pesado	0	1	0	0

TOTAL	255	89	378	78
%	32%	11%	47%	10%

	Totales	%
T. Privado	545	68%
T.Publico	254	32%
T. Pesado	1	0%
	800	100%

Figura 53: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05.

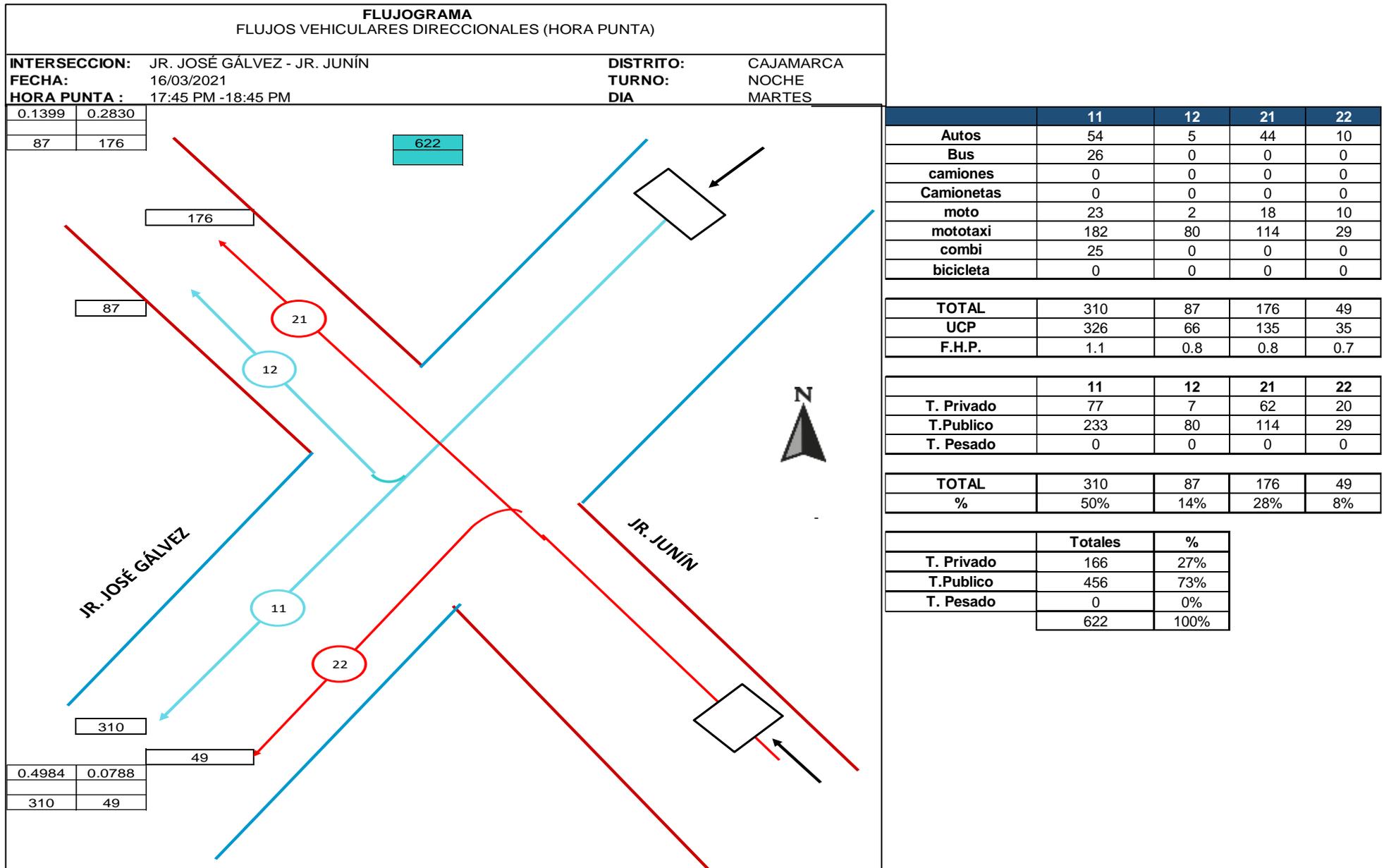
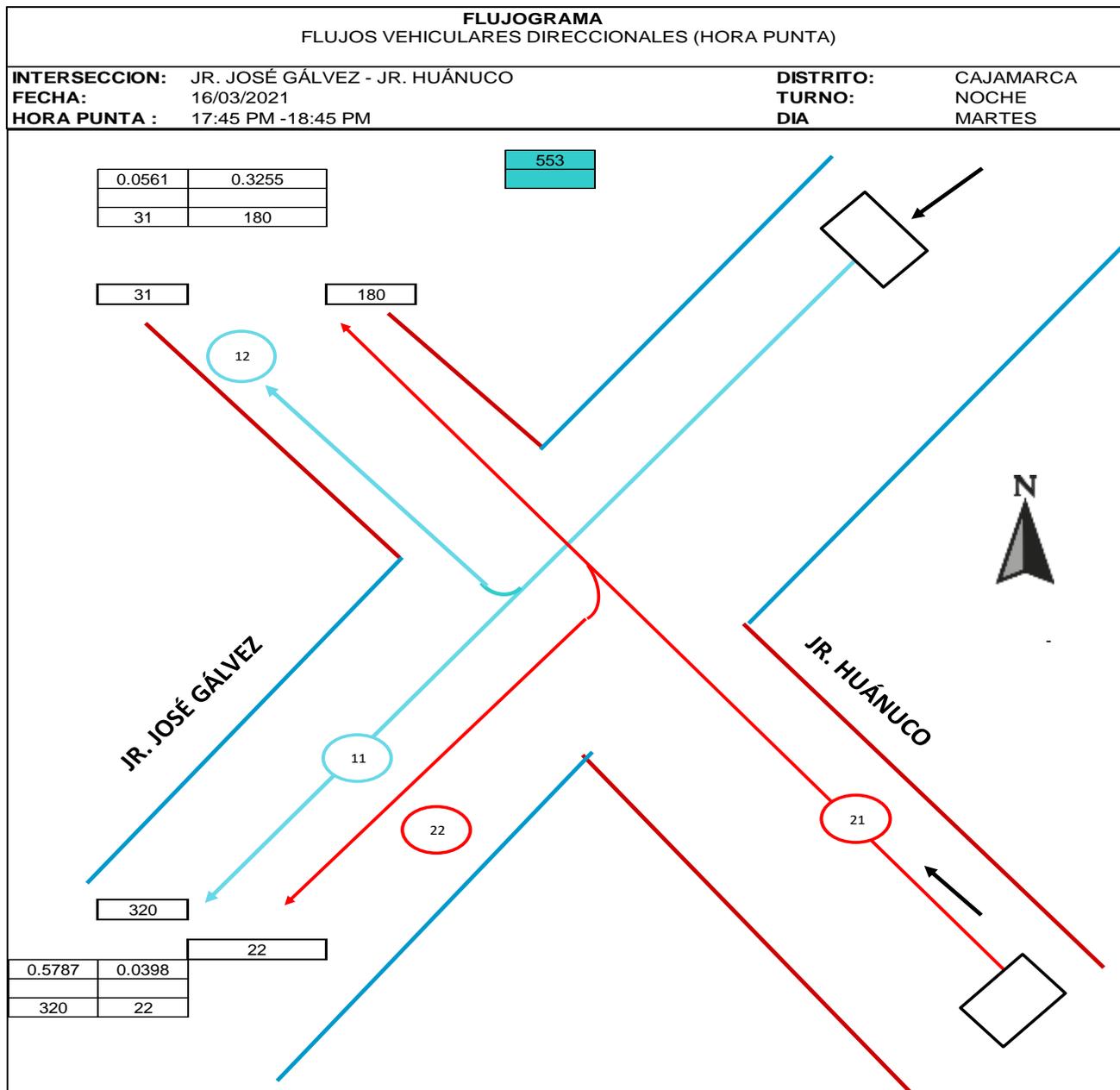


Figura 54: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06



	11	12	21	22
Autos	71	7	75	6
Bus	16	0	0	0
camiones	0	0	0	2
Camionetas	0	0	0	0
moto	29	2	32	8
mototaxi	186	22	73	6
combi	18	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	320	31	180	22
UCP	304	24	140	18
F.H.P.	1.0	0.8	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	100	9	107	14
T.Publico	220	22	73	6
T. Pesado	0	0	0	2

TOTAL	320	31	180	22
%	58%	6%	33%	4%

	Totales	%
T. Privado	230	42%
T.Publico	321	58%
T. Pesado	2	0%
TOTAL	553	100%

5.1.2.3 Datos de validación

Martes 23 de Marzo – Jr. Dos de Mayo

Para realizar la validación de los datos, se procedió a realizar los aforos vehiculares el día martes 23 de marzo del 2021 desde las 07:00 am a 09:00 pm. La hora punta de mayor flujo vehicular es desde las 06:30 pm a 07:30 pm, según se muestra en la figura 56.

Igualmente, se realizaron los aforos vehiculares para las demás intersecciones consideradas en este estudio como se observa en las figuras 57 y 58.

Figura 55: Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 01

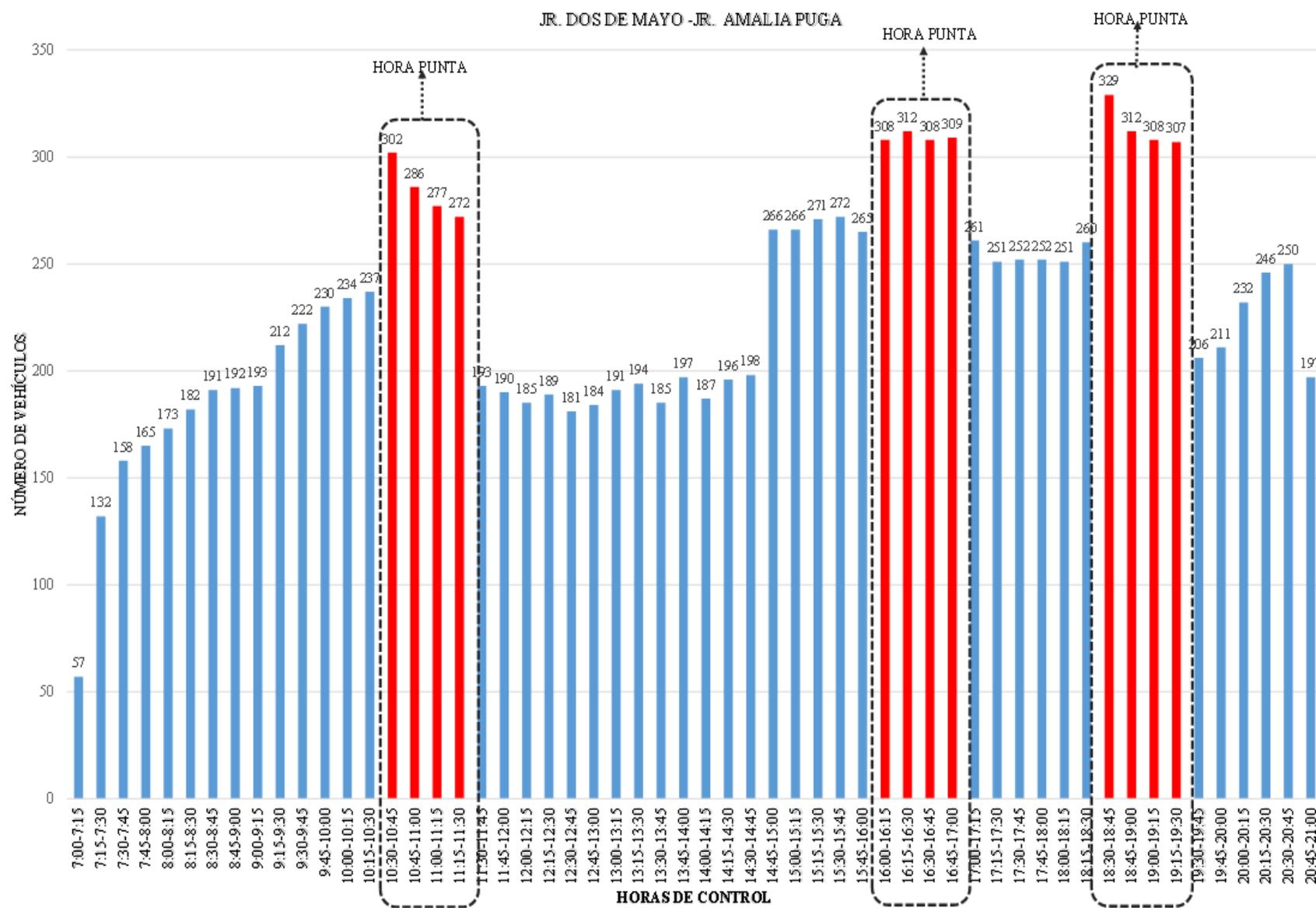


Figura 56: Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 02

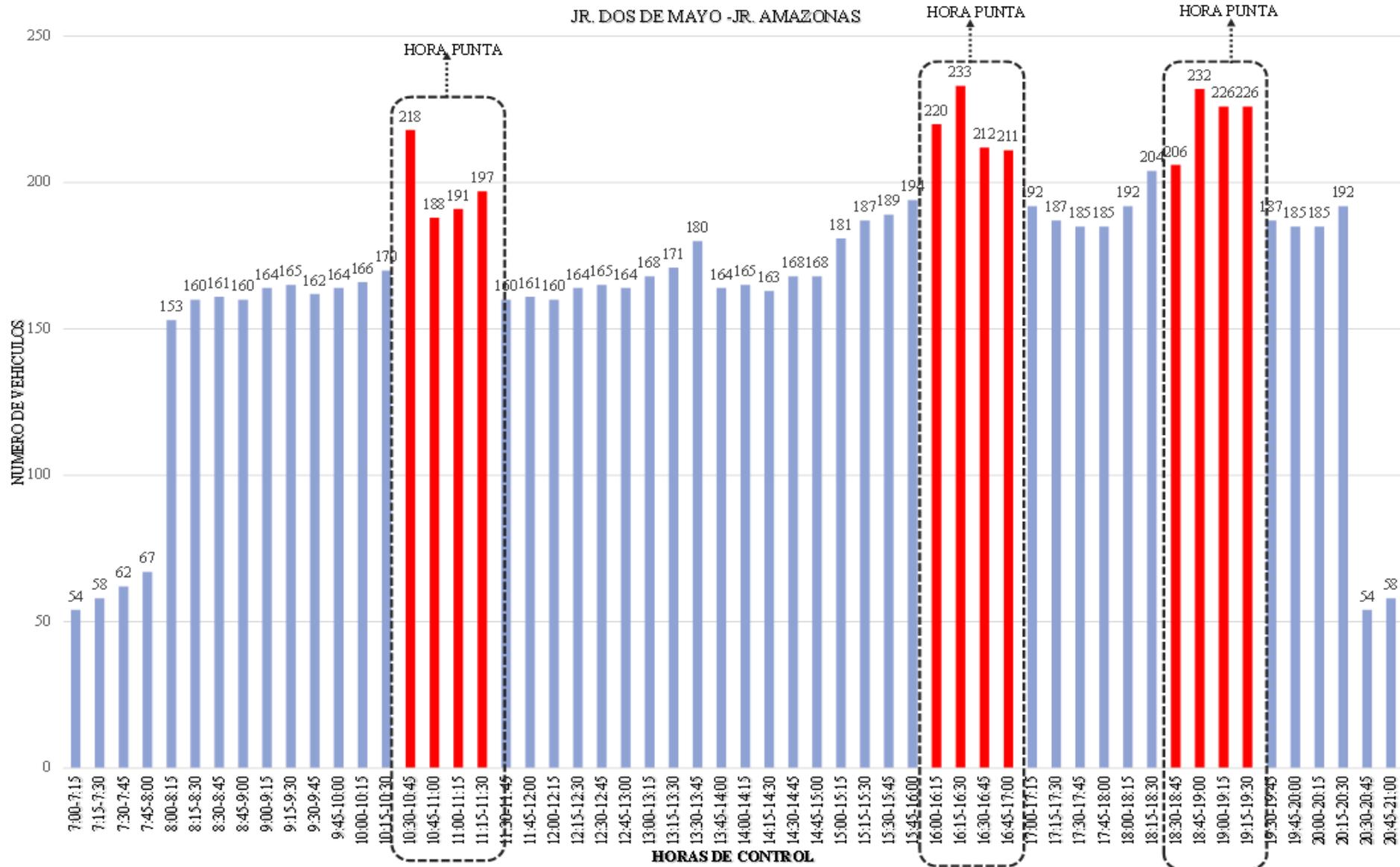
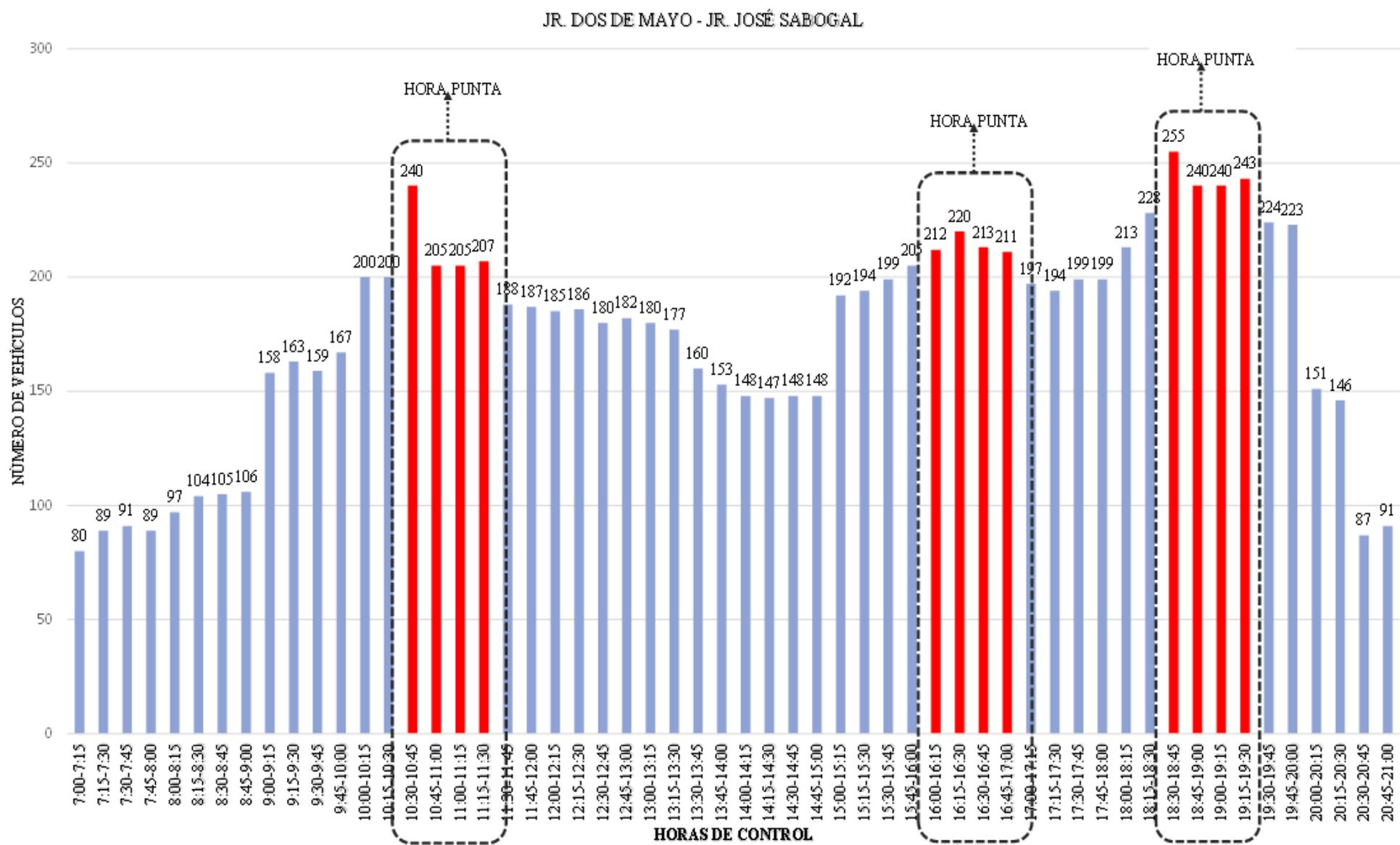


Figura 57: Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 03.



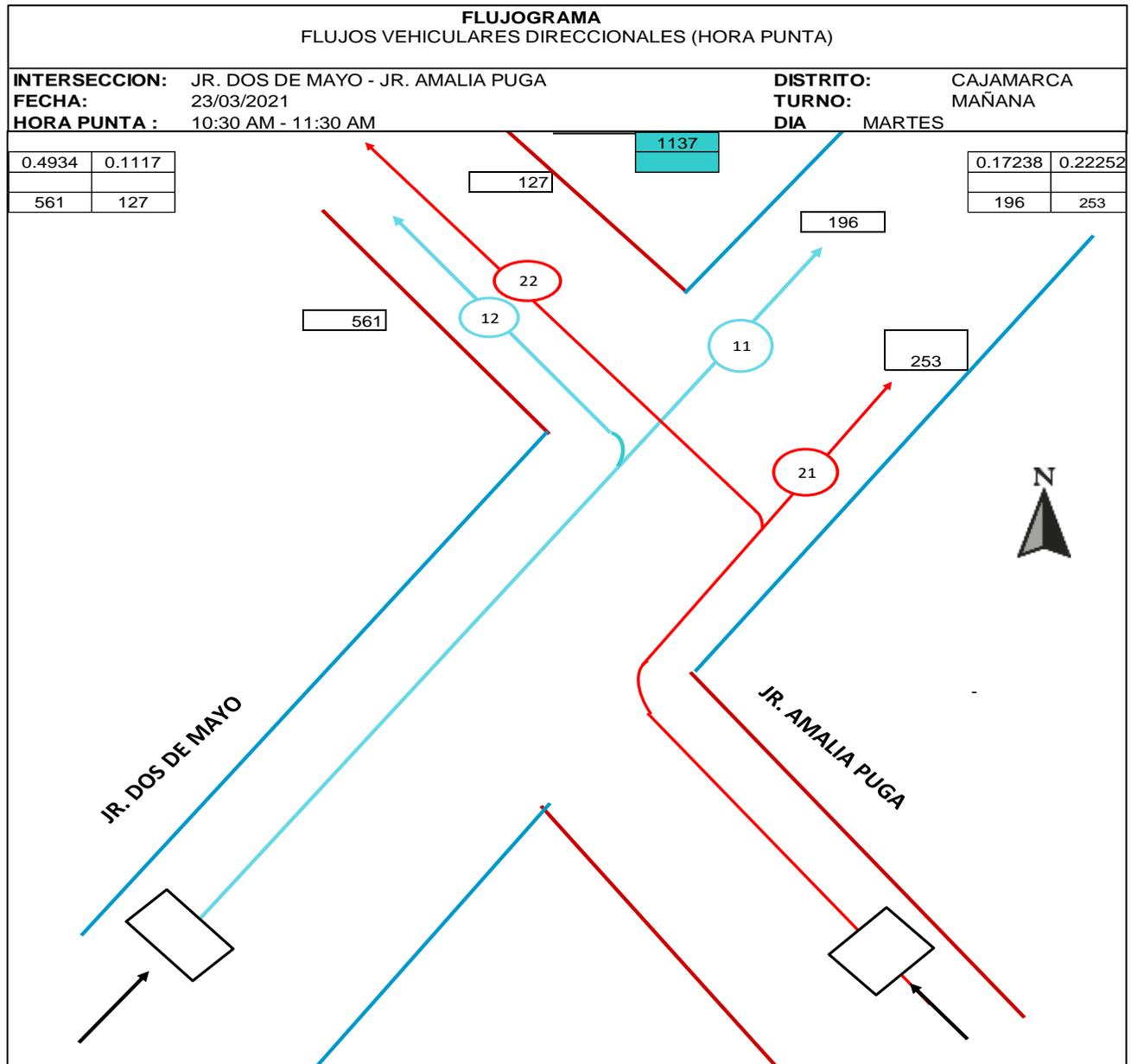
Primera Validación (Mañana 10:30 am – 10:45 am)

La Intersección 01, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 757 vehículos por hora: 544 (Autos), 3 (Bus), 5 (Camion), 204 (Moto) y 1 (Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amalia Puga con un total de 380 vehículos por hora: 271 (Auto), 03 (Bus), 2 (Camion), y 104 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 02, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 196 vehículos por hora: 151 (Auto), 1 (Bus), 1 (Camión), 42 (Moto) y 1 (Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amazonas con un total de 331 vehículos por hora: 227 (Auto), 5 (Camión) y 99 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 03, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 130 vehículos por hora: 92 (Auto), 1(Camiones) y 37 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. José Sabogal con un total de 464 vehículos por hora: 327 (Auto), 4 (Camion) y 133 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Figura 58: Flujogramas de validación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01.



	11	12	21	22
Autos	154	390	181	90
Bus	0	3	3	0
camiones	1	4	1	1
Camionetas	0	0	0	0
moto	40	164	68	36
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	1	0	0	0

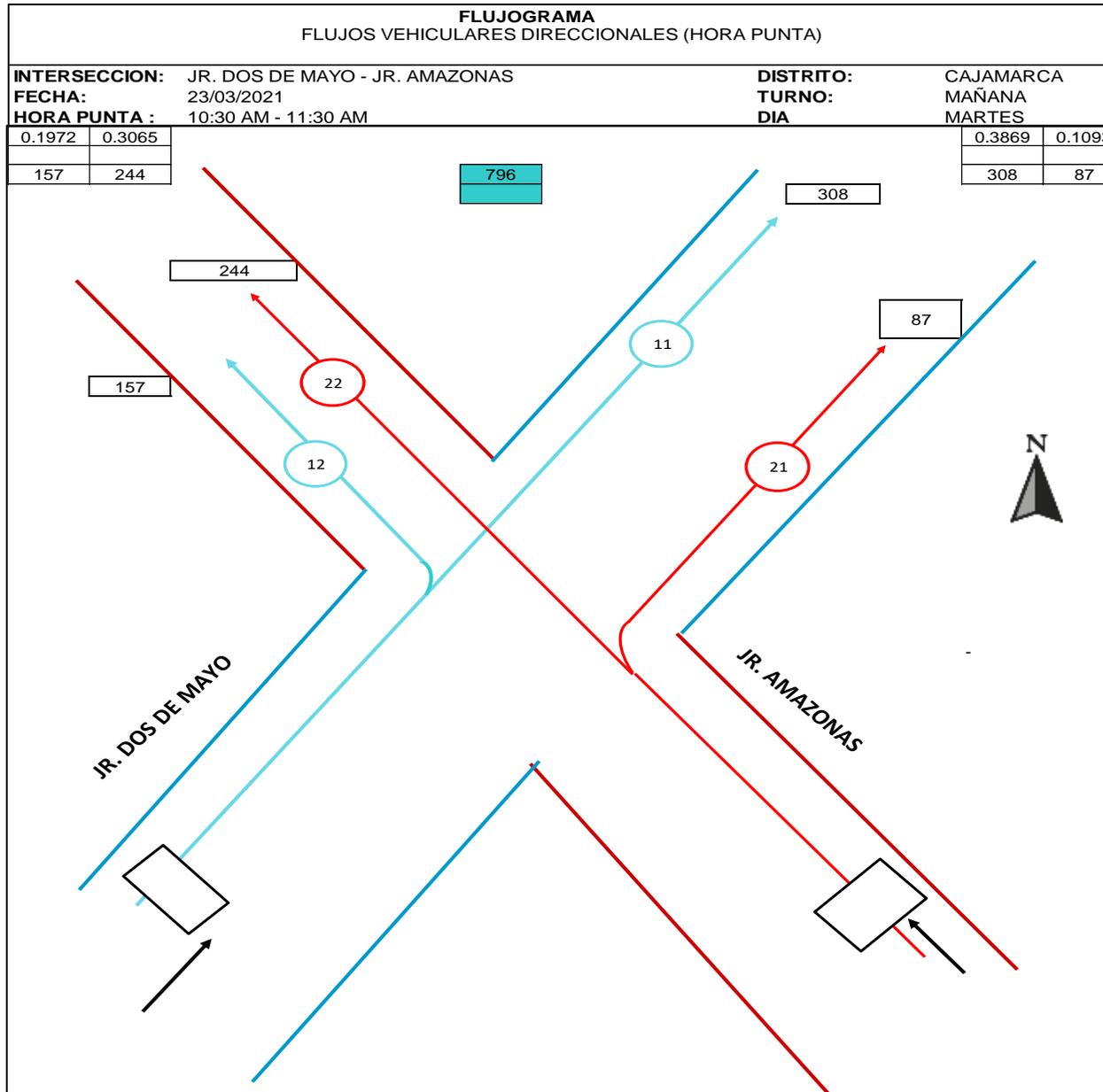
TOTAL	196	561	253	127
UCP	170	463	215	104
F.H.P.	0.9	0.8	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	195	554	249	126
T.Publico	0	3	3	0
T. Pesado	1	4	1	1

TOTAL	196	561	253	127
%	17%	49%	22%	11%

	Totales	%
T. Privado	1124	99%
T.Publico	6	1%
T. Pesado	7	1%
	1137	100%

Figura 59: Flujoigramas de validación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02.



	11	12	21	22
Autos	230	131	61	166
Bus	0	1	0	0
camiones	1	0	3	2
Camionetas	0	0	0	0
moto	77	23	23	76
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	2	0	0

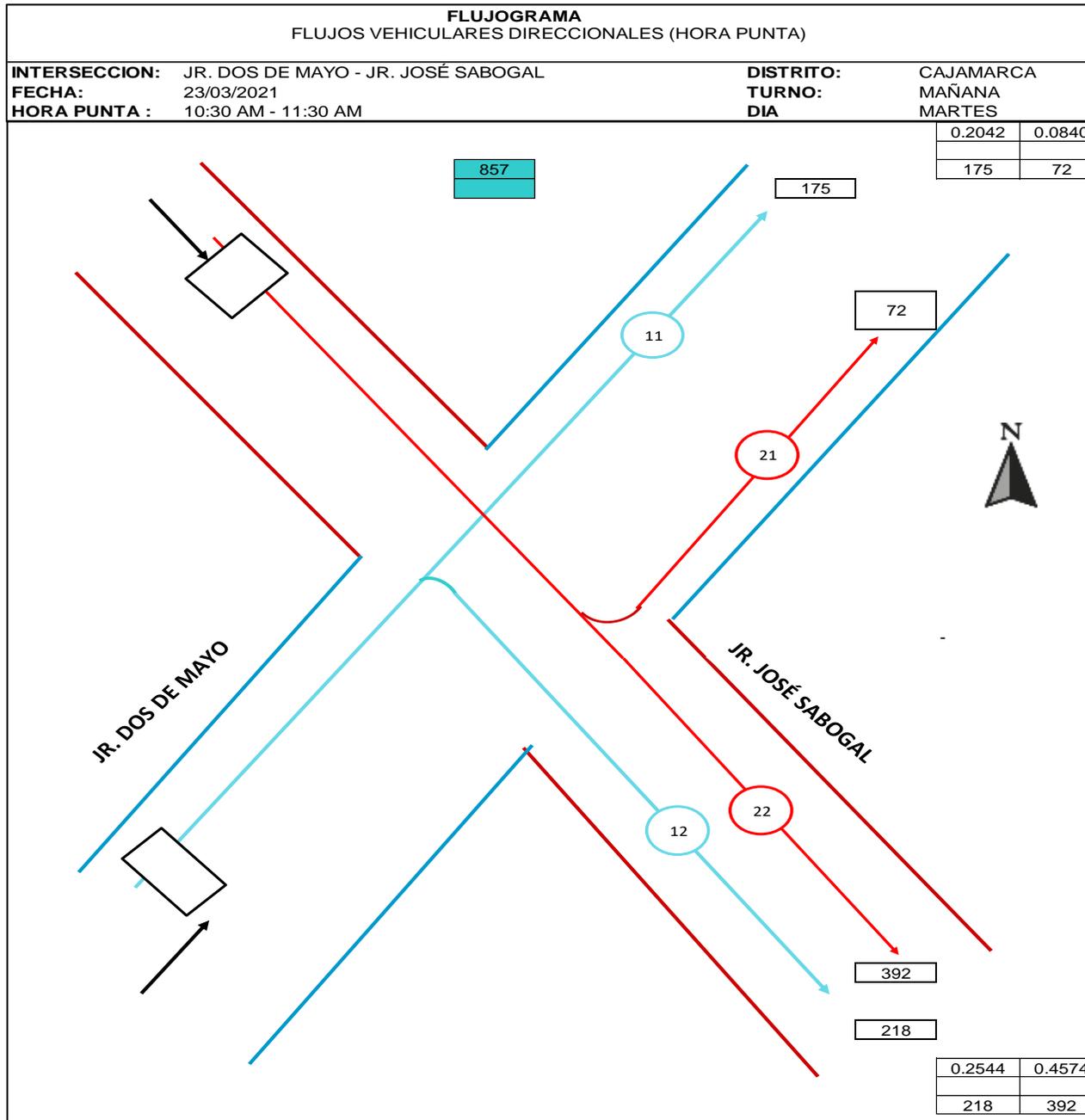
TOTAL	308	157	87	244
UCP	258	142	76	196
F.H.P.	0.8	0.9	0.9	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	307	156	84	242
T.Publico	0	1	0	0
T. Pesado	1	0	3	2

TOTAL	308	157	87	244
%	39%	20%	11%	31%

	Totales	%
T. Privado	789	99%
T.Publico	1	0%
T. Pesado	6	1%
	796	100%

Figura 60: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03.



	11	12	21	22
Autos	127	153	51	276
Bus	0	0	0	0
camiones	1	0	1	3
Camionetas	0	0	0	0
moto	47	65	20	113
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	175	218	72	392
UCP	145	174	60	321
F.H.P.	0.8	0.8	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	174	218	71	389
T.Publico	0	0	0	0
T. Pesado	1	0	1	3

TOTAL	175	218	72	392
%	20%	25%	8%	46%

	Totales	%
T. Privado	852	99%
T.Publico	0	0%
T. Pesado	5	1%
	857	100%

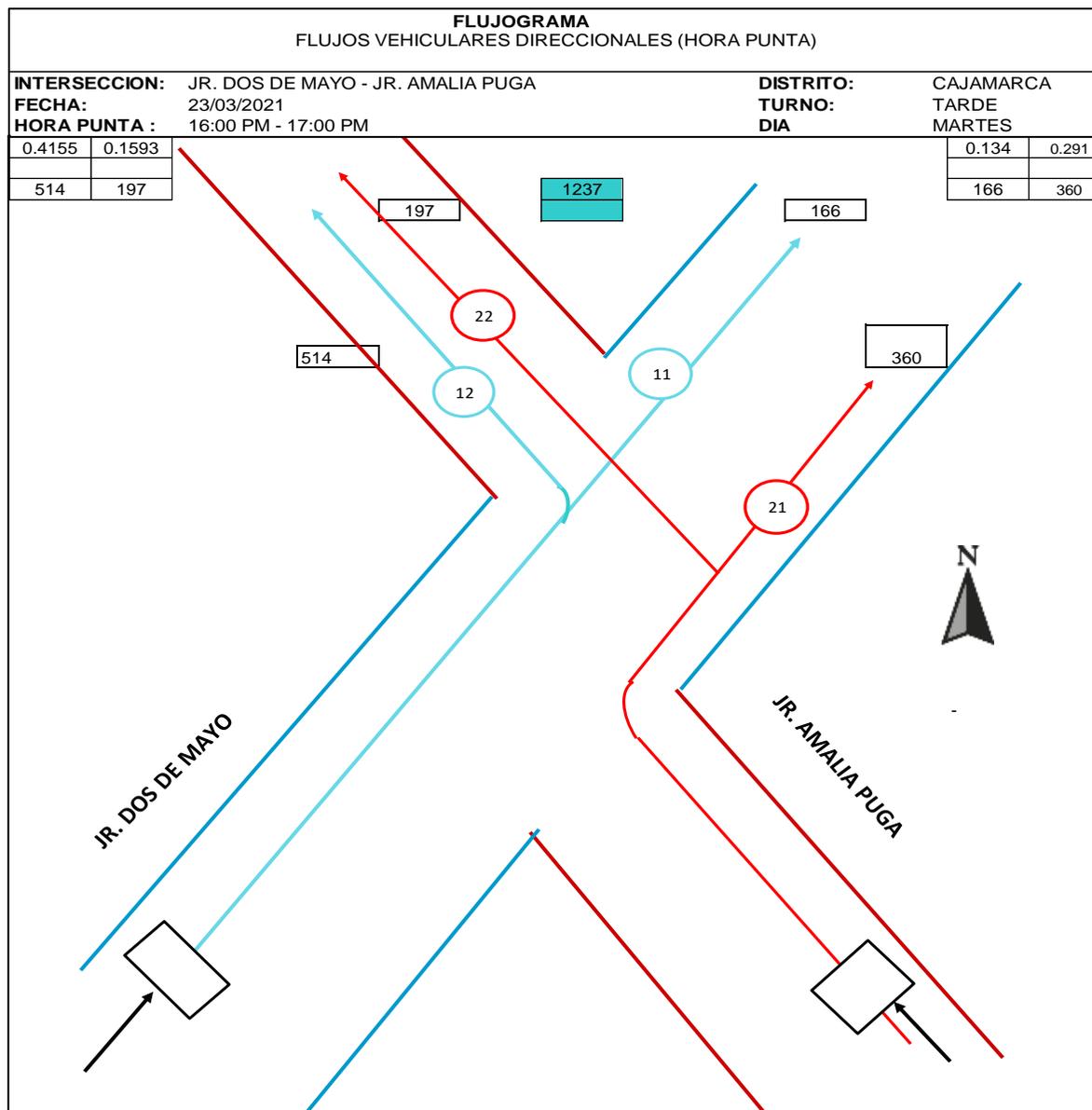
Segunda Validación (Tarde 04:15 pm – 04:30 pm)

La Intersección 01, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 680 vehículos por hora: 508 (Autos), 3 (Camion), 168 (Moto) y 1 (Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amalia Puga con un total de 557 vehículos por hora: 452 (Auto), 1(Camion) y 104 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 02, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 166 vehículos por hora: 123 (Auto), 1 (Camion), 41 (Moto) y 1 (Bicicleta) los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amazonas con un total de 380 vehículos por hora: 309 (Auto), 1 (Camión) y 70 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 03, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 113 vehículos por hora: 97 (Auto) y 16 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. José Sabogal con un total de 516 vehículos por hora: 362 (Auto), 10 (Bus), y 144 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Figura 61: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01.



	11	12	21	22
Autos	129	379	289	163
Bus	0	0	0	0
camiones	0	3	0	1
Camionetas	0	0	0	0
moto	36	132	71	33
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	1	0	0	0

TOTAL	166	514	360	197
UCP	141	430	312	176
F.H.P.	0.8	0.8	0.9	0.9

	11	12	13	24
T. Privado	166	511	360	196
T.Publico	0	0	0	0
T. Pesado	0	3	0	1

TOTAL	166	514	360	197
%	13%	42%	29%	16%

	Totales	%
T. Privado	1233	100%
T.Publico	0	0%
T. Pesado	4	0%
	1237	100%

Figura 62: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02.

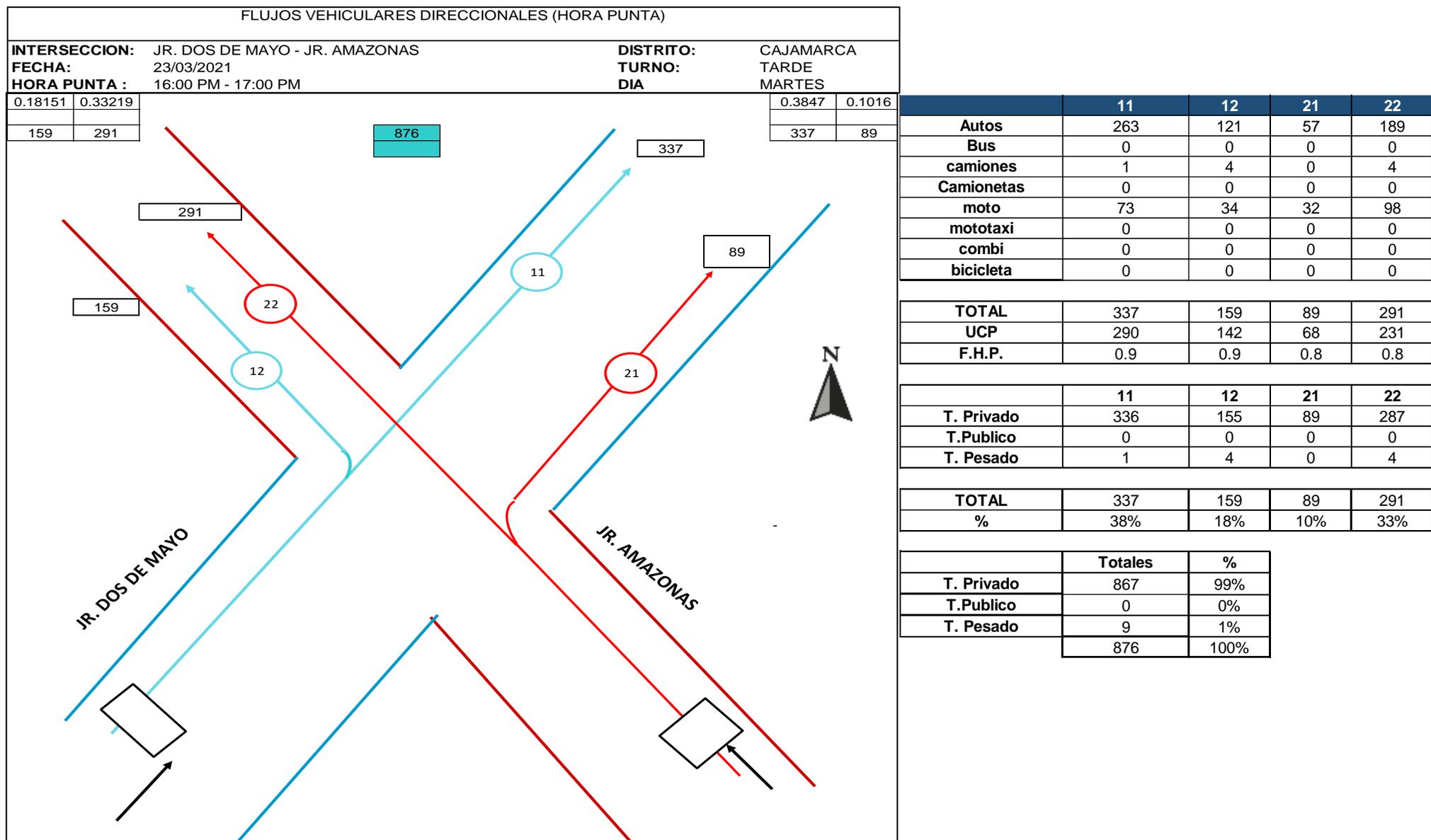
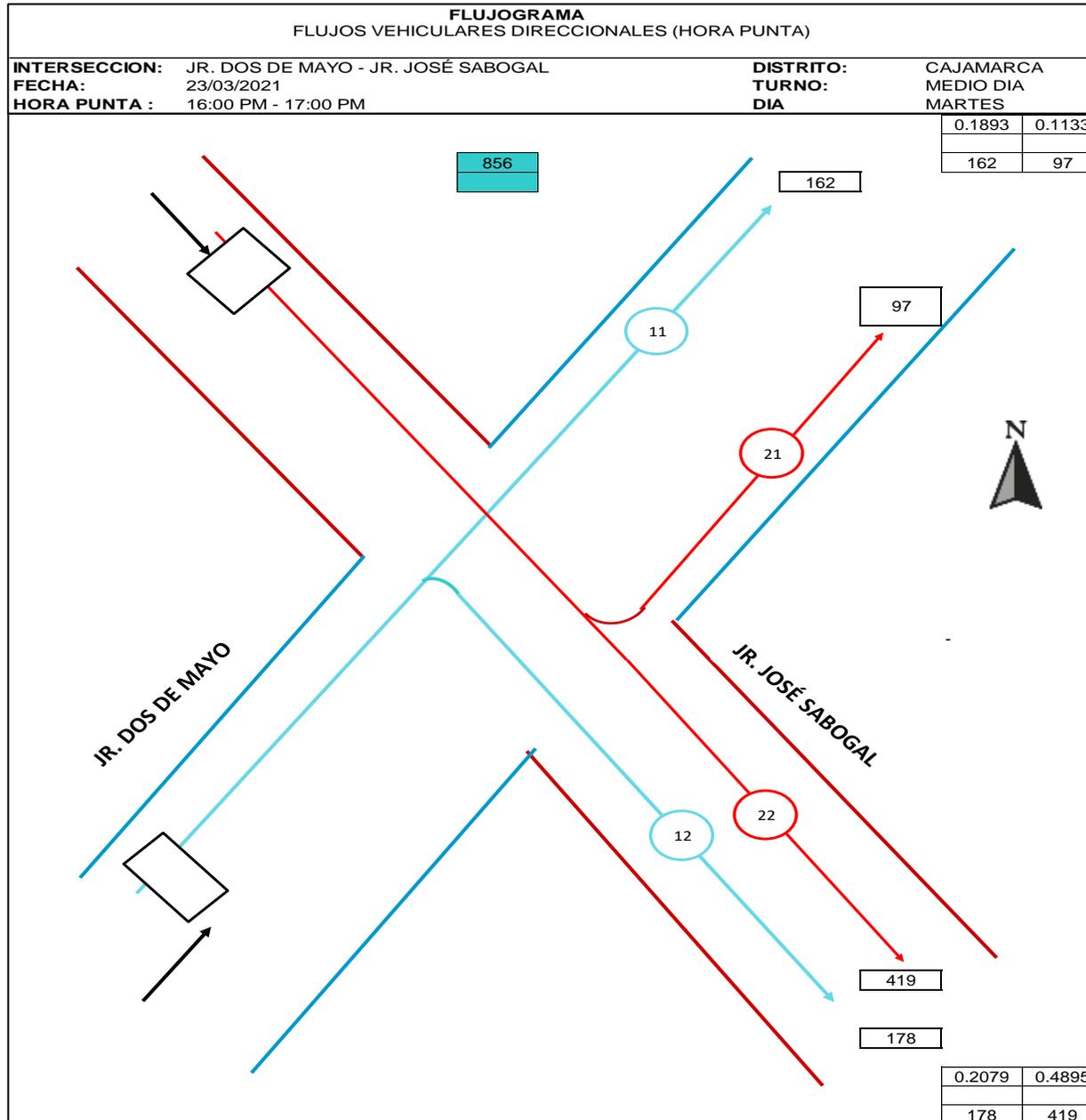


Figura 63: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03.



	11	12	21	22
Autos	140	151	71	291
Bus	0	0	0	10
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	22	27	26	118
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	162	178	97	419
UCP	147	160	80	360
F.H.P.	0.9	0.9	0.8	0.9

	11	12	21	22
T. Privado	162	178	97	409
T.Publico	0	0	0	10
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	162	178	97	419
%	19%	21%	11%	49%

	Totales	%
T. Privado	846	99%
T.Publico	10	1%
T. Pesado	0	0%
	856	100%

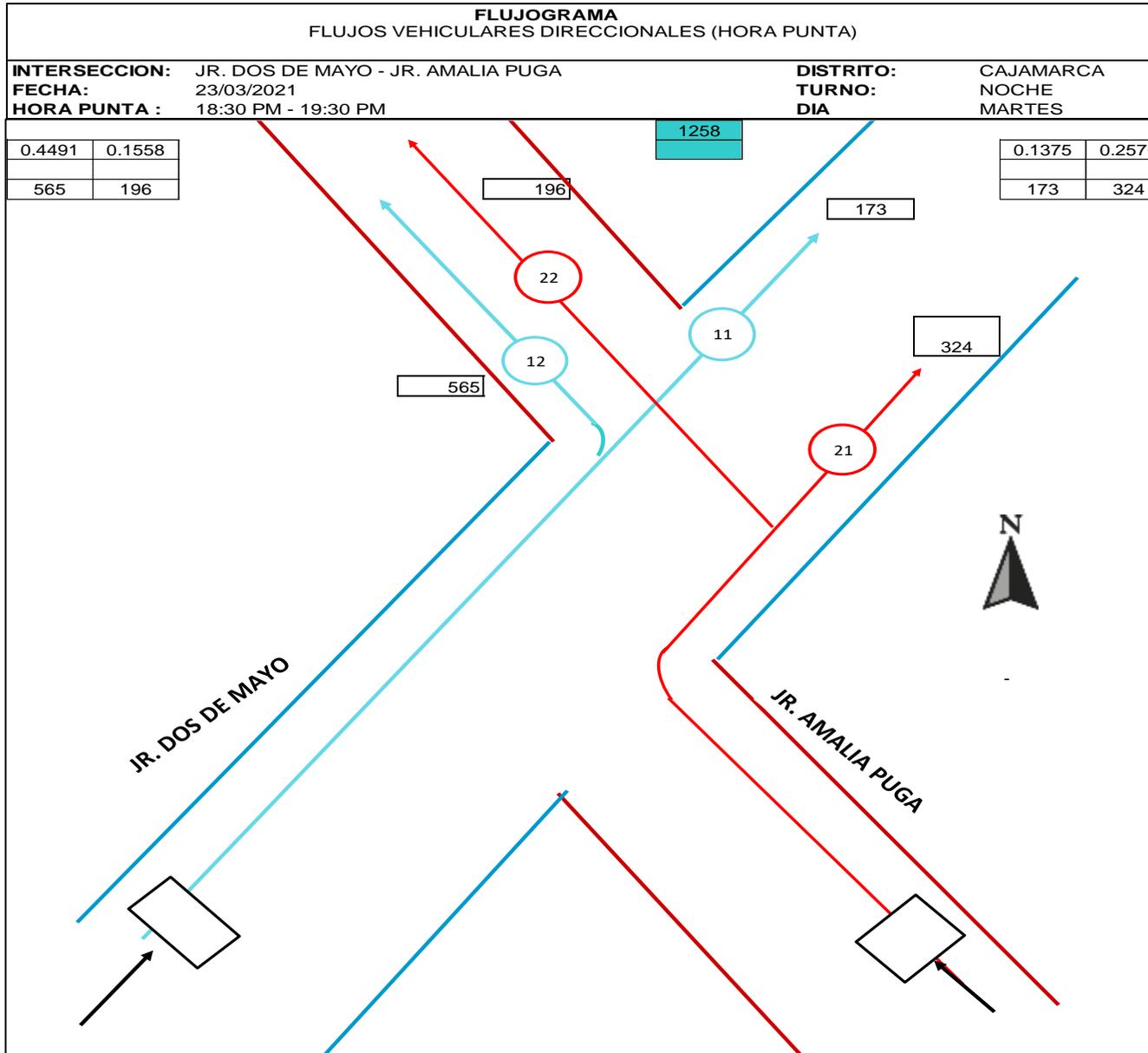
Tercera Validación (Tarde 06:30 pm – 06:45 pm)

La primera intersección correspondiente al Jr. Dos de Mayo y el Jr. Amalia Puga, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 738 vehículos por hora: 127 (Autos), 1 (Camion), 44 (Moto) y 1(Bicicleta), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amalia Puga con un total de 520 vehículos por hora: 340 (Auto), 2 (Bus) y 92 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 02, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 173 vehículos por hora: 129 (Auto) y 44 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Amazonas con un total de 434 vehículos por hora: 298 (Auto), 2 (Camión) y 134 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 03, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. Dos de Mayo con un total de 136 vehículos por hora: 102 (Auto) y 34 (Moto), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. José Sabogal con un total de 544 vehículos por hora: 368 (Auto), 1 (Bus), 1(Camión) y 174 (Moto) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Figura 64: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 01.



	11	12	21	22
Autos	145	403	249	159
Bus	0	0	0	2
camiones	0	1	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	27	161	75	35
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	1	0	0	0

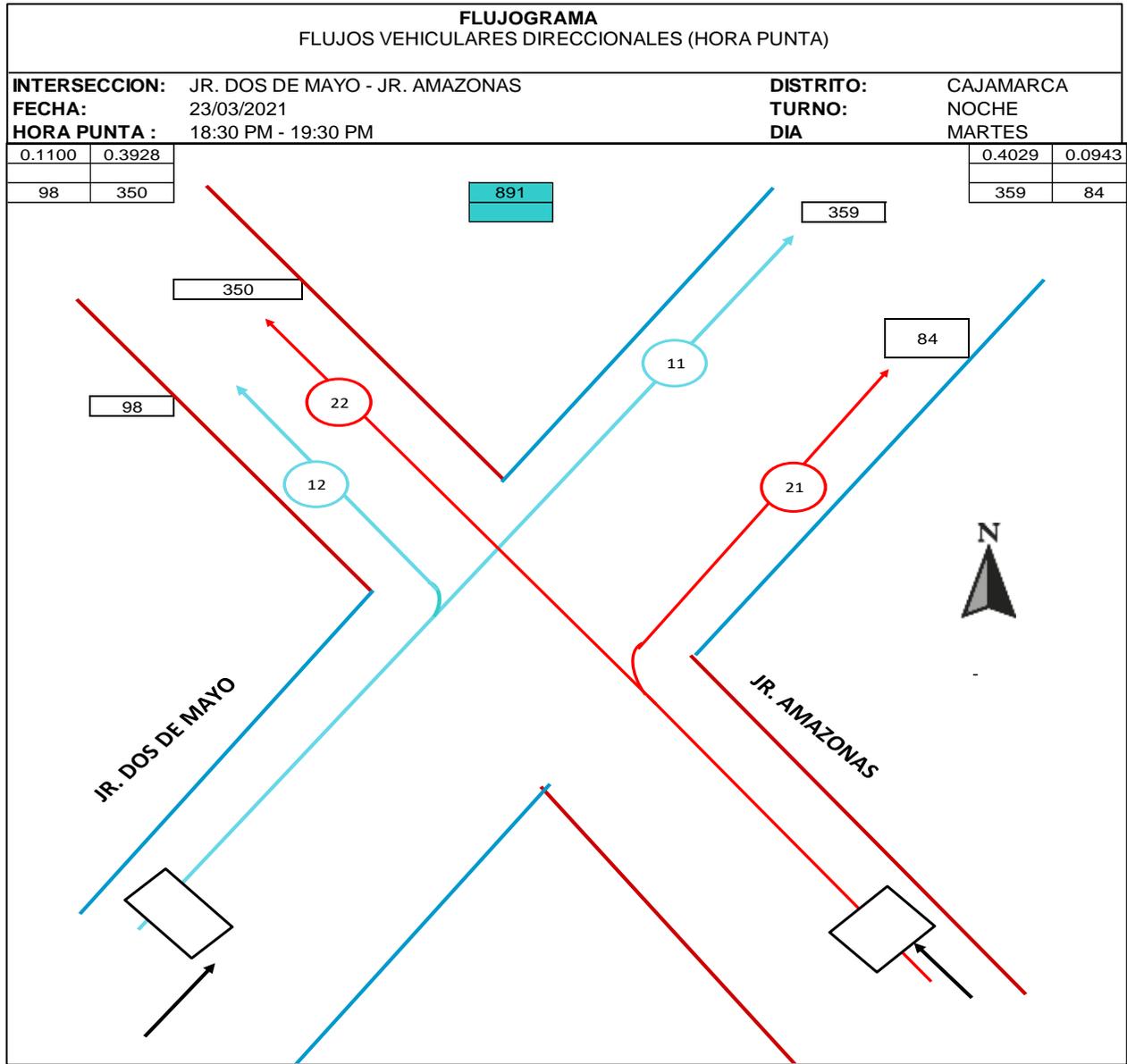
TOTAL	173	565	324	196
UCP	154	459	274	177
F.H.P.	0.9	0.8	0.8	0.9

	11	12	13	24
T. Privado	173	564	324	194
T.Publico	0	0	0	2
T. Pesado	0	1	0	0

TOTAL	173	565	324	196
%	14%	45%	26%	16%

	Totales	%
T. Privado	1255	100%
T.Publico	2	0%
T. Pesado	1	0%
	1258	100%

Figura 65: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 02.



	11	12	21	22
Autos	265	75	51	247
Bus	0	0	0	0
camiones	0	0	0	2
Camionetas	0	0	0	0
moto	94	23	33	101
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

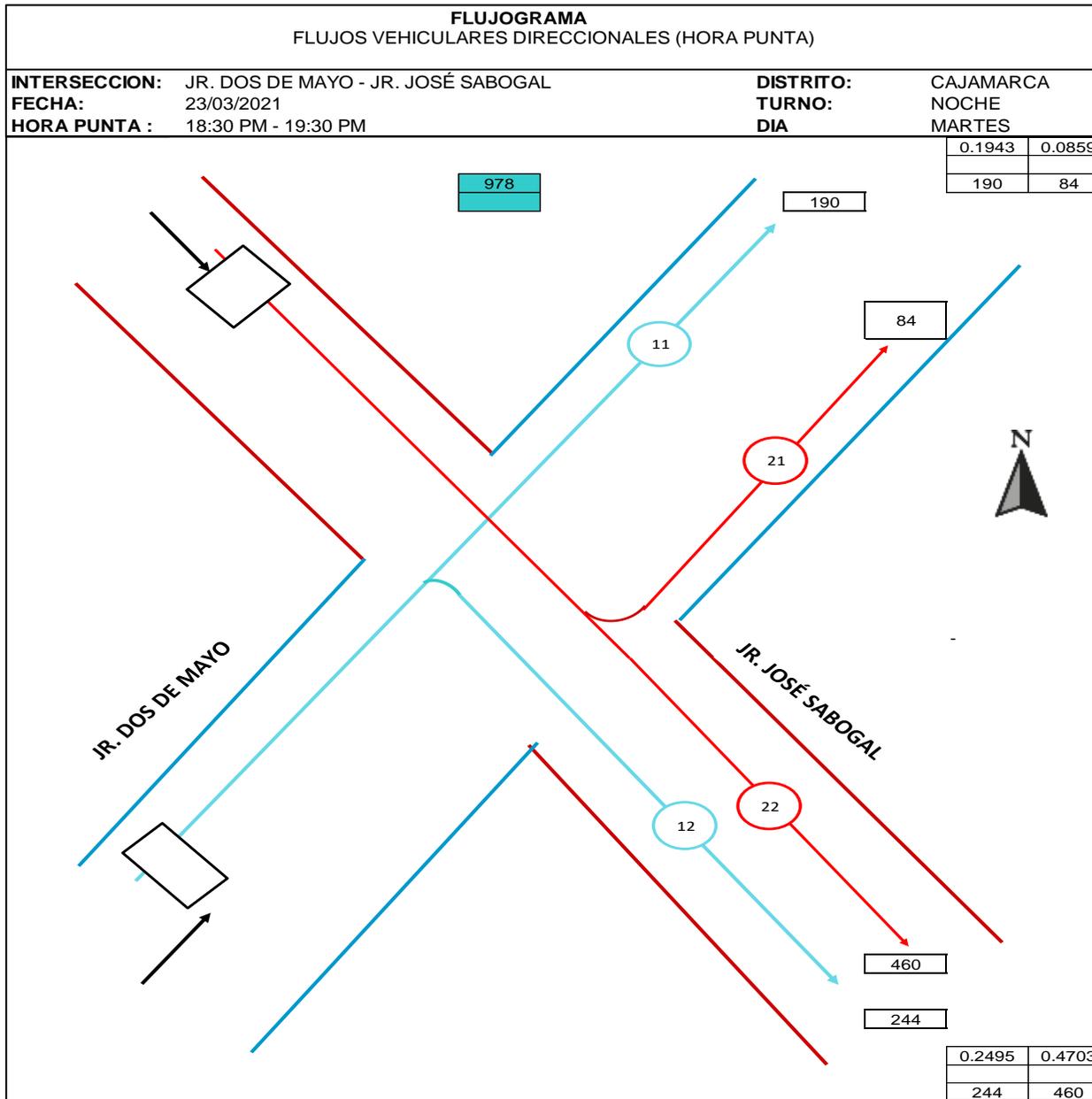
TOTAL	359	98	84	350
UCP	296	83	62	285
F.H.P.	0.8	0.8	0.7	0.8

	11	12	13	24
T. Privado	359	98	84	348
T.Publico	0	0	0	0
T. Pesado	0	0	0	2

TOTAL	359	98	84	350
%	40%	11%	9%	39%

	Totales	%
T. Privado	889	100%
T.Publico	0	0%
T. Pesado	2	0%
	891	100%

Figura 66: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 03.



	11	12	21	22
Autos	131	194	65	303
Bus	0	0	0	1
camiones	0	0	0	1
Camionetas	0	0	0	0
moto	59	50	19	155
mototaxi	0	0	0	0
combi	0	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	190	244	84	460
UCP	150	211	71	360
F.H.P.	0.8	0.9	0.8	0.8

	11	12	13	24
T. Privado	190	244	84	458
T.Publico	0	0	0	1
T. Pesado	0	0	0	1

TOTAL	190	244	84	460
%	19%	25%	9%	47%

	Totales	%
T. Privado	976	100%
T.Publico	1	0%
T. Pesado	1	0%
	978	100%

Martes 23 de Marzo – Jr. José Gálvez

Los datos de las intersecciones ubicadas en el Jr. José Gálvez entre el Jr. El Comercio y el Jr. Huánuco fueron determinados mediante los aforos vehiculares realizados el día martes 23 de marzo del 2021 desde las 07:00 am a 09:00 pm. La hora punta de mayor flujo vehicular es desde las 05:45 pm a 06:45 pm, según se muestra en la figura 68.

Igualmente, se realizaron los aforos vehiculares para las demás intersecciones consideradas en este estudio

Figura 67: Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 04.

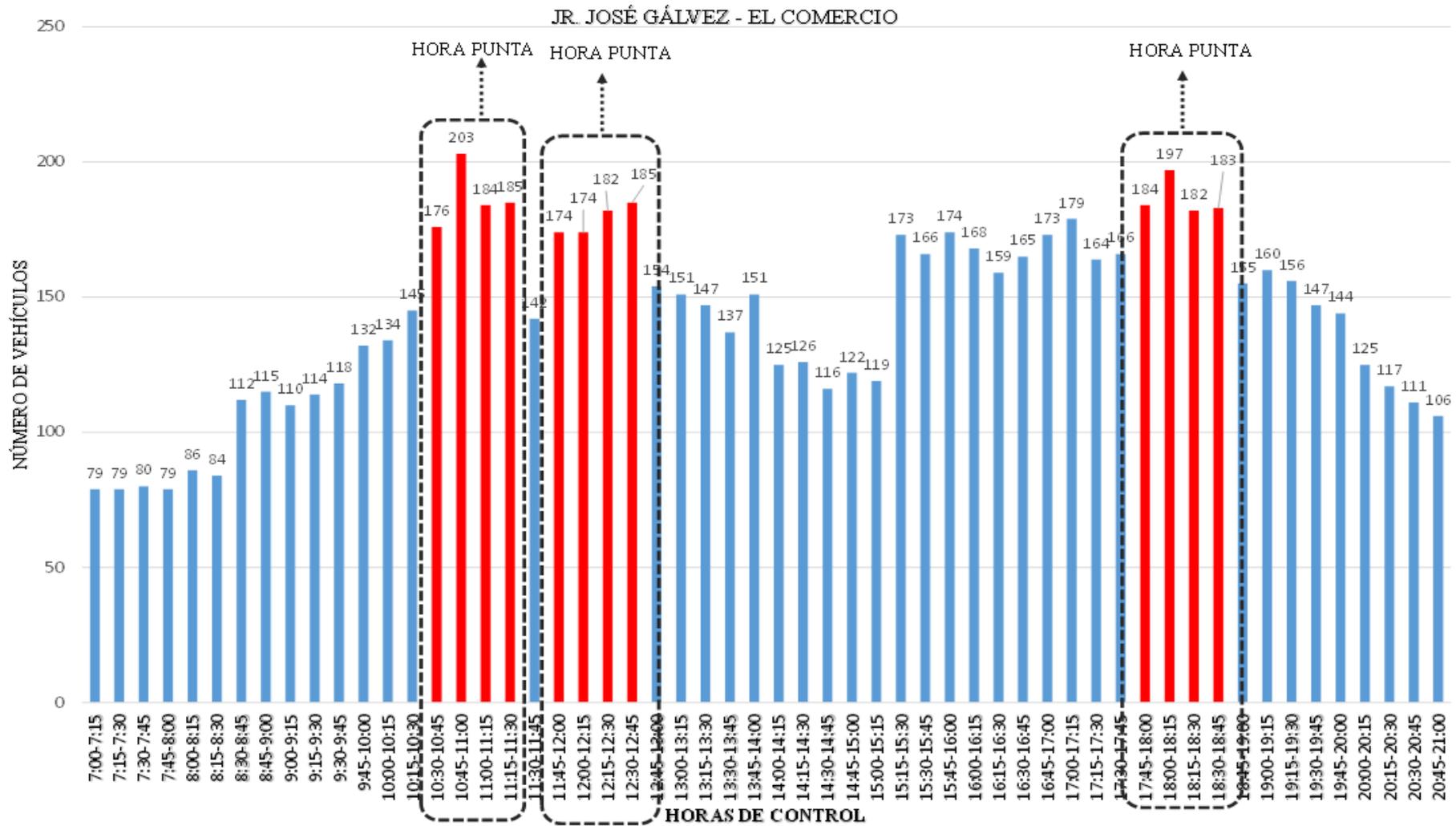


Figura 68: Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 05.

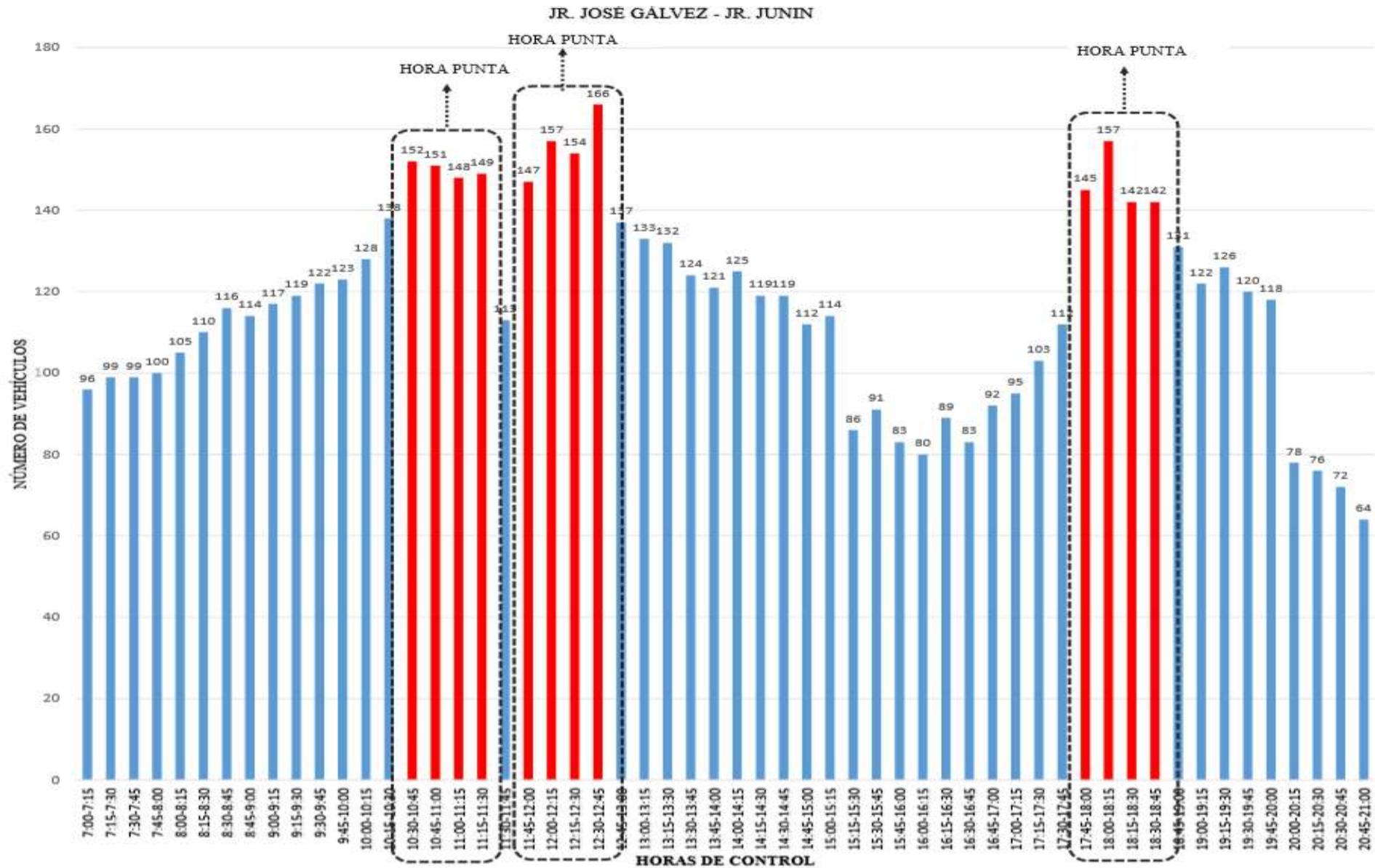
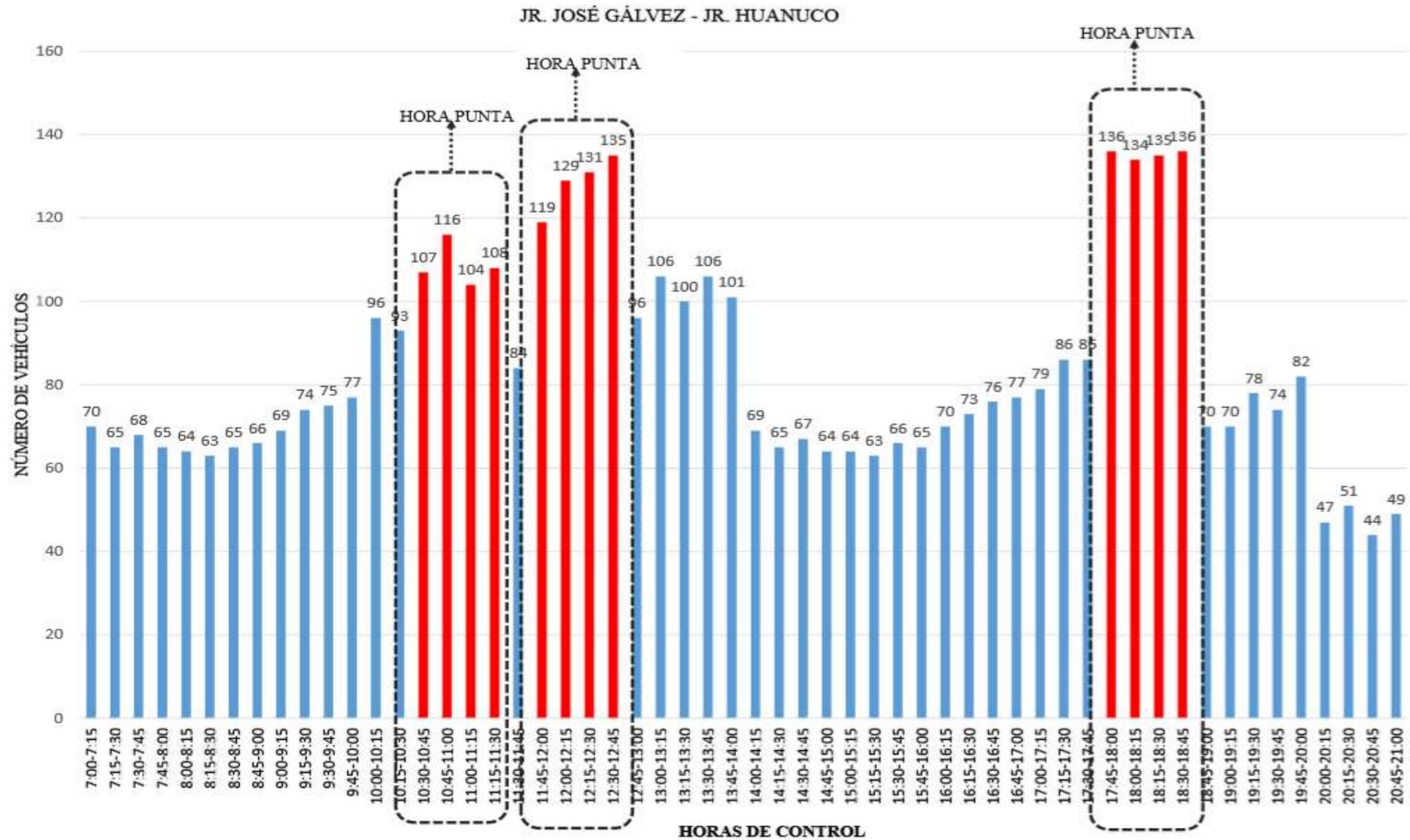


Figura 69. Flujo vehicular del día martes 23 de marzo del 2021. Intersección N° 06.



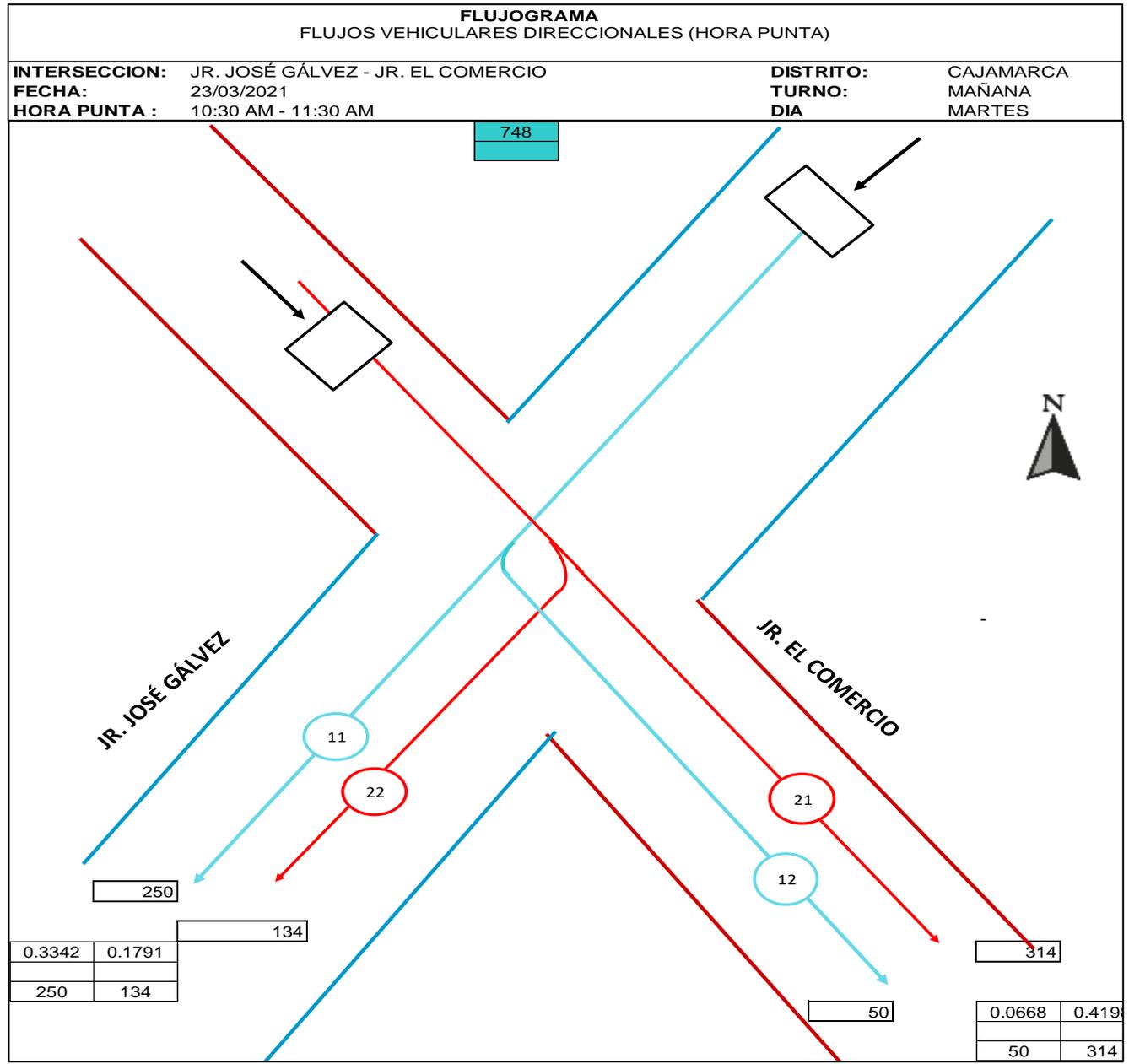
Primera Validación (Mañana 10:45 am – 11:00 am)

La Intersección 04, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 300 vehículos por hora: 81 (Autos), 5 (Bus), 1 (Camión), 21 (Moto), 178 (Mototaxi) y 14 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. El Comercio con un total de 448 vehículos por hora: 216 (Auto), 01 (Bus), 01 (Camión), 146 (Moto), 79 (Mototaxi) y 5 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 05, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 250 vehículos por hora: 15 (Auto), 1 (Bus), 1 (Camión), 146 (Moto), 79 (Mototaxi) y 5 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Junín con un total de 230 vehículos por hora: 51 (Auto), 2 (Camión), 3 (Moto), 174 (Mototaxi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 06, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 175 vehículos por hora: 28 (Auto), 3 (Bus), 1 (Camión), 9 (Moto), 113 (Mototaxi) y 21 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Huánuco con un total de 143 vehículos por hora: 19 (Auto), 3 (Camion), 32 (Moto), 85 (Mototaxi) y 4 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Figura 70: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04.



	11	12	21	22
Autos	40	41	162	54
Bus	5	0	1	0
camiones	0	1	1	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	13	8	136	10
mototaxi	178	0	10	69
combi	14	0	4	1
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	250	50	314	134
UCP	221	46	228	111
F.H.P.	0.9	0.9	0.7	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	53	49	298	64
T.Publico	197	0	15	70
T. Pesado	0	1	1	0

TOTAL	250	50	314	134
%	33%	7%	42%	18%

	Totales	%
T. Privado	464	62%
T.Publico	282	38%
T. Pesado	2	0%

Figura 71: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05.

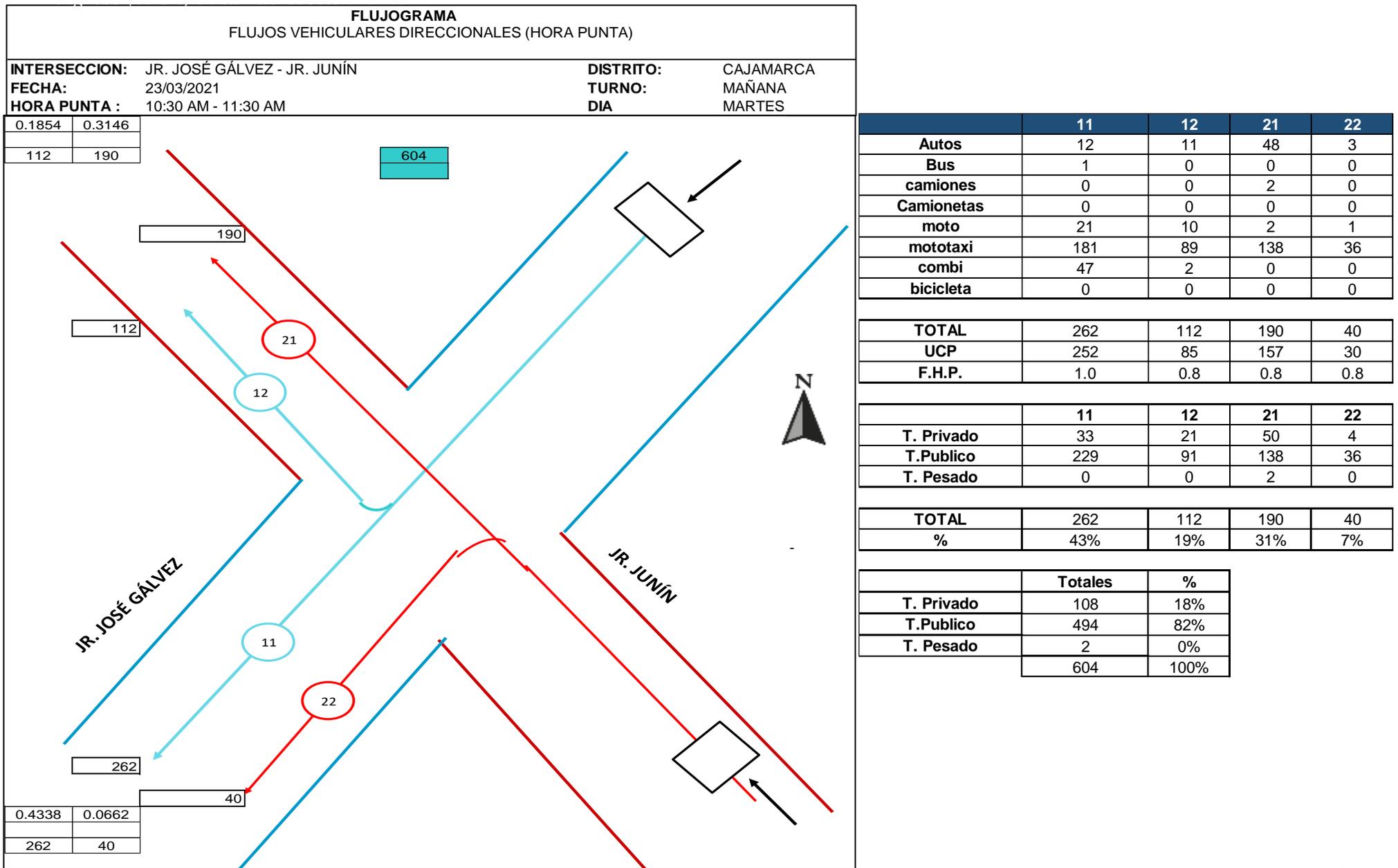
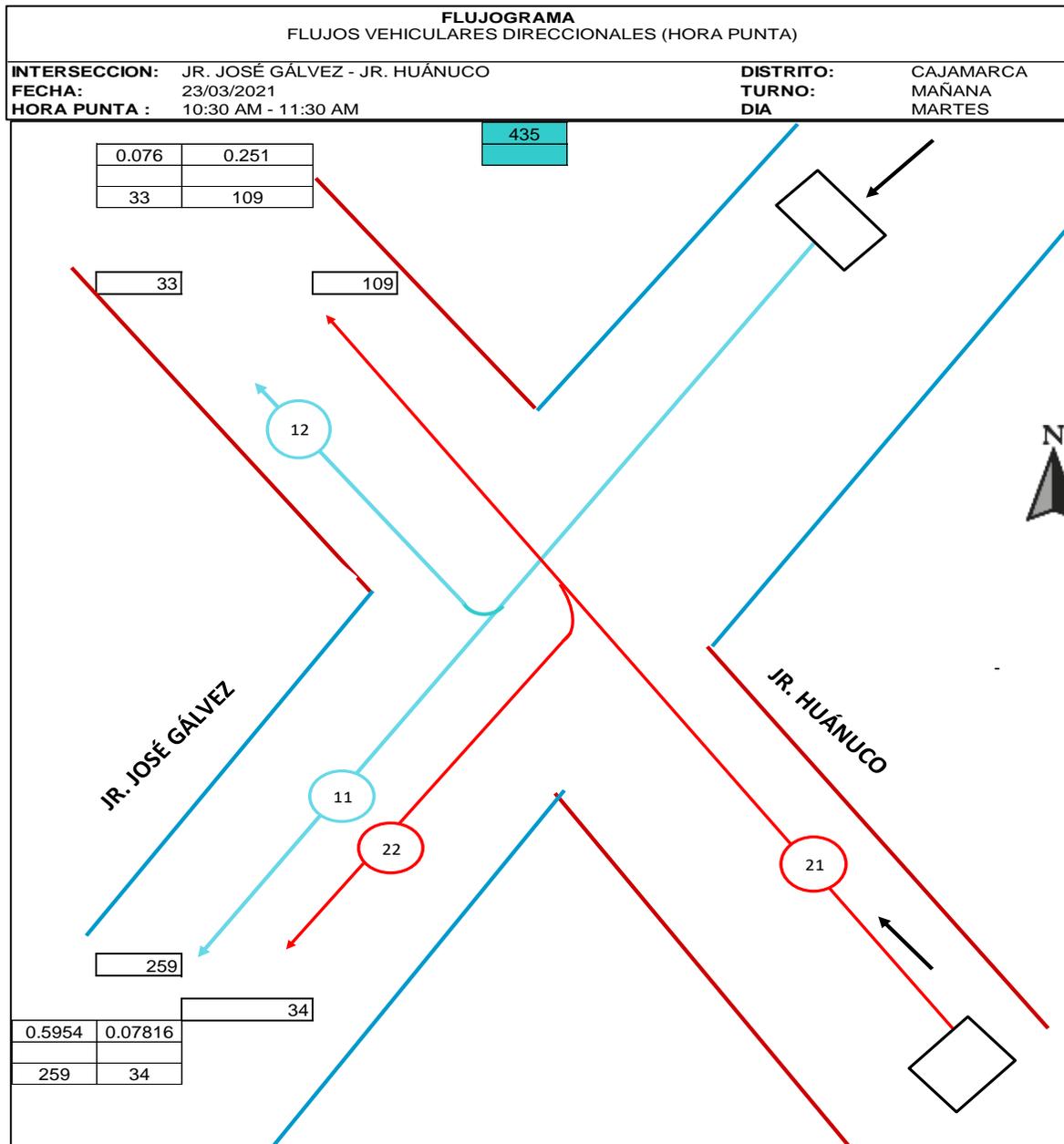


Figura 72: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06.



	11	12	21	22
Autos	39	8	15	4
Bus	5	0	0	0
camiones	1	0	3	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	11	4	25	7
mototaxi	167	21	62	23
combi	36	0	4	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	259	33	109	34
UCP	257	25	85	24
F.H.P.	1.0	0.8	0.8	0.7

	11	12	21	22
T. Privado	50	12	40	11
T.Publico	208	21	66	23
T. Pesado	1	0	3	0

TOTAL	259	33	109	34
%	60%	8%	25%	8%

	Totales	%
T. Privado	113	26%
T.Publico	318	73%
T. Pesado	4	1%
	435	100%

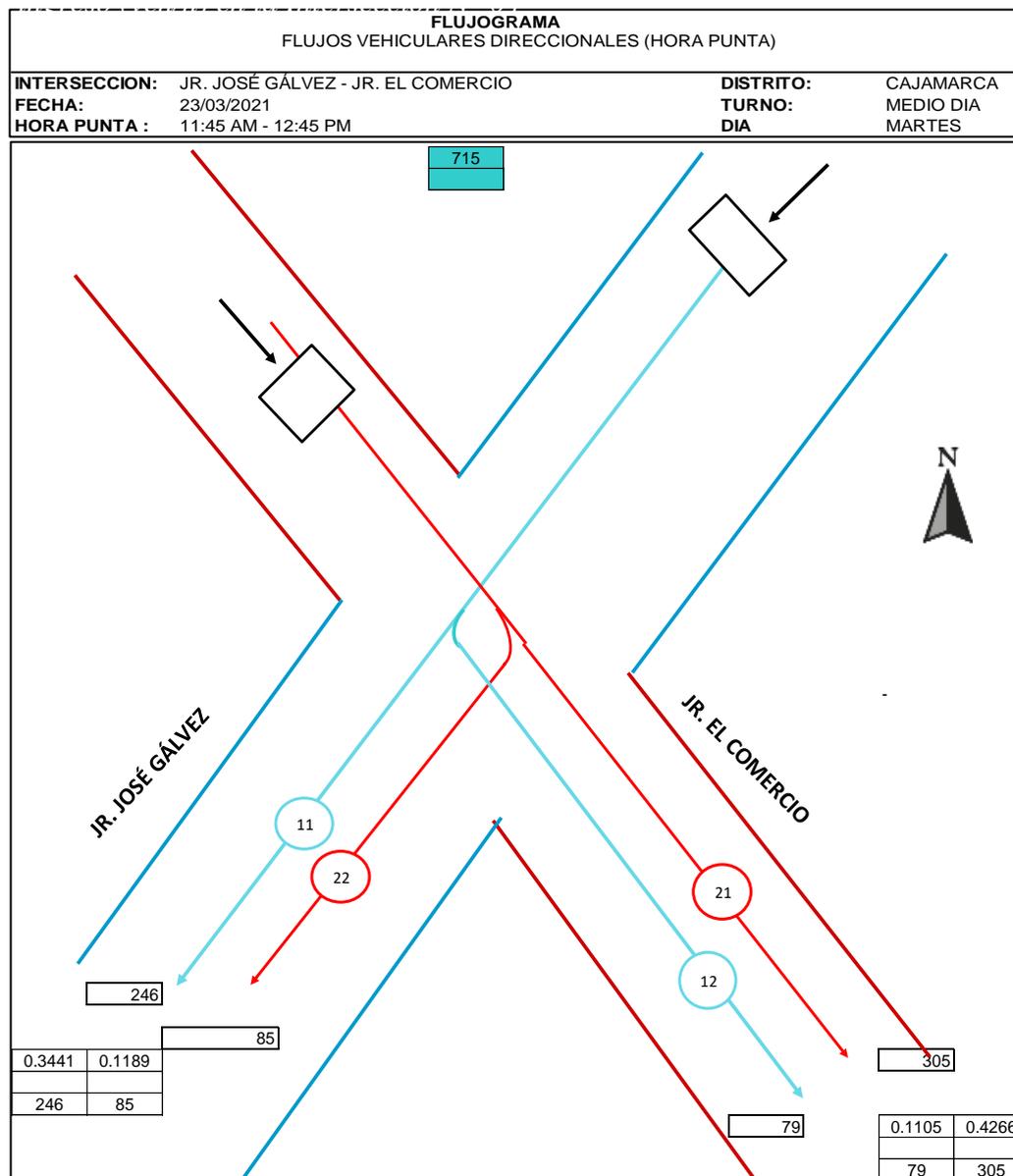
Segunda Validación (Tarde 12:30 pm – 12:45 pm)

La Intersección 04, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 325 vehículos por hora: 108 (Autos), 3 (Bus), 1 (Camion), 31 (Moto), 149 (Mototaxi) y 33 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. El Comercio con un total de 390 vehículos por hora: 196 (Auto), 2 (Bus). 1 (Camión), 143 (Moto), 45 (Mototaxi) y 3 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 05 correspondiente al Jr. José Gálvez y Jr. Junín, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 246 vehículos por hora: 38 (Auto), 1 (Bus), 41 (Moto), 139 (Mototaxi) y 27 (Combi) los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Junín con un total de 254 vehículos por hora: 50 (Auto), 55 (Moto), 147 (Mototaxi) y y 2 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 06, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 51 vehículos por hora: 9 (Auto), 1 (Bus), 1 (Camión), 7 (Moto), 27 (Mototaxi) y 6 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Huánuco con un total de 199 vehículos por hora: 36 (Auto), 2 (Camión), 52 (Moto), 107 (Mototaxi) y 2 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Figura 73: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04;



	11	12	21	22
Autos	39	69	176	20
Bus	3	0	2	0
camiones	0	1	1	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	23	8	122	21
mototaxi	148	1	2	43
combi	33	0	2	1
bicicleta	0	0	0	0

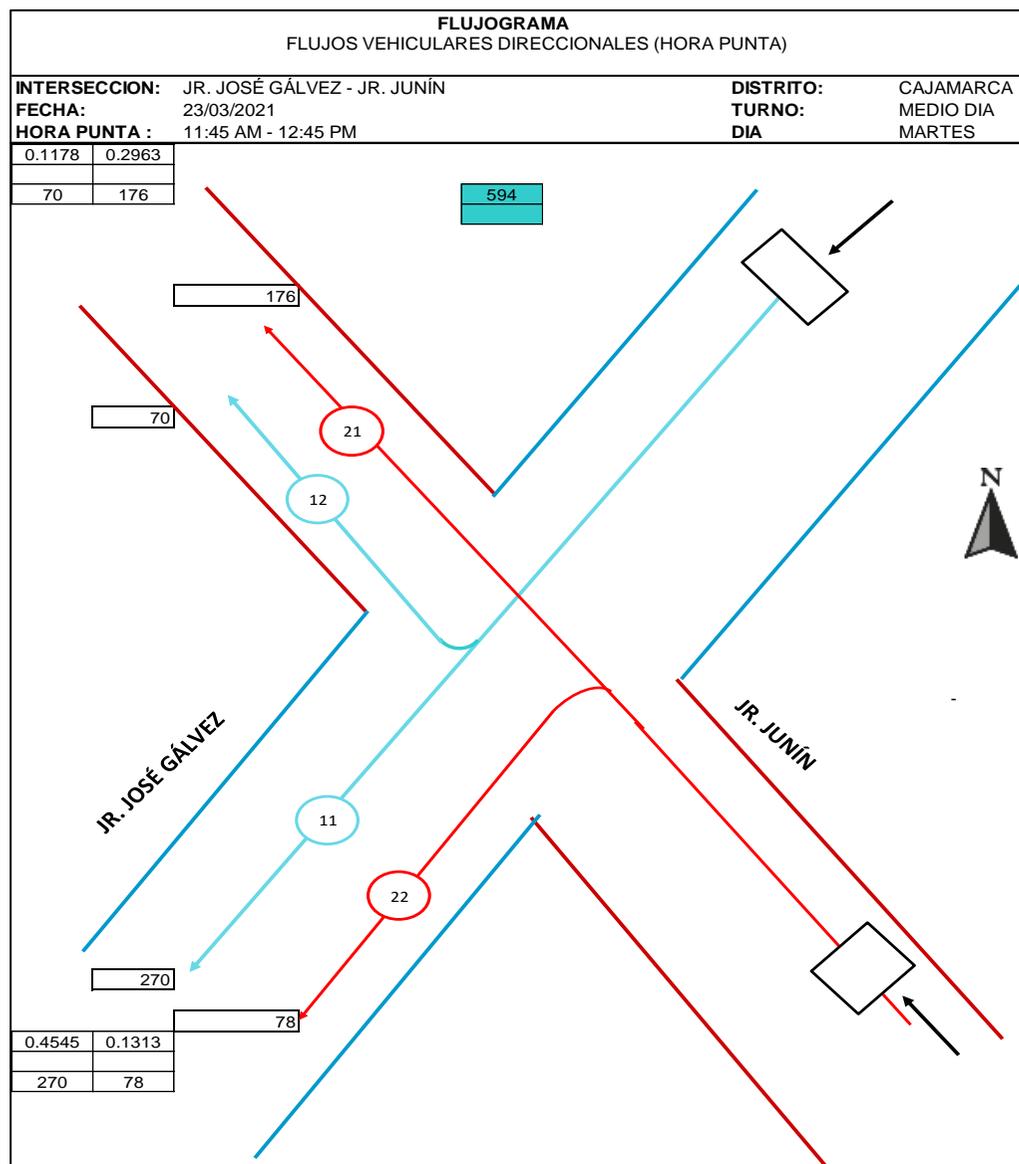
TOTAL	246	79	305	85
UCP	233	75	230	61
F.H.P.	0.9	0.9	0.8	0.7

	11	12	21	22
T. Privado	62	77	298	41
T.Publico	184	1	6	44
T. Pesado	0	1	1	0

TOTAL	246	79	305	85
%	34%	11%	43%	12%

	Totales	%
T. Privado	478	67%
T.Publico	235	33%
T. Pesado	2	0%
	715	100%

Figura 74: Flujoigramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05.



	11	12	21	22
Autos	47	5	46	4
Bus	1	0	0	0
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	39	18	20	35
mototaxi	145	47	108	39
combi	38	0	2	0
bicicleta	0	0	0	0

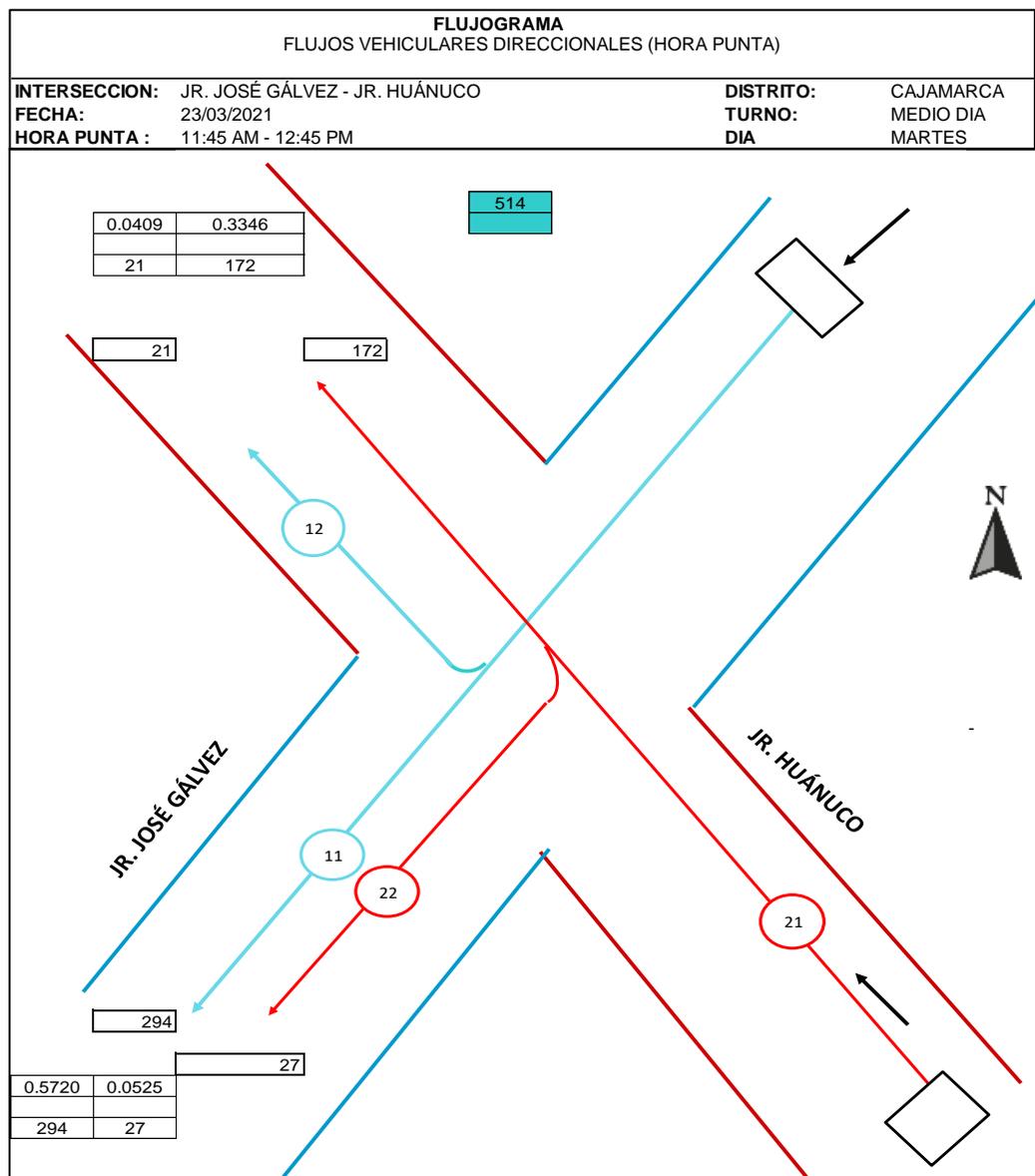
TOTAL	270	70	176	78
UCP	248	46	138	45
F.H.P.	0.9	0.7	0.8	0.6

	11	12	21	22
T. Privado	86	23	66	39
T.Publico	184	47	110	39
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	270	70	176	78
%	45%	12%	30%	13%

	Totales	%
T. Privado	214	36%
T.Publico	380	64%
T. Pesado	0	0%
	594	100%

Figura 75: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06.



	11	12	21	22
Autos	48	10	29	7
Bus	7	0	0	0
camiones	2	0	2	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	41	2	46	6
mototaxi	158	9	93	14
combi	38	0	2	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	294	21	172	27
UCP	282	17	123	19
F.H.P.	1.0	0.8	0.7	0.7

	11	12	21	22
T. Privado	89	12	75	13
T.Publico	203	9	95	14
T. Pesado	2	0	2	0

TOTAL	294	21	172	27
%	57%	4%	33%	5%

	Totales	%
T. Privado	189	37%
T.Publico	321	62%
T. Pesado	4	1%
	514	100%

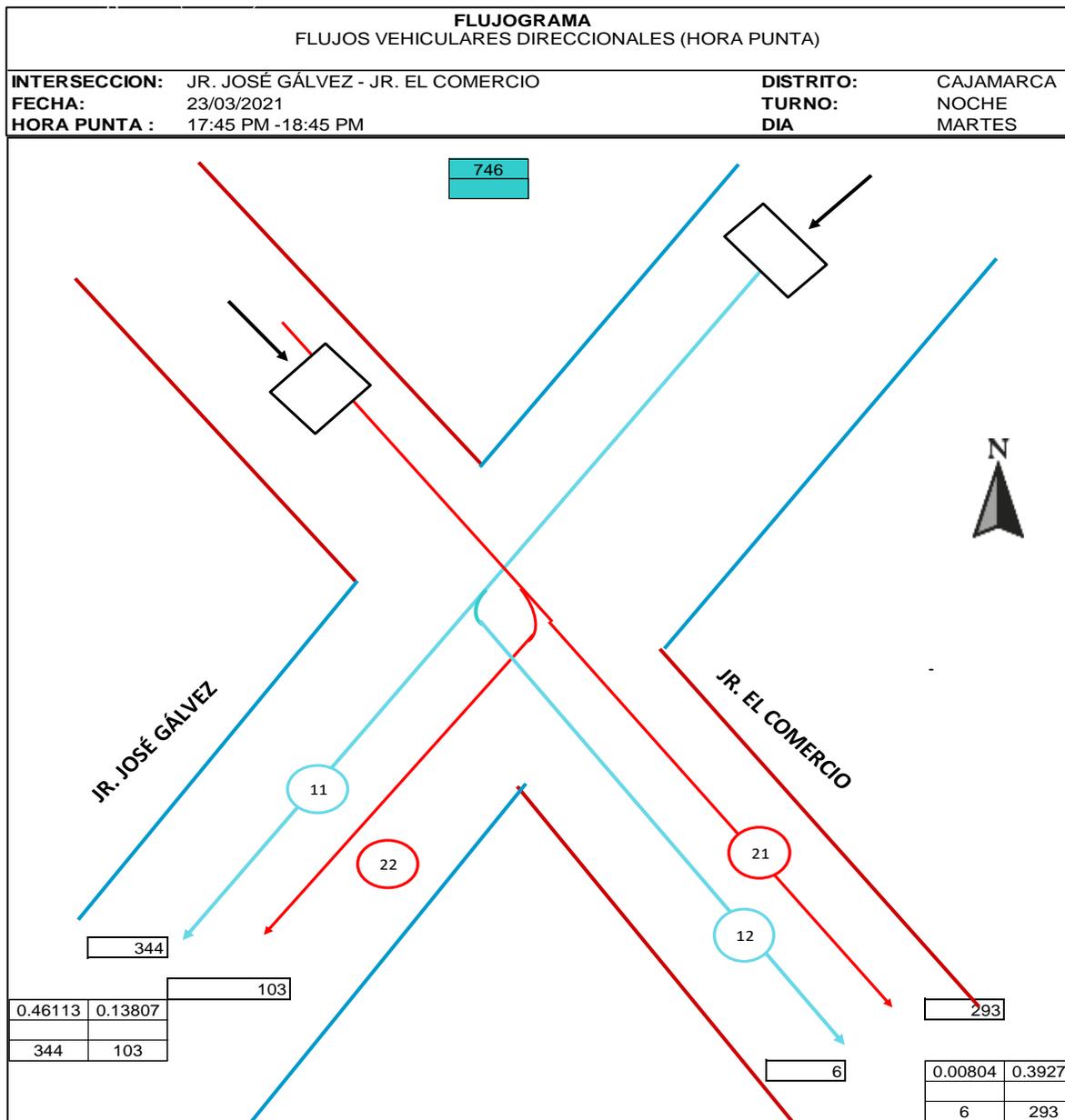
Tercera Validación (Tarde 06:00 pm – 06:15 pm)

Intersección 04, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 350 vehículos por hora: 166 (Auto), 2 (Bus), 29 (Moto), 148 (Mototaxi) y 5 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. EL Comercio con un total de 396 vehículos por hora: 233 (Auto), 1 (Bus), 2 (Camión), 112 (Moto) y 48 (Mototaxi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Asimismo, la Intersección 05, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 344 vehículos por hora: 55 (Auto), 37 (Moto), 243 (Mototaxi) y 9 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Junín con un total de 159 vehículos por hora: 38 (Auto), 17 (Moto) y 104 (Mototaxi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Finalmente, la Intersección 06, presenta 2 vías de ingreso, el Jr. José Gálvez con un total de 268 vehículos por hora: 57 (Auto), 9 (Bus), 24 (Moto), 165 (Mototaxi) y 13 (Combi), los cuales se distribuyen en 2 rutas y el Jr. Huánuco con un total de 208 vehículos por hora: 74 (Auto), 2 (Camión), 50 (Moto), 80 (Mototaxi) y 2 (Combi) los cuales también se distribuyen en 2 rutas.

Figura 76: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 04.



	11	12	21	22
Autos	161	5	186	47
Bus	2	0	1	0
camiones	0	0	2	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	29	0	104	8
mototaxi	147	1	0	48
combi	5	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

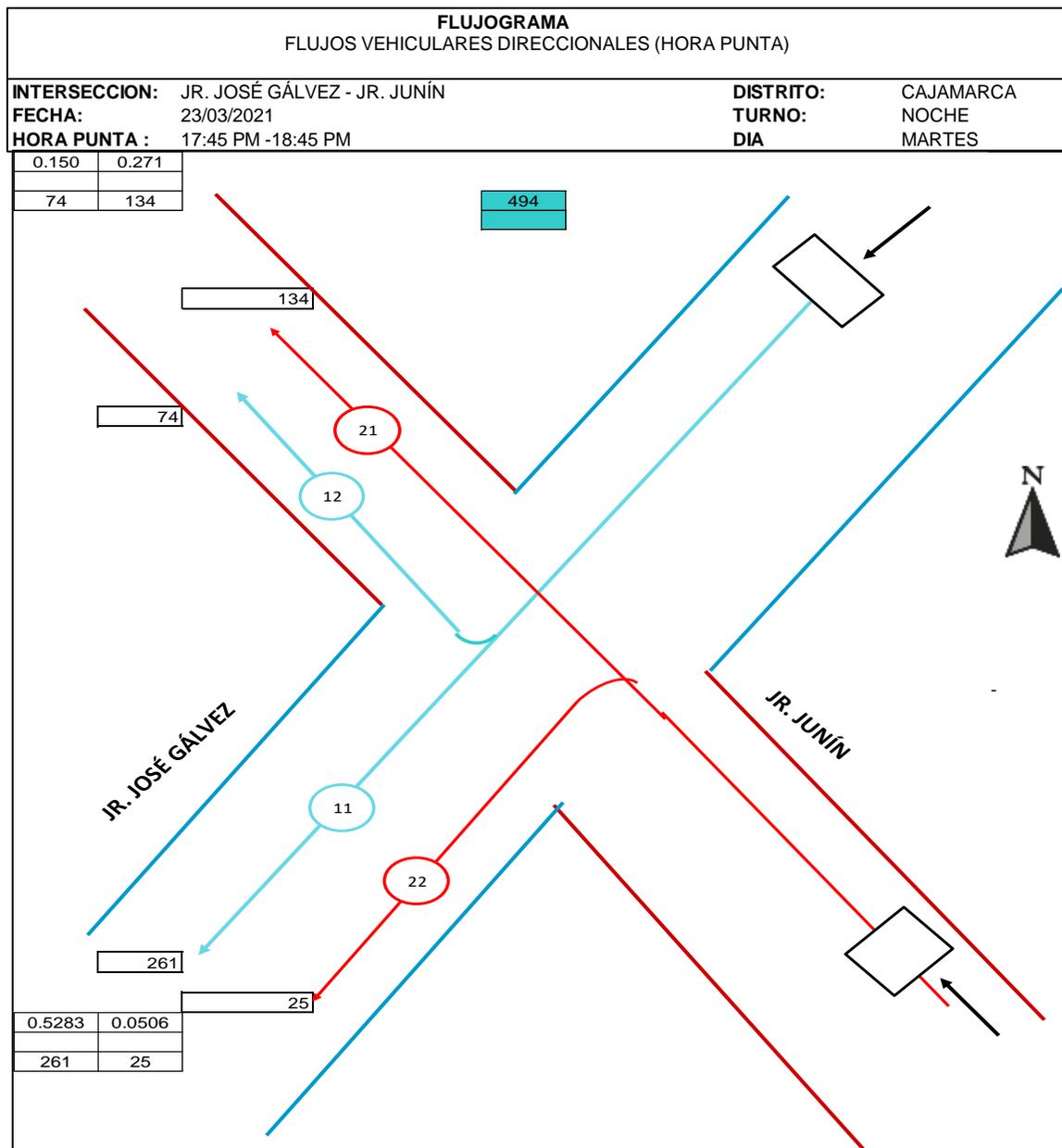
TOTAL	344	6	293	103
UCP	297	6	228	86
F.H.P.	0.9	1.0	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	190	5	290	55
T.Publico	154	1	1	48
T. Pesado	0	0	2	0

TOTAL	344	6	293	103
%	46%	1%	39%	14%

	Totales	%
T. Privado	540	72%
T.Publico	204	27%
T. Pesado	2	0%
	746	100%

Figura 77: Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 05.



	11	12	21	22
Autos	46	7	36	2
Bus	0	0	0	0
camiones	0	0	0	0
Camionetas	0	0	0	0
moto	31	5	8	9
mototaxi	175	62	90	14
combi	9	0	0	0
bicicleta	0	0	0	0

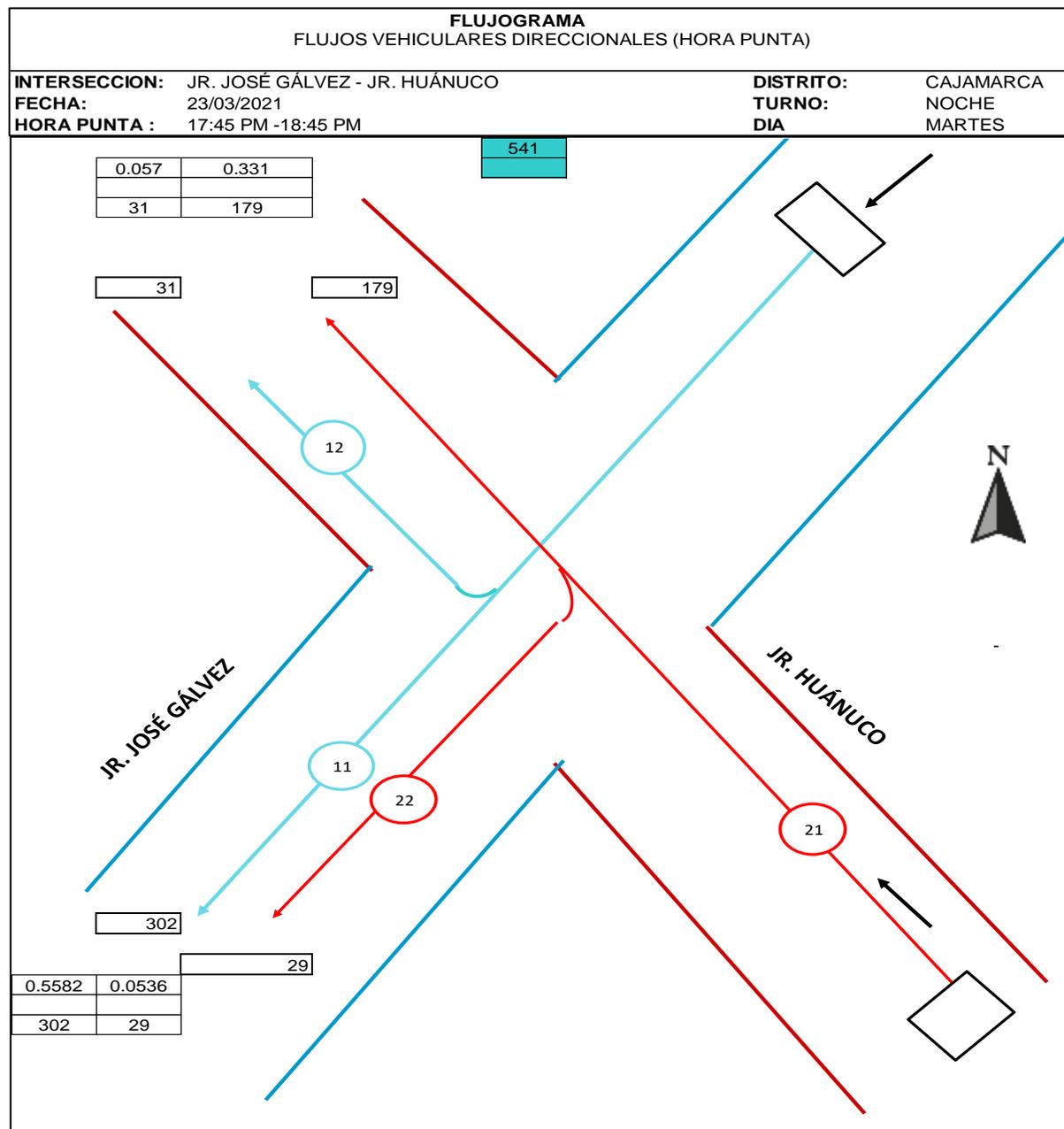
TOTAL	261	74	134	25
UCP	205	55	106	15
F.H.P.	0.8	0.7	0.8	0.6

	11	12	21	22
T. Privado	77	12	44	11
T.Publico	184	62	90	14
T. Pesado	0	0	0	0

TOTAL	261	74	134	25
%	53%	15%	27%	5%

	Totales	%
T. Privado	144	29%
T.Publico	350	71%
T. Pesado	0	0%
	494	100%

Figura 78 : Flujogramas de modelación: movimientos de ingreso (veh/h) en la Intersección N° 06.



	11	12	21	22
Autos	65	6	65	9
Bus	11	0	0	0
camiones	0	0	0	2
Camionetas	0	0	0	0
moto	27	3	41	9
mototaxi	183	22	71	9
combi	16	0	2	0
bicicleta	0	0	0	0

TOTAL	302	31	179	29
UCP	276	23	136	24
F.H.P.	0.9	0.8	0.8	0.8

	11	12	21	22
T. Privado	92	9	106	18
T.Publico	210	22	73	9
T. Pesado	0	0	0	2

TOTAL	302	31	179	29
%	56%	6%	33%	5%

	Totales	%
T. Privado	225	42%
T.Publico	314	58%
T. Pesado	2	0%
	541	100%

5.1.2.2 Variable: Flujo Peatonal

5.1.2.2.1 Jr. Dos de Mayo

- **Indicador: Comerciantes formales e informales**

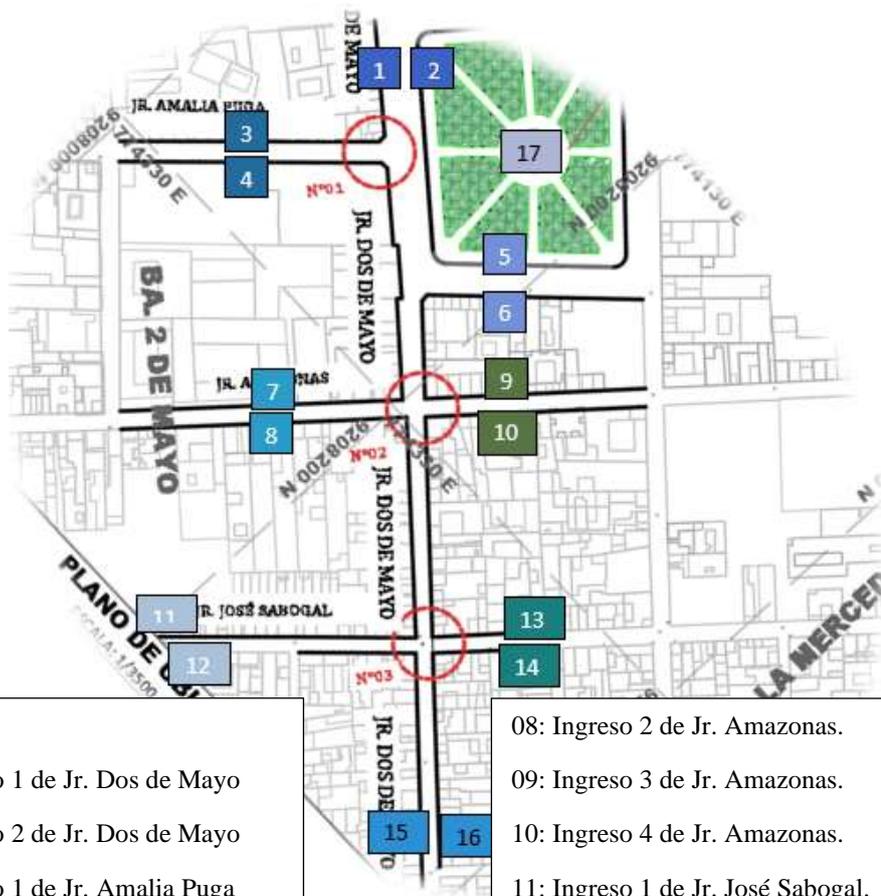
Tabla 16: Flujo Peatonal – Comerciantes formales e informales

JR.	TRANSITABILIDAD AFECTADA	
	Número de comerciantes informales	Número de comerciantes formales
Jr. Dos de Mayo	A	B

- **Indicador: Cantidad de Usuarios en General**

Para determinar los flujos peatonales se establecieron 17 áreas peatonales desde las cuales se realizaron los conteos peatonales, de acuerdo a los patrones que siguen al desplazarse, es decir sus líneas de deseo, por ejemplo, El mercado central, la Plaza de Armas de Cajamarca, entre otras edificaciones de uso comercial que se encuentran aledañas a las intersecciones en estudio ubicadas en el Jr. Dos de Mayo. El conteo se realizó en intervalos de 10 minutos. Se muestra a continuación, una imagen con la ubicación de las áreas mencionadas y su leyenda.

Figura 79: Ubicación de áreas peatonales consideradas



- Leyenda
- 01: Ingreso 1 de Jr. Dos de Mayo
 - 02: Ingreso 2 de Jr. Dos de Mayo
 - 03: Ingreso 1 de Jr. Amalia Puga
 - 04: Ingreso 2 de Jr. Amalia Puga
 - 05: Ingreso 1 Jr. Amalia Puga (Plaza de Armas)
 - 06: Ingreso 2 Jr. Amalia Puga (Plaza de Armas)
 - 07: Ingreso 1 de Jr. Amazonas.

- 08: Ingreso 2 de Jr. Amazonas.
- 09: Ingreso 3 de Jr. Amazonas.
- 10: Ingreso 4 de Jr. Amazonas.
- 11: Ingreso 1 de Jr. José Sabogal.
- 12: Ingreso 2 de Jr. José Sabogal.
- 13: Ingreso 3 de Jr. José Sabogal.
- 14: Ingreso 4 de Jr. José Sabogal.
- 15: Ingreso 3 de Jr. Dos de Mayo
- 16: Ingreso 4 de Jr. Dos de Mayo
- 17: Plaza de Armas

De igual manera se presentan tablas resúmenes de los aforos peatonales de cada zona por periodo.

Martes 16 de Marzo

Jr. Dos De Mayo

Primera Modelación (Mañana 10:30 am – 11 :30 am)

Datos de modelación

En la tabla 17 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 17: Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Primera Modelación) - 10:30 AM – 11 :30 AM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
00:00 - 00:10	15	9	9	20	12	11	16	22	8	12	26	25	4	39	30	30	45
00:10 - 00:20	18	10	8	19	10	12	17	23	9	10	26	23	5	35	32	29	47
00:20 - 00:30	17	10	10	20	12	11	20	30	8	8	27	24	6	39	34	37	42
00:30 - 00:40	21	17	17	28	19	20	29	43	12	9	40	36	14	48	40	48	68
00:40 - 00:50	18	11	10	25	14	15	24	37	10	8	30	30	8	40	34	40	55
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	9	9	26	25	4	39	30	29	42
TOTAL	107	68	63	133	79	83	122	180	56	56	175	163	41	240	200	213	299

Segunda Modelación (Mediodía 04:00 pm – 05:00 pm)

Datos de modelación

En la tabla 18 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 18: Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Segunda Modelación) - 04:00 PM – 05:00 PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
00:00 - 00:10	18	12	13	21	15	15	22	28	10	8	28	26	11	38	28	29	45
00:10 - 00:20	19	10	10	22	15	12	23	28	11	9	30	28	9	43	36	42	52
00:20 - 00:30	24	15	12	30	18	22	30	42	17	16	38	35	6	51	45	52	68
00:30 - 00:40	14	12	9	19	12	12	20	30	11	9	27	26	4	38	32	32	49
00:40 - 00:50	18	10	11	22	11	12	15	29	9	8	28	23	5	35	30	30	51
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	10	9	26	25	4	39	30	29	42
TOTAL	111	70	64	135	83	87	126	182	68	59	177	163	39	244	201	214	307

Tercera Modelación (Mediodía 06:30 pm – 07:30 pm)

Datos de modelación

En la tabla 19 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 19: Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Tercera Modelación) - 06:30 PM – 07:30 PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
00:00 - 00:10	14	12	10	18	11	11	16	29	9	9	28	26	6	35	26	35	42
00:10 - 00:20	18	10	9	17	14	14	17	28	9	7	26	25	5	36	28	34	47
00:20 - 00:30	17	10	10	20	12	13	20	30	8	8	28	27	5	39	34	37	49
00:30 - 00:40	21	13	13	31	17	19	27	36	12	13	36	34	12	48	46	42	62
00:40 - 00:50	20	12	12	25	14	13	24	32	9	10	32	28	8	43	36	37	54
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	9	9	26	25	4	39	30	29	46
TOTAL	108	68	63	132	80	84	120	180	56	56	176	165	40	240	200	214	300

Martes 23 de Marzo

Jr. Dos de Mayo

Primera Validación (Mañana 10:30 am – 11 :30 am)

Datos de modelación

En la tabla 20 de muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 20: Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Primera Validación) - 10:30 AM – 11 :30 AM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
00:00 - 00:10	15	9	9	20	12	11	16	22	8	12	26	25	4	39	30	30	45
00:10 - 00:20	18	10	8	19	10	12	17	23	9	10	26	23	5	35	32	29	47
00:20 - 00:30	17	10	10	20	12	11	20	30	8	8	27	24	6	39	34	37	42
00:30 - 00:40	21	17	17	28	19	20	29	43	12	9	40	36	14	48	40	48	68
00:40 - 00:50	18	11	10	25	14	15	24	37	10	8	30	30	8	40	34	40	55
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	9	9	26	25	4	39	30	29	42
TOTAL	107	68	63	133	79	83	122	180	56	56	175	163	41	240	200	213	299

Segunda Validación (Mediodía 04:00 pm – 05:00 pm)

Datos de modelación

En la tabla 21 de muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 21: Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Segunda Validación) - 04:00 PM – 05:00 PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
00:00 - 00:10	18	12	13	21	15	15	22	28	10	8	28	26	11	38	28	29	45
00:10 - 00:20	19	10	10	22	15	12	23	28	11	9	30	28	9	43	36	42	52
00:20 - 00:30	24	15	12	30	18	22	30	42	17	16	38	35	6	51	45	52	68
00:30 - 00:40	14	12	9	19	12	12	20	30	11	9	27	26	4	38	32	32	49
00:40 - 00:50	18	10	11	22	11	12	15	29	9	8	28	23	5	35	30	30	51
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	10	9	26	25	4	39	30	29	42
TOTAL	111	70	64	135	83	87	126	182	68	59	177	163	39	244	201	214	307

Tercera Validación (Mediodía 06:30 pm – 07:30 pm)

Datos de modelación

En la tabla 22 de muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 22: Aforos peatonales en el Jr. Dos de Mayo (Tercera Validación) - 06:30 PM – 07:30 PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
00:00 - 00:10	14	12	10	18	11	11	16	29	9	9	28	26	6	35	26	35	42
00:10 - 00:20	18	10	9	17	14	14	17	28	9	7	26	25	5	36	28	34	47
00:20 - 00:30	17	10	10	20	12	13	20	30	8	8	28	27	5	39	34	37	49
00:30 - 00:40	21	13	13	31	17	19	27	36	12	13	36	34	12	48	46	42	62
00:40 - 00:50	20	12	12	25	14	13	24	32	9	10	32	28	8	43	36	37	54
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	9	9	26	25	4	39	30	29	46
TOTAL	108	68	63	132	80	84	120	180	56	56	176	165	40	240	200	214	300

5.1.2.2.2 Jr. José Gálvez

Indicador: Comerciantes formales e informales

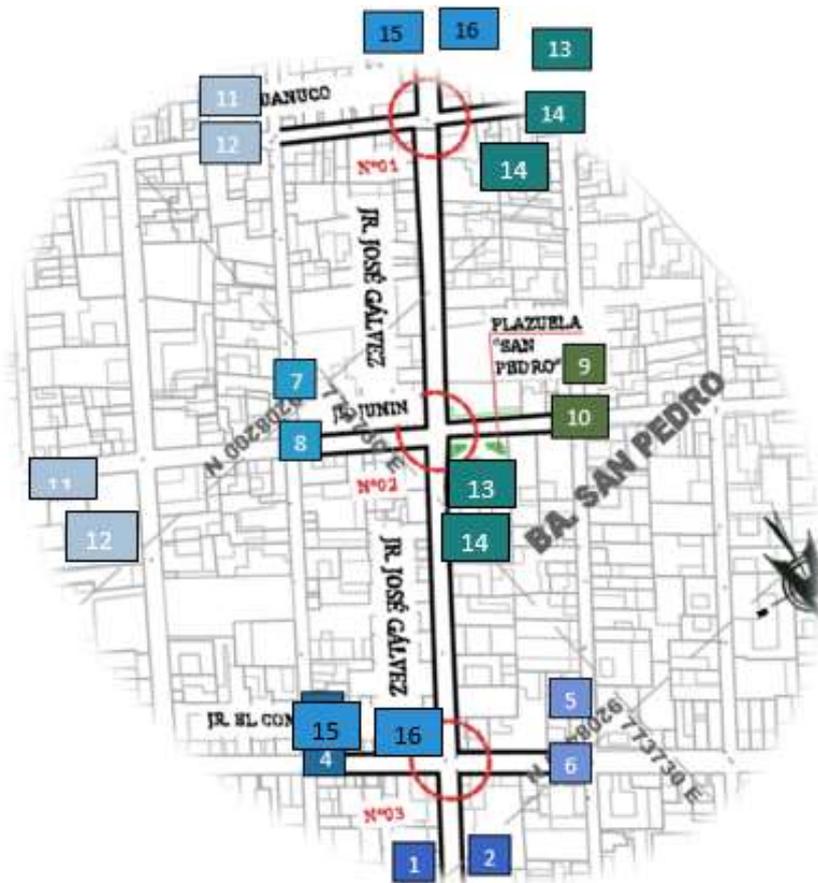
Tabla 23: Flujo Peatonal – Comerciantes formales e informales

JR.	TRANSITABILIDAD AFECTADA	
	Número de comerciantes informales	Número de comerciantes formales
Jr. José Gálvez	A	A

Indicador: Cantidad de Usuarios en General

Para determinar los flujos peatonales se establecieron 16 áreas peatonales desde las cuales se realizaron los conteos peatonales, de acuerdo a los patrones que siguen al desplazarse, es decir sus líneas de deseo, por ejemplo, El mercado central, CEPUNC, iglesia San Pedro, entre otras edificaciones de uso comercial que se encuentran aledañas a las intersecciones en estudio ubicadas en el Jr. José Gálvez. El conteo se realizó en intervalos de 10 minutos. Se muestra a continuación, una imagen con la ubicación de las áreas mencionadas y su leyenda.

Figura 80: Ubicación de áreas peatonales consideradas



Leyenda	
01: Ingreso 1 de Jr. José Gálvez	07: Ingreso 1 de Jr. Junín
02: Ingreso 2 de Jr. José Gálvez	08: Ingreso 2 de Jr. Junín
03: Ingreso 1 de Jr. El Comercio	09: Ingreso 3 de Jr. Junín
04: Ingreso 2 de Jr. El Comercio	10: Ingreso 4 de Jr. Junín
05: Ingreso 3 de Jr. El Comercio	11: Ingreso 1 de Jr. Huánuco
06: Ingreso 4 de Jr. El Comercio	12: Ingreso 2 de Jr. Huánuco
	13: Ingreso 3 de Jr. Huánuco

De igual manera se presentan tablas resúmenes de los aforos peatonales de cada zona por periodo.

Martes 16 de Marzo

Primera Modelación (Mañana 10:30 Am – 11 :30 Am)

Datos de modelación

En la tabla 24 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 24: Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Primera Modelación) - 10:30 AM – 11 :30 AM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00:00 - 00:10	15	10	9	24	17	12	15	31	9	11	25	23	5	38	28	34
00:10 - 00:20	18	12	9	27	15	14	16	29	8	9	25	24	5	36	30	35
00:20 - 00:30	16	11	11	22	13	12	15	32	8	8	30	28	4	39	34	34
00:30 - 00:40	14	10	9	21	12	12	22	29	8	9	29	28	4	37	33	33
00:40 - 00:50	21	11	12	19	11	16	22	30	11	10	32	29	12	42	36	41
00:50 - 01:00	22	13	10	19	12	18	26	31	10	12	35	32	10	48	30	39
TOTAL	106	67	60	132	80	84	116	182	54	59	176	164	40	240	191	216

Segunda Modelación (Mediodía 11:45 am – 12:45 pm)

Datos de modelación

En la tabla 25 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 25: Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Segunda Modelación) - 11:45 AM – 12:45 PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00:00 - 00:10	17	10	10	23	11	11	16	27	9	11	25	25	7	38	30	45
00:10 - 00:20	18	13	9	24	12	12	16	24	8	9	28	26	8	36	33	44
00:20 - 00:30	15	12	11	20	15	12	20	30	9	8	30	28	7	39	36	37
00:30 - 00:40	23	14	14	25	19	20	28	40	12	12	36	34	15	48	38	36
00:40 - 00:50	22	10	12	23	14	17	26	35	11	10	30	30	12	44	32	30
00:50 - 01:00	16	11	9	19	12	14	18	27	10	9	28	25	4	38	32	32
TOTAL	111	70	65	134	83	86	124	183	59	59	177	168	53	243	201	224

Tercera Modelación (Mediodía 05:45 pm – 06:45 pm)

Datos de modelación

En la tabla 26 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 26: Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Tercera Modelación) - 05:45 PM – 06:45PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00:00 - 00:10	19	11	12	24	17	16	22	33	10	11	32	29	11	46	37	43
00:10 - 00:20	21	13	13	27	15	18	26	35	11	9	31	32	10	44	38	42
00:20 - 00:30	18	11	11	22	13	12	20	28	8	8	30	28	7	39	34	37
00:30 - 00:40	14	12	9	21	12	12	21	29	8	9	29	27	3	37	33	32
00:40 - 00:50	18	10	10	19	11	12	15	30	9	10	29	23	5	36	28	30
00:50 - 01:00	18	11	9	19	12	14	16	25	10	9	25	25	4	38	30	32
TOTAL	108	68	64	132	80	84	120	180	56	56	176	164	40	240	200	216

Martes 23 de Marzo

Primera Validación (Mañana 10:30 am – 11 :30 am)

Datos de modelación

En la tabla 27 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 27: Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Primera Validación) - 10:30 AM – 11 :30 AM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00:00 - 00:10	15	9	9	20	12	11	16	22	8	12	26	25	4	39	30	30
00:10 - 00:20	18	10	8	19	10	12	17	23	9	10	26	23	5	35	32	29
00:20 - 00:30	17	10	10	20	12	11	20	30	8	8	27	24	6	39	34	37
00:30 - 00:40	21	17	17	28	19	20	29	43	12	9	40	36	14	48	40	48
00:40 - 00:50	18	11	10	25	14	15	24	37	10	8	30	30	8	40	34	40
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	9	9	26	25	4	39	30	29
TOTAL	107	68	63	133	79	83	122	180	56	56	175	163	41	240	200	213

Segunda Validación (Mediodía 11:45 am – 12:45 pm)

Datos de modelación

En la tabla 28 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 28: Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Segunda Validación) - 11:45 AM – 12:45PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00:00 - 00:10	17	10	10	22	11	11	16	27	8	11	25	25	7	38	30	44
00:10 - 00:20	18	12	10	23	12	12	18	24	8	9	28	25	9	36	33	44
00:20 - 00:30	15	12	11	19	14	13	20	28	9	8	30	28	7	39	36	37
00:30 - 00:40	24	15	15	25	20	20	26	41	13	11	38	35	15	50	40	35
00:40 - 00:50	21	11	13	22	14	18	26	36	11	11	30	28	11	42	33	30
00:50 - 01:00	16	11	9	19	12	14	18	27	10	9	28	25	4	38	32	32
TOTAL	111	71	68	130	83	88	124	183	59	59	179	166	53	243	204	222

Tercera Validación (Mediodía 05:45 pm – 06:45 pm)

Datos de modelación

En la tabla 29 se muestran los datos de aforos peatonales.

Tabla 29: Aforos peatonales en el Jr. José Gálvez (Tercera Validación) - 05:45 PM – 06:45PM

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
00:00 - 00:10	14	12	10	18	11	11	16	29	9	9	28	26	6	35	26	35
00:10 - 00:20	18	10	9	17	14	14	17	28	9	7	26	25	5	36	28	34
00:20 - 00:30	17	10	10	20	12	13	20	30	8	8	28	27	5	39	34	37
00:30 - 00:40	21	13	13	31	17	19	27	36	12	13	36	34	12	48	46	42
00:40 - 00:50	20	12	12	25	14	13	24	32	9	10	32	28	8	43	36	37
00:50 - 01:00	18	11	9	21	12	14	16	25	9	9	26	25	4	39	30	29
TOTAL	108	68	63	132	80	84	120	180	56	56	176	165	40	240	200	214

5.1.2.3 Tiempo de viajes vehiculares

Considerado como el tiempo que demoran los vehículos en recorrer cierta distancia en los carriles de las intersecciones en estudio. Para determinar el tiempo de viaje de los vehículos se delimitaron tramos para cada vía de las intersecciones en estudio.

5.1.2.3.1 Jr. Dos de Mayo

En el Jr. Dos de mayo se consideraron 2 tramos: un tramo de 113 m entre el Jr. Amalia Puga y Jr. Amazonas. Así mismo, se consideró una distancia de 113 m, en el tramo entre el Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal.

Para los tramos de ingreso a las intersecciones se consideró en la vía de ingreso del Jr. Amalia Puga una longitud de 93.20 m, para el Jr. Amazonas una longitud de 113m, y para el Jr. José Sabogal una distancia de 56.3 m.

Figura 81: Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. Dos de Mayo



Leyenda

- T1: Tramo entre Jr. Amalia Puga y Jr. Amazonas (113 m)
- T2: Tramo entre Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal (113 m)
- T3: Carril de entrada Jr. Amalia Puga (93.20 m)
- T4: Carril de entrada Jr. Amazonas (113 m)
- T5: Carril de entrada Jr. José Sabogal (56.30 m)

A continuación, se presentan los valores resúmenes de los datos obtenidos, que se muestran en el *APÉNDICE 03*.

5.1.2.3.1.1 Datos de modelación

Para determinar los tiempos de viaje vehiculares, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 16 de marzo a las 06:30 pm.

Tabla 30: Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.)- Jr. Dos de Mayo.

	T1	T2	T3	T4	T5
Promedio	19.34	18.07	18.52	17.84	16.35
Des. Estándar	5.63	4.71	2.43	5.53	2.60
Error	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Número Mínimo	32	22	6	31	7
Número tomado	64	64	64	74	80

5.1.2.3.1.2 Datos de validación

Para determinar los tiempos de viaje vehiculares, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 23 de marzo a las 06:30 pm.

Tabla 31: Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.) - Jr. Dos de Mayo.

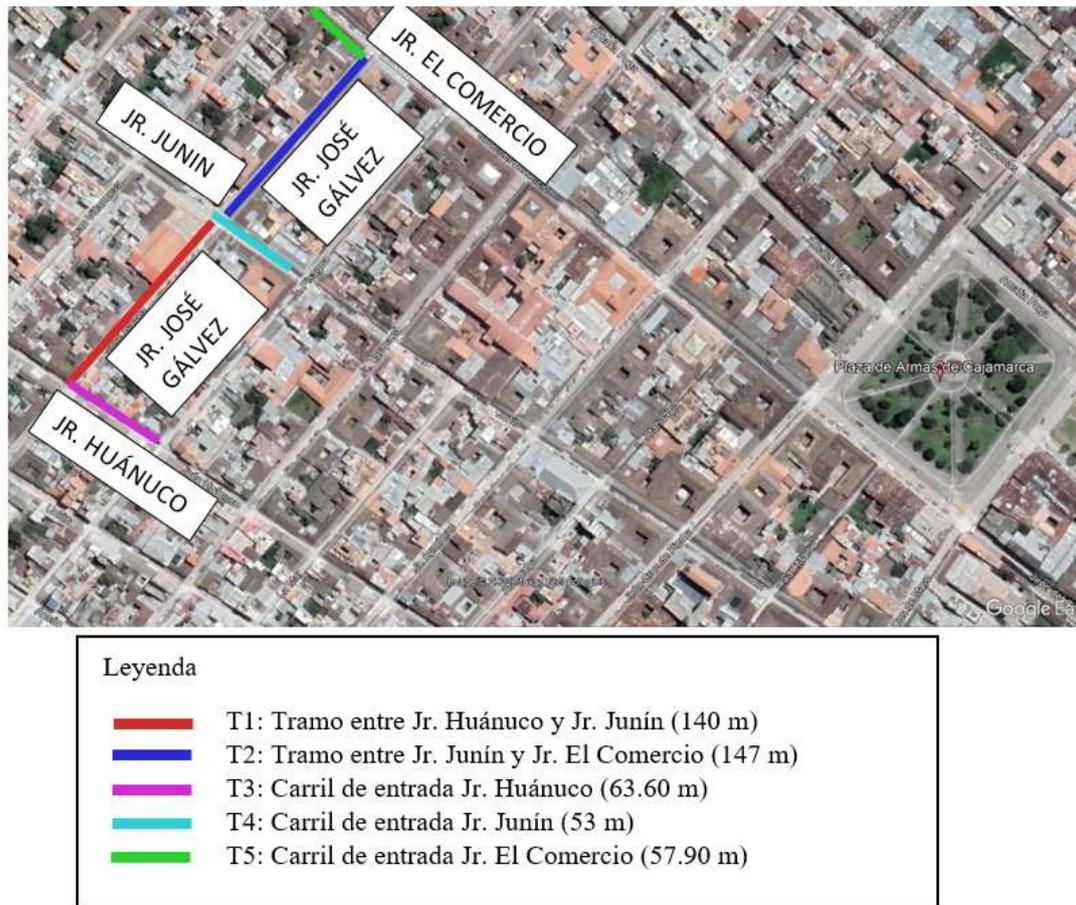
	T1	T2	T3	T4	T5
Promedio	19.43	18.14	18.56	17.93	16.30
Des. Estándar	5.59	4.66	2.40	5.51	2.54
Error	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Número Mínimo	31	22	6	30	6
Número tomado	64	64	64	74	80

5.1.2.3.2 Jr. José Gálvez

En el Jr. José Gálvez se consideraron 2 tramos: un tramo de 147 m entre el Jr. El Comercio y Jr. Junín. Así mismo, se consideró una distancia de 140 m, en el tramo entre el Jr. Junín y Jr. Huánuco.

Para los tramos de ingreso a las intersecciones se consideró en la vía de ingreso del Jr. El Comercio una longitud de 57.9 m, para el Jr. Junín una longitud de 53m, y para el Jr. Huánuco una distancia de 63.6 m.

Figura 82: Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. José Gálvez



5.1.2.3.2.1 Datos de modelación

Para determinar los tiempos de viaje vehiculares, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 16 de marzo a las 05:45 pm.

Tabla 32: Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.) - Jr. José Gálvez.

	T1	T2	T3	T4	T5
Promedio	20.69	23.07	18.93	20.40	22.05
Des. Estándar	2.32	4.16	3.93	3.27	3.11
Error	0.51	0.86	0.81	0.67	0.64
Número mínimo	5	6	6	6	6
Número tomado	64	64	64	74	80

5.1.2.3.2.2 Datos de validación

Para determinar los tiempos de viaje vehiculares, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 23 de marzo a las 05:45 pm.

Tabla 33: Datos resumen de tiempos de viaje vehiculares de modelación (seg.) - Jr. José Gálvez

	T1	T2	T3	T4	T5
Promedio	20.75	23.07	18.86	20.41	21.88
Des. Estándar	2.31	4.14	3.85	3.20	3.20
Error	0.51	0.85	0.80	0.66	0.66
Número Mínimo	5	6	6	6	6
Número tomado	64	64	64	74	80

5.1.2.4 Tiempo de viajes peatonales

5.1.2.4.1 Jr. Dos de Mayo

Considerado como el tiempo que demoran los peatones en recorrer los cruces presentes en los carriles de las intersecciones en estudio. Para determinar el tiempo de viaje de los peatones se midió la longitud de cada cruce peatonal para cada vía de las intersecciones en estudio.

Figura 83: Tramos para obtención de tiempos de viaje peatonales – Jr. Dos de Mayo



Leyenda:

- C3, C4, C8, C9, C12 y C13: Cruces peatonales 3,4,8,9,12 y 13 – Jr. Dos de mayo
- C1 y C2: Cruces peatonales 1 y 2 – Jr. Amalia Puga
- C6 y C7: Cruces peatonales 6 y 7 – Jr. Amazonas
- C10 y C11: Cruces peatonales 10 y 11 – Jr. José Sabogal

5.1.2.4.1.1 Datos de Modelación

Para determinar los tiempos de viaje peatonales, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 16 de marzo del 2021. a las 10:30 am.

Para la modelación se tomó los tiempos de viaje de los peatones en todos los cruces peatonales, presentado en el *APÉNDICE 03*.

Tabla 34: Tiempos de viaje peatonales de modelación del cruce 1 (seg)

Datos obtenidos del cruce peatonal ubicado en el Jr. Amalia Puga (1)

C1: Cruce peatonal 1 : Jr. Amalia Puga (1)

Promedio	=	3.68	dist=	0.01362	Km
Des. Estàndar	=	0.61			
Z	=	1.96			
Error	=	0.46			
Nùmero Mìnimo	=	6.86			

5.1.2.4.1.2 Datos de Validación

Para validar los tiempos de viaje peatonales determinados para la validación del modelo, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 23 de marzo del 2021 a la 10:30 am.

Para la validación también se tomó los tiempos de viaje de los peatones, en todos los cruces peatonales, esto con la finalidad de verificar el correcto funcionamiento del sistema, pero con diferentes flujos peatonales. *APÉNDICE 05*.

Tabla 35: Tiempos de viaje peatonales de validación del cruce 1 (seg)

Datos obtenidos del cruce peatonal ubicado en el Jr. Amalia Puga (1)

C1: Cruce peatonal 1 : Jr. Amalia Puga (1)

Tabla Tiempos de viaje peatonales de modeación del cruce 1 (seg)

Promedio	=	3.37	dist=	0.00924	Km
Des. Estàndar	=	1.30			
Z	=	1.96			
Error	=	0.46			
Nùmero Mìnimo	=	30.47			

5.1.2.4.2 Jr. José Gálvez

Teniendo en consideración el tiempo que demoran los peatones en recorrer los cruces presentes en los carriles de las intersecciones en estudio. Para determinar el tiempo de viaje de los peatones se midió la longitud de cada cruce peatonal para cada vía de las intersecciones en estudio.

Figura 84: Tramos para obtención de tiempos de viaje vehiculares – Jr. José Gálvez



Leyenda:

- C3, C4, C7, C8, C11 y C12: Cruceos peatonales 3,4,7,8,11 y 12 – Jr. José Gálvez
- C1 y C2: Cruceos peatonales 1 y 2 – Jr. El Comercio
- C5 y C6: Cruceos peatonales 6 y 7 – Jr. Junín
- C9 y C10: Cruceos peatonales 10 y 11 – Jr. Huánuco

5.1.2.4.3 Datos de Modelación

Para determinar los tiempos de viaje peatonales, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 16 de marzo del 2021. a las 10:30 am.

Para la modelación se tomó los tiempos de viaje de los peatones en todos los cruces peatonales, presentado en el *APÉNDICE 03*.

Tabla 36: Tiempos de viaje peatonales de modelación del cruce 1 (seg)

Datos obtenidos del cruce peatonal ubicado en el Jr. El Comercio (1)

Promedio	=	3.33	dist=	0.00924	Km
Des. Estàndar	=	1.18			
Z	=	1.96			
Error	=	0.46			
Nùmero Mìnimo	=	25.08			

5.1.2.4.4 Datos de Validación

Para determinar los tiempos de viaje peatonales, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día martes 23 de marzo del 2021. a las 10:30 am.

Para la modelación se tomó los tiempos de viaje de los peatones en todos los cruces peatonales, presentado en el *APÉNDICE 03*.

Tabla 37: Tiempos de viaje peatonales de validación del cruce 1 (seg)

Datos obtenidos del cruce peatonal ubicado en el Jr. El Comercio (1)

Promedio	=	3.37	dist=	0.00924	Km
Des. Estàndar	=	1.30			
Z	=	1.96			
Error	=	0.46			
Nùmero Mìnimo	=	30.47			

5.1.2.5 Tiempo de parada.

En las intersecciones de estudio, principalmente las que se encuentran ubicadas en el Jr. José Gálvez, confluyen una gran cantidad de vehículos de transporte público y privado (combis, mototaxis, coasters y buses), los cuales tienen gran influencia en el tráfico de la zona ya que realizan paradas para que los pasajeros suban o bajen de los vehículos. Para este estudio se realizó la medición del tiempo de parada de los vehículos dividiéndolos en dos grupos. Se consideró así, el transporte público (combis, coasters y buses). y el transporte privado (motos, taxis y mototaxis). Para determinar los tiempos de parada, se tomó en cuenta la hora de mayor tráfico vehicular: el día lunes martes 16 de marzo del 2021 a partir de las 06:30 pm y 05:45 pm en el Jr. Dos de Mayo y Jr. José Gálvez respectivamente.

Tabla 38: Datos resumen de tiempos de parada vehiculares (seg.)

Datos provenientes del APÉNDICE 02.

	Transporte Publico	Transporte Privado
Promedio	8.80	23.91
Des. Estándar	2.99	2.59
Error	0.66	0.57
Número Mínimo	80.00	80.00
Número Tomado	80.00	80.00

5.1.3 Modelamiento Inicial.

En este apartado se procedió a simular la situación actual de las intersecciones en estudio a través de los softwares VISSIM 23.0 y VISWALK 23.0, se construyeron las redes viales e ingresaron las variables requeridas. Posteriormente, se verificaron los datos ingresados y se procedió a correr el modelo, momento en el cual se verificó que no existieran situaciones atípicas usuales del programa como son “choques” o “atropellamientos” que no se dan en la situación real. Para terminar, se procedió a calibrar y validar el modelo.

Construcción del modelo

Para construir el modelo de la situación real usando los softwares Vissim 23.0 y Viswalk 23.0 se siguió el siguiente proceso:

Interfaz del Programa

Al abrir el programa, podemos observar la siguiente ventana (**Figura 86**). Usando la rueda del mouse acercamos la pantalla hasta que la escala que aparece como 2000 km en la parte inferior de nuestra ventana sea 5m ó 10 m.

Figura 85: Pantalla de inicio del programa VISSIM 23.0

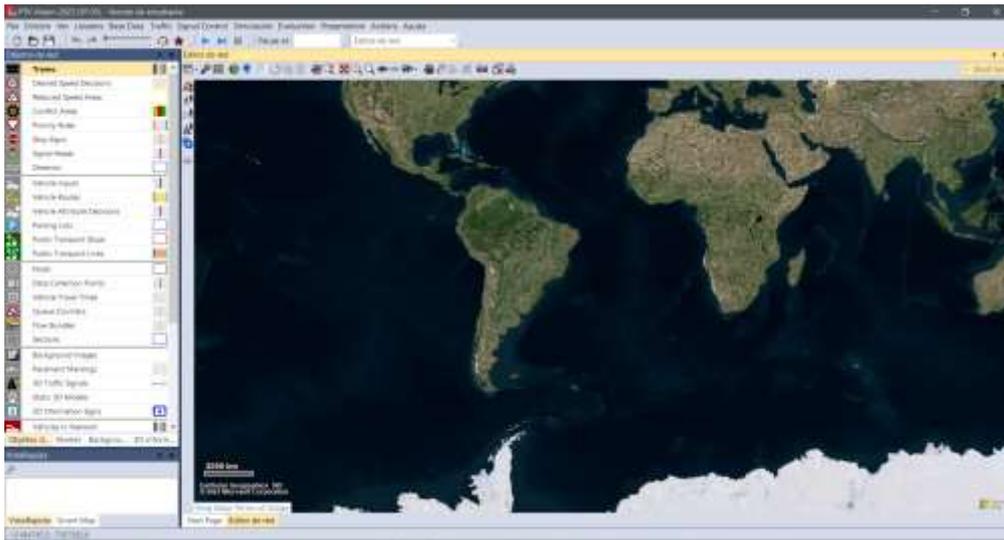
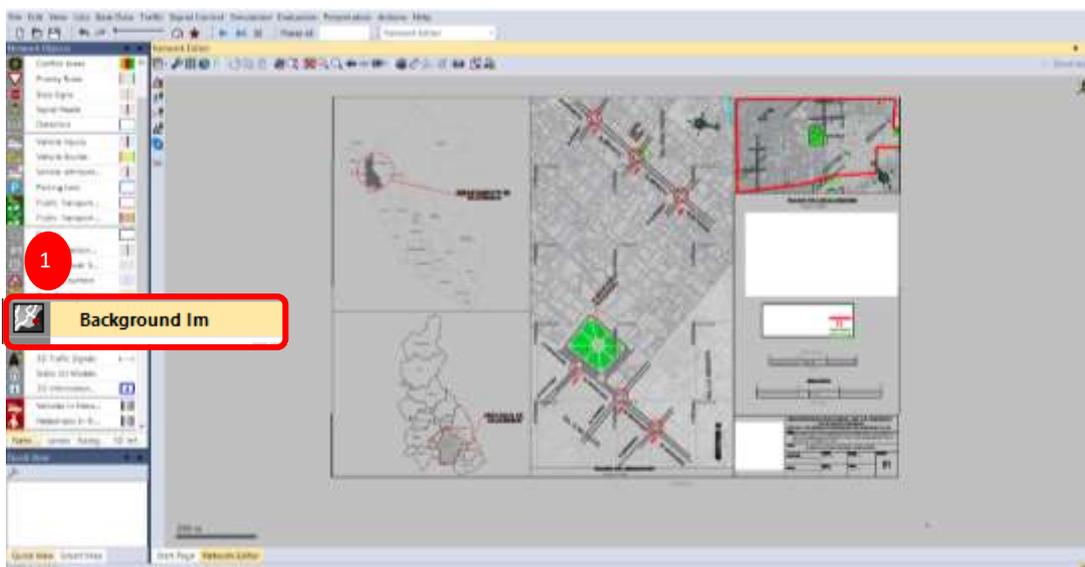


Imagen de fondo o Background

El software Vissim 23.0 permite la utilización de diferentes backgrounds: imágenes de Google Earth o Google Maps, archivos pdf, así como también archivos de autocad entre otros. En esta investigación se realizó la inserción de un archivo desde el autocad. Se hace click en background images en la barra de herramientas que aparece en el lado izquierdo de nuestra pantalla. Luego presionamos ctrl+clic derecho en la ventana de trabajo y nos aparece la opción para agregar imagen de fondo (add new background image) en donde damos clic y buscamos el archivo previamente preparado en nuestro equipo. La imagen proveniente del plano al tener las medidas reales no necesitó escalarse.

Figura 86: Importación del archivo autocad al programa VISSIM 23.0



Links y conectores

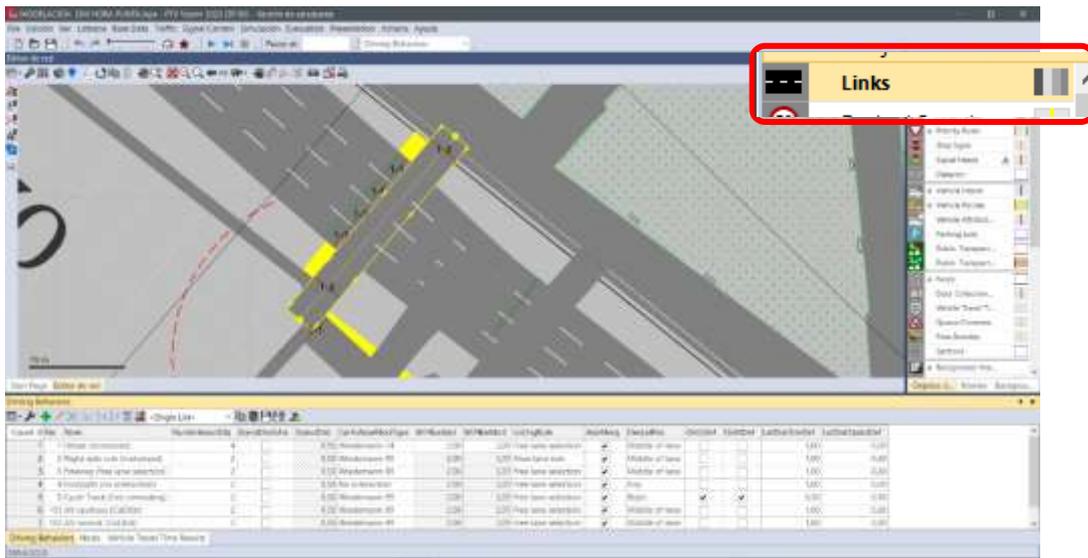
Como segundo paso se crearon las vías vehiculares (en el Jr. Dos de Mayo: Jr. Amalia Puga, Jr. Amazonas y Jr. José Sabogal y en el Jr. José Gálvez: Jr. El Comercio, Jr. Junín y Jr. Huánuco) utilizando los links y conectores, éstos últimos unen los links. Para construir los links es necesario conocer el número de carriles, ancho de cada carril, longitud de los tramos analizados, entre otros. Para este estudio se utilizaron en el Jr. Dos de Mayo 11 links, 15 conectores vehiculares y 44 cruces peatonales y en el Jr. José Gálvez 10 links, 18 conectores vehiculares y 40 cruces peatonales

También se construyen las vías de uso peatonal usando herramienta Links de VISSIM 23.0, pero configurándola para el tránsito peatonal. Se da clic a Links y se selecciona la opción Use as pedestrian área. Luego con la tecla ctrl + clic derecho se trazan las vías necesarias, las cuales presentan doble sentido para permitir la circulación de los peatones.

Figura 87: Creación de las vías vehiculares



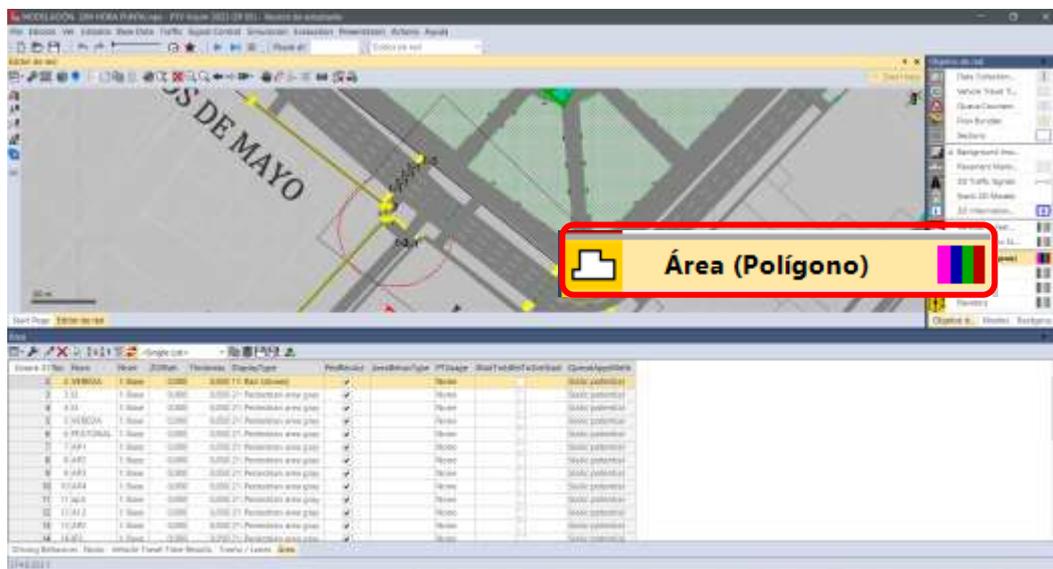
Figura 88: Creación de las vías peatonales



Áreas peatonales

Para la creación del modelo peatonal con Viswalk, en el Jr. Dos de Mayo se dibujaron 17 áreas peatonales además de las áreas correspondientes a veredas y paraderos y en el Jr, José Gálvez se dibujaron 16 áreas peatonales de la misma manera.

Figura 89: Creación de las áreas peatonales



Asignación de vehículos y peatones

Para asignar vehículos y peatones a las vías creadas en el programa, se procede a ingresar los datos obtenidos en campo por cada vía a través de “vehicle inputs”, teniendo en cuenta el tipo de vehículos observados en campo “Vehicule types”.

Figura 90: Asignación de vehículos y peatones

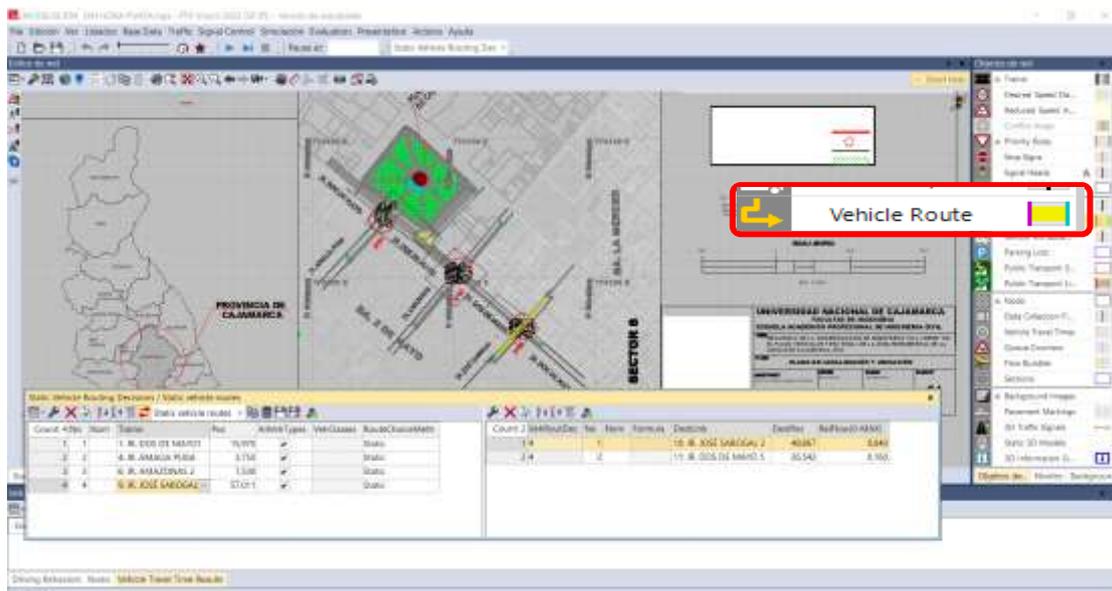


De la misma manera se ingresan el número de peatones presentes en las vías a través de “pedestrian inputs”.

Definición de rutas

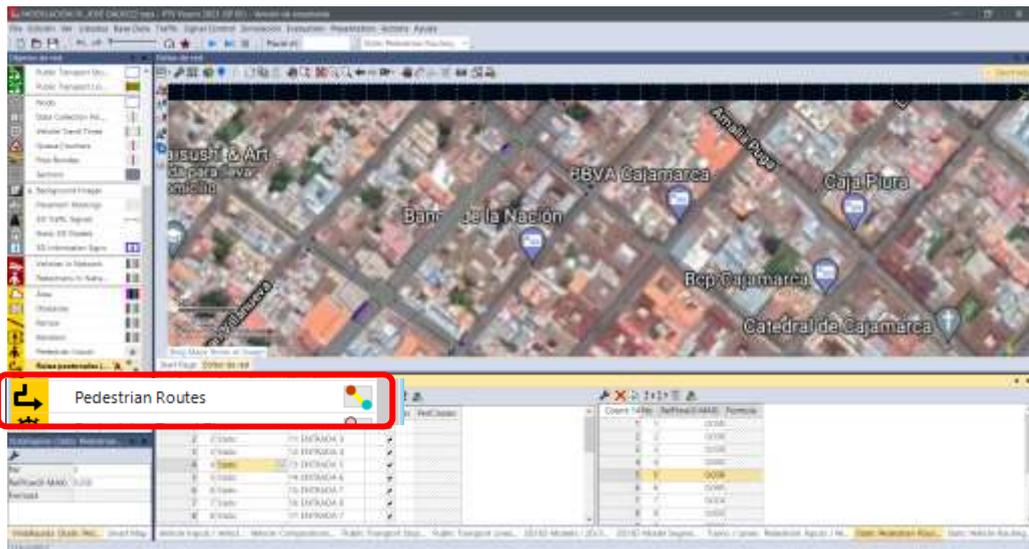
En base a lo observado a campo y a las trayectorias seguidas por los vehículos y peatones, se procede a definir las rutas seguidas de éstos en los jirones de las intersecciones Dos de Mayo y José Gálvez.

Figura 91: Rutas que siguen los vehículos en el Jr Dos de Mayo



Se ingresaron las rutas seguidas por los peatones con la herramienta de *Pedestrian Routes*, seleccionándose el inicio y el fin del recorrido de los peatones

Figura 92: Rutas que siguen los peatones en el Jr José Gálvez



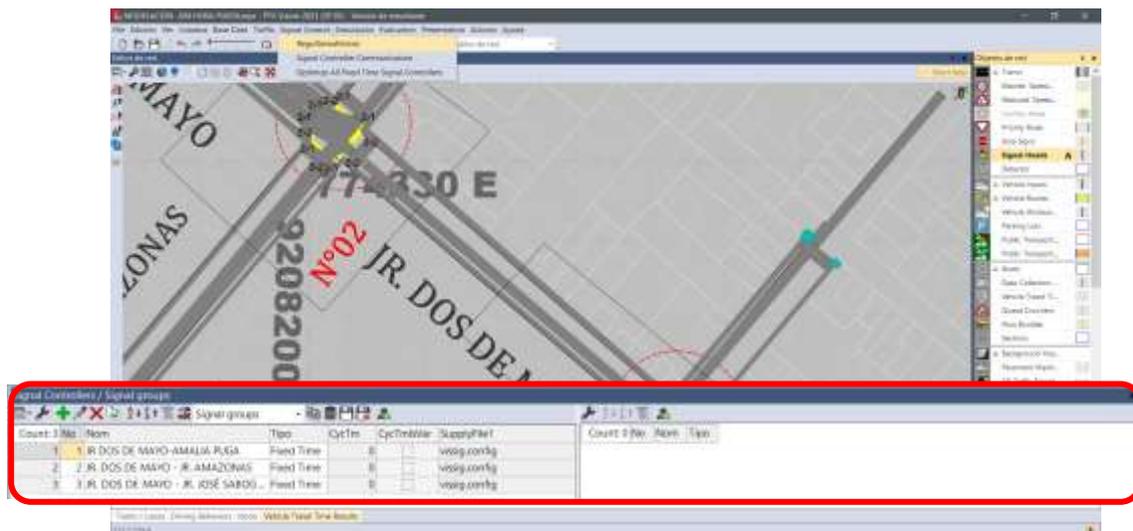
Reguladores Semafóricos

Creación de Reguladores Semafóricos

Las intersecciones presentes en los jirones Dos de Mayo y José Gálvez presentan semáforos de tiempo fijo de 2 fases. Para insertar los semáforos, primero ingresamos la duración del tiempo en rojo, verde y ámbar haciendo clic en la pestaña “Signal Control” y seleccionamos “RegulSemafóricos”.

Nos aparece la tabla que se muestra en la imagen, en el símbolo del signo más nos servirá para crear cada semáforo.

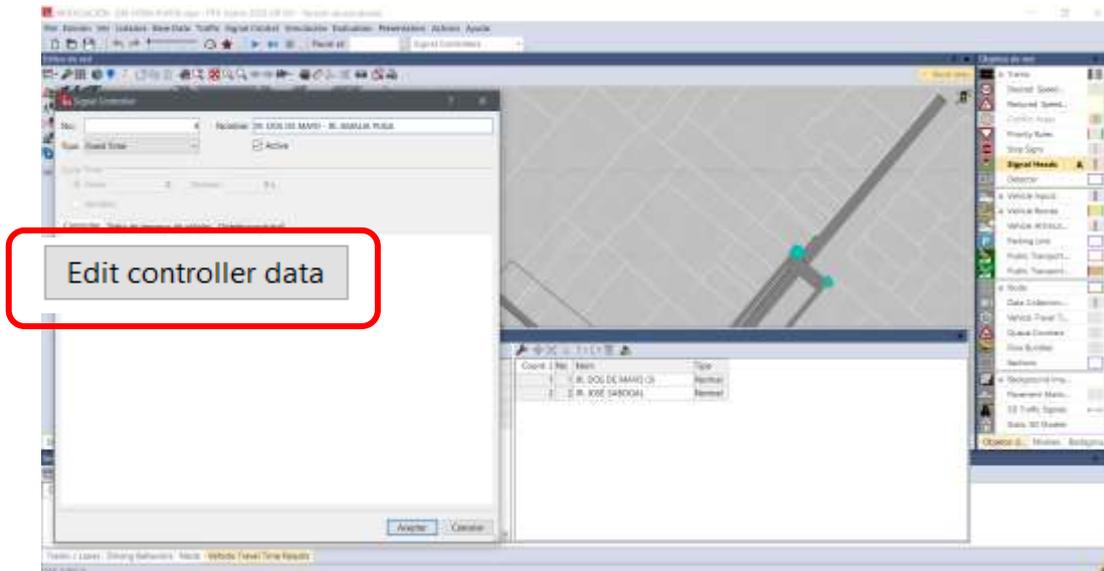
Figura 93: Creación de Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo



Habiendo seleccionado el símbolo del “más” nos aparece la siguiente ventana, en la cual ingresamos el nombre del semáforo, generalmente se coloca el nombre de los jirones que confluyen en la intersección, en este caso JR. DOS DE MAYO – JR. AMALIA PUGA.

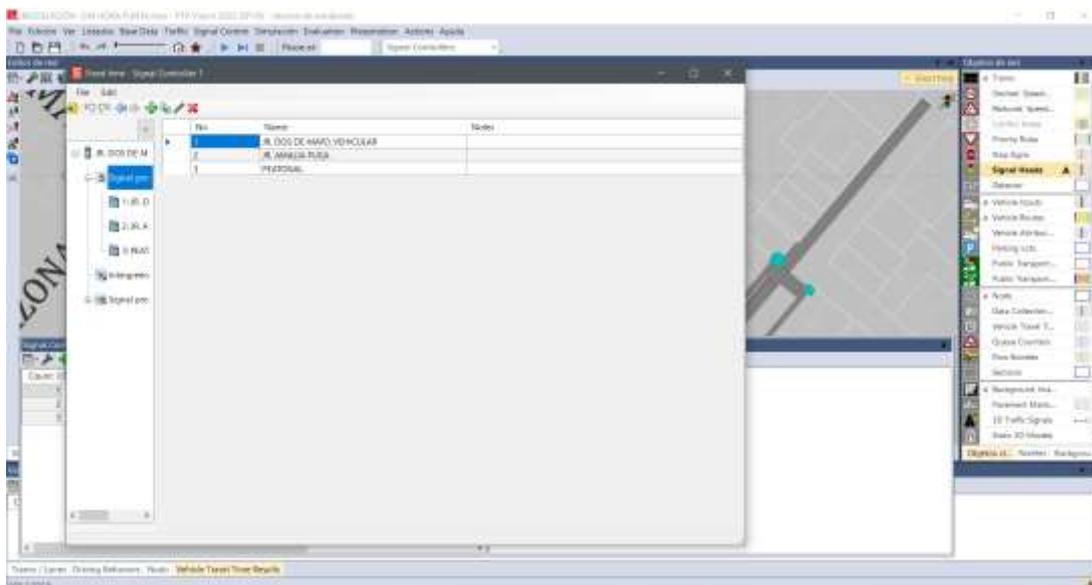
Luego hacemos clic en “Edit controller data” .

Figura 94: Edición de los Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo



Nos aparece la siguiente ventana, seleccionamos “Signal Groups” y haciendo clic en el símbolo “más” procedemos a agregar las fases del semáforo, con el nombre de las vías que confluyen en esta intersección.

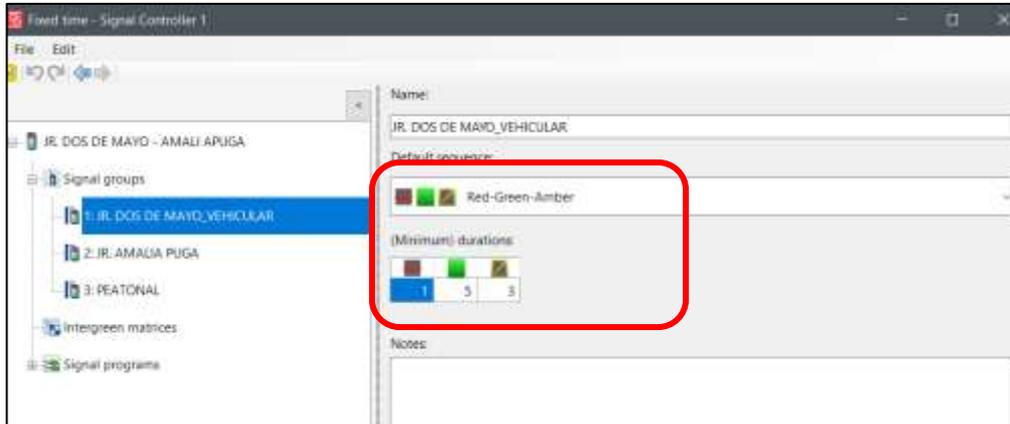
Figura 95. Creación de los grupos de señales para Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo



Luego damos clic en cada “Signal groups” que aparece debajo con los nombres ya creados y procedemos a seleccionar uno por uno. En la parte derecha seleccionamos los tiempos para los colores que se presentan en el semáforo, en este caso los semáforos presentes en las

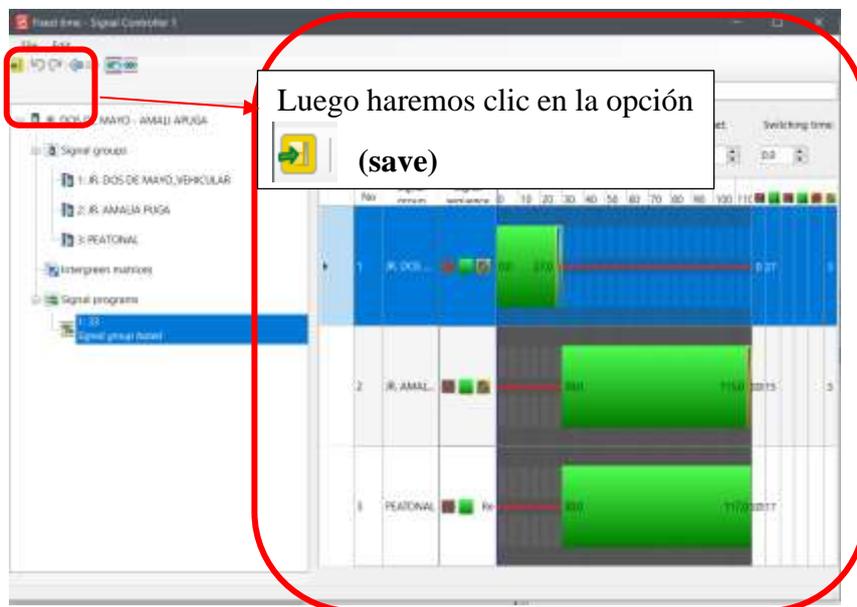
intersecciones en estudio, sólo tienen los tiempos para rojo-verde-amarillo, por ello seleccionamos la opción “Red-Green-Amber”, como se muestra.

Figura 96: Asignación de colores en los Reguladores Semafóricos en el Jr. Dos de Mayo



Habiendo sido asignados los 3 grupos de señales, seleccionamos la opción “Signal programs” y seleccionamos el símbolo “más”, nos aparece en el menú la opción “Signal group based”, sobre el cual damos clic y nos aparece en la parte derecha.

Figura 97: Asignación de la duración de los tiempos semafóricos en los Reguladores Semafóricos del Dos de Mayo – Amalia Puga.

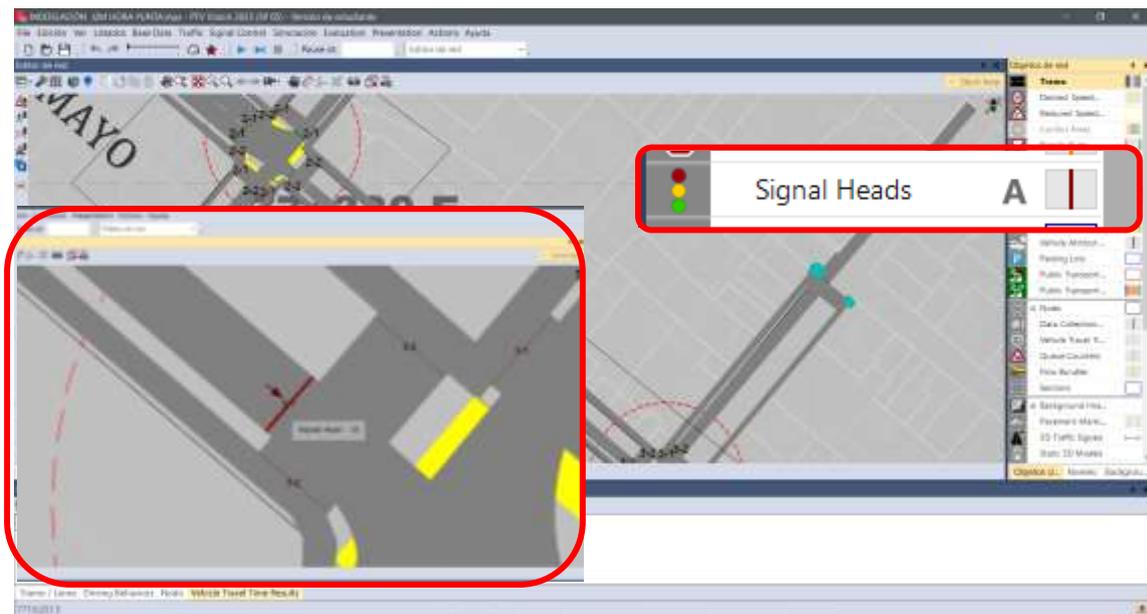


Procederemos a ingresar la duración del ciclo semafórico y la distribución de los tiempos para cada jirón en estudio, hacemos clic en “guardar” y cerramos la ventana.

Asignación de Reguladores Semafóricos

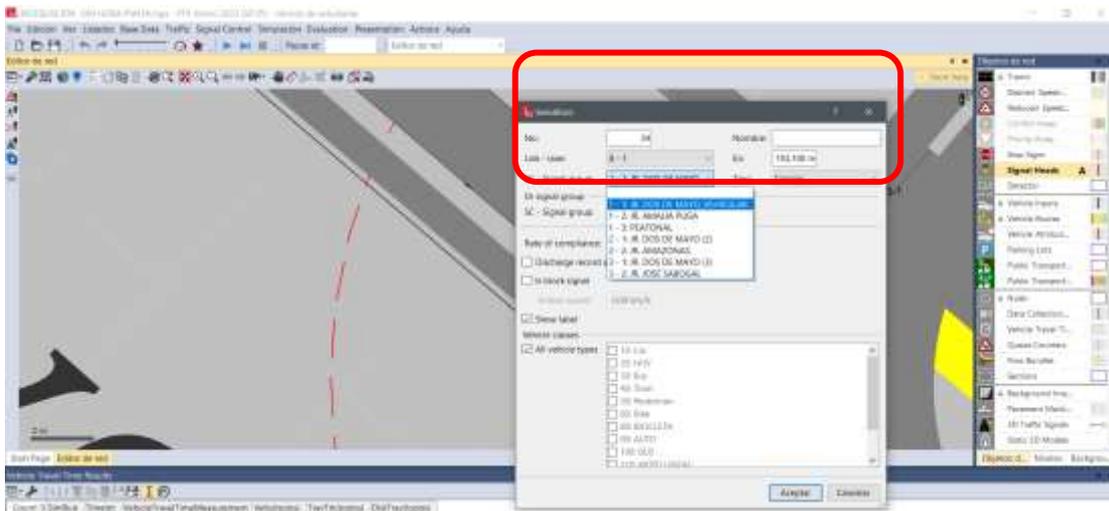
Una vez hayan sido creado los semáforos de cada intersección se procederá a asignarlos según corresponda. Para ello utilizamos la opción “Signal Heads” y vamos a la intersección para seleccionar una de las vías que confluye en ésta, con clic derecho seleccionamos la posición en la que colocaremos el semáforo.

Figura 98: Asignación de los reguladores semafóricos en el modelo, correspondiente al Jr. Dos de Mayo – Amalia Puga.



Luego de haber dado clic derecho para ubicar el semáforo nos aparecerá el siguiente cuadro, en donde elegiremos el nombre del “Signal Group” que le corresponde y clic en “Aceptar”

Figura 99: Asignación de los reguladores semafóricos según el grupo de señales que le corresponde.



Realizamos el mismo procedimiento para las vías que confluyen en las 06 intersecciones en estudio.

Zonas de conflicto

Las intersecciones en estudio presentan interacción entre el flujo vehicular y peatonal en zonas en las que el semáforo no tiene una función adecuada, generando zonas de conflicto, es decir áreas donde existe una gran posibilidad de un “choque” o “atropellamiento”. En el presente modelo, 100 áreas de conflicto fueron identificadas en el Jr. Dos de Mayo y 128 áreas de conflicto en el Jr. José Gálvez y de esta manera se indicó la prioridad de los links. Los peatones deberían considerarse usuarios más vulnerables por lo que tendrían permitido el pase, sin embargo, en la realidad se observó que los peatones no son tratados de esa manera

Figura 100. Zonas de conflicto - Jr. Dos de Mayo

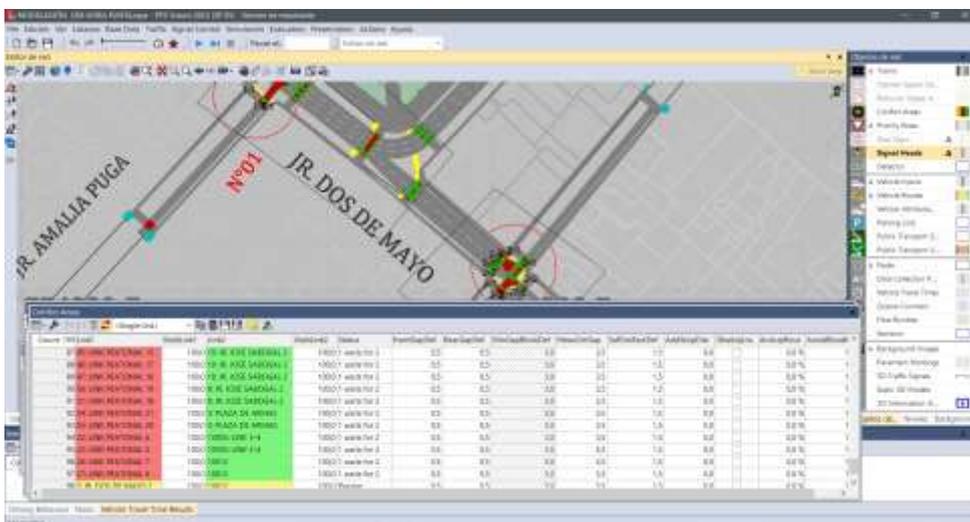
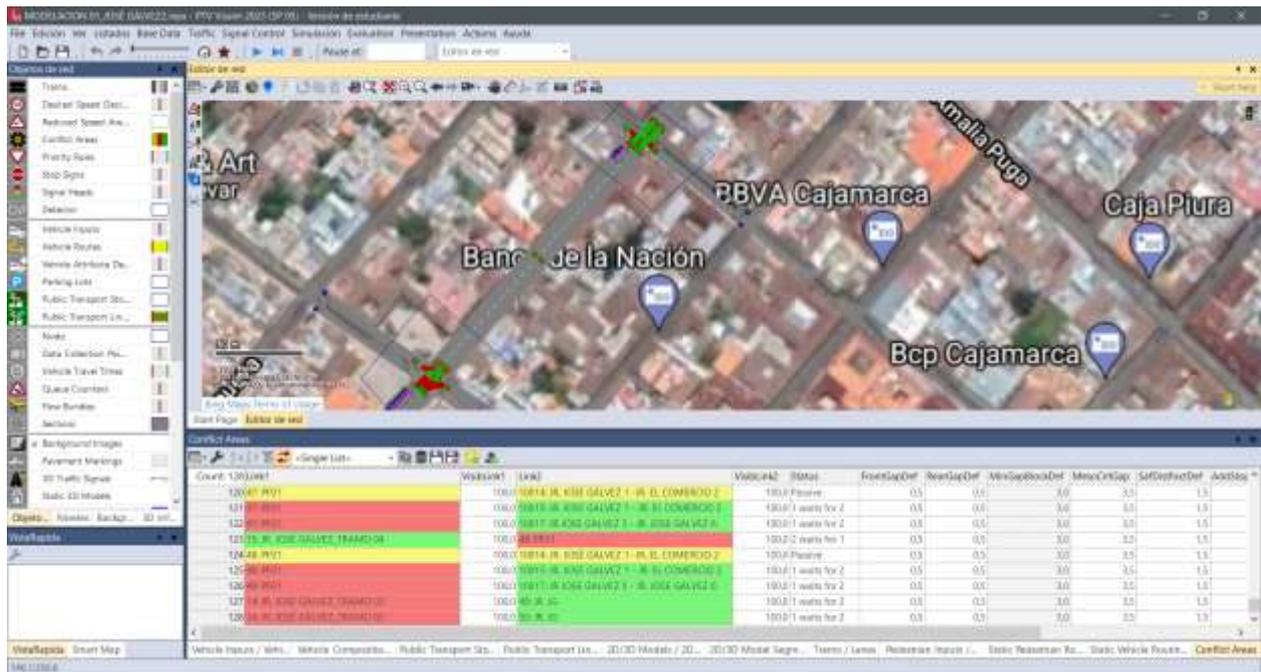


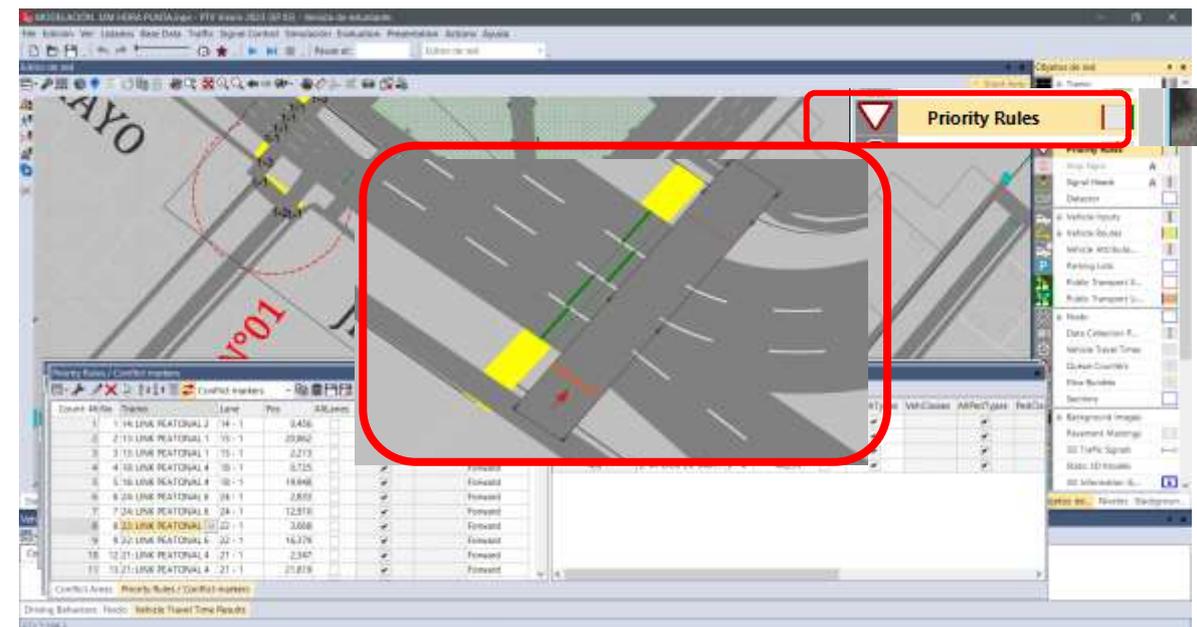
Figura 101. Zonas de conflicto - Jr. José Gálvez



Reglas de prioridad de paso

Teniendo en cuenta que en las intersecciones en estudio existen los giros a la derecha, izquierda y áreas en donde los vehículos se “chocaban” o no avanzaban durante la simulación, como consecuencia de la obstrucción por otro vehículo, se establecieron reglas de prioridad de paso.

Figura 102. Reglas de prioridad



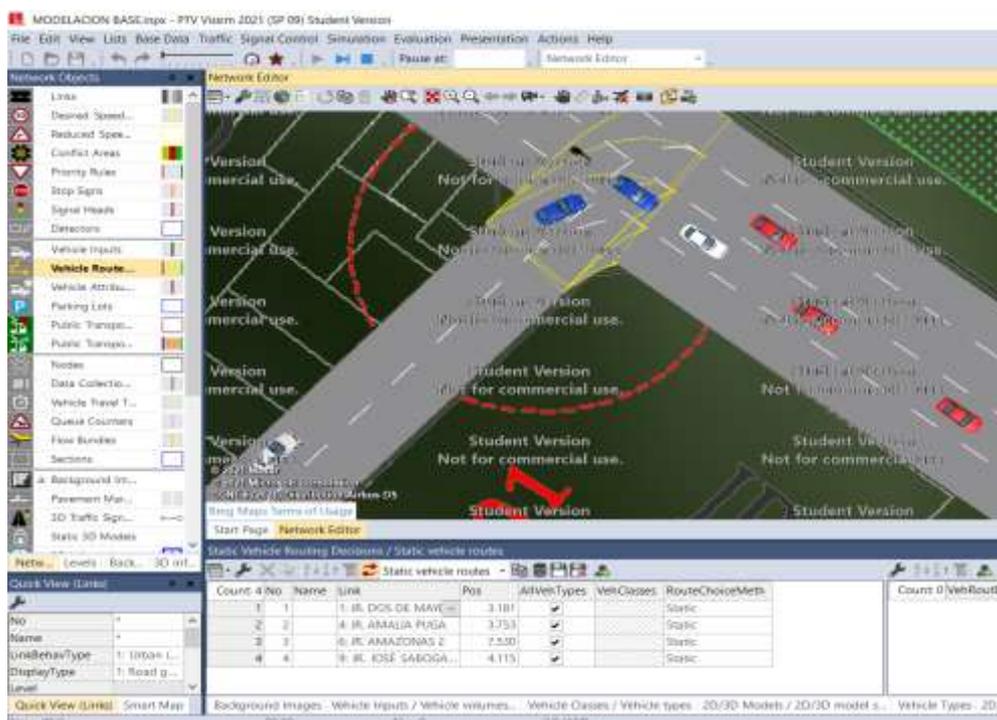
Las reglas de prioridad son mostradas como líneas, que indican la preferencia que tiene un vehículo sobre otro, la preferencia de un vehículo sobre el peatón o de ciclistas sobre peatones, teniendo en cuenta la situación observada en campo.

Verificación del modelo

Finalizada la construcción del modelo, se procedió a verificar el modelo. El primer paso fue verificar los datos de entrada y segundo la simulación del modelo, el cual debe ser similar a la situación presentada en campo.

Durante la corrida del modelo se observaron que los vehículos que se encontraban recorriendo el Jr. Dos de Mayo se “chocaban” con los vehículos que ingresaban por el Jr. Amazonas

Figura 103. Problema observado: reglas de prioridad en el Jr. Amazonas



5.1.4 Calibración del modelo vehicular

Para realizar la calibración del modelo, se procedió a establecer los parámetros de simulación y posteriormente los parámetros del comportamiento de los conductores.

5.1.4.2 Parámetros de Eficiencia Vehicular

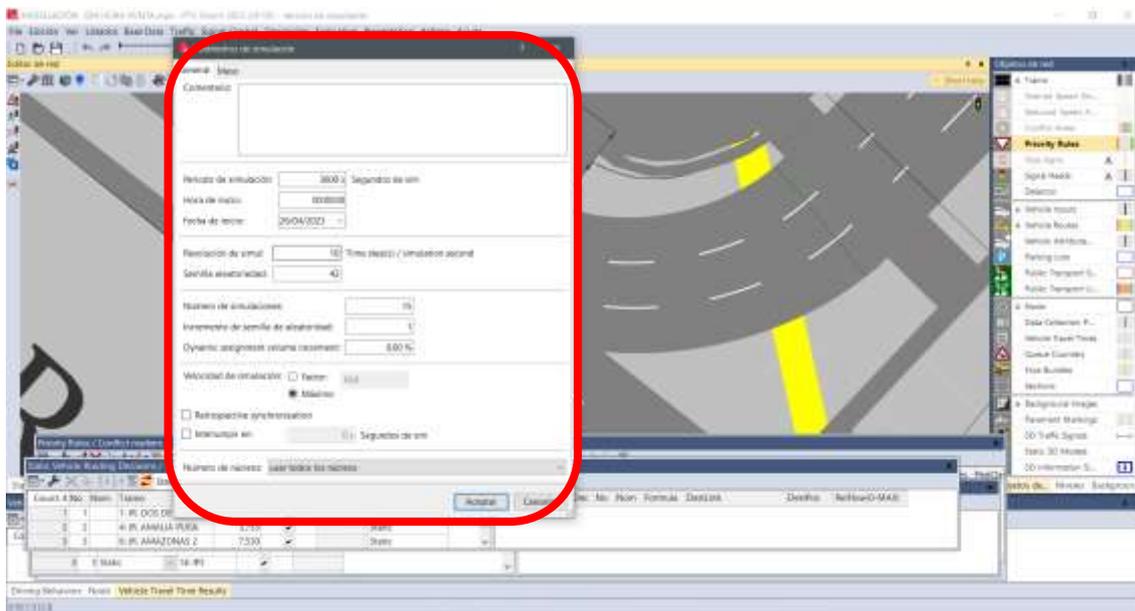
El parámetro de eficiencia a ser evaluado en el software fueron las demoras de los vehículos y peatones. Para ello, se utilizó la herramienta Nodes, procediéndose a dibujar un

Nodo por cada intersección semaforizada en estudio, es decir que en el Jirón Dos de Mayo se construyeron 3 nodos así como en el Jr. José Gálvez.

5.1.4.3 Parámetros de Simulación Vehicular

Para elaborar la simulación, los parámetros usados fueron: número semilla (Random Seed), número de corridas (Number of Runs), incremento del número semilla (Random Seed Increment) y velocidad de simulación (Simulation Speed). Como número de semilla se utilizó el proporcionado por el programa que es 42 con un incremento de 1 por corrida, para el número de corridas se calculó 15 como mínimo y la velocidad de simulación fue la máxima.

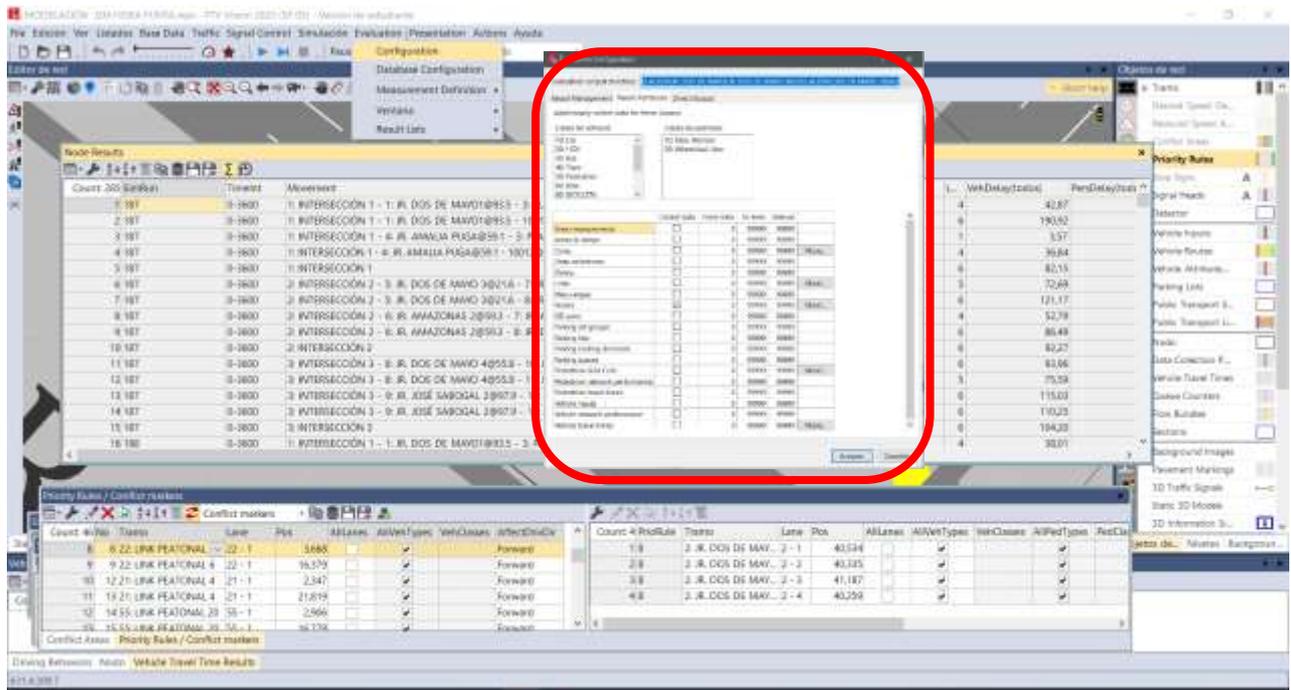
Figura 104. Parámetros de Simulación



5.1.4.4 Resultados de los vehículos

El modelo realizado fue calibrado utilizando la herramienta Nodes en cada intersección semaforizada en estudio. El tiempo total de la micro simulación se estableció en 900 segundos.

Figura 105. Atributos de los Resultados



5.1.5 Aplicación de la Norma HCM 2010

5.1.5.2 Determinación del Nivel de Servicio en las intersecciones en estudio mediante la norma HCM 2010.

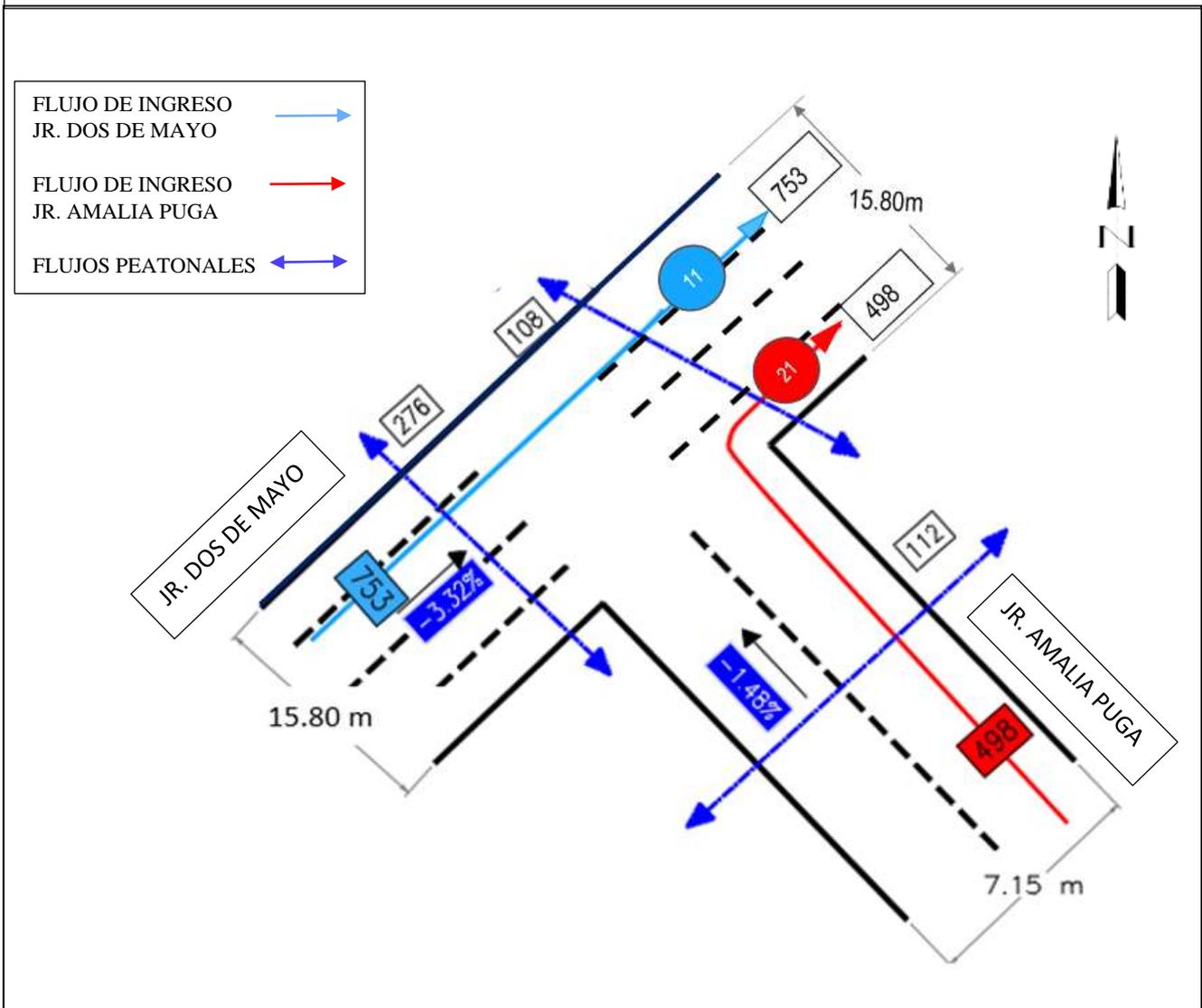
A través de esta metodología se determinaron las demoras en las 06 intersecciones semaforizadas consideradas en este estudio.

Intersección 01

1 Grupos de Movimiento y Grupos de carriles

INTERSECCION:	JR. DOS DE MAYO - JR. AMALIA PUGA	DISTRITO:	CAJAMARCA
FECHA:	16/03/2021	TURNO:	NOCHE
HORA PUNTA :	18:30 PM - 19:30 PM	DIA	MARTES

Figura 107: Flujos de ingreso – Intersección 01.



De la intersección, además tenemos:

- El F.H.P para cada acceso

Tabla 39: Factor Hora Pico – Intersección 01.

	11	21
	617	423.64
X4	630	442.28
F.H.P.	0.96	0.97

Fuente: Anexo Flujos Vehiculares (Modelación) - Intersección 01 (APÉNDICE 02)

- Existen buses de 1%, E = 3.0, en el flujo 22 de la imagen mostrada anteriormente.

- La INTERSECCIÓN está ubicada en el CENTRO DE LA CIUDAD (ZONA MONUMENTAL)

- La PENDIENTE en el sentido del FLUJO, de los accesos se muestran a continuación

Tabla 40: Pendiente Media – Intersección 01

Accesos	Pendiente media (S%)
Jr. Dos de Mayo Ingreso	-3.70%
Jr. Amalia Puga Ingreso	0.80%
Jr. Amalia Puga Salida	1.30%
Jr. Dos de Mayo Salida	-4.90%

- El ANCHO de los accesos se muestran a continuación

Tabla 41: Ancho de los accesos – Intersección 01

ACCESOS	ANCHO (m)	ANCHO POR CARRIL ()	ANCHO POR CARRIL (ft)	FACTOR AJUSTE (fw)
JR. DOS DE MAYO INGRESO	15.80	3.95	12.96	1.04
JR. AMALIA PUGA INGRESO	7.15	3.58	11.73	1.00
JR. DOS DE MAYO SALIDA	15.80	3.95	12.96	1.04

- Número de maniobras de estacionamiento

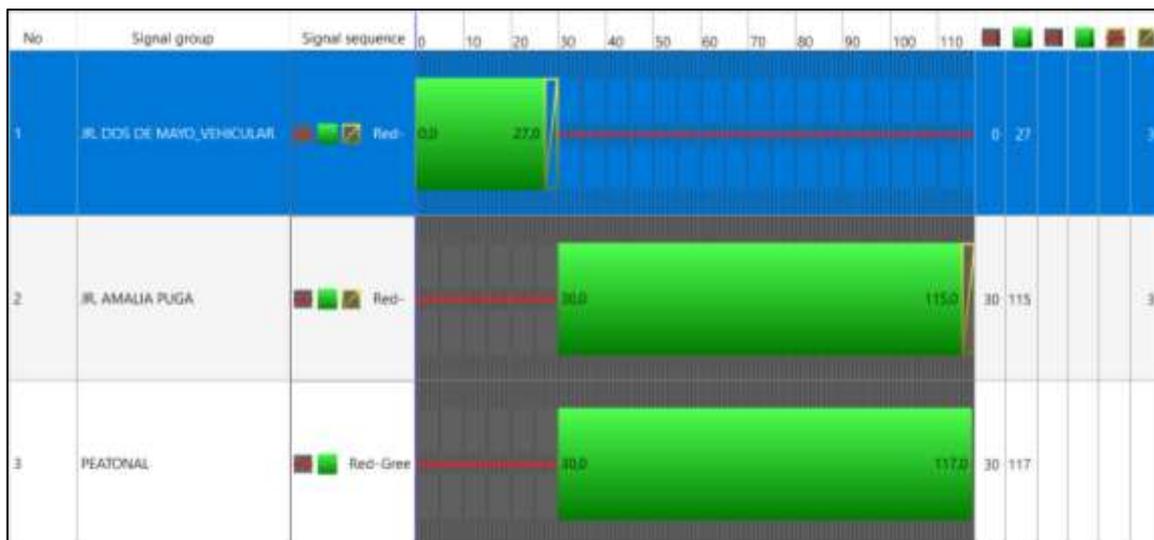
Tabla 42: Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 01

Accesos	N° Maniobras
Jr. Dos De Mayo Ingreso	32
Jr. Amalia Puga Salida	20

- NO existen ESTACIONAMIENTOS

- El SEMÁFORO en el JR DOS DE MAYO Y JR AMALIA PUGA tiene un ciclo de 118 seg y es de 2 FASES, distribuyéndose de la siguiente manera.

Figura 107: Ciclo Semafórico – Intersección N° 01



2. Determinación de la Oferta y Demanda.

Figura 108: Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 01

Determinamos la DEMANDA AJUSTADA

D derecha
I izquierda
F de frente

FASE*	ACCESO	CARRILES FUNCIONALES	MOVIMIENTO	VHMD	FHMD	TASA DE FLUJO q X MOVIMIENTO	q x carril	q x acceso	q x intersección	q X GM	q X GC
I	JR. DOS DE MAYO INGRESO	4	F	753	0.96	786	786	786	1300	786	786
II	JR. AMALIA PUGA INGRESO	2	D	498	0.97	514	514	514		514	514

Determinamos la OFERTA por GRUPOS DE MOVIMIENTO

FASE*	ACCESO	GM	N	So	fw	fHV	%g	%fg	fp	fb	fa	fLU	Flujo Opuesto	fRT
I	JR. DOS DE MAYO	1	4	1900	1.04	1.00	-0.04	1.00	0.94	1.00	0.90	1.00	514.00	1.00
II	JR. AMALIA PUGA	2	2	1900	1.00	0.98	0.01	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	786.00	0.85

fLT	fRPB	fLPB	S	Q	q	x por GM	x por acceso	x por intersección	C	Tpc	Yi	Y crítico fase	Xc de la intersección
0.95	1.00	0.49	776.00	711.00	786.00	1.11	1.11	0.85	118	6	0.25	0.25	0.96
									118	6			
1.00	0.61	1.00	779.00	1123.00	514.00	0.46	0.46		118	6	0.66	0.66	
									118	6			

Nota. (*): Las fases I y II forman el ciclo del semáforo que se encuentra en esta intersección. Cada una de estas fases controlan los movimientos de cada una de las vías que confluyen en la intersección, según se indica en el cuadro

3. Determinación de las demoras Vehiculares

Figura 109: Demoras Vehiculares – Intersección N° 01

Periodo	Flujo Ingreso DOS DE MAYO	Flujo Ingreso AMALIA PUGA	Flujo	x DOS DE MAYO = Q/c	x AMALIA PUGA = Q/c	d1 DOS DE MAYO (s)	d1 AMALIA PUGA (s)	d2 DOS DE MAYO (s)	d2 AMALIA PUGA (s)	dtotal DOS DE MAYO (s)	dtotal AMALIA PUGA (s)	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. DOS DE MAYO	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. AMALIA PUGA
18:30-18:45	768	520	1288	1.0802	1.0400	45.5000	16.5000	57.4834	51.0214	102.9834	67.5214	F	E
18:45-19:00	752	496	1248	1.0577	0.9920	45.5000	16.1669	50.0324	38.3283	95.5324	54.4952	F	D
19:00-19:15	748	484	1232	1.0520	0.9680	45.5000	15.2436	48.2550	33.0492	93.7550	48.2928	F	D
19:15-19:30	744	484	1228	1.0464	0.9680	45.5000	15.2436	46.5148	33.0492	92.0148	48.2928	F	D

	N° CARRILES	s	g (s)	C (s)	c
JR DOS DE MAYO	4	776.00	27	118	711
JR AMALIA PUGA	2	693.00	85	118	500

Además, Qb para el prime periodo = 0

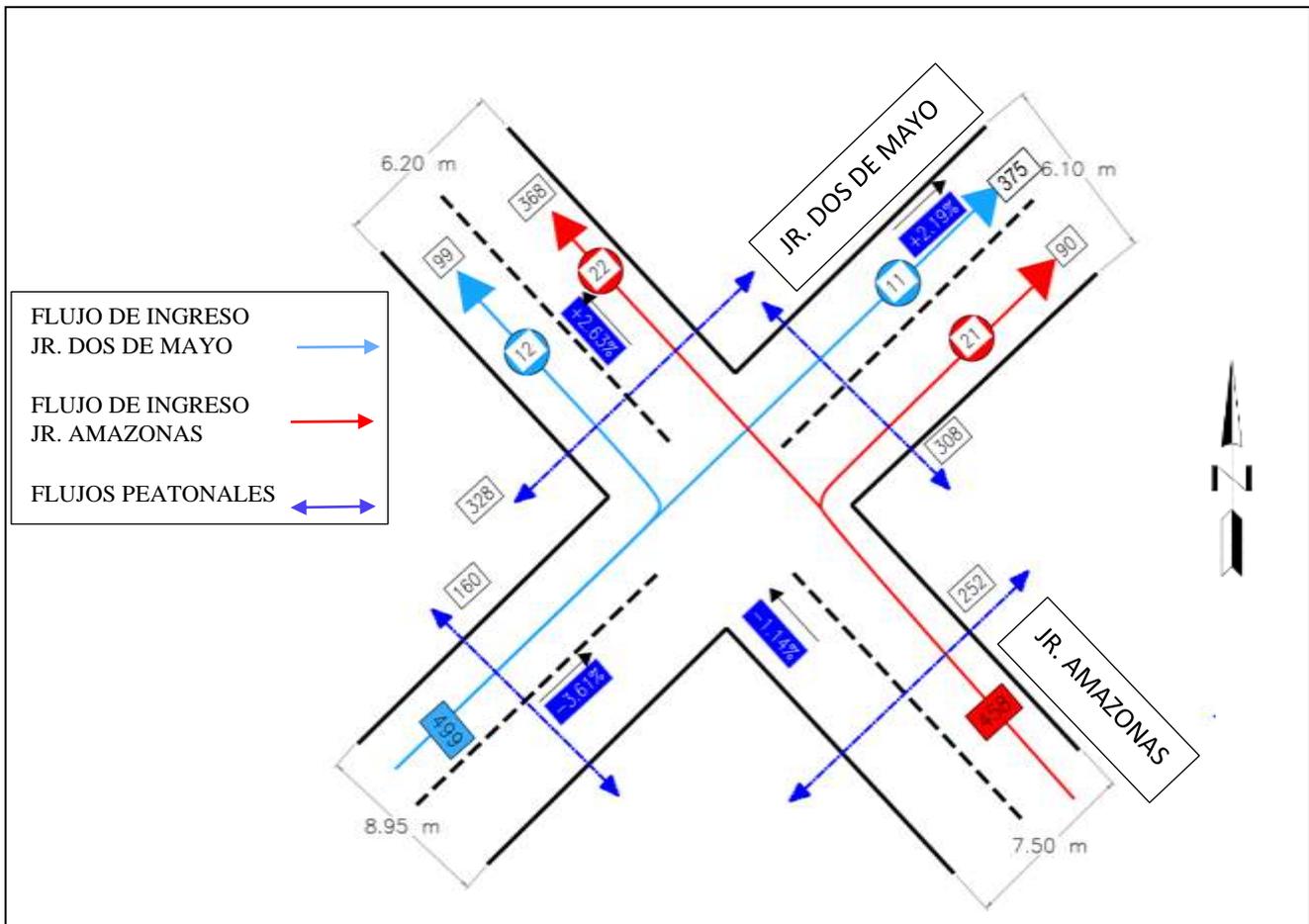
NIVEL DE SERVICIO	DEMORA TOTAL (s)
A	≤ 10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

Intersección 02

1 Determinar los Grupos de Movimiento y Grupos de carriles

INTERSECCION:	JR. DOS DE MAYO - JR. AMAZONAS	DISTRITO:	CAJAMARCA
FECHA:	16/03/2021	TURNO:	NOCHE
HORA PUNTA :	18:30 PM - 19:30 PM	DIA	MARTES

Figura 111: Flujos de ingreso – Intersección N° 02



De la intersección, además tenemos:

- El F.H.P para cada acceso

Tabla 43: Factor Hora Pico – Intersección 02

	11	12	21	22
	307.33	82.25	65.88	295.65
X4	314.32	85.24	69.2	299.64
F.H.P.	0.98	0.96	0.95	0.99

- **No Existen buses.**

- **La INTERSECCIÓN está ubicada en el CENTRO DE LA CIUDAD (ZONA MONUMENTAL)**

- **La PENDIENTE en el sentido del FLUJO, de los accesos se muestran a continuación**

Tabla 44: Pendiente Media – Intersección 02

ACCESOS	PENDIENTE MEDIA (S%)
JR. DOS DE MAYO INGRESO	-3.61%
JR. AMAZONAS INGRESO	1.14%
JR. AMAZONAS SALIDA	2.63%
JR. DOS DE MAYO SALIDA	-2.19%

- **El ANCHO de los accesos se muestran a continuación**

Tabla 45: Ancho de los accesos – Intersección 02

ACCESOS	ANCHO (m)	ANCHO POR CARRIL (m)	ANCHO POR CARRIL (ft)	FACTOR AJUSTE (fw)
JR. DOS DE MAYO INGRESO	8.95	4.48	14.68	1.04
JR. AMAZONAS INGRESO	7.50	3.75	12.30	1.00
JR. AMAZONAS SALIDA	6.20	3.10	10.17	1.00
JR. DOS DE MAYO SALIDA	6.10	3.05	10.01	1.00

- **Número de maniobras de estacionamiento**

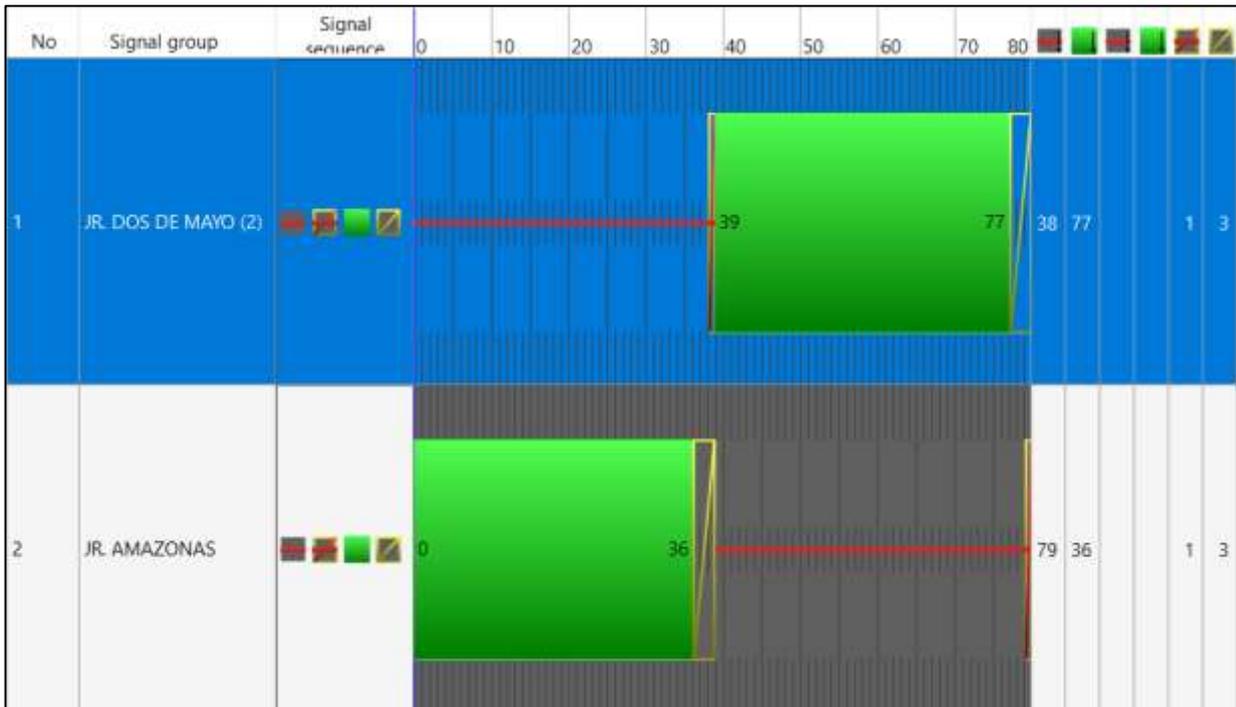
Tabla 46: Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 02

Accesos	N° Maniobras
Jr. Dos De Mayo Ingreso	20
Jr. Amazonas Salida	4

- SI existen ESTACIONAMIENTOS

- El SEMÁFORO en la Intersección 02 tiene un ciclo de 80 seg y es de 2 FASES, distribuyéndose de la siguiente manera.

Figura 112: Ciclo Semafórico – Intersección N° 02



2. Determinación de la Oferta y Demanda

Figura 113: Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 02

Determinamos la DEMANDA AJUSTADA

D derecha
I izquierda
F de frente

FASE *	ACCESO	CARRILES FUNCIONALES	MOVIMIENTO	VHMD	FHMD	TASA DE FLUJO q X MOVIMIENTO	q x carril	q x acceso	q x intersección	q X GM	q X GC
I	JR. DOS DE MAYO INGRESO	2	I	99	0.96	103	487	487	955	487	487
			F	375	0.98	384					
II	JR. AMAZONAS INGRESO	2	D	90	0.95	95	468	468		468	468
			F	368	0.99	373					

Determinamos la OFERTA por GRUPOS DE MOVIMIENTO

FASE *	ACCESO	GM	N	So	fw	f HV	%g	%fg	fp	fbb	fa	fLU	Flujo Opuesto	fRT
I	JR. DOS DE MAYO	1	2	1900	1.04	1.00	-3.6%	1.00	0.90	1.00	0.90	1.00	468.00	1.00
II	JR. AMAZONAS	2	1	1900	1.00	1.00	1.9%	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	487.00	0.85

fLT	fRPB	fLPB	S	Q	q	x por GM	x por acceso	x por intersección	C	Tpc	Yi	Y critico fase	Xc de la intersección
0.95	1.00	0.30	457.00	435.00	487.00	1.12	1.12	0.85	80	6	0.53	0.53	1.13
									80	6			
1.00	0.63	1.00	910.00	819.00	468.00	0.57	0.57		80	6	0.51	0.51	
									80	6			

Nota. (*): Las fases I y II forman el ciclo del semáforo que se encuentra en esta intersección. Cada una de estas fases controlan los movimientos de cada una de las vías que confluyen en la intersección, según se indica en el cuadro

Figura 113: Demoras Vehiculares – Intersección N° 02

Periodo	Flujo Ingreso JOSÉ GÁLVEZ	Flujo Ingreso EL COMERCIO	Flujo	x JOSÉ GÁLVEZ = Q/c	x EL COMERCIO = Q/c	d1 JOSÉ GÁLVEZ (s)	d1 EL COMERCIO (s)	d2 JOSÉ GÁLVEZ (s)	d2 EL COMERCIO (s)	dtotal JOSÉ GÁLVEZ (s)	dtotal EL COMERCIO (s)	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. JOSÉ GÁLVEZ	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. EL COMERCIO
18:30-18:45	336	452	788	0.3788	0.5693	24.8886	11.3857	1.2320	2.9512	26.1206	14.3369	C	B
18:45-19:00	356	464	820	0.4014	0.5844	25.1020	11.5480	1.3537	3.1350	26.4557	14.6830	C	B
19:00-19:15	344	444	788	0.3878	0.5592	24.9735	11.2799	1.2797	2.8353	26.2532	14.1152	C	B
19:15-19:30	340	464	804	0.3833	0.5844	24.9310	11.5480	1.2557	3.1350	26.1867	14.6830	C	B

	N° CARRILES	s	g (s)	C (s)	c
JR JOSÉ GÁLVEZ	2	1344.00	32	97	887
JR EL COMERCIO	2	1304.00	59	97	794

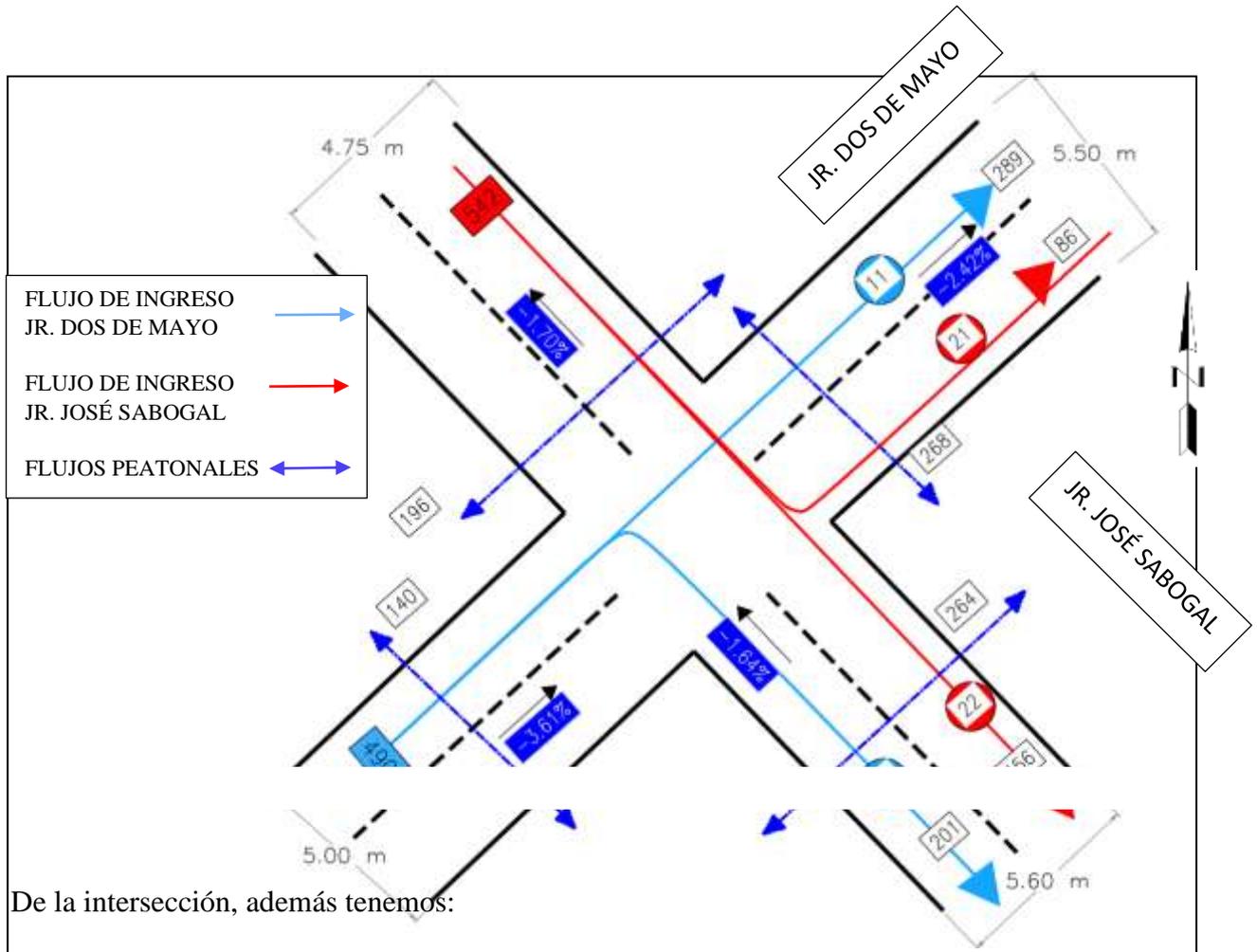
Además, Qb para el prime periodo = 0

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA TOTAL (s)
A	≤ 10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

Intersección 03

1 Determinar los Grupos de Movimiento y Grupos de carriles

Figura 115: Flujos de ingreso – Intersección N° 03



- El F.H.P para cada acceso

Tabla 47: Factor Hora Pico – Intersección 03

	11	12	21	22
	178	251	86	456
X4	141.82	214.15	73.94	351.47
F.H.P.	0.80	0.85	0.86	0.77

Fuente: Anexo Flujos Vehiculares (Modelación) - Intersección 03 (APÉNDICE 02)

- Sí Existen buses, en el Ingreso JOSÉ SABOGAL

- La INTERSECCIÓN está ubicada en el CENTRO DE LA CIUDAD (ZONA MONUMENTAL)

- La PENDIENTE en el sentido del FLUJO, de los accesos se muestran a continuación

Tabla 48: Pendiente Media – Intersección 03

Accesos	Pendiente Media (S%)
Jr. Dos De Mayo Ingreso	-3.61%
Jr. José Sabogal Ingreso	-1.70%
Jr. José Sabogal Salida	-1.64%
Jr. Dos De Mayo Salida	-2.42%

- El ANCHO de los accesos se muestran a continuación

Tabla 49: Ancho de los accesos – Intersección 03

ACCESOS	ANCHO (m)	ANCHO POR CARRIL ()	ANCHO POR CARRIL (ft)	FACTOR AJUSTE (fw)
JR. DOS DE MAYO INGRESO	5.00	2.50	8.20	1.04
JR. JOSÉ SABOGAL INGRESO	5.60	2.80	9.19	1.00
JR. JOSÉ SABOGAL SALIDA	4.75	2.38	7.79	1.00
JR. DOS DE MAYO SALIDA	5.50	2.75	9.02	1.00

- Número de maniobras de estacionamiento

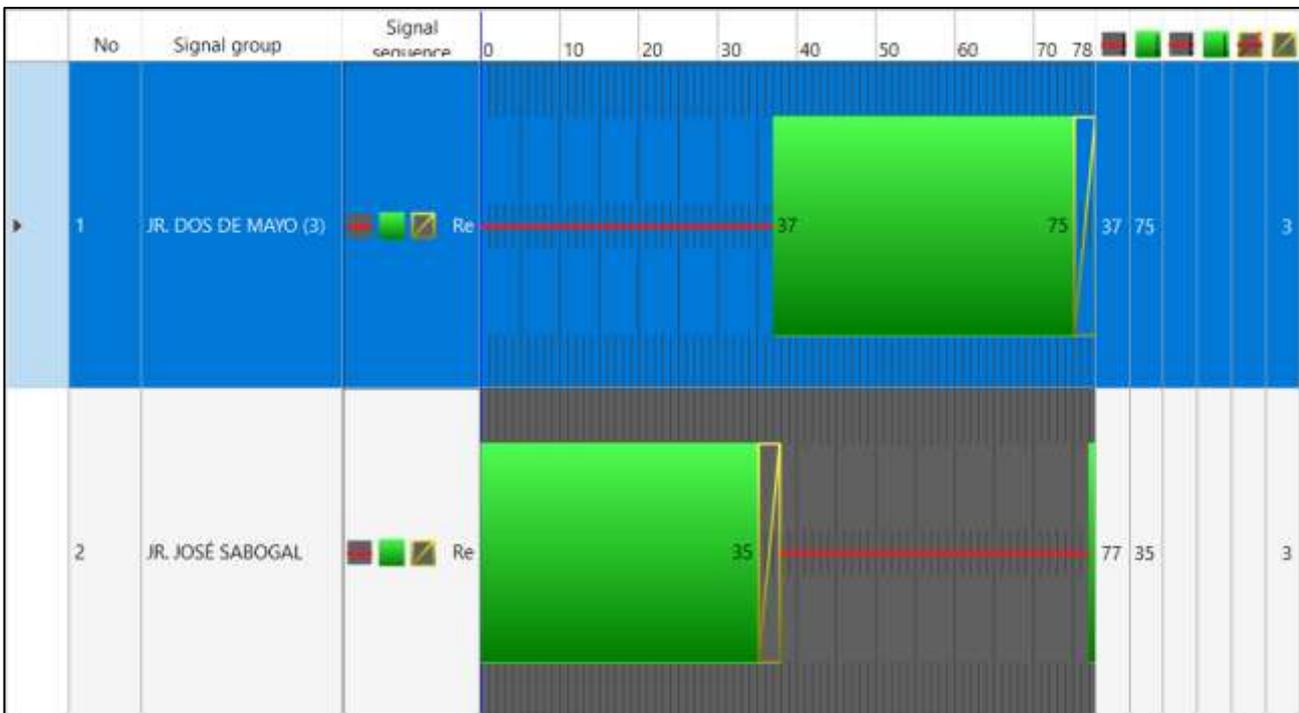
Tabla 50: Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 03

Accesos	N° Maniobras
Jr. Dos De Mayo Ingreso	4

- SI existen ESTACIONAMIENTOS

- El SEMÁFORO en el JR DOS DE MAYO Y JR AMAZONAS tiene un ciclo de 78 seg y es de 2 FASES, distribuyéndose de la siguiente manera.

Figura 116: Ciclo Semafórico – Intersección N° 03



2. Determinación de la Oferta y Demanda

Figura 116: Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 03

Determinamos la DEMANDA AJUSTADA

D derecha
I izquierda
F de frente

FASE	ACCESO	CARRILES FUNCIONALES	MOVIMIENTO	VHMD	FHMD	TASA DE FLUJO q X MOVIMIENTO	q x carril	q x acceso	q x intersección	q X GM	q X GC
I	JR. DOS DE MAYO INGRESO	2	D	201	0.85	236	599	599	1292	599	599
			F	289	0.80	363					
II	JR. JOSÉ SABOGAL INGRESO	2	I	86	0.86	101	693	693		693	693
			F	456	0.77	592					

Determinamos la OFERTA por GRUPOS DE MOVIMIENTO

FASE	ACCESO	GM	N	So	fw	fHV	%g	%fg	fp	fb	fa	fLU	Flujo Opuesto	fRT
I	JR. DOS DE MAYO	1	1	1900	1.04	1.00	-4.08	1.02	0.94	1.00	0.90	1.00	693.00	0.85
II	JR. JOSÉ SABOGAL	2	1	1900	1.00	0.98	-1.57	1.01	1.00	1.00	0.90	1.00	599.00	1.00

fLT	fRPB	fLPB	S	Q	q	x por GM	x por acceso	x por intersección	C	Tpc	Yi	Y crítico fase	Xc de la intersección
1.00	0.60	1.00	873.00	851.00	599.00	0.70	0.70	0.70	78	4	0.69	0.69	1.40
									78	4			
									78	4	0.64	0.64	
									78	4			
0.95	1.00	0.67	1082.00	999.00	693.00	0.69	0.69						

Nota. (*): Las fases I y II forman el ciclo del semáforo que se encuentra en esta intersección. Cada una de estas fases controlan los movimientos de cada una de las vías que confluyen en la intersección, según se indica en el cuadro

3. Determinación de las demoras

Figura 117: Demoras Vehiculares – Intersección N° 03

Periodo	Flujo Ingreso DOS DE MAYO	Flujo Ingreso JOSÉ SABOGAL	Flujo	x DOS DE MAYO = Q/c	x JOSÉ SABOGAL = Q/c	d1 DOS DE MAYO (s)	d1 JOSÉ SABOGAL(s)	d2 DOS DE MAYO (s)	d2 JOSÉ SABOGAL(s)	dtotal DOS DE MAYO (s)	dtotal JOSÉ SABOGAL(s)	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. DOS DE MAYO	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. JOSÉ SABOGAL
18:30-18:45	440	552	992	1.1028	1.1040	20.0000	21.0000	75.7817	71.7326	95.7817	92.7326	F	F
18:45-19:00	424	536	960	1.0627	1.0720	20.0000	21.0000	62.6366	60.9111	82.6366	81.9111	F	F
19:00-19:15	424	536	960	1.0627	1.0720	20.0000	21.0000	62.6366	60.9111	82.6366	81.9111	F	F
19:15-19:30	428	544	972	1.0727	1.0880	20.0000	21.0000	65.8009	66.2177	85.8009	87.2177	F	F

	N° CARRILES	s	g (s)	C (s)	c
JR DOS DE MAYO	1	817.00	38	78	399
JR JOSÉ SABOGAL	1	1082.00	36	78	500

Además, Qb para el prime periodo = 0

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA TOTAL (s)
A	≤ 10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

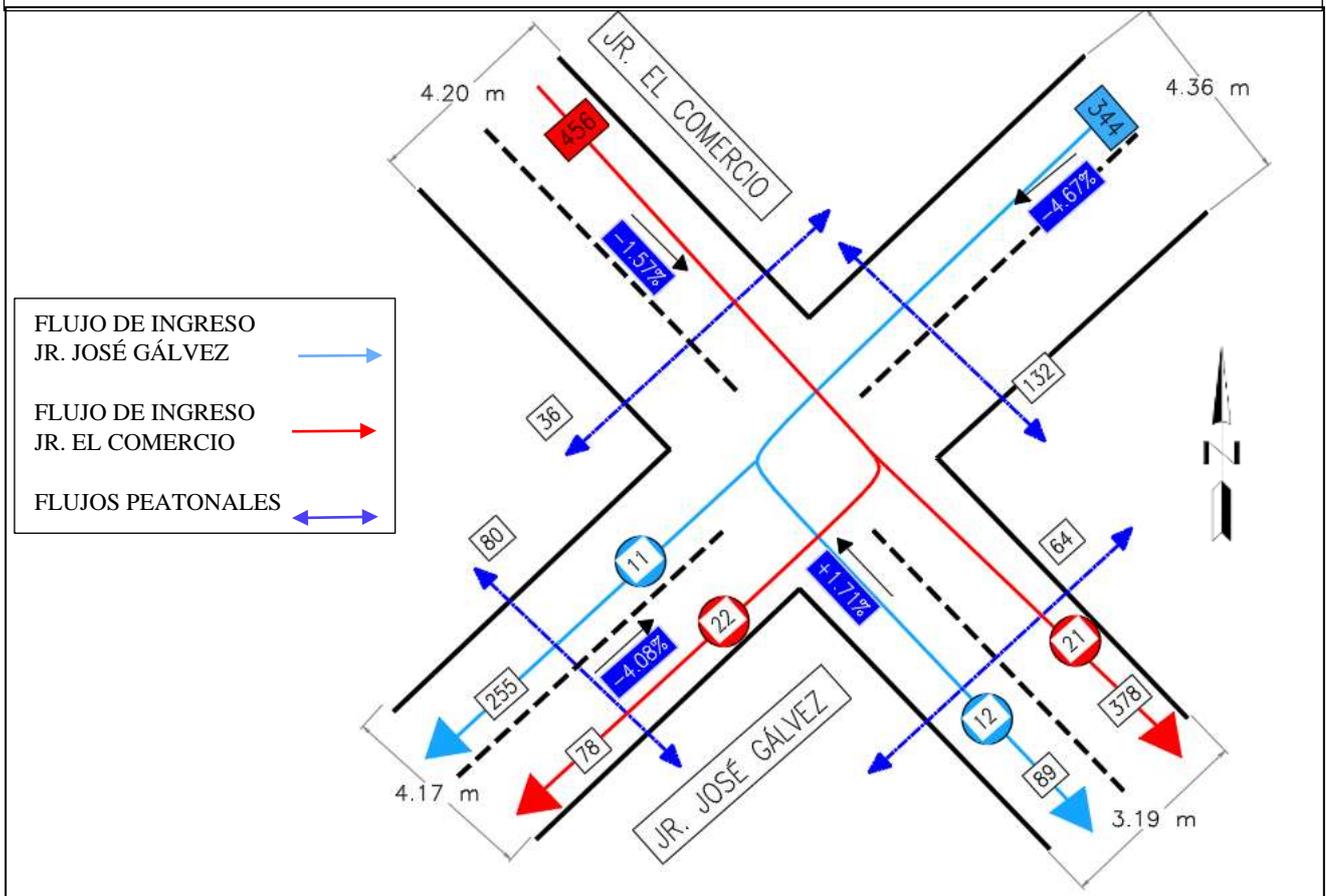
5.1.1.1 Determinación del Nivel de Servicio en las intersecciones del Jr.

José Gálvez mediante la norma HCM 2010.

1 Determinar los Grupos de Movimiento y Grupos de carriles

INTERSECCION:	JR. JOSÉ GÁLVEZ - JR. EL COMERCIO	DISTRITO:	CAJAMARCA
FECHA:	16/03/2021	TURNO:	NOCHE
HORA PUNTA :	18:30 PM - 19:30 PM	DIA	MARTES

Figura 119: Flujos de ingreso – Intersección N° 04



De la intersección, además tenemos:

- El F.H.P para cada acceso

Tabla 51: Factor Hora Pico – Intersección 04

	11	12	21	22
	255	89	378	78
X4	229.12	80.12	311.31	61.81
F.H.P.	0.90	0.90	0.82	0.79

Fuente: Anexo Flujos Vehiculares (Modelación) - Intersección 04 (APÉNDICE 02)

- No existen buses.

- La INTERSECCIÓN está ubicada en el CENTRO DE LA CIUDAD (ZONA MONUMENTAL)

- La PENDIENTE en el sentido del FLUJO, de los accesos se muestran a continuación

Tabla 52: Pendiente Media – Intersección 04.

ACCESOS	PENDIENTE MEDIA (S%)
JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	3.80%
JR. EL COMERCIO INGRESO	-1.57%
JR. EL COMERCIO SALIDA	-5.50%
JR. JOSÉ GÁLVEZ SALIDA	4.10%

- El ANCHO de los accesos se muestran a continuación

Tabla 53: Ancho de los accesos – Intersección 04

ACCESOS	ANCHO (m)	ANCHO POR CARRIL ()	ANCHO POR CARRIL (ft)	FACTOR AJUSTE (fw)
JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	4.36	2.18	7.15	0.96
JR. EL COMERCIO INGRESO	4.20	2.10	6.89	0.96
JR. EL COMERCIO SALIDA	3.19	1.60	5.23	0.96
JR. JOSÉ GÁLVEZ SALIDA	4.17	2.09	6.84	0.96

- Número de maniobras de estacionamiento

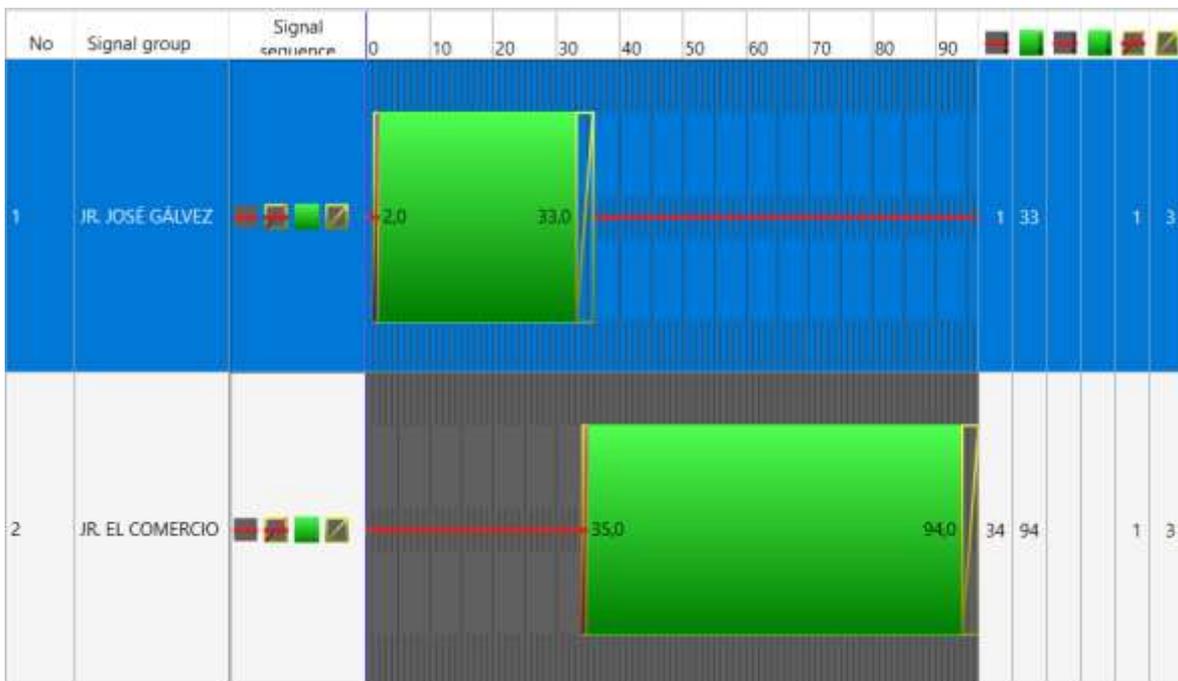
Tabla 54: Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 04

ACCESOS	N° Maniobras
JR. JOSÉ GÁLVEZ SALIDA	12

- NO existen ESTACIONAMIENTOS

- El SEMÁFORO en el JR JOSÉ GÁLVEZ Y JR EL COMERCIO tiene un ciclo de 97 seg y es de 2 FASES, distribuyéndose de la siguiente manera. (Figura 117)

Figura 120: Ciclo Semafórico – Intersección N° 04



2. Determinación de la Oferta y Demanda

Figura 120: Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 04

Determinamos la DEMANDA AJUSTADA

D derecha
I izquierda
F de frente

FASE	ACCESO	CARRILES FUNCIONALES	MOVIMIENTO	VHMD	FHMD	TASA DE FLUJO q X MOVIMIENTO	q x carril	q x acceso	q x intersección	q X GM	q X GC
I	JR. JOSE GÁLVEZ INGRESO	2	I	89	0.90	99	383	383	956	383	383
			F	255	0.90	284					
II	JR. EL COMERCIO INGRESO	2	D	78	0.82	95	573	573		573	573
			F	378	0.79	478					

Determinamos la OFERTA por GRUPOS DE MOVIMIENTO

FASE	ACCESO	GM	N	So	fw	fHV	%g	%fg	fp	fb	fa	fLU	Flujo Opuesto	fRT
I	JR. JOSE GÁLVEZ INGRESO	1	2	1900	0.96	1.00	0.04	1.00	0.92	1.00	0.90	1.00	573.00	1.00
II	JR. EL COMERCIO INGRESO	2	1	1900	0.96	1.00	-0.02	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	383.00	0.85

fLT	fRPB	fLPB	S	Q	q	x por GM	x por acceso	x por intersección	C	Tpc	Yi	Y crítico fase	Xc de la intersección
0.95	1.00	0.94	1344.00	887.00	383.00	0.43	0.43	0.39	97	6	0.28	0.28	0.77
									97	6			
1.00	0.93	1.00	1304.00	1587.00	573.00	0.36	0.36		97	6	0.44	0.44	
									97	6			

Nota. (*): Las fases I y II forman el ciclo del semáforo que se encuentra en esta intersección. Cada una de estas fases controlan los movimientos de cada una de las vías que confluyen en la intersección, según se indica en el cuadro

3. Determinación de las demoras

Figura 121. Demoras Vehiculares – Intersección N° 04

Para estimar las demoras, se procederá a estimar d1, d2, y d3 para los grupos de carriles para cada uno de los cuartos de hora de la hora de máxima demanda

Periodo	Flujo Ingreso JOSÉ GÁLVEZ	Flujo Ingreso EL COMERCIO	Flujo	x JOSÉ GÁLVEZ = Q/c	x EL COMERCIO = O = Q/c	d1 JOSÉ GÁLVEZ (s)	d1 EL COMERCIO (s)	d2 JOSÉ GÁLVEZ (s)	d2 EL COMERCIO (s)	dtotal JOSÉ GÁLVEZ (s)	dtotal EL COMERCIO (s)	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. JOSÉ GÁLVEZ	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. EL COMERCIO
18:30-18:45	336	452	788	0.3788	0.5693	24.8886	11.3857	1.2320	2.9512	26.1206	14.3369	C	B
18:45-19:00	356	464	820	0.4014	0.5844	25.1020	11.5480	1.3537	3.1350	26.4557	14.6830	C	B
19:00-19:15	344	444	788	0.3878	0.5592	24.9735	11.2799	1.2797	2.8353	26.2532	14.1152	C	B
19:15-19:30	340	464	804	0.3833	0.5844	24.9310	11.5480	1.2557	3.1350	26.1867	14.6830	C	B

	N° CARRILES	s	g (s)	C (s)	c
JR JOSÉ GÁLVEZ	2	1344.00	32	97	887
JR EL COMERCIO	2	1304.00	59	97	794

Además, Qb para el prime periodo = 0

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA TOTAL (s)
A	≤ 10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

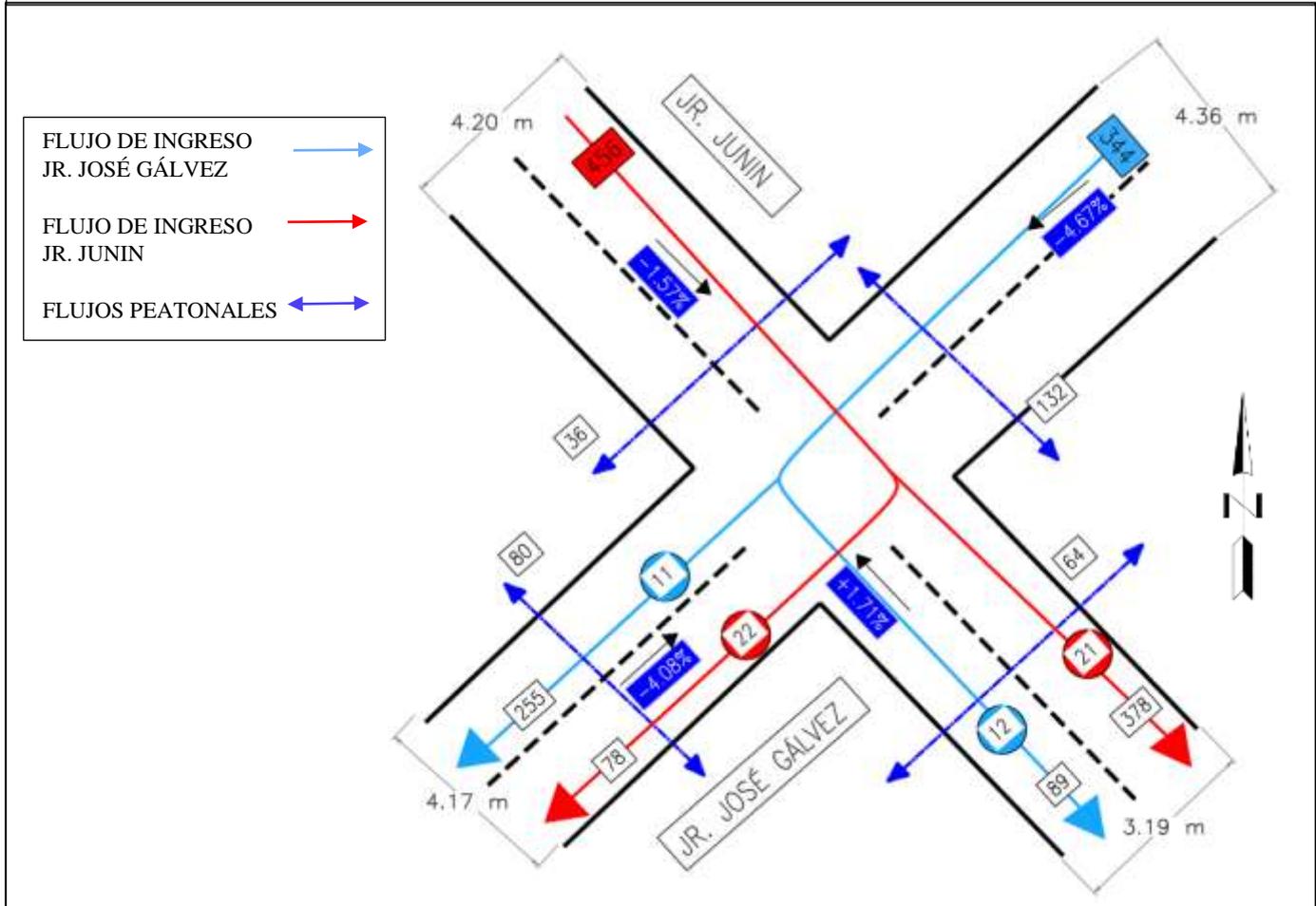
Intersección 05

1

Determinar los Grupos de Movimiento y Grupos de carriles

INTERSECCION:	JR. JOSÉ GÁLVEZ - JR. JUNIN	DISTRITO:	CAJAMARCA
FECHA:	16/03/2021	TURNO:	NOCHE
HORA PUNTA :	06:00 - 06:15 PM	DIA:	MARTES

Figura 123: Flujos de ingreso – Intersección N° 05



De la intersección, además tenemos:

- El F.H.P para cada acceso

Tabla 55: Factor Hora Pico – Intersección 05

	11	12	21	22
	326.09	65.66	135.44	35.05
X4	343.24	68.32	144.6	39.96
F.H.P.	0.95	0.96	0.94	0.88

Fuente: Anexo Flujos Vehiculares (Modelación) - Intersección 05 (APÉNDICE 02)

- Existen buses de 7%, E = 3.0, en el flujo 11 de la imagen mostrada anteriormente.

- La INTERSECCIÓN está ubicada en el CENTRO DE LA CIUDAD (ZONA MONUMENTAL)

- La PENDIENTE en el sentido del FLUJO, de los accesos se muestran a continuación

Tabla 56: Pendiente Media – Intersección 05

Accesos	Pendiente Media (S%)
Jr. José Gálvez Ingreso	6.20%
Jr. Junín Ingreso	7.60%
Jr. Junín Salida	2.10%
Jr. José Gálvez Salida	8.00%

- El ANCHO de los accesos se muestran a continuación

Tabla 57: Ancho de los accesos – Intersección 05

ACCESOS	ANCHO (m)	ANCHO POR CARRIL (m)	ANCHO POR CARRIL (ft)	FACTOR AJUSTE (fw)
JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	5.08	1.27	4.17	0.96
JR. JUNIN INGRESO	3.56	1.78	5.84	0.96
JR. JUNIN SALIDA	6.20	1.55	5.09	0.96
JR. JOSÉ GÁLVEZ SALIDA	5.64	1.88	6.17	0.96

- Número de maniobras de estacionamiento

Tabla 58: Número de maniobras de estacionamiento – Intersección 05

Accesos	N° Maniobras
Jr. José Gálvez Ingreso	12

NO existen ESTACIONAMIENTOS

- El SEMÁFORO en la Intersección 05 un ciclo de 70 seg y es de 2 FASES, distribuyéndose de la siguiente manera (Figura 106)

Figura 124: Ciclo Semafórico – Intersección N° 05

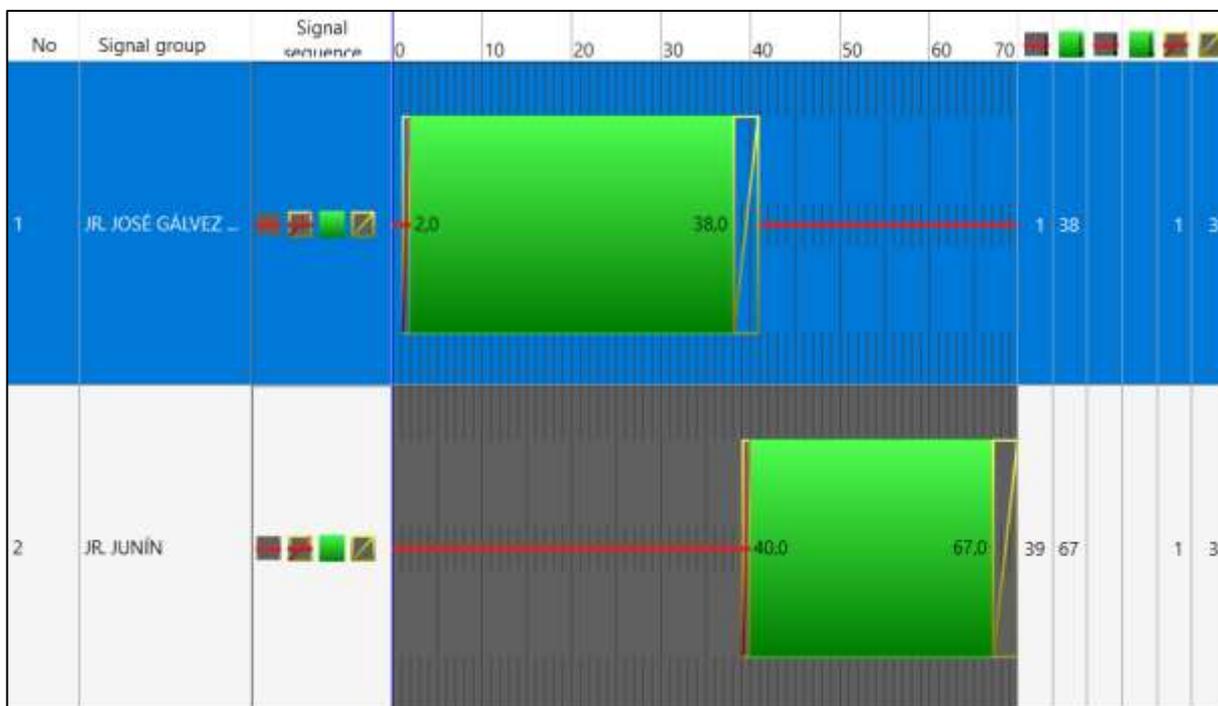


Figura 124: Demoras Vehiculares –Intersección N° 05

Determinamos la DEMANDA AJUSTADA

D derecha
I izquierda
F de frente

FASE*	ACCESO	CARRILES FUNCIONALES	MOVIMIENTO	VHMD	FHMD	TASA DE FLUJO q X MOVIMIENTO	q x carril	q x acceso	q x intersección	q X GM	q X GC
I	JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	2	D	73	0.96	76	350	350	604	350	350
			F	260	0.95	274					
II	JR. JUNIN INGRESO	1	I	49	0.94	53	254	254		254	254
			F	176	0.88	201					

Determinamos la OFERTA por GRUPOS DE MOVIMIENTO

FASE*	ACCESO	GM	N	So	fw	f HV	%g	%fg	fp	fbb	fa	fLU	Flujo Opuesto	fRT
I	JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	1	1	1900	0.96	0.88	0.06	1.00	0.92	1.00	0.90	1.00	254.00	0.85
II	JR. JUNIN INGRESO	2	2	1900	0.96	1.00	0.08	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	350.00	1.00

flT	fRPB	fLPB	S	Q	q	x por GM	x por acceso	x por intersección	C	Tpc	Yi	Y critico fase	Xc de la intersección
1.00	0.81	1.00	914.00	1019.00	350.00	0.34	0.34	0.40	70	4	0.38	0.38	0.60
									70	4			
0.95	1.00	0.90	1408.00	544.00	254.00	0.47	0.47		70	4	0.18	0.18	
									70	4			

Nota. (*): Las fases I y II forman el ciclo del semáforo que se encuentra en esta intersección. Cada una de estas fases controlan los movimientos de cada una de las vías que confluyen en la intersección, según se indica en el cuadro

Figura 125: Demoras Vehiculares – Intersección N° 05

Periodo	Flujo Ingreso JOSÉ GÁLVEZ	Flujo Ingreso JUNIN	Flujo	x JOSÉ GÁLVEZ = Q/c	x JUNIN = Q/c	d1 JOSÉ GÁLVEZ (s)	d1 JUNIN (s)	d2 JOSÉ GÁLVEZ(s)	d2 JUNIN (s)	dtotal JOSÉ GÁLVEZ(s)	dtotal JUNIN (s)	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. JOSÉ GÁLVEZ	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. JUNIN
18:30-18:45	392	228	620	0.3847	0.4191	8.7368	15.7539	1.1000	2.3660	9.8368	18.1199	A	B
18:45-19:00	416	244	660	0.4082	0.4485	8.8852	15.9700	1.2131	2.6626	10.0983	18.6326	B	B
19:00-19:15	392	220	612	0.3847	0.4044	8.7368	15.6480	1.1000	2.2282	9.8368	17.8762	A	B
19:15-19:30	388	208	596	0.3808	0.3824	8.7126	15.4919	1.0820	2.0334	9.7946	17.5253	A	B

	N° CARRILES	s	g (s)	C (s)	c
JR JOSÉ GÁLVEZ	2	914.00	39	70	1019
JR JUNIN	2	1408.00	27	70	544

Además, Qb para el prime periodo = 0

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA TOTAL (s)
A	≤ 10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

Intersección 06

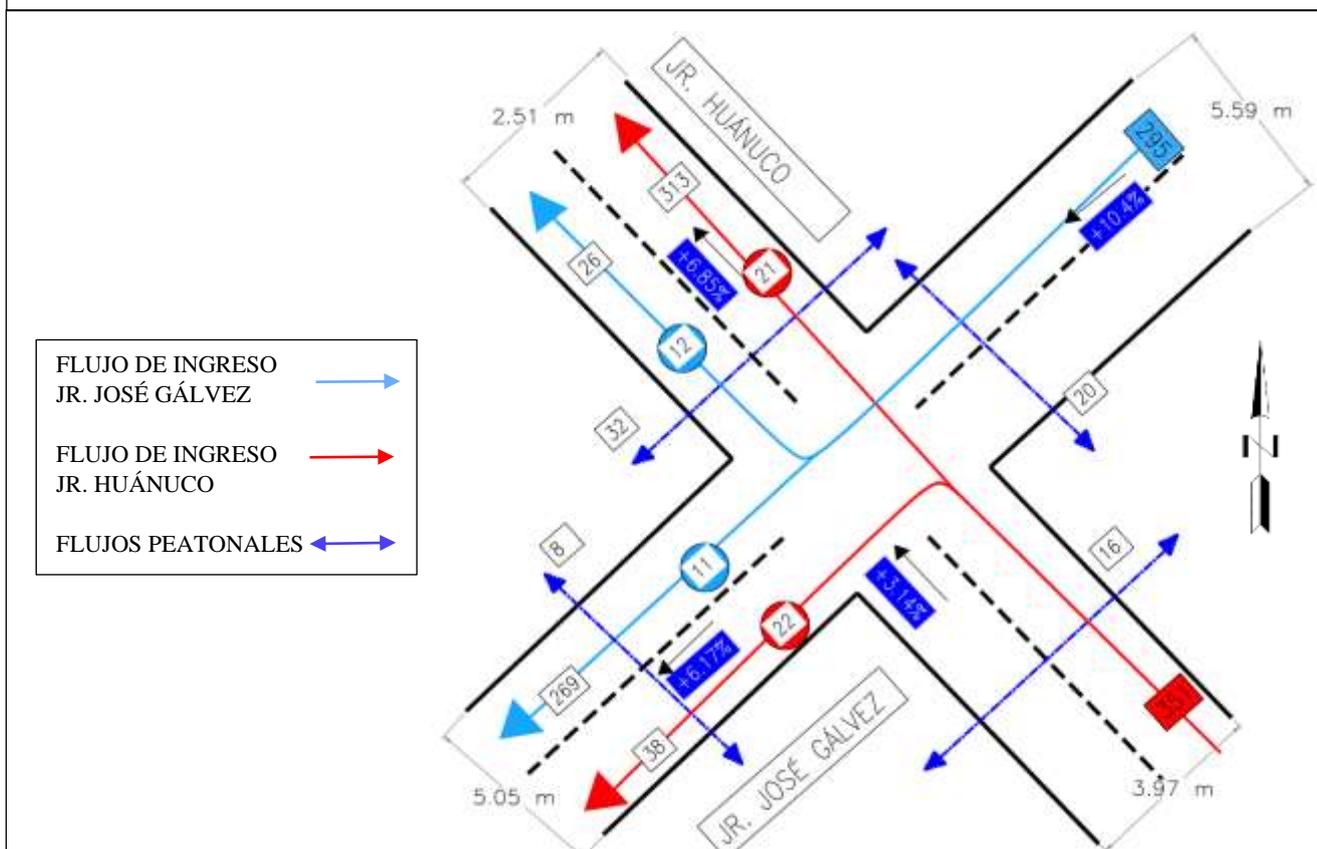
Determinar los Grupos de Movimiento y Grupos de carriles

(Figura 109)

1

INTERSECCION:	JR. JOSÉ GALVEZ - JR. HUÁNUCO	DISTRITO:	CAJAMARCA
FECHA:	16/03/2021	TURNO:	NOCHE
HORA PUNTA :	06:00 - 06:15 PM	DIA:	MARTES

Figura 127: Flujos de ingreso – Intersección N° 06



De la intersección, además tenemos:

- El F.H.P para cada acceso

Tabla 59: Factor Hora Pico – Intersección 06

	11	12	21	22
X4	320	31	180	22
	304.07	24.16	140.31	18.14
F.H.P.	0.95	0.78	0.78	0.82

Fuente: Anexo Flujos Vehiculares (Modelación) - Intersección 06 (APÉNDICE 02)

- Existen buses de 5%, E = 3.0, en el flujo 11 de la imagen mostrada anteriormente.
- La INTERSECCIÓN está ubicada en el CENTRO DE LA CIUDAD (ZONA MONUMENTAL)
- La PENDIENTE en el sentido del FLUJO, de los accesos se muestran a continuación

Tabla 60: Pendiente Media – Intersección 06

ACCESOS	PENDIENTE MEDIA (S%)
JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	10.40%
JR. HUÁNUCO INGRESO	3.14%
JR. HUÁNUCO SALIDA	6.85%
JR. JOSÉ GÁLVEZ SALIDA	6.17%

- El ANCHO de los accesos se muestran a continuación

Tabla 61: Ancho de los accesos – Intersección 06

ACCESOS	ANCHO (m)	ANCHO POR CARRIL ()	ANCHO POR CARRIL (ft)	FACTOR AJUSTE (fw)
JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	5.59	1.40	4.58	0.96
JR. HUÁNUCO INGRESO	3.97	1.99	6.51	0.96
JR. HUÁNUCO SALIDA	2.51	0.63	2.06	0.96
JR. JOSÉ GÁLVEZ SALIDA	5.05	1.68	5.52	0.96

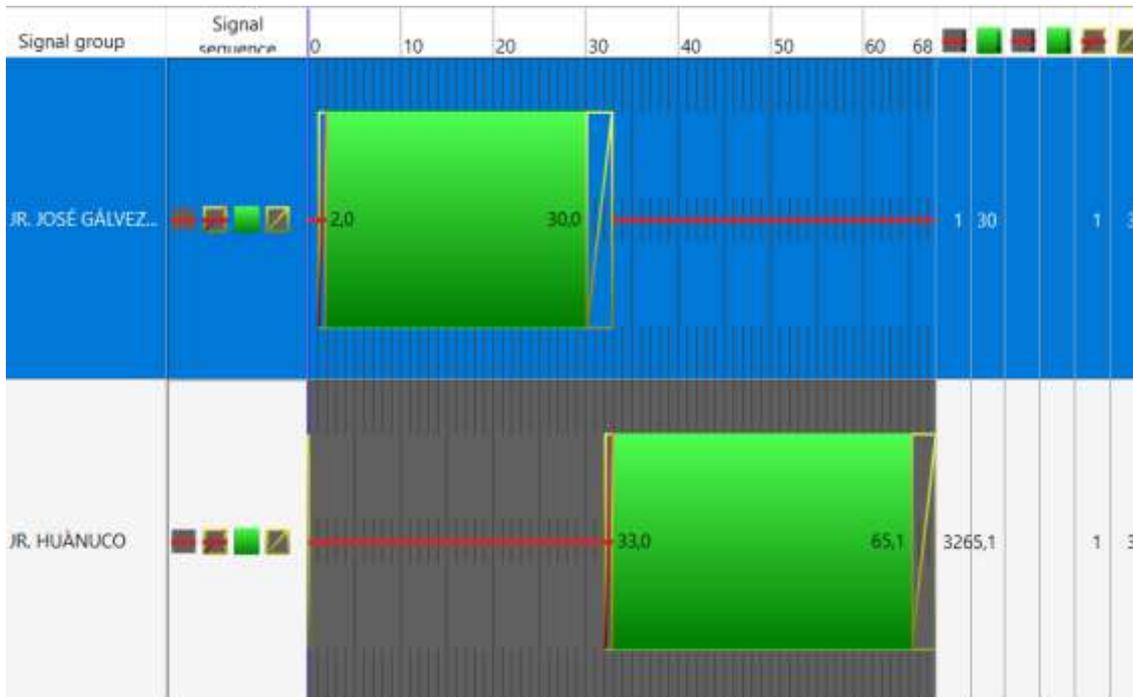
- Número de maniobras de estacionamiento

Tabla 62: Número de maniobras de estacionamiento – Jr. José Gálvez y Jr. Huánuco

Accesos	N° Maniobras
Jr. José Gálvez Ingreso	8

- NO existen ESTACIONAMIENTOS
- El SEMÁFORO en la INTERSECCIÓN 06 tiene un ciclo de 68 seg y es de 2 FASES, distribuyéndose de la siguiente manera

Figura 128: Ciclo Semafórico – Intersección N° 06



2. Determinación de la Oferta y Demanda

Figura 128: Determinación de la Oferta y Demanda - Intersección N° 06

Determinamos la DEMANDA AJUSTADA

D derecha
I izquierda
F de frente

FASE*	ACCESO	CARRILES FUNCIONALES	MOVIMIENTO	VHMD	FHMD	TASA DE FLUJO q X MOVIMIENTO	q x carril	q x acceso	q x intersección	q X GM	q X GC
I	JR. JOSÉ GÁLVEZ INGRESO	2	D	26	0.78	34	318	318	747	318	318
			F	269	0.95	284					
II	JR. HUÁNUCO INGRESO	2	I	38	0.78	49	429	429		429	429
			F	313	0.82	380					

Determinamos la OFERTA por GRUPOS DE MOVIMIENTO

FASE*	ACCESO	GM	N	So	fw	fHV	%g	%fg	fp	fb	fa	fLU	Flujo Opuesto	fRT
I	JR. JOSE GÁLVEZ INGRESO	1	1	1900	0.96	0.91	8.29	0.96	0.93	1.00	0.90	1.00	429.00	0.85
II	JR. HUÁNUCO INGRESO	2	1	1900	0.96	1.00	4.50	0.98	1.00	1.00	0.90	1.00	318.00	1.00

fLT	fRPB	fLPB	S	Q	q	x por GM	x por acceso	x por intersección	C	Tpc	Yi	Y crítico fase	Xc de la intersección
1.00	0.71	1.00	805.00	711.00	318.00	0.45	0.45	0.36	68	4	0.40	0.40	0.72
0.95	1.00	0.99	1512.00	1424.00	429.00	0.30	0.30		68	4			
									68	4	0.28	0.28	
									68	4			

Nota. (*): Las fases I y II forman el ciclo del semáforo que se encuentra en esta intersección. Cada una de estas fases controlan los movimientos de cada una de las vías que confluyen en la intersección, según se indica en el cuadro

3. Determinación de las demoras

Figura 129: Demoras Vehiculares – Intersección N° 06

Para estimar las demoras, se procederá a estimar d1, d2, y d3 para los grupos de carriles para cada uno de los cuartos de hora de la hora de máxima demanda

Periodo	Flujo Ingreso JOSÉ GÁLVEZ	Flujo Ingreso HUÁNUCO	Flujo	x JOSÉ GÁLVEZ = Q/c	x HUÁNUCO = Q/c	d1 JOSÉ GÁLVEZ (s)	d1 HUÁNUCO (s)	d2 JOSÉ GÁLVEZ(s)	d2 HUÁNUCO (s)	dtotal JOSÉ GÁLVEZ(s)	dtotal HUÁNUCO (s)	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. JOSÉ GÁLVEZ	NIVEL DE SERVICIABILIDAD JR. HUÁNUCO
18:30-18:45	87	49	136	0.4888	0.2753	13.5365	10.9476	9.2925	3.7969	22.8291	14.7445	C	B
18:45-19:00	91	55	146	0.5112	0.3090	13.7098	11.1508	10.1124	4.4579	23.8222	15.6087	C	B
19:00-19:15	86	49	135	0.4831	0.2753	13.4939	10.9476	9.0970	3.7969	22.5910	14.7445	C	B
19:15-19:30	87	49	136	0.4888	0.2753	13.5365	10.9476	9.2925	3.7969	22.8291	14.7445	C	B

	N° CARRILES	s	g (s)	C (s)	c
JR JOSÉ GÁLVEZ	2	201.25	30	68	178
JR. HUÁNUCO	1	378.00	32	68	178

Además, Qb para el prime periodo = 0

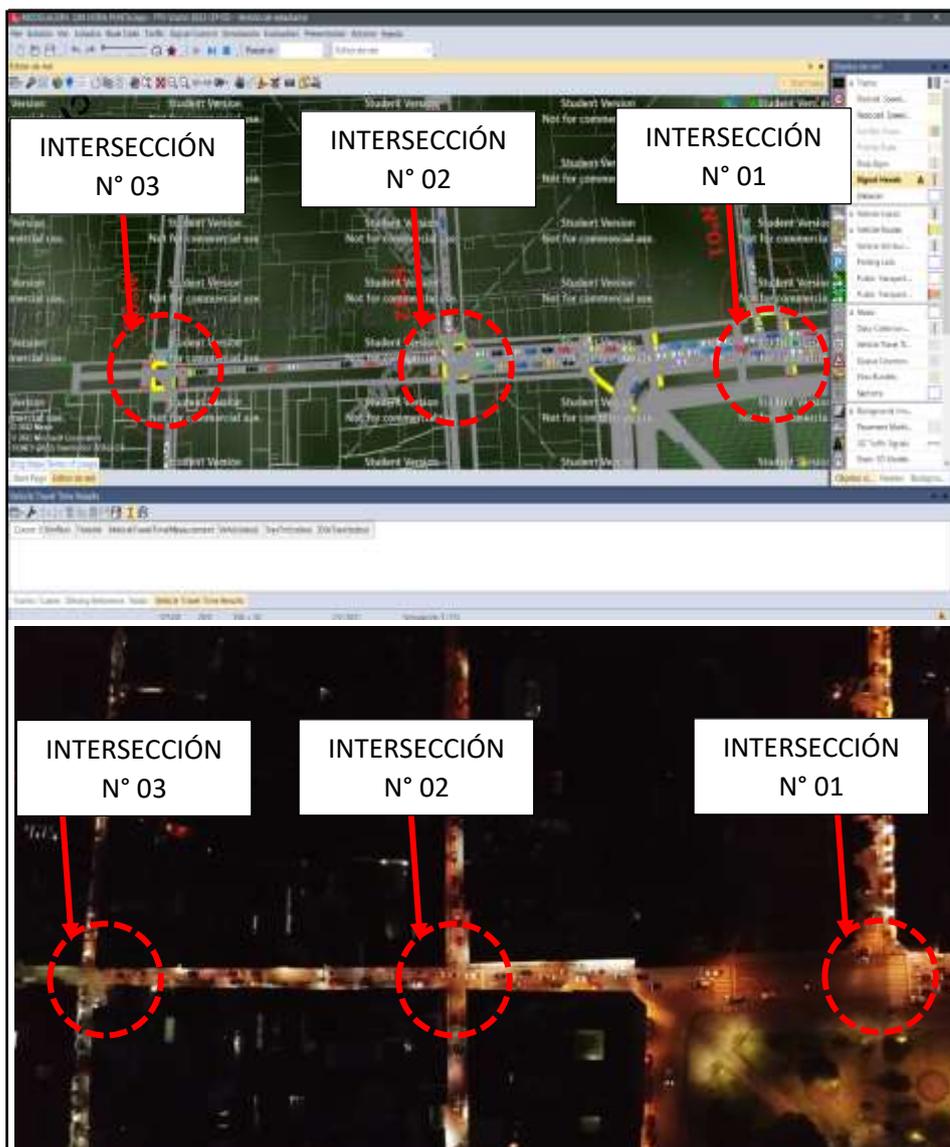
NIVEL DE SERVICIO	DEMORA TOTAL (s)
A	≤ 10
B	10-20
C	20-35
D	35-55
E	55-80
F	>80

5.1.6 Simulación de las intersecciones en estudio en Vissim 23.0 sin “Ola Verde”

5.1.6.2 Intersecciones ubicadas en el Jr. Dos de mayo

La primera parte del objetivo principal del presente proyecto es analizar la influencia de la sincronización de semáforos sin “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca. Para ello se realizaron simulaciones en 3 intersecciones del Jr Dos de Mayo (Intersecciones 01, 02 y 03). Se priorizó el periodo de mayor demanda, por tanto, se presentan imágenes de las simulaciones realizadas el día martes 16 de marzo del 2021 de 06:30 pm a 06:45 pm, con un periodo de 15 minutos, tiempo en el cual se empleó el dron y por ende, el tiempo utilizado para la simulación en el software Vissim 23.0 y Viswalk 23.0

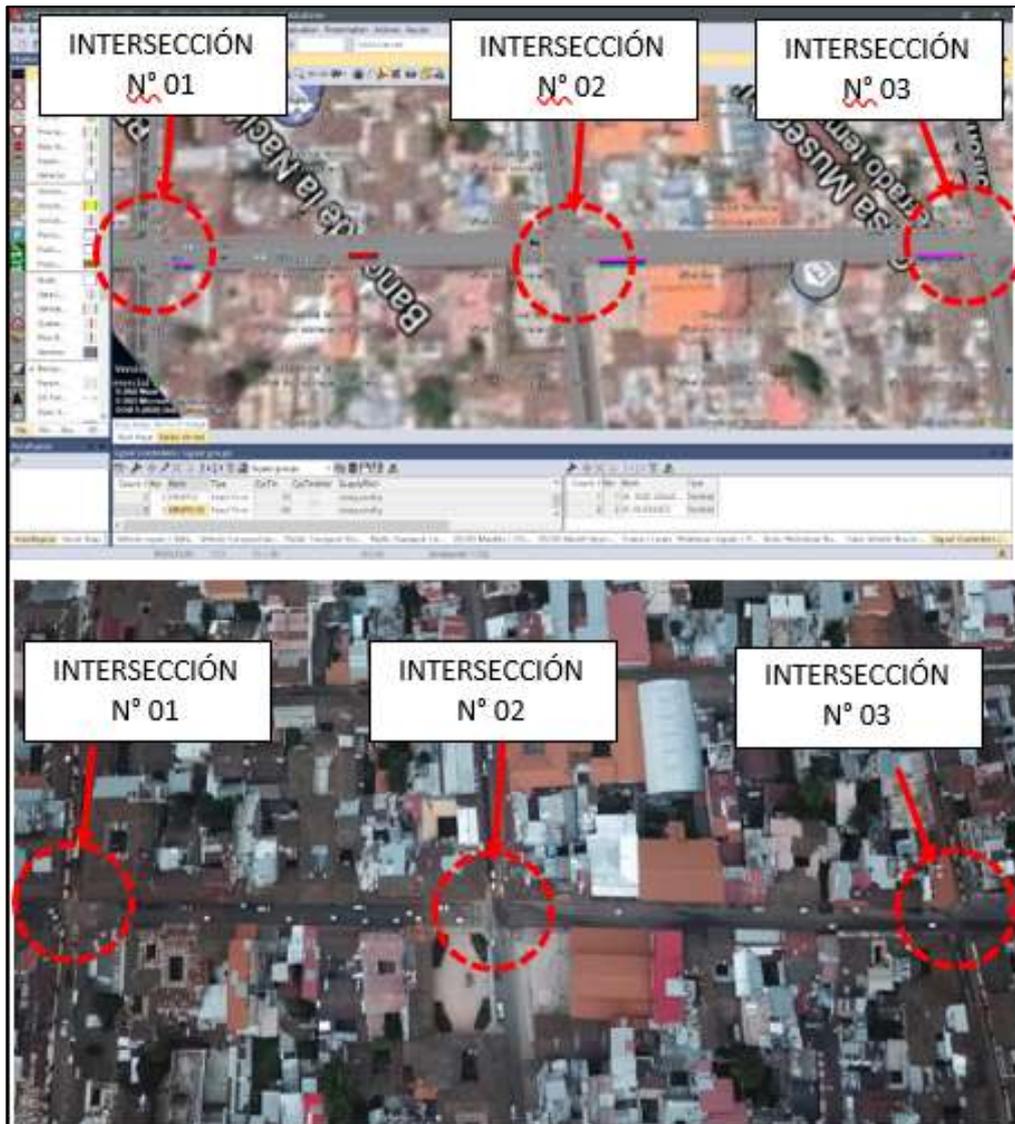
Figura 130: Simulación del Jr Dos de Mayo: Intersección N°01, 02 y 03



5.1.6.2.1 Intersecciones ubicadas en el Jr. José Gálvez

Así también, se realizaron simulaciones en 3 intersecciones del Jr. José Gálvez (Intersecciones 04, 05 y 06). Se tomó en cuenta el periodo de mayor demanda, por tanto, se presentan imágenes de las simulaciones realizadas el día martes 16 de marzo del 2021 de 06:00 pm a 06:15 pm, con un periodo de 15 minutos, tiempo en el cual se utilizó el dron y el tiempo utilizado para la simulación en el software Vissim 23.0 y Viswalk 23.0.

Figura 131: Simulación del Jr Dos de Mayo: Intersección N°04, N° 05 y N° 06.



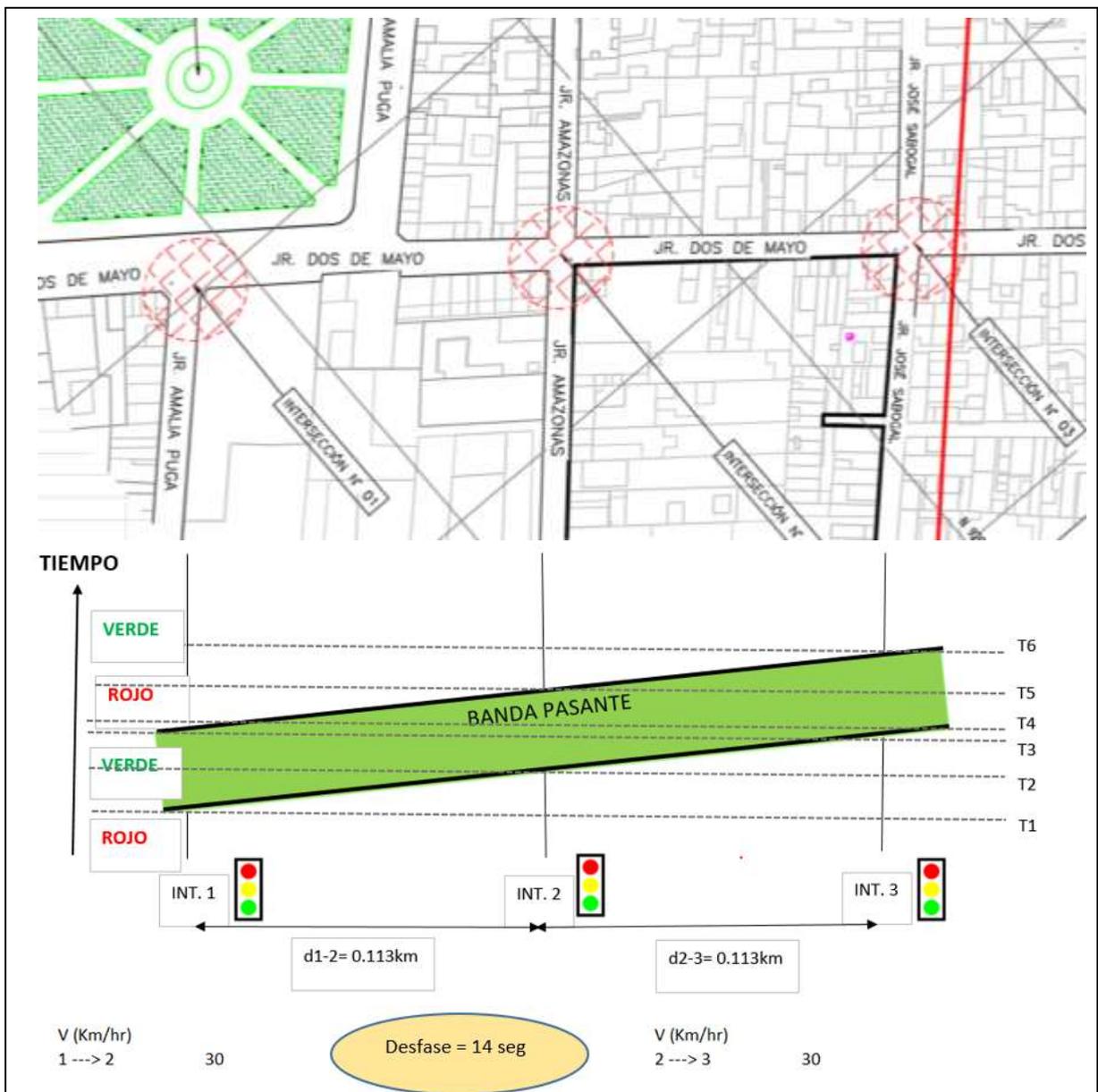
5.1.7 Determinación del tiempo semafórico óptimo

La determinación del ciclo semafórico óptimo se realizó a través de la prueba de diferentes duraciones de los ciclos semafóricos en las intersecciones en estudio. Para ello se siguió en siguiente procedimiento:

Intersecciones N° 01,02 y 03

- Para permitir el flujo continuo del tráfico en las intersecciones N°01,02 y 03 en una misma dirección se tiene la siguiente configuración:

Figura 132: Análisis Parcial de Bandas. Representación del tráfico en las intersecciones N°01, N°02 y N° 03.



- Para esta investigación, primero se determinó el tiempo de desfase como se muestra a continuación:

Intersección N° 01 y N° 02:

$$\text{distancia 1-2} = 0.113 \text{ Km}$$

$$\text{veloc promedio veh} = 30 \text{ km /hr}$$

$$t_{\text{desfase}} = \frac{\text{distancia 1-2}}{\text{veloc promedio veh}} = \frac{0.113 \text{ Km}}{30 \text{ Km/hr}} = 13.56 \text{ seg}$$

Intersección N° 02 y N° 03:

$$\text{distancia 2-3} = 0.113 \text{ Km}$$

$$\text{veloc promedio veh} = \text{km /hr}$$

$$t_{\text{desfase}} = \frac{\text{distancia 2-3}}{\text{veloc promedio veh}} = \frac{0.113 \text{ Km}}{30 \text{ km/hr}} = 13.56 \text{ seg}$$

En ambos tramos se aproximó y se determinó:

$$t_{\text{desfase}} = 14 \text{ seg}$$

- Posteriormente, se procedió a determinar el ciclo semafórico óptimo. Para ello se tuvo en cuenta que la duración de un ciclo semafórico óptimo es de:

$$35 \leq t_{\text{ciclo semafórico}} \leq 150 \quad (5)$$

- Además, de lo mencionado en el apartado del marco teórico, la duración del ámbar es de 3 seg.
- Teniendo en cuenta el tiempo de desfase, tiempo de ámbar y la duración de un ciclo óptimo, primero se procede a calcular el tiempo de verde aplicando la fórmula:

Intersección N° 01:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{I_a}{I_b} \quad (1)$$

Donde:

I_a, I_b = Intensidades máximas por carril en el Jr. Dos de Mayo y Amalia Puga respectivamente.

T_a, T_b = Tiempos de verde correspondientes a cada calle.

Reemplazando se tiene:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{753}{498}$$

De donde:

$$T_a = 1.51 T_b$$

De la misma manera se procede a calcular para las intersecciones N°02 y 03, de donde se obtiene:

Intersección N° 02:

$$T_a = 1.03 T_b$$

Intersección N° 03:

$$T_a = 0.79 T_b$$

- De los valores obtenidos se proceden a probar los tiempos del ciclo semafórico y la distribución a través del Programa Vissim 2021, de esta simulación se obtienen las demoras. De todas las alternativas propuestas y simuladas en el software se eligió la simulación que presentó la menor demora.

Figura 133: Intersecciones N° 01, N° 02 y N° 03 en las que se aplicará la “Ola verde”.



El ciclo semafórico para la “Ola verde” se distribuyó de la siguiente manera:

Figura 134: Ciclo de los semáforos de los carriles de entrada que confluyen en las intersecciones obtenidos en el Vissim 23.0 y Viwalk 23.0 para un mejor funcionamiento de las intersecciones en estudio

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	40
VERDE	50
AMBAR	3

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	53
VERDE	37
AMBAR	3

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	53
VERDE	37
AMBAR	3

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	53
VERDE	37
AMBAR	3

Figura 135: Ciclo de los semáforos en las intersecciones N° 01, N° 02 y N° 03

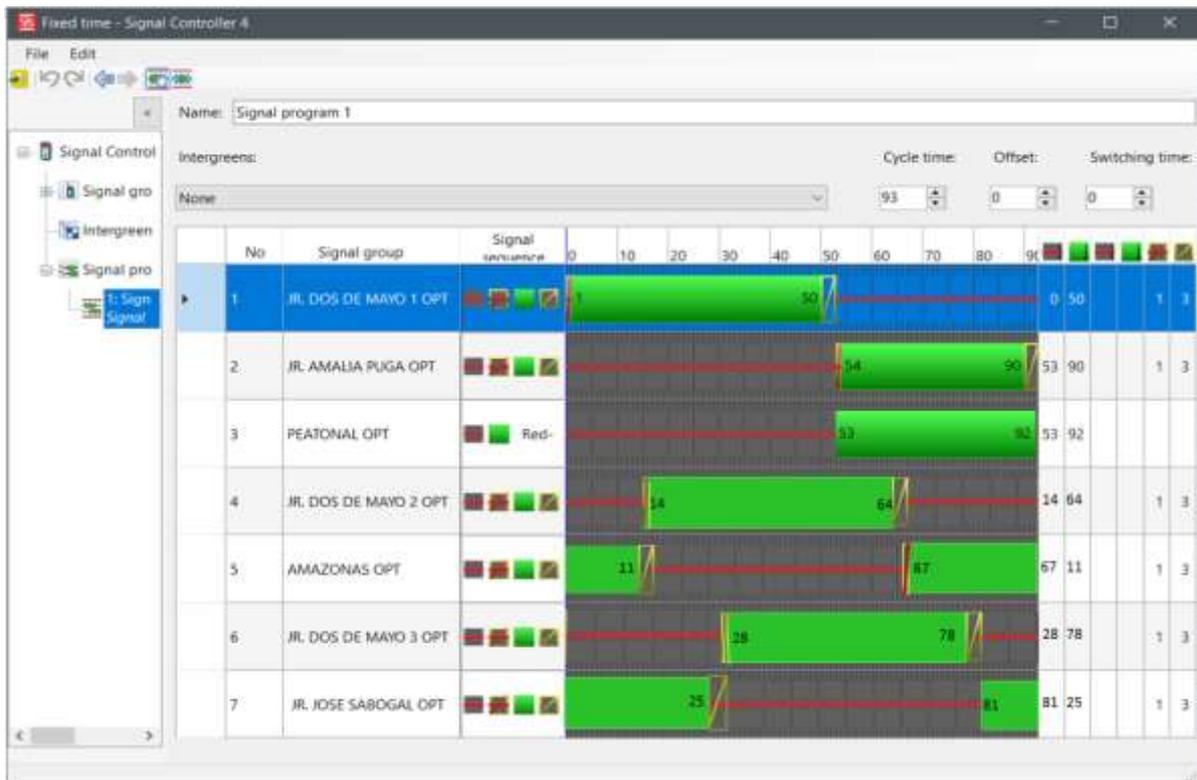
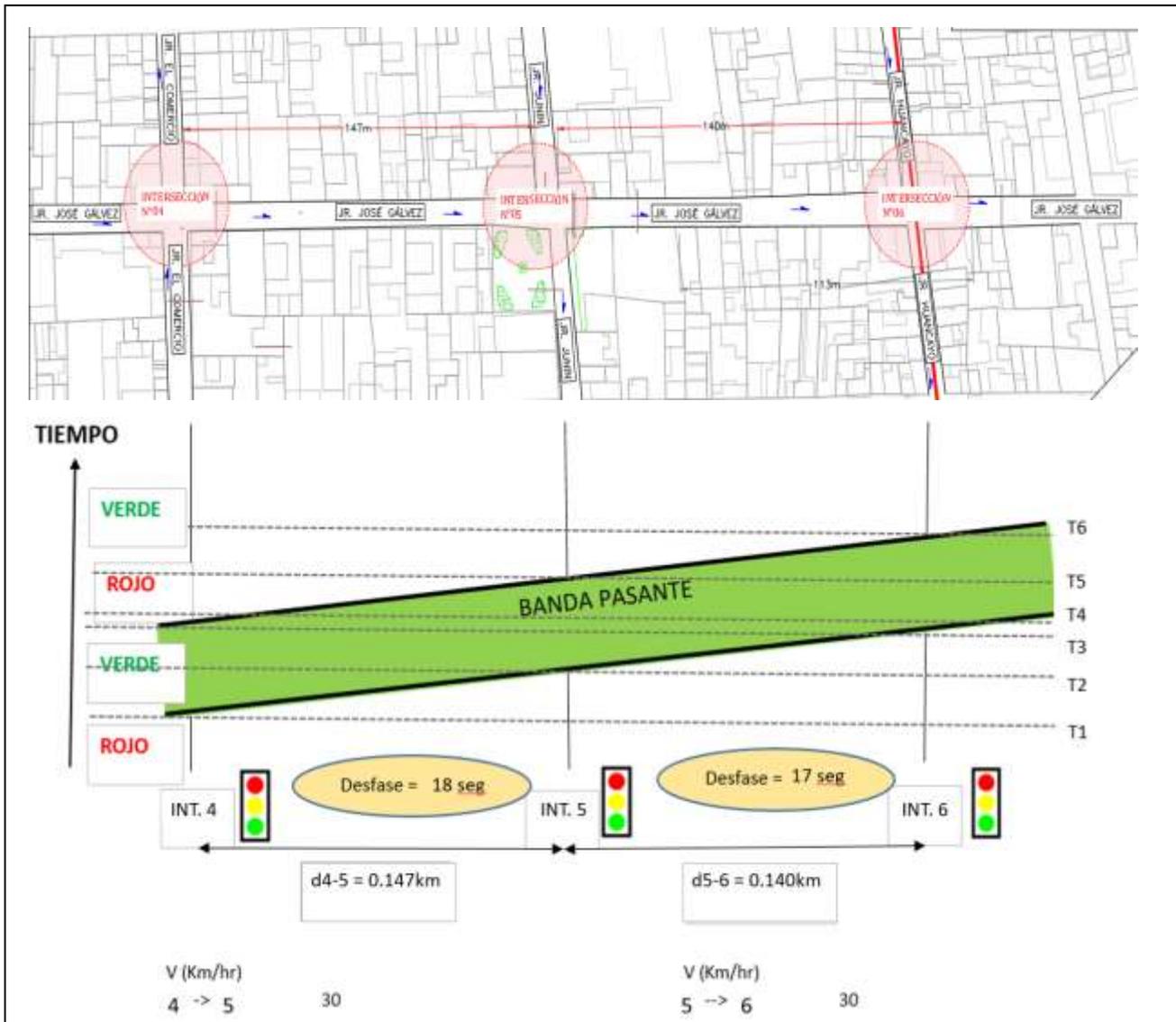


Figura 136: Análisis Parcial de Bandas. Representación del tráfico en las intersecciones N°04, N°05 y N° 06.



- De manera similar al procedimiento ya indicado líneas arriba se determinó el tiempo de desfase como se muestra a continuación:

Intersección N° 04 y N° 05:

distancia 4-5= 0.147 Km

veloc promedio veh= 30 km /hr

$$t_{\text{desfase}} = \frac{\text{distancia}_{4-5}}{\text{veloc promedio veh}} = \frac{0.147 \text{ Km}}{30 \text{ Km/hr}} = 17.64 \text{ seg} \approx 18 \text{ seg}$$

Intersección N° 05 y N°06:

distancia 5-6=0.140 Km

veloc promedio veh= km /hr

$$t_{\text{desfase}} = \frac{\text{distancia}_{5-6}}{\text{veloc promedio veh}} = \frac{0.140 \text{ Km}}{30 \text{ km/hr}} = 17.64 \text{ seg} \approx 17 \text{ seg}$$

- Posteriormente, se procedió a determinar el ciclo semafórico óptimo. Para ello se tuvo en cuenta que la duración de un ciclo semafórico óptimo es de:

$$35 \leq t_{\text{ciclo semafórico}} \leq 150 \quad (3)$$

- La duración del ámbar es de 3 seg.
- Teniendo en cuenta el tiempo de desfase, tiempo de ámbar y la duración de un ciclo óptimo, primero se procede a calcular el tiempo de verde aplicando la fórmula:

Intersección N° 04:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{I_a}{I_b}$$

Donde:

I_a, I_b = Intensidades máximas por carril en el Jr. José Gálvez y El Comercio respectivamente.

T_a, T_b = Tiempos de verde correspondientes a cada calle.

Reemplazando se tiene:

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{344}{456}$$

De donde:

$$T_a = 0.75 T_b$$

De la misma manera se procede a calcular para las intersecciones N°05 y 06, de donde se obtiene:

Intersección N° 05:

$$T_a = 1.76 T_b$$

Intersección N° 06:

$$T_a = 1.74 T_b$$

- De los valores obtenidos se proceden a probar los tiempos del ciclo semafórico y la distribución a través del Programa Vissim 2021, de esta simulación se obtienen las demoras. De todas las alternativas propuestas y simuladas en el software se eligió la simulación que presentó la menor demora.

La ola verde del Jr. José Gálvez empieza en la intersección 04 pasando la intersección 05 para finalmente atravesar la intersección 06, de la siguiente manera.

Figura 137: Intersecciones N° 04, N° 05 y N° 06 en las que se aplicará la “Ola verde”.



Figura 138: Ciclo de los semáforos de los carriles de entrada que confluyen en las intersecciones obtenidos en el Vissim 23.0 y Viswalk 23.0 para un mejor funcionamiento de las intersecciones en estudio.

Ciclo de semáforo Jr. José Gálvez

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	32
VERDE	40
AMBAR	3

Ciclo de semáforo Jr. El Comercio

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	43
VERDE	29
AMBAR	3

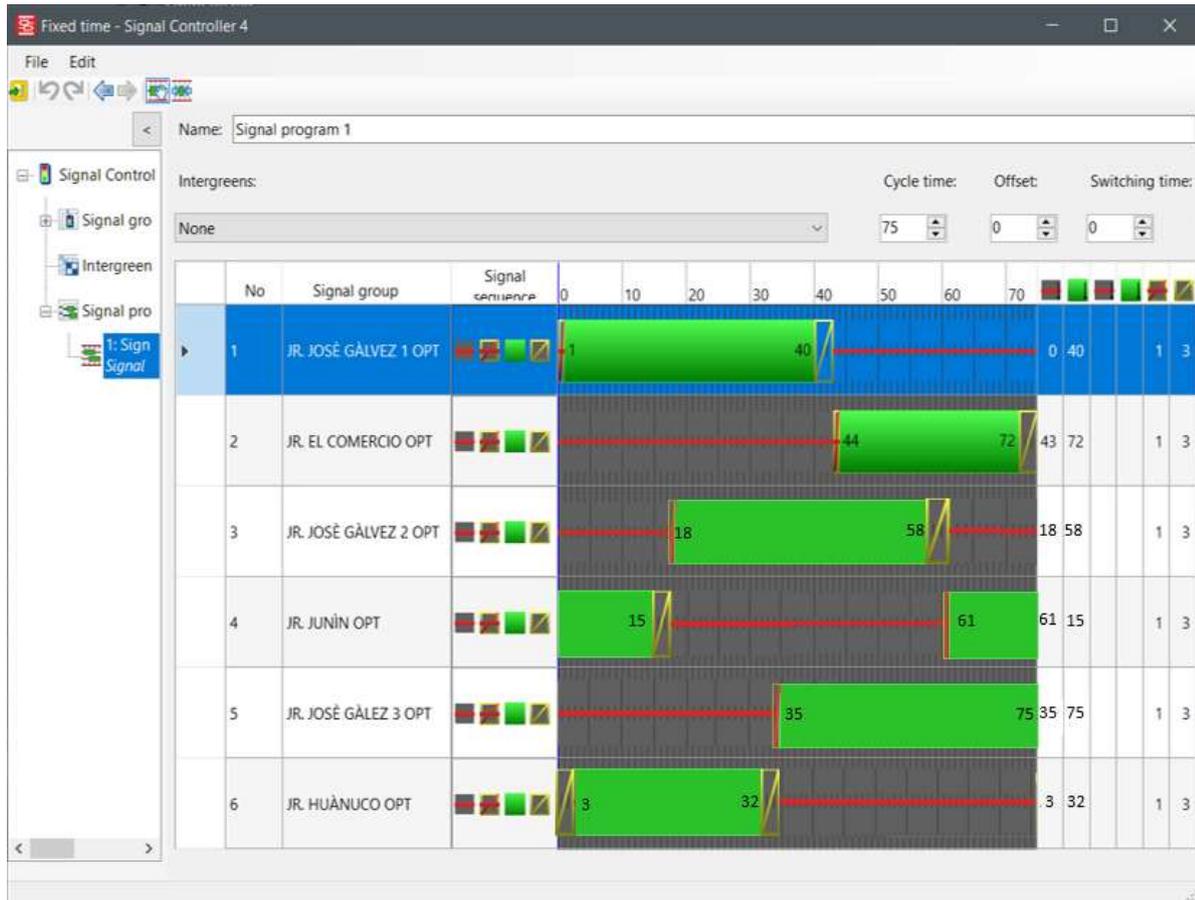
Ciclo de semáforo Jr. Junín

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	43
VERDE	29
AMBAR	3

Ciclo de semáforo Jr. Huánuco

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	43
VERDE	29
AMBAR	3

Figura 139: Ciclo de los semáforos en las intersecciones N° 04, N° 05 y N° 06.



5.1.8 Simulación de las intersecciones en estudio en Vissim 23.0 con “Ola Verde”

La segunda parte del objetivo principal del presente proyecto es analizar la influencia de la sincronización de semáforos con “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca. Para ello se realizó la simulación en las Intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 utilizando sincronización semafórica teniendo en cuenta el desfase existente en base a la distancia entre las intersecciones y una velocidad promedio deseada. Se probaron ciclos semafóricos con diferentes duraciones en las secuencias de colores a través del Vissim 23.0 y Viswalk 23.0 hasta obtener la sincronización óptima para obtener las demoras mínimas comparadas con la situación actual.

5.2 Análisis, interpretación y discusión de Resultados

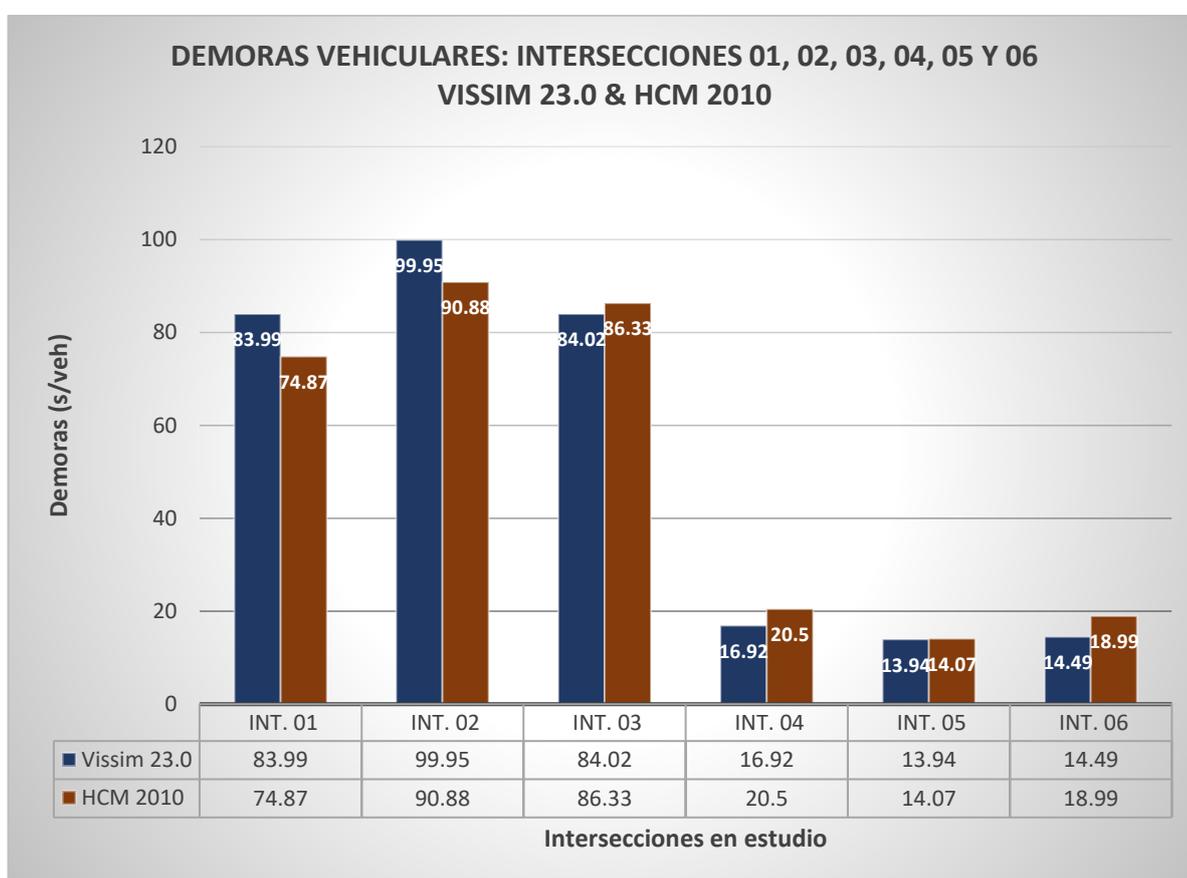
5.2.2 Sincronización de Semáforos sin “Ola Verde”

5.2.2.2 Demoras obtenidas en las intersecciones en estudio

5.2.2.2.1 Comparación de las demoras obtenidas por el método HCM 2010 y el software VISSIM 23.0

Después de haberse calculado las demoras a través de los softwares VISSIM 23.0 y VISWALK 23.0 y posteriormente a través del manual HCM 2010, se graficaron y compararon dichos valores.

Figura 140: Demoras Vehiculares en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 – Vissim 23.0 y HCM 2010.



Nota. El gráfico muestra las demoras vehiculares en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06, comparando las demoras encontradas utilizando el software Vissim 2023 y posteriormente por el método HCM 2010.

Tabla 63: Comparación de las demoras vehiculares promedio en las intersecciones en estudio, a través del Vissim 23.0 y HCM 2010 - sin “Ola Verde”

	INT. 01	INT. 02	INT. 03	INT. 04	INT. 05	INT. 06
Vissim 23.0	83.99	99.95	84.02	16.92	13.94	14.49
HCM 2010	74.87	90.88	86.33	20.5	14.07	18.99

La tabla 63 muestra que las demoras obtenidas a través del programa Vissim 23.0 y según la metodología HCM 2010 son distintos, debido a que se presentó una ligera diferencia entre ambos resultados, diferencia que radica fundamentalmente en que en el caso del HCM 2010, al ser un manual de los Estados Unidos y siendo un modelo macroscópico, se desarrolla y funciona adecuadamente para el contexto en el que fue creado teniendo en cuenta características propias de las ciudades americanas, por mencionar el comportamiento de los conductores americanos difiere al de los conductores de nuestro país, parámetro que no se considera en la obtención de las demoras. En contraste, VISSIM al ser un modelo microscópico, considera el comportamiento de los conductores en base a 4 fases: Seguimiento de vehículo, cambio de carril, movimiento lateral y control por semaforización. Estas fases están constituidas por características que claramente alteran los parámetros obtenidos por el VISSIM, en este caso, las demoras.

Si comparamos lo encontrado con el estudio realizado por Silvera (2020), en el cual menciona las diferencias encontradas por la metodología HCM 2010 y VISSIM: *“Estas diferencias se pueden sustentar tomando en cuenta el bajo nivel de agresividad de los conductores que considera el HCM 2010...”*, mencionando a la agresividad de los conductores, la cual es una de las características que el VISSIM tiene en cuenta para el comportamiento de los conductores mencionado en el párrafo anterior. Así también, menciona: *“Las diferencias se deben a la presencia de reductores de velocidad y cruces peatonales a nivel... debido a que producen intervalos de tiempo adicionales que eliminan los conflictos por la interacción vehículo – vehículo y peatón – vehículo... Los reductores de velocidad creados en el modelo de microsimulación no pueden ser representados por los modelos macroscópicos de HCM...”*

A esto se le suma lo mencionado por Cáceres, Cifuentes & Parra (2017) en su artículo, en donde mencionan que *“Estos modelo de micro simulación son populares porque los sistemas que ellos representan son tan complejos que los modelos macroscópicos son insuficientes para hacerlo”*. Es por ello, que al ser el HCM 2010 un modelo macroscópico no

tiene en cuenta las variables que se presenten en la interacción vehículo – peatón de manera individual y que forma parte de un análisis microscópico que sí es tomado en cuenta por VISSIM 23.0.

5.2.3 Sincronización de Semáforos con “Ola Verde”

5.2.3.1 Demoras obtenidas en las intersecciones en estudio con “Ola Verde”

Tabla 64: Demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 con “Ola Verde”.

Intersección/ Medida	INT. 01	INT. 02	INT. 03	INT. 04	INT. 05	INT. 06
Media (s)	73.10	56.95	39.66	14.38	12.75	13.97
Desv. Estándar (s)	12.80	9.20	3.69	1.27	2.48	1.97
Mínimo (s)	44.21	43.71	30.85	13.15	8.65	11.79
Máximo (s)	97.97	78.46	47.97	17.63	17.15	18.91

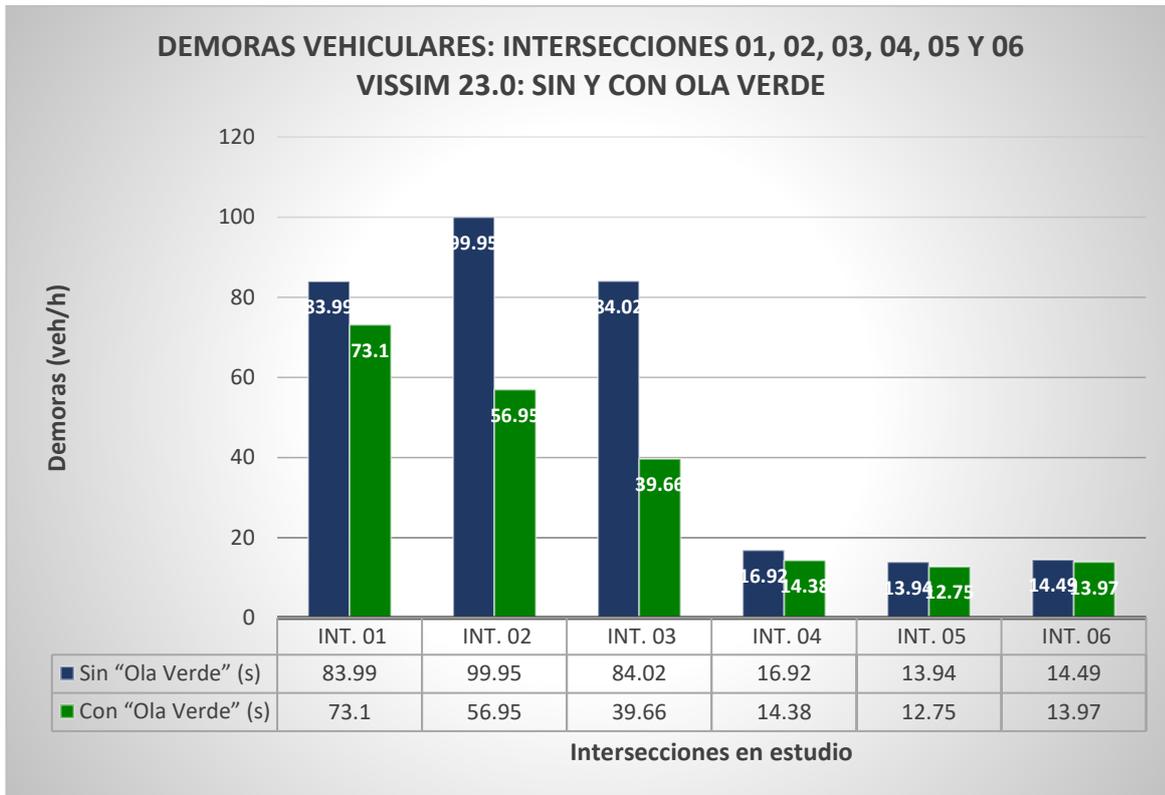
La tabla 64 muestra las demoras obtenidas a través de Vissim 23.0, las cuales son altas en las intersecciones 01 y 02, que según la clasificación por Nivel de Serviabilidad que nos presenta la metodología HCM 2010 corresponden a un nivel de serviabilidad E, una demora media en la intersección 03 corresponde a un nivel de serviabilidad D, así como niveles medios a bajos de demora en las intersecciones 04, 05 y 06, correspondientes a un nivel de serviabilidad B.

5.2.4 Comparación en las demoras obtenidas de la Sincronización de Semáforos sin y con Sincronización de Semáforos “Ola Verde”

5.2.4.1 Eficiencia vehicular.

Habiéndose desarrollado la micro simulación de la situación actual y la propuesta de mejora, se compararon las demoras obtenidas para el flujo vehicular para determinar si la propuesta actual presenta un mejor desempeño en las intersecciones semaforizadas consideradas.

Figura 141. Comparación de las demoras del desempeño vehicular en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 sin y con “Ola Verde” – Vissim 23.0



Nota. El gráfico muestra las demoras vehiculares en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06, comparando las demoras encontradas utilizando el software Vissim 2023 sin y con “Ola Verde”.

Tabla 65: Comparación de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

Intersección/ Media	INT. 01	INT. 02	INT. 03	INT. 04	INT. 05	INT. 06	PROMEDIO
Sin “Ola Verde” (s)	83.99	99.95	84.02	16.92	13.94	14.49	52.22
Con “Ola Verde” (s)	73.10	56.95	39.66	14.38	12.75	13.97	35.14

La tabla 65 muestra las demoras obtenidas a través de Vissim 23.0 sin y con la sincronización de semáforos “Ola verde”. Se observa una ligera disminución del 13 %, 15%, 9% y 4% entre las demoras de la situación actual y la propuesta de mejora “Ola verde” en las intersecciones 01, 04, 05 y 06 respectivamente. Por otro lado, se observa una disminución significativa del 43% y 53% en las intersecciones 02 y 03 r. En promedio, la demora obtenida

con la propuesta de mejora “Ola Verde”, disminuye en un 32.71 % con respecto a la demora obtenida de la situación actual.

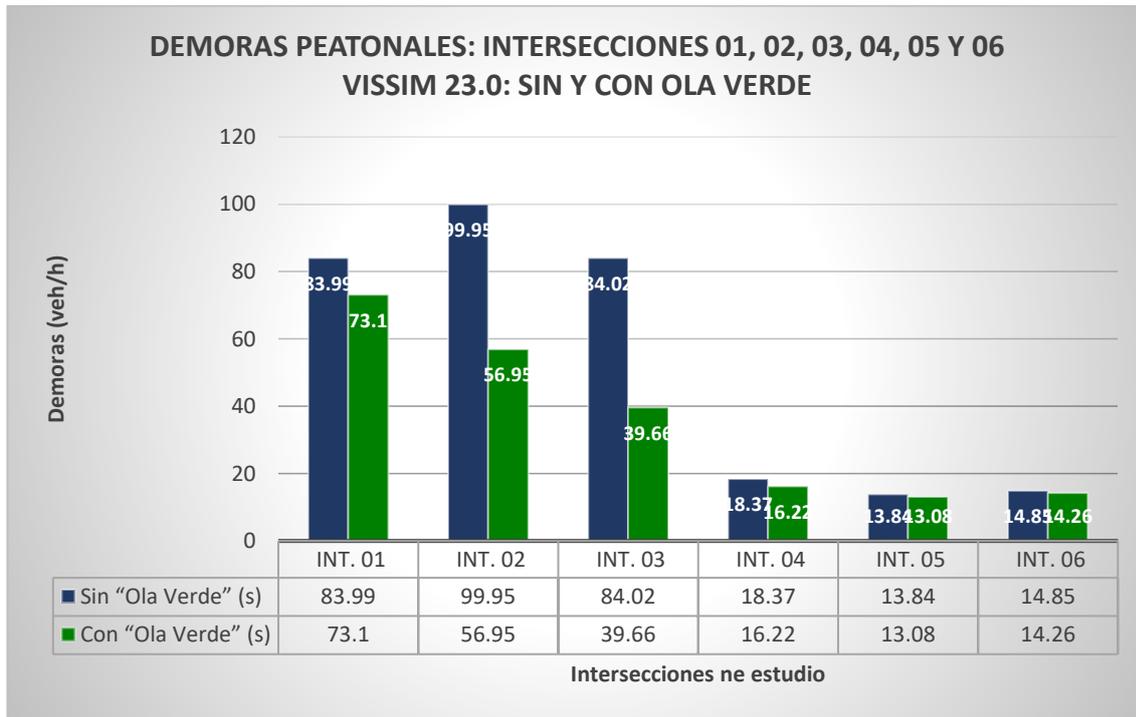
En la investigación realizada por Cáceres, Cifuentes & Parra (2017) en donde se realizó una comparación con softwares utilizados para mejorar la movilidad, mencionaron que: “...*Vissim permite no solo simular la situación real del problema sino que también permite modificar esa simulación para poder llegar a una solución más efectiva...*”. En esta investigación se propuso la ola verde a través de la simulación de las intersecciones en estudio y la sincronización semafórica “Ola Verde” a través de las pruebas realizadas con diferentes ciclos semafóricos y sus respectivas fases hasta encontrar el ciclo semafórico óptimo en el cual las demoras fueron las menores posibles comparadas con las demoras presentes en la situación actual.

Por otro lado, el mayor costo es el consumo de combustible, por lo que reducirlo disminuyen el costo de los viajes. Wu, Deng, Du & Ma (2014), en su investigación mencionaron que “*cuando se corre a una velocidad constante, desde el punto de vista de combustible, se podría referir como una velocidad de ahorro de energía*”. Teniendo en cuenta que la ola verde conduce a tener una velocidad constante en los vehículos, significaría una disminución en el consumo de combustible. De la misma manera, al mantenerse la velocidad constante y al disminuirse el número de paradas (aceleraciones y desaceleraciones) disminuyen la emisión de gases hacia el medio ambiente.

5.2.4.2 Eficiencia peatonal

Habiéndose modelado la micro simulación de la situación actual y la propuesta de mejora, se compararon las demoras obtenidas para el flujo peatonal y de esta manera determinar si la propuesta actual presenta un mejor desempeño para las intersecciones semaforizadas consideradas

Figura 142: Comparación de las demoras del desempeño peatonal en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 sin y con “Ola Verde” – Vissim 23.0.



Nota. El gráfico muestra las demoras peatonales en las intersecciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06, comparando las demoras encontradas utilizando el software Vissim 2023 sin y con “Ola Verde”.

Tabla 66: Comparación de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

Intersección/ Media	INT. 01	INT. 02	INT. 03	INT. 04	INT. 05	INT. 06	PROMEDIO
Sin “Ola Verde” (s)	83.99	99.95	84.02	18.37	13.84	14.85	52.50
Con “Ola Verde” (s)	73.10	56.95	39.66	16.22	13.08	14.26	35.55

La tabla 66 muestra las demoras obtenidas a través de Vissim 23.0 sin y con la sincronización de semáforos “Ola verde”. Se observa una leve disminución del 13 %, 12%, 5% y 4% entre las demoras de la situación actual y la propuesta de mejora “Ola verde” en las intersecciones 01, 04, 05 y 06 respectivamente. Por otro lado, se observa una disminución representativa del 43% y 53% en las intersecciones 02 y 03 de forma en el orden dado. Es

general, la demora obtenida con la propuesta de mejora “Ola Verde”, disminuye en un 32.30 % con respecto a la demora obtenida de la situación actual.

Además, se propuso la “Ola Verde” ya que las condiciones presentes en las intersecciones en estudio son ideales para su implementación, entre ellas debido a que las intersecciones convencionales, priorizan a los vehículos ignorando la seguridad del peatón, sobre todo en aquellos que son peatones vulnerables como los ancianos y niños entre otros. Wu, Deng, Du & Ma (2014), en su artículo mencionaron que “*La teoría de tráfico de “Ola Verde” optimizada está orientada en las personas, considerando vehículos y peatones con la misma importancia*”

5.2.5 Comparación en los Niveles de Servicio obtenidos de la Sincronización de Semáforos sin y con Sincronización de Semáforos “Ola Verde”

Finalmente, comparando los niveles de serviciabilidad antes y después de la Sincronización con “Ola verde”, obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 67: Comparación de los niveles de serviciabilidad de las intersecciones en estudio

Intersección	Nivel de Serviciabilidad	
	sin “Ola Verde”	con “Ola Verde”
Intersección 01	F	E
Intersección 02	F	E
Intersección 03	F	D
Intersección 04	C	B
Intersección 05	B	B
Intersección 06	C	B

De la tabla 67 se puede observar que los niveles de serviciabilidad en general han mejorado, Las intersecciones 01 y 02 pasaron del nivel de serviciabilidad “F” al “E”. También se observa que la intersección 03 mejoró del nivel “F” al nivel “D”. Por otro lado las intersecciones 04 y 06 pasaron del nivel de serviciabilidad “C” al “B”. Finalmente la intersección 05 mantiene su nivel de serviciabilidad.

(Otoya Ortega & Romero Gamarra, 2019) mencionaron en su investigación enfocada a mejorar el nivel de servicio a través de la implementación del efecto de Ola Verde que “con las medidas adoptadas se lograron reducir demoras, tiempos de viaje, optimizar el ciclo semafórico, mejorar la calidad de viaje del usuario y reducir la contaminación del medio ambiente.”

También, Wu, Deng, Du & Ma (2014), enfatizaron que “comparado con el tradicional diseño fases para señales, la teoría de tráfico de la Ola Verde optimizado por el control de señales de dos fases es un diseño más racional y más favorable para reducir el consumo de combustible durante la operación de un vehículo reduciendo emisiones, mejorando la seguridad de todas las intersecciones de vías.”

5.3 Contrastación de hipótesis

5.3.3 Prueba de hipótesis general

5.3.3.1 Flujo Vehicular

Tabla 68: Comparación de las demoras entre la sincronización de semáforos con y sin “Ola Verde” en el flujo vehicular en las intersecciones en estudio.

	Intersección	Coeficiente de correlación	
		Sincronización de Semáforos sin "Ola Verde"	Sincronización de Semáforos con "Ola Verde"
Flujo Vehicular	Intersección 1	-0.150	-.610*
	Intersección 2	-0.513	-,714**
	Intersección 3	-0.014	-0.307
	Intersección 4	-0.068	-0.064
	Intersección 5	-0.331	0.396
	Intersección 6	0.365	0.163
	Promedio	-0.119	0.047

Fuente: Tabla resumen de datos obtenidos del programa SPSS.

En la presente tesis, se planteó una hipótesis nula general y dos hipótesis específicas.

Según la tabla 68 se observa que, en promedio, las demoras obtenidas de la sincronización de semáforos sin “Ola Verde” para el flujo vehicular en las intersecciones en estudio son mayores que las obtenidas en la sincronización de semáforos con “Ola Verde” para el flujo vehicular en las intersecciones en estudio.

Se confirma que la sincronización de semáforos con "ola verde" influye en el flujo vehicular, correspondientes a las intersecciones en estudio.

Se concluye que la hipótesis nula es rechazada, pues se observa que el nivel de significancia en promedio de la sincronización de semáforos con “Ola Verde” es mayor con respecto a la sincronización de semáforos sin “Ola Verde”, procediéndose a determinarse como válida la hipótesis alternativa. Es así como los resultados mostrados dan respuesta a la pregunta de investigación.

5.3.3.2 Flujo Peatonal

Tabla 69: Comparación de los coeficientes de correlación entre la sincronización de semáforos con y sin “Ola Verde” y el flujo peatonal en las intersecciones en estudio.

	Intersección	Coefficiente de correlación	
		Sincronización de Semáforos sin "Ola Verde"	Sincronización de Semáforos con "Ola Verde"
Flujo Peatonal	Intersección 1	-0.150	-,610*
	Intersección 2	-0.513	-,714**
	Intersección 3	-0.014	-0.307
	Intersección 4	-0.181	-0.227
	Intersección 5	0.172	0.364
	Intersección 6	0.000	0.082
	Promedio	-0.114	-0.022

Fuente: Tabla resumen de datos obtenidos del programa SPSS.

En el presente estudio, se planteó una hipótesis nula general y dos hipótesis específicas.

Según la tabla 69 se observa que el coeficiente de correlación entre la sincronización de semáforos sin “Ola Verde” y el peatonal en las intersecciones en estudio es bajo, por lo que se concluye que presenta un grado bajo de correlación. Por otro lado, se observa que el coeficiente de correlación entre la sincronización de semáforos con “Ola Verde” y el flujo peatonal en las intersecciones en estudio es alto, por lo que se concluye que presenta un alto grado de correlación

Se confirma que la sincronización de semáforos con "ola verde" influye en el flujo peatonal, correspondientes a las intersecciones en estudio.

Se concluye que la hipótesis nula es rechazada, pues se observa que el nivel de significancia de la sincronización de semáforos con “Ola Verde” es mayor con respecto a la sincronización de semáforos sin “Ola Verde” estudiadas en conjunto con el flujo vehicular, procediéndose a determinarse como válida la hipótesis alternativa. Es así como los resultados mostrados dan respuesta a la pregunta de investigación.

5.3.4 Prueba de hipótesis específicas

5.3.4.1 Flujo Vehicular

- **Supuesto de Normalidad**

El supuesto de normalidad se planteó en la diferencia de las variables antes y después: demoras en las intersecciones sin y con la “Ola Verde”

Paso 1: Plantear Hipótesis de Normalidad

H₀: Los datos siguen una distribución normal

H₁: Los datos no siguen una distribución normal

Paso 2: Nivel de significancia

NC = 0.95

α = 0.05 (Margen de error)

Paso 3: Test de Normalidad

Si $n > 50$ Se aplica Kolmogorov – Smirnov

Si $n \leq 50$ Se aplica Shapiro - Wilk

De acuerdo con el número de corridas que se realizó en el programa, el número de datos es 15, por lo que se aplicará el test de *Shapiro – Wilk*.

Tabla 70: Prueba de normalidad de la diferencia de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia INT. 01 sin y con " OLA VERDE"	0.143	15	.200*	0.971	15	0.878
Diferencia INT. 02 sin y con " OLA VERDE"	0.140	15	.200*	0.959	15	0.677
Diferencia INT. 01 sin y con " OLA VERDE"	0.139	15	.200*	0.921	15	0.201
Diferencia INT. 02 sin y con " OLA VERDE"	0.139	15	.200*	0.956	15	0.618
Diferencia INT. 01 sin y con " OLA VERDE"	0.160	15	.200*	0.930	15	0.275
Diferencia INT. 02 sin y con " OLA VERDE"	0.155	15	.200*	0.936	15	0.330

***. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.**

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Tabla obtenida del programa SPSS.

Paso 4: Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05 se rechaza la H₀

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 se acepta la H₀ y se rechaza la H₁

Tabla 71: Tipo de distribución de la diferencia de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

	Pruebas de normalidad			Criterio de decisión	Decisión
	Shapiro-Wilk				
	Estadístico	Gl	Sig.		
Diferencia INT. 01 sin y con "OLA VERDE"	0.971	15	0.878	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 02 sin y con "OLA VERDE"	0.959	15	0.677	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 03 sin y con "OLA VERDE"	0.921	15	0.201	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 04 sin y con "OLA VERDE"	0.956	15	0.618	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 05 sin y con "OLA VERDE"	0.930	15	0.275	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 06 sin y con "OLA VERDE"	0.936	15	0.330	≥ 0.05	Dist. Normal

Nota. Tabla obtenida del programa SPSS.

Paso 5: Resultados y Conclusión

Los datos de la diferencia de demoras obtenidas por el Vissim 23.0 sin y con “Ola verde tienen una distribución normal. Se concluyó que para comparar estas demoras se debería utilizar la Prueba “T Student”.

- **Hipótesis de Diferencia**

Paso 1: Plantear Hipótesis de Normalidad

H₀: $\mu_d = 0$: El flujo vehicular es lento después de la aplicación de la “Ola verde”

H₁: $\mu_d \neq 0$: El flujo vehicular es rápido después de la aplicación de la “Ola verde”

Paso 2: Nivel de significancia

NC= 0.95

α = 0.05 (Margen de error)

Paso 3: Prueba Estadística

Paramétrica T student

No paramétrica Test de Wilcoxon

De acuerdo al supuesto de normalidad se concluyó que los datos siguen una distribución normal, por lo que se aplicó la prueba T student.

Tabla 72: Nivel de significancia de la diferencia de las demoras vehiculares en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas					t	gl	Significación	
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
Par 1	Demoras - INT. 01 sin y con "OLA VERDE	10.886	12.277	3.170	4.087	17.685	3.434	14	0.002	0.004
Par 2	Demoras - INT. 02 sin y con "OLA VERDE	43.003	9.608	2.481	37.682	48.324	17.33	14	0.000	0.000
Par 3	Demoras - INT. 03 sin y con "OLA VERDE	44.364	8.428	2.176	39.697	49.031	20.38	14	0.000	0.000
Par 4	Demoras - INT. 04 sin y con "OLA VERDE	2.535	1.825	0.471	1.524	3.546	5.378	14	0.000	0.000
Par 5	Demoras - INT. 05 sin y con "OLA VERDE	1.195	2.865	0.740	-0.392	2.781	1.615	14	0.064	0.129
Par 6	Demoras - INT. 06 sin y con "OLA VERDE	0.517	2.823	0.729	-1.047	2.080	0.709	14	0.245	0.490

Nota. Tabla obtenida del programa SPSS.

Paso 4: Prueba Estadística

Si p-valor (Sig.) < 0.05 se rechaza la H₀

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 se acepta la H₀ y se rechaza la H₁

Paso 5: Resultados y Conclusión

Se concluye que la hipótesis nula es rechazada, pues se observa que el nivel de significancia de la diferencia de la sincronización de semáforos sin y con “Ola Verde” son menores 0.05 en las intersecciones 01,02, 03 y 04, procediéndose a determinarse como válida la hipótesis alternativa. Por otro lado, en las intersecciones 05 y 06 al ser mayores que 0.05 se procede a aceptar la hipótesis nula. Es así como los resultados mostrados dan respuesta a la pregunta de investigación.

5.3.4.2 Flujo Peatonal

- Supuesto de Normalidad

El supuesto de normalidad se planteó en la diferencia de las variables antes y después en las demoras peatonales en las intersecciones sin y con la “Ola Verde”

Paso 1: Plantear Hipótesis de Normalidad

H₀: Los datos siguen una distribución normal

H₁: Los datos no siguen una distribución normal

Paso 2: Nivel de significancia

NC = 0.95

α = 0.05 (Margen de error)

Paso 3: Test de Normalidad

Si $n > 50$ Se aplica Kolmogorov – Smirnov

Si $n \leq 50$ Se aplica Shapiro - Wilk

De acuerdo con el número de corridas que se realizó en el programa, el número de datos es 15, por lo que se aplicará el test de **Shapiro – Wilk.**

Tabla 73: Prueba de normalidad de la diferencia de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
INT. 01 sin y con " OLA VERDE"	0.143	15	,200*	0.971	15	0.878
INT. 02 sin y con " OLA VERDE"	0.140	15	,200*	0.959	15	0.677
INT. 03 sin y con " OLA VERDE"	0.139	15	,200*	0.921	15	0.201
INT. 04 sin y con" OLA VERDE"	0.262	15	0.007	0.764	15	0.001
INT. 05 sin y con" OLA VERDE"	0.148	15	,200*	0.931	15	0.284
INT. 06 sin y con" OLA VERDE"	0.216	15	0.0571855	0.914	15	0.157

***. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.**

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota. Tabla obtenida del programa SPSS.

Paso 4: Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05 se rechaza la H₀

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 se acepta la H₀ y se rechaza la H₁

Tabla 74: Tipo de distribución de la diferencia de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

	Pruebas de normalidad			Criterio de decisión	Decisión
	Shapiro-Wilk				
	Estadístico	Gl	Sig.		
Diferencia INT. 01 sin y con "OLA VERDE"	0.971	15	0.878	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 02 sin y con "OLA VERDE"	0.959	15	0.677	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 03 sin y con "OLA VERDE"	0.921	15	0.201	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 04 sin y con "OLA VERDE"	0.764	15	0.001	< 0.05	Dist. No Normal
Diferencia INT. 05 sin y con "OLA VERDE"	0.931	15	0.284	≥ 0.05	Dist. Normal
Diferencia INT. 06 sin y con "OLA VERDE"	0.914	15	0.157	≥ 0.05	Dist. Normal

Nota. Tabla obtenida del programa SPSS.

Paso 5: Resultados y Conclusión

Los datos de la diferencia de demoras obtenidas por el Vissim 23.0 sin y con “Ola verde” en las intersecciones 01, 02, 03, 05 y 06 tienen una distribución normal, por lo que se concluyó que para comparar estas demoras se debería utilizar la Prueba “T Student”. Sin embargo, en la intersección 04 se tuvo una distribución no normal, por lo que se utilizó el test de Wilcoxon.

- **Hipótesis de Diferencia**

Paso 1: Plantear Hipótesis de Normalidad

H₀: $\mu_d = 0$: El flujo peatonal es lento después de la aplicación de la “Ola verde”

H₁: $\mu_d \neq 0$: El flujo peatonal es rápido después de la aplicación de la “Ola verde”

Paso 2: Nivel de significancia

NC= 0.95

α = 0.05 (Margen de error)

Paso 3: Prueba Estadística

Paramétrica T student : Intersecciones 01, 02, 03, 05 y 06

No paramétrica Test de Wilcoxon: Intersección 04

Tabla 75: Prueba de muestras emparejadas de las demoras peatonales en las intersecciones en estudio, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas					t	gl	Significación	
		Media	Desv. estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				P de un factor	P de dos factores
					Inferior	Superior				
Par 1	Demoras - INT. 01 sin y con "OLA VERDE	10.886	12.277	3.170	4.087	17.685	3.434	14	0.002	0.004
Par 2	Demoras - INT. 02 sin y con "OLA VERDE	43.003	9.608	2.481	37.682	48.324	17.334	14	0.000	0.000
Par 3	Demoras - INT. 03 sin y con "OLA VERDE	44.364	8.428	2.176	39.697	49.031	20.386	14	0.000	0.000
Par 4	Demoras - INT. 05 sin y con "OLA VERDE	0.763	3.963	1.023	-1.432	2.957	0.745	14	0.234	0.468
Par 5	Demoras - INT. 06 sin y con "OLA VERDE	0.591	3.199	0.826	-1.180	2.363	0.716	14	0.243	0.486

Nota. Tabla obtenida del programa SPSS.

Paso 4: Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05 se rechaza la H₀

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 se acepta la H₀ y se rechaza la H₁

Tabla 76: Estadísticos descriptivos de muestras emparejadas de las demoras peatonales en la intersección 4, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
Demoras - INT. 04 sin "OLA VERDE	15	18.3747	1.75878	15.46	21.02
Demoras - INT. 04 con "OLA VERDE	15	16.2187	1.12920	15.15	19.16

Paso 5: Resultados y Conclusión

Los datos de la diferencia de demoras obtenidas por el Vissim 23.0 sin y con “Ola verde en las intersecciones 01, 02, 03, 05 y 06 tienen una distribución normal, por lo que se concluyó que para comparar estas demoras se debería utilizar la Prueba “T Student”. Sin embargo, en la intersección 04 se tuvo una distribución no normal, por lo que se utilizó el test de Wilcoxon.

Tabla 77: Prueba de Wilcoxon de muestras emparejadas de las demoras peatonales en la intersección 4, obtenidas del programa Vissim 23.0 sin y con “Ola Verde”

Estadísticos de prueba^a	
	Demoras - INT. 04 sin y con "OLA VERDE
Z	-3,237 ^b
Sig. asin. (bilateral)	0.001
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Paso 4: Criterio de decisión

Si p-valor (Sig.) < 0.05 se rechaza la H₀

Si p-valor (Sig.) ≥ 0.05 se acepta la H₀ y se rechaza la H₁

Paso 5: Resultados y Conclusión

Se concluye que la hipótesis nula es rechazada, pues se observa que el nivel de significancia de la diferencia de la sincronización de semáforos sin y con “Ola Verde” son menores 0.05 en las intersecciones 01,02,03 y 04, procediéndose a determinarse como válida la hipótesis alternativa. Por otro lado, en las intersecciones 04 y 05 al ser mayores que 0.05 se procede a aceptar la hipótesis nula. Es así como los resultados mostrados dan respuesta a la pregunta de investigación.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. Se determinó que la sincronización de semáforos “ola verde” influye positivamente en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.
2. Los flujos vehiculares y peatonales en la zona de estudio antes y después de la aplicación de la ola verde se determinaron a través de las demoras obtenidas en las intersecciones en estudio con la ayuda de los softwares VISSIM 23.0 y VISWALK 23.0:

Intersección/ Media	INT. 01	INT. 02	INT. 03	INT. 04	INT. 05	INT. 06	PROMEDIO
Sin “Ola Verde” (s)	83.99	99.95	84.02	16.92	13.94	14.49	52.22
Con “Ola Verde” (s)	73.10	56.95	39.66	14.38	12.75	13.97	35.14

3. El ciclo semafórico óptimo para las intersecciones N°01, 02 y 03 fue:

Ciclo de semáforo Jr. Dos de Mayo

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	40
VERDE	50
AMBAR	3

Ciclo de semáforo Jr. Amalia puga

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	53
VERDE	37
AMBAR	3

Ciclo de semáforo Jr. Amazonas

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	53
VERDE	37
AMBAR	3

Ciclo de semáforo Jr. José Sabogal

FASE	TIEMPO (S)
ROJO	53
VERDE	37
AMBAR	3

4. El ciclo semafórico óptimo para las intersecciones N°04, 05 y 06 fue:

Ciclo de semáforo Jr. José Gálvez

FASE		TIEMPO (S)
ROJO		32
VERDE		40
AMBAR		3

Ciclo de semáforo Jr. El Comercio

FASE		TIEMPO (S)
ROJO		43
VERDE		29
AMBAR		3

Ciclo de semáforo Jr. Junín

FASE		TIEMPO (S)
ROJO		43
VERDE		29
AMBAR		3

Ciclo de semáforo Jr. Huánuco

FASE		TIEMPO (S)
ROJO		43
VERDE		29
AMBAR		3

6.2 RECOMENDACIONES

1. Se sugiere para posteriores investigaciones, realizar un estudio detallado de los flujos vehiculares y peatonales en condiciones típicas considerando también a las demás intersecciones semaforizadas cercanas a la zona de estudio, como lo son las intersecciones semaforizadas del Jr. Amazonas y también las que se consideren que influyen en el comportamiento de los flujos vehiculares y peatonales de las demás intersecciones.
2. Se recomienda a la Gerencia de Tránsito y Seguridad Vial a tener en cuenta la sincronización de semáforos como una alternativa a ser aplicada en vías que presenten las condiciones adecuadas, así existirán menos demoras y permitirá el descongestionamiento de ciertas intersecciones. Es también importante mencionar el ordenamiento del transporte público de manera integral para mejorar el servicio que brinda y de esta manera disminuir el uso de vehículos privados. En este último es importante reencauzar la economía para evitar afectar a las personas cuyos ingresos dependen de ello. Además, es esencial, el mantenimiento periódico de las señales de tránsito y cualquier dispositivo de señalización que regula el tráfico.
3. Es recomendable la instalación de semáforos inteligentes que cuenten con controladores automáticos monitoreados por una central, debido a que el tráfico de Cajamarca ha ido incrementándose de manera vertiginosa.
4. Se sugiere a la Municipalidad Provincial de Cajamarca que a través de la Gerencia de Infraestructura ordene, controle y supervise de manera continua la construcción de infraestructura vial pública que cumpla con el reglamento indicado en el MTC. Así también, el control del crecimiento desorganizado de edificaciones que impide un crecimiento urbano óptimo y deseable que brinde una calidad de vida deseable a la población.

5. Es recomendable la capacitación en cultura vial por parte del área de Seguridad Vial de la DRTC en las diferentes instituciones: escuelas, colegios entre otros lugares de formación, así como también para los usuarios en general.
6. El uso de softwares en los diferentes campos es muy necesario y el campo de la ingeniería de transportes no es la excepción, por lo que se recomienda su uso en Universidades, Entidades públicas o privadas, que financien la adquisición de la versión completa de estos softwares ya que al modelar una situación real en entornos previamente calibrados y validados permiten probar diferentes alternativas de solución que no representan un gasto económico elevado y que ayudarían a encontrar la mejor solución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, J. (2017). *Micro-simulación intermodal en la ciudad del Cusco empleando los softwares Vissim 8 y Visswalk 8255-260*. Cusco.
- Arismendi, T. (2018). *ANÁLISIS DEL FLUJO PEATONAL MEDIANTE UN DIAGRAMA FUNDAMENTAL MARCOSCÓPICO*.
- Arjona. (2000). *Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio de Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Trenzados y Rampas de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 aplicando MathCad*.
- Asistra. (s.f.). *Asistra*. Obtenido de <http://www.asistra.com/Servicios-aforo.html>
- Atoche, & Rojas. (2013). *Tránsito en una carretera usando simulación*. Cajamarca.
- Áviles García, C. (2017). *Microanálisis de los Desplazamientos Peatonales y Vehiculares en las afueras del Hospital del Niño*. San Miguel.
- Bezerra, B. (2007). *Semáforos: Gestão Técnica, Percepção do Desempenho, Duração dos Tempos*. São Carlos: Universidade de São Paulo. Obtenido de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-18062007-093237/pt-br.php>
- BU. (s.f.). Obtenido de Travel time and delay studies: <http://www.bu.edu.eg/portal/uploads/Engineering,%20Shoubra/Civil%20Engineering/3041/crs-13646/Files/5-%20travel%20time%20study.pdf>
- C., M. G. (2013). *Un Modelo Heurístico Nuevo Para El Análisis Del Flujo Vehicular*. México.
- Cáceres, N., N., D., A., M., Cifuentes, N., & Parra, M. (2017). Caracterización, modelación y diseño de intersecciones. *SOPHIA*. Obtenido de https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5139/Caracterizaci%C3%B3n_modelaci%C3%B3n_dise%C3%B1o_intersecciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caleb, N., Garba, N., & Zwalnanselfa, J. (2018). Simulation of Green-Wave Traffic Control System in Road Networks. *American Journal of Engineering Research (AJER)*.
- Campomanes, A., & López, J. (2019). *Reducción de la congestión vehicular a través de la implementación de la Ola Verde en la Av. Caminos del Inca en el tramo*

- comprendido entre Jr. Batallón Callao Norte y Jr. Cádiz en el distrito de Surco.*
 Obtenido de https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/626381/Campomanes_CA.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Canca, Guerrero, & Jiménez. (2006). *prioriza el estudio de capacidades de los distintos tramos, calles, pasarelas, entre otros* ,. Sevilla.
 - *ConceptoDefinicion*. (13 de 05 de 2016). Obtenido de Definición de zona comercial: <http://conceptodefinicion.de/zona-comercial/>
 - Correa, & Valencia. (2005). *Planteamiento De Soluciones Al Problema De Congestion Vehicular Y Peatonal En El Tramo Conprendido En La Carretera 7 Entre Las Calles 39 Y 45 De Bogotá*. Bogotá.
 - Delgado, C. S. (2019). Más semáforos, menos policías: Lima apunta a extender sistema de ola verde. *El Comercio*.
 - Dirección General de Servicios Técnicos. (2014). *Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad 2014*. México: Autor. Obtenido de <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/NUEVO-SENALAMIENTO/manualSenalamientoVialDispositivosSeguridad.pdf>
 - Fernández, R. (2008). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular*. Peru: Fondo Editorial.
 - Fernández, S., Arias, L., & Portilla de Arias, L. (2011). Análisis de una zona de confluencia de un sistema vial a través de modelos de simulación: un caso particular. (SOPHIA, Ed.) *SOPHIA*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4137/413740748014.pdf>
 - García, & Pérez. (2013). *Estudio Sistémico De Aforo De Tránsito Vehicular En Puntos Críticos De La Ciudad De Cajamarca*. Cajamarca.
 - Goryaev, N., Myachkov, K., & Oleg, L. (2018). Optimization of “green wave” mode to ensure priority of fixed-route public transport. *ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.072>

- Granados Villafuerte, F. J. (2011). *Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000 aplicando MATHCAD*. México.
- Grupo ROGLE. (2015/2016). *Aplicando Teoría de Colas en Dirección de Operaciones*. Obtenido de <http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/teoriadecolasdoc.pdf>
- Guío Burgos, F. A. (29 de febrero-mayo de 2010). *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. Obtenido de Fundación Universitaria Católica del Norte: <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/77/160>
- Ibarra, M. (s.f.). *Sincronismo y diseño de Olas Verdes*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/375548118/Sincronismo-y-Diseno-de-Olas-Verdes>
- IPSUM. (2 de Octubre de 2020). *IPSUM*. Obtenido de <https://reconstruccionaccidentestrafico.com/el-ciclo-semaforico-sabes-que-es-y-como-puede-ser-util-en-la-reconstruccion-de-un-accidente-de-trafico/>
- Izquierdo Llanos, Y. L. (2015). *Influencia del Flujo Vehicular y la Infraestructura Vial en el congestonamiento vehicular en la ciudad de Cajamarca, utilizando dinámica de sistemas*. Cajamarca.
- Koonce, P., Rodegerdts, L., Lee, K., Quayle, S., Beaird, S., Braud, C., . . . Tarnoff, P. &. (2008). *Traffic Signal*. Washington: FHWA. Obtenido de https://nacto.org/docs/usdg/signal_timing_manual_fhwa.pdf
- Leonardo Neyra, R. d. (2017). *Análisis del nivel de Serviciabilidad de las intersecciones semaforizadas de la avenida Villanueva Pinillos y modelado con SYNCHRO 8.0-Jaén-2016*. Jaén.
- LIN, YANG, & GAO. (2013). *VISSIM-based Simulation Analysis on Road Network of CBD in Beijing, China*. Beijing.
- Ma, C. (2019). Green wave traffic control system optimization based on adaptive genetic-artificial fish swarm algorithm. *Research Gate*, 12. doi:10.1007/s00521-015-1931-y
- Márquez, P. (s.f.). *Diigo*. Obtenido de <http://eso4fyq.cellavinaria.org/temas/los-movimientos/posicin/desplazamiento>

- Martínez, M. (10 de 11 de 2004). *Monografías.com*. Obtenido de Teoría de colas: <http://www.monografias.com/trabajos18/teoria-colas/teoria-colas.shtml>
- Mei, Z., Qiu, H., & Feng, C. (2018). Simulation Analysis of Green Wave Control on a Short Corridor Based on Non-Motor Vehicles and Buses. *ASCE*.
- MINISTERIO DEL INTERIOR . (2014). Los peatones. *Los peatones*. Madrid, Madrid, España: Catálogo general de publicaciones oficiales: <http://publicacionesoficiales.boe.es>.
- Ministerio de Transporte y comunicaciones (MTC). (2006). Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. Lima: Autor.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (Agosto de 2008). Glosario de términos de uso frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial. Lima, Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (14 de Enero de 2024). *Gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/26617-nuevos-limites-de-velocidad-en-zonas-urbanas-a-nivel-nacional>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Sanemaiento. (15 de Julio de 2011). Modificación de la Norma Técnica A.070 Comercio. *Modificación de la Norma Técnica A.070 Comercio*. Lima, Lima, Perú.
- Mozo Sánchez, J. (2011). *Análisis de nivel de servicio y capacidad de segmentos básicos de autopistas, segmentos trenzados y rampas de acuerdo al manual de capacidad de carreteras HCM2000 aplicando MATHCAD*. México: Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A4.pdf?sequence=4>
- Obando, W. (s.f.). *Academia*. Obtenido de La conservación por niveles de servicio: http://www.academia.edu/6288451/LA_CONSERVACION_POR_NIVELES_DE_SERVICIO
- Oblakova, A., Al Hanbali, A., Boucherie, R., & van Ommeren, J. (2017). Green Wave Analysis in a Tandem of Traffic-Light Intersections. *University of Twente*.
- Otoya Ortega, P. V., & Romero Gamarra, R. M. (2019). *Mejoramiento de los niveles de servicio a través de la implementación del efecto de Ola Verde en intersecciones*

sincronizadas de la Av. Juan Pardo de Zela desde la Av. Prolongación Iquitos hasta la Av. Arequipa. Lima.

- Pérez. (2017). *Análisis Y Mejora Microscópica Del Corredor Vial Tacnaarequipa, Tramo Juan Pardo -Manuel Segura.* Lima: UNI.
- Perú 21. (03 de 07 de 2016). *Perú 21.* Obtenido de Perú 21: [//www.google.com/amp/s/peru21.pe/lima/san-isidro-habra-ola-verde-avenidas-gran-congestion-vehicular-222364-noticia/%3foutputType=amp](http://www.google.com/amp/s/peru21.pe/lima/san-isidro-habra-ola-verde-avenidas-gran-congestion-vehicular-222364-noticia/%3foutputType=amp)
- Pesántez, J. (2014). *Propuesta para la implementación de estaciones de peaje en el proyecto ruta viva "Vía de Integración de los valles" y la conexión al nuevo aeropuerto de Quito.* Ecuador: Pontifica Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7912/9.55.000667.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Prahara, & Yerlomen. (2018). *The evaluation of traffic characteristic analyzed by vissim (case study: underpass construction at Metro Pondok Indah Road.*
- PTV. (01 de 05 de 2023). *PTV GROUP.* Obtenido de <https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-vissim-nuevo/version-de-demo/>
- Reyes Spindola, R. C. (2007). *Ingenieria de Transito Fundamentos y Aplicaciones (Alfaomega).* Mexico.
- Rivera Banquez, L. P. (16 de 05 de 2016). *Prezi.* Obtenido de <https://prezi.com/cihz-9ingr6m/teoria-del-flujo-vehicular/>
- Rivera, G., Velásquez, L., Bravo, A., & Minano, P. (2020). Methodology for determining optimized traffic light cycles based on simulation. *Scopus Preview.* doi:10.1088/1757-899X/758/1/012047
- Rodríguez, D. (2015). Revisión del HCM 2010 y 2000 intersecciones semaforizadas. *INGENIUM*, 19.
- Rodriguez, D. y. (2002). *Concurrencia en sistemas multiagente: Implementación de un simulador de tráfico urbano.* Bogotá.

- Rojas Moya, J. L. (2007). *Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007b/269/3.htm>
- Romana, M., Núñez, M., & Martínez, R. y. (2017). *Manual de capacidad de carreteras : HCM-2010 - traducción*. Madrid.
- Satama, F. L., Bernal, M. L., & Gálvez, D. I. (2021). *Teoría de colas y líneas de espera, un reto empresarial en el mejoramiento continuo de los servicios*. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/933>
- Suárez, L. (2007). *Análisis Y Evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante microsimulación*. Medellín.
- Taquino Torrez, F. M. (2001). *Simulación Microscopica de Transito para Coordinacion de semaforos en Progresión en Vias Urbanas*. Lima.
- Universidad Católica del Norte. (25 de 11 de 2009). *Revista Virtual*. Obtenido de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/77/160>
- Vásquez Cordano, A. y. (2008). *Ensayos sobre el rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú*. Lima: Nova Print S.A.C.
- Wu, N. (s.f.). *Estimation of Queue Lengths and Their Percentiles at Signalized*. Obtenido de http://homepage.rub.de/ning.wu/pdf/Q_Signal_copenhagen.PDF
- Wu, X., Deng, S., Du, X., & Ma, J. (2014). Green-Wave Traffic Theory Optimization and Analysis. *Scientific Research*, 6. Obtenido de file:///D:/02.00%20MAESTRIA%20UNC%202019/SEGUNDO%20A%C3%91O/TESIS/LEER/Green-Wave_Traffic_Theory_Optimization_and_Analysi.pdf
- Xiaoping, W., Shuai, D., & Jing, D. X. (2014). Green-Wave Traffic Theory Optimization and Analysis. *Scientific Research*.
- Zhandong, Shaohui, Yanquan, Aixiu, & Xinyi. (2016). *VISSIM Simulation Based Expressway Exit Control modes Research*. Fuzhou.

ANEXOS

APÉNDICE 04.
Instrumentos

“ENCUESTA EN-01”



TEMA: Influencia de la sincronización de semáforos “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.

OBJETIVO: Recabar información de las subvariables e indicadores que cuantifican las variables de influencia de la sincronización de semáforos “ola verde”, flujo vehicular y flujo peatonal.

INSTRUCCIONES: Responder con honestidad y consistencia las siguientes preguntas de la encuesta. Elige la opción que más se adapte a tu opinión. Esta encuesta es realizada con fines académicos.

1. ¿Hacia dónde se dirige?
Local Comercial ()
Mercados ()
Restaurantes ()
Negocios informales ()
Edificaciones de espectáculos deportivos()

2. ¿Durante el tiempo que lleva trabajando, cuáles son los lugares a los que concurre prioritariamente utilizando esta vía?
Local Comercial ()
Mercados ()
Restaurantes ()
Negocios informales ()
Edificaciones de espectáculos deportivos()

3. ¿Horario de mayor concurrencia?
Mañana ()
Tarde ()
Noche ()

4. ¿En su día a día, cuál cree que es el problema del tráfico existente?
Cantidad de vehículos ()
Cantidad de peatones ()
Vías, parqueos existentes ()
Ubicación de espacios comerciales y recreacionales ()
Otra ()Especifique su respuesta.....

Anexo.-Encuesta – Flujo Vehicular

(Abanto, K.; 2023)

“ENCUESTA EN-02”



TEMA: Influencia de la sincronización de semáforos “ola verde” en el flujo vehicular y peatonal de la zona monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021.

OBJETIVO: Recabar información de las subvariables e indicadores que cuantifican las variables de influencia de la sincronización de semáforos “ola verde”, flujo vehicular y flujo peatonal.

INSTRUCCIONES: Responder con honestidad y consistencia las siguientes preguntas de la encuesta. Elige la opción que más se adapte a tu opinión. Esta encuesta es realizada con fines académicos.

1. ¿Hacia dónde se dirige?
Local Comercial ()
Mercados ()
Restaurantes ()
Negocios informales ()
Edificaciones de espectáculos deportivos ()

2. ¿Normalmente, cuáles son los lugares a los que concurre prioritariamente, utilizando esta vía?
Local Comercial ()
Mercados ()
Restaurantes ()
Negocios informales ()
Edificaciones de espectáculos deportivos ()

3. ¿Horario de mayor concurrencia?
Mañana ()
Tarde ()
Noche ()

4. ¿En su día a día, cuál cree que es el problema del tráfico existente?
Cantidad de vehículos ()
Cantidad de peatones ()
Vías, parqueos existentes ()
Ubicación de espacios comerciales y recreacionales ()
Otra ()Especifique su respuesta.....

Anexo 1.-Encuesta – Flujo Peatonal

(Abanto, K.; 2023)

Subvariable: Aforo peatonal



“FICHA DE OBSERVACIÓN FO-01”



Título: Ficha de observación para los indicadores de la subvariable aforo peatonal de la variable flujo peatonal.

Objetivo: Obtener información para la variable flujo peatonal, a través de los indicadores de la subvariable aforo peatonal.

Datos generales

Jirón:	Jr. Dos de mayo () Jr. José Gálvez ()
Lugar:	Cajamarca
Fecha:	
Nombre del observador:	Abanto Pérez, Kattia Ivonne

Aspectos específicos a observar

Jirón:		Intersección:	
Hora:			
SUBVARIABLE	TRANSITABILIDAD AFECTADA	OBSERVACIONES	
Cantidad de Comerciantes informales			
Cantidad de Comerciantes formales			

Anexo 2.-Ficha de observación – Aforo Peatonal (Abanto, K.; 2023)

Valoración para los indicadores:

Nivel de influencia en la transitabilidad		
(1)	Bajo	No es de gran impacto, ya que no impiden el tránsito peatonal de manera fluida.
(2)	Medio	Irrumpe medianamente al flujo peatonal, dificultando la transitabilidad en cierta medida.
(3)	Alto	Obstaculiza severamente al flujo peatonal dificultando el tránsito.



- Subvariable: Aforo peatonal

Tabla 1

Transitabilidad afectada por los comerciantes formales e informales



Tabla 78. Influencia de la Sincronización de Semáforos "Ola Verde" en el Flujo Vehicular y Peatonal de la Zona Monumental de la ciudad de Cajamarca, 2021

JR.	TRANSITABILIDAD AFECTADA	
	Número de comerciantes informales	Número de comerciantes formales
Jr. Dos de Mayo		
Jr. José Gálvez		