

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



**TESIS**

**“MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS  
VEHICULARES DE LAS INTERSECCIONES AV. JORGE  
BASADRE GROHMANN – CON AV. MANUEL A. ODRÍA Y AV.  
EJÉRCITO, UTILIZANDO UN MODELO DE MICRO SIMULACIÓN  
- TACNA, 2020”**

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

**PRESENTADO POR:  
Bach. JORGE ALBERTO GUZMÁN PERALTA**

TACNA – PERÚ  
2021

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

**TESIS**

**“MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS  
VEHICULARES DE LAS INTERSECCIONES AV. JORGE  
BASADRE GROHMANN – CON AV. MANUEL A. ODRÍA Y AV.  
EJÉRCITO, UTILIZANDO UN MODELO DE MICRO  
SIMULACIÓN - TACNA, 2020”**

Tesis sustentada y aprobada el 27 de septiembre de 2021; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE: Mtro. DINA MARLENE COTRADO FLORES**

**SECRETARIO: Mag. MARTÍN PAUCARA ROJAS**

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

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

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Jorge Alberto Guzmán Peralta, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 76649096.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

*Mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación - Tacna, 2020*

La misma que presento para optar:

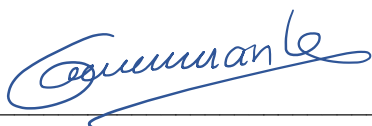
El Título Profesional de Ingeniero Civil

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a la universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 27 de septiembre de 2021



---

Jorge Alberto Guzmán Peralta

DNI: 76649096



**DEDICATORIA**

A Dios por protegerme, darme salud y capacidad de seguir aprendiendo.

A mis padres por el constante apoyo incondicional, pues ellos siempre me estuvieron motivando en cada paso de mi vida profesional.

A mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres:

Que siempre están conmigo, apoyándome y motivándome a crecer profesionalmente y como persona. Gracias por guiarme por el camino correcto.

A mi familia:

Gracias a mis abuelos, tíos, primos por su apoyo incondicional y por estar presente siempre en los momentos más importantes de mi vida.

A mi asesor:

Agradezco a Mtro. Rolando Salazar-Calderón Juárez por el tiempo dedicado, la información proporcionada, los consejos y sugerencias en la elaboración de la presente investigación.

## ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA .....	i
PÁGINA DEL JURADO.....	ii
PÁGINA DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD.....	iii
PÁGINA DE DEDICATORIA.....	v
PÁGINA DE AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1. Descripción del problema .....	3
1.2. Formulación del problema .....	5
1.2.1. Problema general .....	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	5
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivo general .....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis.....	6
1.5.1. Hipótesis General.....	6
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes del estudio .....	8
2.1.1. A nivel Internacional .....	8
2.1.2. A nivel Nacional.....	10
2.1.3. A nivel Local .....	13
2.2. Bases Teóricas.....	15
2.2.1. Flujos vehiculares.....	15
2.2.1.1. Tipos de Flujo Vehicular .....	15
2.2.1.2. Parámetros de Flujo de Tráfico .....	15
2.2.1.3. La vía .....	16

2.2.1.4. Simulación del Tráfico Vehicular.....	17
2.2.2. El nivel de servicio.....	18
2.2.2.1. Identificación de Intersecciones.....	19
2.2.2.2. Aforo de Volumen.....	21
2.2.2.3. Volumen de Tránsito .....	22
2.2.2.4. Datos de entrada.....	24
2.2.3. Metodología HCM 2010 para intersecciones con semáforo.....	24
2.2.3.1. Paso 01: Determinación de los grupos de movimiento o carril.....	26
2.2.3.2. Paso 02: Determinar la intensidad por grupo de movimiento y grupo de carril .....	26
2.2.3.3. Paso 04: Determinar la tasa de flujo de saturación ajustada “S” .....	28
2.2.3.4. Paso 05: Determinación de la llegada de vehículos en verde.....	34
2.2.3.5. Paso 06: Determinación la duración de la fase semafórica.....	34
2.2.3.6. Paso 07: Determinación de la capacidad “C” y la relación volumen-capacidad “X” .....	34
2.2.3.7. Paso 08: Determinación de la demora “d” .....	35
2.2.3.8. Paso 09: Determinación del nivel de servicio (LOS) .....	41
2.3. Definición de términos .....	42
2.3.1. Densidad .....	42
2.3.2. Flujo.....	42
2.3.3. Flujo continuo .....	42
2.3.4. Flujo discontinuo.....	42
2.3.5. Flujos vehiculares .....	42
2.3.6. Intersección .....	42
2.3.7. Macrosimulación.....	43
2.3.8. Mesosimulación .....	43
2.3.9. Microsimulación .....	43
2.3.10. Modelación del tráfico .....	43
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	44
3.1. Tipo y nivel de la investigación .....	44
3.2. Población y/o muestra de estudio.....	44
3.3. Operacionalización de variables .....	45
3.3.1. Identificación de las variables .....	45
3.3.2. Caracterización de las variables .....	45
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	46
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	56
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	58

4.1.	Registro de datos y cálculo de flujos vehiculares para el análisis .....	58
4.2.	Nivel de servicio actual de las intersecciones semaforizadas .....	90
4.3.	Propuesta de mejora en el sistema.....	151
4.2.1.	Propuesta 01: Optimización del tiempo semafórico .....	151
4.2.2.	Propuesta 02: Redistribución de flujos vehiculares y rediseño de la sección vial.....	167
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		182
CONCLUSIONES .....		187
RECOMENDACIONES .....		188
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		189
ANEXOS .....		192

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de servicio para intersecciones semaforizadas según demora.....	20
Tabla 2. Tipos de Intersecciones a Nivel .....	21
Tabla 3. Tipos de Intersecciones a Nivel .....	29
Tabla 4 Equivalencias de los factores de conversión a coche patrón (UCP).....	30
Tabla 5. Factor de ajuste para el cálculo de la demora uniforme .....	37
Tabla 6. Relación entre tipo de llegada y rango de pelotón Rp .....	38
Tabla 7. Relación entre tipo de llegada y rango de pelotón Rp .....	40
Tabla 8. Criterio para calcular el nivel de servicio. ....	41
Tabla 9. Caracterización de las variables .....	45
Tabla 10. Caracterización de las variables.....	60
Tabla 11. Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día lunes 19/10/2020.....	63
Tabla 12. Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día miércoles 21/10/2020.....	64
Tabla 13. Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día viernes 23/10/2020.....	65
Tabla 14. Tasa de flujo $V_p$ por movimiento, grupo de carril GC y acceso .....	72
Tabla 15. Condiciones geométricas de la intersección II.....	76
Tabla 16. Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día lunes 19/10/2020 en la intersección II .....	79
Tabla 17. Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día miércoles 21/10/2020 en la intersección II .....	80
Tabla 18. Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día viernes 23/10/2020 en la intersección II .....	81
Tabla 19. Cálculo de tasa de flujo $V_p$ por movimiento, grupo de carril y acceso .....	88
Tabla 20. Flujo de saturación ajustado para cada grupo de carril de la intersección I .....	102
Tabla 21. Capacidad y relación volumen-capacidad para cada grupo de carril de la intersección I .....	107
Tabla 22. Demora uniforme y demora por cola inicial .....	121
Tabla 23. Capacidad y relación volumen-capacidad para cada grupo de carril de la intersección .....	123
Tabla 24. Flujo de saturación ajustado para cada grupo de carril de la intersección II .....	133

Tabla 25. Capacidad y relación volumen-capacidad para cada grupo de carril de la intersección II .....	138
Tabla 26. Demora uniforme y demora por cola inicial .....	148
Tabla 27. Demora y nivel de servicio por GC, acceso e intersección .....	150
Tabla 28. Capacidad y relación volumen-capacidad para el tiempo semafórico ...	155
Tabla 29. Demora uniforme y por cola inicial .....	156
Tabla 30. Demora incremental, demora total y nivel de servicio de la intersección.. .....	158
Tabla 31. Capacidad y relación volumen-capacidad para optimización del tiempo semafórico .....	163
Tabla 32. Demora uniforme y por cola inicial .....	164
Tabla 33. Demora incremental, demora total y nivel de servicio de intersección...	166
Tabla 34. Tasa de flujo de saturación "S" .....	169
Tabla 35. Capacidad "c" y relación volumen-capacidad "X" .....	170
Tabla 36. Demora uniforme y por cola inicial .....	171
Tabla 37. Demora por control y nivel de servicio.....	173
Tabla 38. Tasa de flujo de saturación "S" .....	176
Tabla 39. Capacidad "c" y relación volumen-capacidad "X" .....	177
Tabla 40. Demora uniforme y por cola inicial .....	178
Tabla 41. Demora por control y nivel de servicio.....	180

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología para determinar el nivel de servicio de las intersecciones con semáforo HCM (2010) .....	25
Figura 2. Grupos de movimiento y grupos carriles típicos para el análisis .....	27
Figura 3. Acceso N-S de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría .....	46
Figura 4. Acceso S-N de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría .....	47
Figura 5. Acceso E-O de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría .....	47
Figura 6. Acceso O-E de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría .....	47
Figura 7. Acceso N-S de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército .....	48
Figura 8. Acceso S-N de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército .....	48
Figura 9. Acceso E-O de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército .....	48
Figura 10. Acceso O-E de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército .....	49
Figura 11. Medición de ancho de veredas correspondiente a los accesos de la intersección I .....	49
Figura 12. Medición de ancho de bermas de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría .....	50
Figura 13. Medición de ancho de carriles de las intersecciones analizadas.....	50
Figura 14. Toma de datos en la intersección I, Av. Jorge Basadre con Av. Manuel A. Odría .....	51
Figura 15. Toma de datos en la intersección II, Av. Jorge Basadre con Av. Ejército .....	51
Figura 16. CD de videos con grabaciones de cámaras de seguridad de la Municipalidad Provincial de Tacna.....	52
Figura 17. Conteo vehicular en gabinete .....	53
Figura 18. Formato de aforo vehicular del MTC en Excel .....	53
Figura 19. Registro manual de aforo vehicular en plantillas .....	54
.....	54



Figura 20. Se muestra la cola de vehículos en el acceso N-S de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría .....	54
Figura 21. Se muestra la cola de vehículos en el acceso O-E de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y el estacionamiento adyacente de la clínica La Luz.....	55
Figura 22. Perspectiva de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y la ubicación de los semáforos .....	55
Figura 23. Perspectiva de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército y la ubicación de los semáforos .....	55
Figura 24. Etapa I: Registro de datos, identificación de GM y GC y tasa de flujo Vp .....	56
Figura 25. Etapa II: Tasa de flujo de saturación ajustada, capacidad, demoras y nivel de servicio actual.....	57
Figura 26. Etapa III: Propuestas de mejora y nivel de servicio.....	57
Figura 27. Vista satelital de la intersección I y II .....	58
Figura 28. Intersección I – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría.. .....	59
Figura 29. Movimientos identificados en la intersección I.....	60
Figura 30. Grupos de movimiento para cada acceso .....	61
Figura 31. Grupos de carril para cada acceso .....	61
Figura 32. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección I .....	66
Figura 33. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección I .....	66
Figura 34. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección I .....	67
Figura 35. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección I .....	67
Figura 36. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección I .....	68
Figura 37. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección I .....	68
Figura 38. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección I .....	69
Figura 39. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección I .....	69

Figura 40. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección I .....	70
Figura 41. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (15 min) de la hora pico – lunes 19/10/2020 (8:00 a.m. a 9:00 a.m.) .....	70
Figura 42. Ciclo semafórico actual de la intersección I .....	73
Figura 43. Diagrama de fases de la intersección I .....	74
Figura 44. Intersección II – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército .....	75
Figura 45. Movimientos identificados en la intersección II.....	75
Figura 48. Grupos de movimiento para cada acceso .....	77
Figura 49. Grupos de carril en acceso N-S y S-N .....	77
Figura 50. Grupos de carril en acceso E-O y O-E.....	78
Figura 51. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección II .....	82
Figura 52. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección II .....	82
Figura 53. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección II .....	83
Figura 54. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección II .....	83
Figura 55. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección II .....	84
Figura 56. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección II .....	84
Figura 57. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección II .....	85
Figura 58. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección II .....	85
Figura 59. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección II .....	86
Figura 60. Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (15 min) de la hora pico – lunes 19/10/2020 (7:15 a.m. a 8:15 a.m.) .....	86
Figura 61. Ciclo semafórico actual de la intersección II.....	89
Figura 62. Diagrama de fases de la intersección II .....	90
Figura 63. Flujos vehiculares de la Intersección I por Grupo de carril .....	152

Figura 64. Diagrama de tiempos en dos fases.....	155
Figura 65. Flujos vehiculares de la Intersección II por Grupo de carril .....	159
Figura 66. Diagrama de tiempos en dos fases.....	162
Figura 67. Planimetría de la situación actual de la intersección I .....	167
Figura 68. Planimetría de la propuesta de mejora N°02 de la intersección I .....	168
Figura 69. Planimetría de la situación actual de la intersección II .....	174
Figura 70. Planimetría de la propuesta de mejora N°02 de la intersección II .....	175

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1	Matriz de Consistencia .....	192
Anexo 2	Aforos vehiculares .....	194
Anexo 3	Simulación del Tráfico .....	261
Anexo 4	Planos .....	264

## RESUMEN

El trabajo de investigación *Mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación - Tacna, 2020*, se presenta como tesis para optar por el título de Ingeniero Civil.

Este se desarrolló con el objetivo de mejorar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, mediante el uso de un modelo de micro simulación.

La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un diseño experimental, y cuyo enfoque tuvo como población todos los flujos vehiculares de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército y como muestra los flujos vehiculares de transporte liviano y pesado aforados en tiempo de pandemia del SARS-CoV-2 (COVID-19), que transitan en los horarios de 7:00 a 9:00, 12:00 a 14:00 y 18:00 a 20:00 horas, los días lunes, miércoles y viernes en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército. Estos se consideraron como puntos críticos de fluidez vehicular deficiente en la ciudad de Tacna, ya que por su ubicación es usada por todo tipo de vehículos, empleando como técnica el aforo vehicular.

Con el trabajo se concluye que la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría presenta un nivel de servicio E y la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército, presenta un nivel de servicio C. Ambos resultados no son apropiados. Por tal motivo, redistribuyendo flujos vehiculares, rediseñando la sección vial y manteniendo el tiempo de los semáforos, disminuyen las demoras y se mejora notablemente el comportamiento de los flujos vehiculares de las dos intersecciones semaforizadas, llegando a obtener niveles de servicio B y demoras por debajo de los 15 segundos.

*Palabras clave:* Flujo vehicular, nivel de servicio, comportamiento de tránsito, modelo de tráfico.

## ABSTRACT

The research work Improvement of the level of service in vehicular flows of the intersections Av. Jorge Basadre Grohmann - with Av. Manuel A. Odría and Av. Ejército, using a micro simulation model - Tacna, 2020, is presented as a thesis to choose for the title of Civil Engineer.

This was developed with the objective of improving the level of service of vehicular flows at the intersections Av. Jorge Basadre Grohmann - with Av. Manuel A. Odría and Av. Ejército, through the use of a micro simulation model.

The methodology used was of an applied type, with an experimental design, and whose focus was on all the vehicular flows of the intersection Av. Jorge Basadre Grohmann - with Av. Manuel A. Odría and Av. Ejército and heavy transport measured in times of the SARS-CoV-2 (COVID-19) pandemic, which travel between the hours of 7:00 a.m. to 9:00 a.m., 12:00 p.m. to 2:00 p.m. and 6:00 p.m. to 8:00 p.m. hours, on Monday, Wednesday and Friday at the intersections Av. Jorge Basadre Grohmann - with Av. Manuel A. Odría and Av. Ejército. These were considered as critical points of poor vehicular flow in the city of Tacna, since its location is used by all types of vehicles, using vehicle capacity as a technique.

The work concludes that intersection I, Av. Jorge Basadre Grohmann with Av. Manuel A. Odría, presents a service level E and that intersection II, Av. Jorge Basadre Grohmann with Av. Ejército, presents a service level C. Both results are not appropriate. For this reason, redistributing traffic flows, redesigning the road section and maintaining the timing of the traffic lights, reduce delays and notably improve the behavior of vehicle flows at the two signalized intersections, reaching service levels B and delays below of the 15 seconds.

*Keywords:* Vehicle flow, service level, traffic behavior, traffic model.

## INTRODUCCIÓN

La investigación titulada *Mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación - Tacna, 2020*”, aborda un problema referido a la alta congestión vehicular en el caso de la Av. Jorge Basadre Grohmann (Oeste) y su intersección con la Av. Manuel A. Odría, punto que reúne cuatro vías con diferentes direcciones, y que dada su proximidad a la Clínica La Luz y la Dirección Regional de Agricultura de Tacna, como también por reunir las vías que conectan al centro histórico de la ciudad y el terminal terrestre, presenta un alto flujo vehicular, en el que transitan vehículos de carga pesada, buses (con dirección a Chile) de transporte público, particulares, al igual que la intersección de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Ejército, la cual cuenta con dos vías que sirven de conexión con las principales zonas industriales y comerciales de la ciudad y que dado ello, tiene un alto grado de flujo vehicular. Tales vías demandan, además del flujo vehicular, que estas requieran constante necesidad de refacción, dada las importantes cargas que soportan, viéndose la necesidad de evaluar la gestión de vías alternas que permitan solucionar este problema.

Tomando en cuenta esta problemática, la investigación presenta su desarrollo en cinco capítulos, siendo el primero la presentación del Planteamiento del Problema, en la que se realiza la descripción de la problemática, formulación del problema, justificación, y determinación de los objetivos e hipótesis, generales y específicas.

El segundo capítulo desarrolla el análisis del Marco teórico, haciendo para ello una revisión de conceptos relacionados a los flujos vehiculares y nivel de servicio, para lo cual se hizo revisión de antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de términos o conceptos.

En el tercer capítulo se aborda el marco metodológico, en el cual se establecen los aspectos metódicos como el tipo y diseño de investigación, población y determinación de la muestra, operacionalización de variables y elección de las técnicas e instrumentos aplicados.

El cuarto capítulo se enfoca en los resultados de la tesis, presentando para ello el registro de datos y cálculo de flujos vehiculares, el nivel de servicio actual de las intersecciones, y la propuesta de mejora, planteando para ello dos alternativas.

En el quinto capítulo se desarrolla la discusión de resultados, representando los principales aspectos encontrados en la investigación y un análisis a nivel de contraste con investigaciones previas.

Finalmente se presentaron las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos de la investigación.



## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

En la actualidad, la globalización ha provocado que las personas tengan la necesidad de movilizarse de un lugar a otro, con mayor rapidez. Si bien es cierto, el Perú cuenta con carreteras tanto rurales, como urbanas, todas ellas tienen un rol importante en el desarrollo socioeconómico en la población, influyendo en el desarrollo de un país.

Asimismo, estas vías necesitan recibir mantenimiento con la finalidad de evitar que se deterioren más rápido, logrando así una longevidad mayor. Por otro lado, las vías al no recibir mantenimiento, incrementan de costos de operación notablemente. Además, el mantenimiento de vehículos, el aumento de accidentes de tránsito, la pérdida de tiempo e inclusive los mismos ciudadanos, pierden poco a poco la confianza en la gestión de los representantes en los diferentes niveles gubernamentales.

Un problema actual es la congestión vehicular, trayendo, además una serie de problemas en la población, como la contaminación del medio ambiente y deterioro de salud en los ciudadanos. Por otro lado, el poder adquisitivo de la población ha aumentado en los últimos años, complementado con las diferentes facilidades que brindan las tiendas dedicadas a la venta de vehículos, repercutiendo en el crecimiento inesperado del parque automotor de Tacna, siendo este una de las principales causas el congestionamiento vehicular actual.

Asimismo, en los últimos años se han ido utilizando diferentes metodologías para estudiar el funcionamiento de intersecciones viales que presentan problemas moderados de congestión vehicular. Entre ellas se encuentran la HCM 2010 y Synchro 10, las cuales, son las más utilizadas y aprobadas a nivel internacional y especialmente por Estados Unidos. Dichas metodologías son rápidas y confiables con relación a la predicción del tráfico en una intersección en particular, ya sea por encima o debajo de su capacidad permitida.

En el caso del Perú, el tráfico vehicular es indudablemente un dolor de cabeza para las autoridades de diferentes regiones y que debe en gran medida al número

acrecentado de unidades vehiculares que circulan en diferentes calles y avenidas, muchas de las cuales son especializadas en el transporte público de pasajeros. Es así que se estima que un limeño, por ejemplo, pierde un promedio de veinte días al año atrapado en el tráfico, lo que le expone a padecer cuadros de estrés y angustia, el mismo que puede verse reflejado en problemas de salud posteriores, y cuya realidad se replica en otras regiones como Arequipa, Cusco y Trujillo (RPP, 2018).

Según Flores (2018), en un estudio de la fundación Transitemos, sostiene que el 38% de la población de Lima que se moviliza en transporte público puede perder entre 1 hora y media a 1 hora con 50 minutos en el tráfico, y todo ello en un parque automotor de más de 1,7 millones de vehículos, lo que demanda de soluciones inmediatas.

Este problema se replica en la ciudad de Tacna, y en especial en avenidas de alta congestión vehicular, como es el caso de la Av. Jorge Basadre Grohmann (Oeste) y su intersección con la Av. Manuel A. Odría, punto que reúne cuatro vías con diferentes direcciones, y que dada su proximidad a la Clínica La Luz y la Dirección Regional de Agricultura de Tacna, como también por reunir las vías que conectan al centro histórico de la ciudad y el terminal terrestre, presenta un alto flujo vehicular, en el que transitan vehículos de carga pesada, buses (con dirección a Chile) de transporte público, particulares, al igual que la intersección de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Ejército, la cual cuenta con dos vías que sirven de conexión con las principales zonas industriales y comerciales de la ciudad y que dado ello, tiene un alto grado de flujo vehicular. Las vías en mención demandan, además del flujo vehicular, que sus vías requieran constante necesidad de refacción, dada las importantes cargas que soportan, viéndose la necesidad de evaluar la gestión de vías alternas que permitan solucionar este problema.

Es por esta razón que, se planteó como tema de investigación el mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación – Tacna, 2020.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿De qué manera se puede mejorar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el nivel de servicio actual que se presenta en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército?
- ¿De qué manera, el modelo de micro simulación analiza la congestión vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército?
- ¿Qué acciones se pueden implementar a fin de lograr una mejora del nivel de servicio en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército?

## **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

El presente trabajo de investigación presenta una justificación teórica, debido a que se llevará a cabo la identificación de las teorías existentes, con la finalidad de brindar información de soporte, a la determinación de los objetivos planteados, relacionados con el mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación.

Asimismo, tiene justificación práctica, debido a que permitirá la obtención de resultados a nivel de diagnóstico, con el mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando un modelo de micro simulación. La investigación brindará así información a la Municipalidad de Tacna, con la finalidad de lograr solucionar esta problemática que se suscita a diario en las avenidas intervinientes.

Finalmente, para poder lograr los objetivos planteados, se requiere el uso de diferentes fichas o formularios de observación, así como los reportes, en las

intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército. Así también, se requerirá el apoyo de diferentes programas estadísticos, logrando así cumplir con el objetivo planteado. Tomando en consideración la metodología empleada, la investigación se propone como un nuevo documento sin precedentes previos que hayan hecho evaluación sobre la intersección en evaluación, por lo cual el estudio representa también un nuevo marco de referencia para el desarrollo de futuras investigaciones.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Mejorar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, mediante el uso de un modelo de micro simulación.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el nivel de servicio actual que se presenta en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.
- Analizar el comportamiento del flujo vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, mediante un modelo de micro simulación.
- Evaluar acciones a implementar que permitan lograr una mejora del nivel de servicio en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.

#### **1.5. Hipótesis**

##### **1.5.1. Hipótesis General**

Mediante el uso de un modelo de micro simulación, la mejora del nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército; será significativa.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- Mediante el análisis de flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, se obtiene el nivel de servicio actual.
- Mediante un modelo de microsimulación, se analiza el comportamiento del flujo vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.
- Implementando un nuevo proyecto de semaforización continua, redistribuyendo flujos vehiculares y rediseñando la sección vial, se logra una descongestión vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, a beneficio de la sociedad.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

#### 2.1.1. A nivel Internacional

Aiello (2017), desarrolló el trabajo final de Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos titulado “Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en Av. Pío XII, Av. Campanar, Calle Vall de la Ballestera y calle Joaquín Ballester mediante la aplicación del High Capacity Manual 2010”, de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Su objetivo fue realizar un estudio sobre la capacidad y nivel de servicio en la intersección semaforizada de la Avenida Pío XII, la Avenida de Campanar, la Calle de la Vall de la Ballestera y Calle Joaquín Ballester situada en la ciudad de Valencia, ya que, presenta problemas de congestión vehicular, generando molestias e incomodidad al usuario. Para ello, se utilizó la metodología descrita en el capítulo 18 del HCM (High Capacity Manual) 2010, volumen 3 “Interrupted Flow”. Se obtuvieron los datos mediante un conteo manual en la hora punta de entrada a la ciudad de Valencia, diferenciando entre vehículos pesados y ligeros, así como la dirección que tomaban en cada intersección. Los niveles de servicio obtenidos con el HCM 2010 determinan que todas las intersecciones se encuentran entre un nivel de servicio de B, C y D, siendo mayoritario el nivel de servicio C. Se identificaron propuestas para la mejora del nivel de servicio y se realizó un estudio comparativo entre éstas. Se concluye que la primera alternativa plantea la modificación de la dirección de la Avenida Campanar, el desvío del vial secundario de la Avenida Pío XII en su tramo norte y la ejecución de una señal horizontal en el vial de la intersección 2, esta disminuye la situación del bloqueo sin la necesidad de altos costes de ejecución ni perjudicar gravemente el tránsito de los conductores por la intersección. Por otro lado, la segunda alternativa resuelve completamente los conflictos de demora y atascos, pero requiere de la ejecución de un paso inferior y la construcción de una glorieta lo cual incrementa en gran medida los costes y supondría un inconveniente para los usuarios.

Espinosa y Piedra (2017), desarrollaron la tesis titulada “Análisis y diseño geométrico a la intersección de la av. 12 de abril y unidad nacional”, de la Universidad de Cuenca, en Ecuador. El objetivo general fue evaluar el desempeño de la intersección ubicada en la Av. 12 de abril y Unidad Nacional en la ciudad de Cuenca.

Esta intersección no puede satisfacer la creciente demanda, lo que conduce a un déficit en el nivel de servicio. Como solución a este problema, se propuso realizar el análisis y el rediseño de la intersección para reducir los retrasos y evitar la congestión vehicular actual y dentro del período de diseño. La primera parte contempló la obtención de datos de campo, para los cuales se llevó a cabo la medición de vehículos y peatones de la intersección, seguido de un levantamiento topográfico y la medición de los ciclos de los semáforos. Se utilizó Synchro 8, software utilizado para modelar, evaluar y optimizar los sistemas viales a nivel macroscópico mediante la aplicación del método HCM 2010. Además, se utilizaron los conteos automáticos proporcionados por el GAD municipal, y la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) y por la Agencia para la Regulación y Control de Hidrocarburos (ARCH). En una segunda etapa basada en los criterios establecidos en el capítulo de intersecciones marcadas del Road Capacity Manual 2010 (HCM 2010), se calcularon los niveles de servicio para establecer el estado actual. La etapa final propuso dos soluciones alternativas a los conflictos de movilidad en la intersección, concluyendo con la recomendación y el diseño previo de la alternativa que presentó el mejor desempeño técnico y ambiental para un período de diseño de 20 años.

Monje y Remachi (2015), elaboró la tesis "Formulación de alternativas para solucionar el congestionamiento vehicular de las intersecciones Av. República Diego de Almagro y Av. 6 de diciembre en la ciudad de Quito", de la Universidad Central del Ecuador. Tuvo como objetivo plantear alternativas de solución al congestionamiento vehicular de las avenidas mencionadas anteriormente. Este estudio se llevó a cabo mediante la recopilación de información sobre el área de influencia del estudio sobre las características sociales, económicas, el uso del suelo, el diagnóstico del sector y la funcionalidad actual, el levantamiento topográfico y los elementos geométricos. El tráfico se estudió en períodos de 15 minutos durante 3 días. Para determinar las horas pico actuales y futuras, los volúmenes de tráfico y el TPDA (Tráfico diario promedio anual) actual y futuro, se midieron los niveles de capacidad, densidad, demanda y servicio en las intersecciones, tipo de velocidades, distancias de visibilidad, seguridad vial y señalización. determinado tanto horizontal como vertical. Con los datos obtenidos, se plantearon las alternativas de solución; La simulación se llevó a cabo utilizando el software Synchro 8.0 de cada alternativa, se seleccionó la más viable, que consistió en la reprogramación de los tiempos de los semáforos, la mejora de la señalización vertical y horizontal y la creación de una bahía de giro a la

izquierda, con él para proporcionar una mejor movilidad a los usuarios. Finalmente, se realizó su evaluación ambiental.

Rodríguez (2015), desarrolló el artículo “Revisión del HCM 2010 y 2000 Intersecciones Semaforizadas”, publicado en la revista Ingenium de la Universidad de San Buenaventura sede Bogotá, Colombia. El artículo presenta una evaluación del Capítulo 18 del HCM 2010, indicando las variaciones que se presentan con respecto a la versión del HCM 2000 en intersecciones semaforizadas. A partir de un estudio realizado en la ciudad de Valencia, se observó cómo los giros de izquierda y derecha han disminuido su capacidad con la versión actual del manual y los movimientos de frente aumentan. Los aforos fueron realizados durante días típicos (martes, miércoles y jueves) en periodos picos del año (Junio - Julio) y durante un tiempo de conteo de 16 horas mediante cámaras de video. Los resultados aplicando el HCM 2010, se presenta una variación en la obtención de la tasa de flujo de saturación con respecto al HCM 2000. Esto sucede en los factores de ajuste por giros a la derecha e izquierda, siendo los puntos que afectan los resultados en la capacidad y nivel de servicio de la intersección de estudio. Se concluye que, aplicando la última versión del manual, se obtiene una disminución en la capacidad en los giros de izquierda y derecha y un aumento en la demora con respecto a la versión del HCM 2000.

### **2.1.2. A nivel Nacional**

Romero (2018), desarrolló la investigación titulada “Análisis del nivel de servicio vehicular y modelamiento en el software Synchro traffic 8.0. del jr. Silva Santisteban de la ciudad de Cajamarca”, de la Universidad Nacional de Cajamarca. El objetivo fue realizar el “análisis del nivel de servicio vehicular y modelamiento en el software Synchro traffic 8.0. del jr. Silva Santisteban de la ciudad de Cajamarca”, en las intersecciones semaforizadas. Para determinar las condiciones actuales del tráfico, se realizó la capacidad vehicular de los semáforos que se cruzaban durante la semana, de 7:00 a.m. a 8:00 p.m. para cada intersección, determinando el volumen horario máximo de demanda del día más congestionado, determinando así la capacidad y el nivel de servicio en cada intersección. Asimismo, se determinaron las características geométricas de las intersecciones, para lo cual se realizó el levantamiento topográfico del área en estudio con una estación total TS06. Finalmente, se midieron los tiempos de los semáforos. Con estos datos obtenidos, se calcularon los tiempos de retraso y el nivel de servicio del vehículo de cada



intersección de semáforo, así como la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010); posteriormente, con la ayuda del software de simulación Synchro traffic 8.0, se modeló el flujo del vehículo de cada intersección. Finalmente, se determinó que el tiempo máximo de demanda es entre las 7:15 a.m. y las 8:15 a.m. para las intersecciones Jr. Silva Santisteban- Jr. Guillermo Urrelo y Jr. Silva Santisteban - Jr. Romero, mientras que para la intersección Jr. Silva Santisteban - Av. Independencia es entre las 12:30 p.m. y las 13:30 p.m. Obtención de los niveles de servicio C, D y C respectivamente para las intersecciones anteriores. También se determinó que los vehículos que exacerban la congestión vehicular son mototaxis seguidos de taxis, debido al gran porcentaje de estos en la comparación del tráfico vehicular.

Rondoño (2018), desarrolló la tesis titulada “Análisis vial en las intersecciones de la av. Luzuriaga y San Martín con la Av. Raymondi - Huaraz aplicando el software Synchro 8.0, para mejorar el flujo vehicular”, de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - UNASAM, en Ancash. Tuvo como objetivo realizar el análisis vial de las intersecciones de la Av. Luzuriaga y San Martín con la Av. Raymondi - Huaraz aplicando el software Synchro 8.0, para mejorar el flujo vehicular a nivel Local. El tipo de investigación fue descriptiva, de diseño no experimental transversal. La muestra estuvo representada por las intersecciones de la av. Luzuriaga y San Martín con la av. Raymondi – Huaraz, las cuales fueron elegidas en base a un muestreo intencional por su importancia y grado de congestión. Como técnicas de recolección de datos, se realizó el análisis documental, como también entrevistas y observaciones directas in situ. Una vez obtenidos los datos en el campo, se procedió a ordenar y presentar los datos para el procesamiento respectivo, con la ayuda del programa excel y finalmente haciendo una micro simulación en el software synchro 8.0. Finalmente, al analizar la situación actual de las intersecciones de la Av. Luzuriaga y San Martín con la Av. Raymondi, tanto con la metodología de HCM 2010 y con el software Synchro 8.0, se encontró que operan con niveles de servicio C. Esto significa que opera aceptablemente y ocurre por dos razones: primero por una sincronía regular de semáforos y segundo por ciclos individuales largos. En el caso de la investigación ocurre lo segundo, por lo que puede traer a que los ciclos individuales empiezan a fallar y por ende el nivel de servicio sea más deficiente.

Agreda y Parra (2017), desarrollaron la tesis titulada “Análisis comparativo de la aplicación de la metodología HCM 2000 y HCM 2010 en un tramo semaforizado de la avenida San Luis en la ciudad metropolitana de Lima”, de la Universidad

Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima. El objetivo fue realizar una comparación de la aplicación de las metodologías HCM 2010 y HCM 2000 en intersecciones semaforizadas urbanas en Lima y definir cuál de ellas es más aplicable a la realidad del tránsito en Lima Metropolitana. Se realizó el aforo o conteo de los vehículos y peatones que transiten por la vía en un periodo de 14 horas en tres días consecutivos. Los resultados muestran niveles de servicio D, E y F en las dos intersecciones semaforizadas. Los autores propusieron algunas recomendaciones para mejorar el nivel de servicio utilizando ambas metodologías HCM 2010 y HCM 2000. Identificaron qué factores afectaban directamente a las demoras, para modificarlos y mejorar el sistema. Para tal situación, plantearon disminuir la relación volumen-capacidad v/c. Es por ello, que se modificó la tasa ajustada de flujo de saturación S y se propuso restringir los giros a la izquierda y eliminar el bloqueo de peatones/bicicletas por giros a la izquierda. También se varió el tiempo de verde efectivo en 4 segundos. Concluyen que los cambios realizados fueron efectivos debido a que se logró bajar las demoras en cada intersección y mejorar el nivel de servicio.

Estrada y Rodríguez, L. (2017), desarrollaron la tesis titulada “Propuesta para mejorar los niveles de servicio de la Av. Simón Bolívar, comprendidas entre las Avenidas José de San Martín y Paso de los Andes – Pueblo Libre”, de la Universidad Privada de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima. El objetivo fue proponer una solución para la congestión vehicular, mejorando los niveles de servicio actuales, mediante un adecuado modelamiento mesoscópico, que permita aligerar el flujo vehicular en las intersecciones analizadas. Se realizaron aforos vehiculares durante dos ciclos de aproximadamente 6 horas en un día de la semana, por la mañana de 7:00 a 9:30 y por la noche entre las 17:00 y 20:15. Se determinó los flujos de saturación, demoras y nivel de servicio basándose en la metodología del High Capacity Manual 2010. En las conclusiones se propone una solución acorde a la realidad de cada intersección semaforizada. También se analizó las intersecciones con el software Synchro 8.0.0. Se obtuvo para ambas intersecciones nivel de servicio F. La propuesta de mejora se basa en la eliminación de giros a la izquierda, que son en la mayoría de los casos, los movimientos que causan mayores colas. Los autores concluyen que con estas propuestas para las dos intersecciones el nivel de servicio cambia a D y se obtiene una mejora significativa en el nivel de servicio comparado con la situación actual.

### 2.1.3. A nivel Local

Flores y Chambilla (2020), realizaron la tesis titulada “Optimización del tránsito en la Avenida Jorge Basadre Grohmann, Tramo Avenida Pinto–Avenida Tarata, Distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2020”, de la Universidad Privada de Tacna. El objetivo principal de este trabajo de investigación fue optimizar el tránsito en la avenida Jorge Basadre Grohmann y en cada intersección vial semaforizada, así como en el tramo total propuesto. La metodología aplicada fue el análisis operacional basándose en el HCM 2010. Se realizó los aforos vehiculares durante una semana (2 días + entre lunes y viernes y 1 día entre sábado y domingo) en intervalos de tiempo de 15 minutos. En los resultados, el nivel de servicio en la Av. Gustavo Pinto con la Av. Jorge Basadre Grohmann es D, en la Av. Internacional con la Av. Jorge Basadre Grohmann es B, En la Av. Tarata con la Av. Jorge Basadre Grohmann es D. A partir de estos resultados se planteó las alternativas de solución para optimizar el flujo vehicular. La propuesta de aumento de carriles fue aplicada en la intersección Av. Internacional con Av. Jorge Basadre, obteniéndose demoras menores a 20 segundos, correspondiente a nivel de servicio B. La segunda propuesta de omitir giros a la izquierda se aplicó en la Av. Pinto con Av. Jorge Basadre, obteniéndose demoras por encima de los 40 segundos, correspondiente a un nivel de servicio E. En la intersección Av. Internacional con Av. Jorge Basadre se aplicó la misma propuesta y se obtuvo mejoras menores a 20 segundos, correspondiente a nivel de servicio B. Los autores aplicaron la tercera propuesta de optimización del ciclo semafórico, obteniendo niveles de servicio A y B para todas las intersecciones. Se concluye que, aplicando optimizaciones del tránsito y mejoramiento vial se obtienen niveles de servicio A y B, comprobando así la mejora del nivel de servicio.

Ortiz y Veliz (2018), realizaron la investigación “Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna - Tacna”, de la Universidad Privada de Tacna. El objetivo principal de este trabajo de investigación fue optimizar el flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial ubicado en la Ciudad de Tacna, departamento de Tacna. La intersección en estudio está muy concurrida por diferentes tipos de vehículos, lo que genera congestión vehicular, especialmente durante las horas pico, causando caos y grandes líneas de vehículos. Para lograr la optimización de esta intersección, lo primero que se hizo fue evaluar el comportamiento del flujo vehicular para determinar el nivel de servicio de la intersección en función del volumen de tráfico y las características geométricas de la misma. En el campo, se tomó

información básica sobre el estado actual de la intersección: conteo de vehículos, tiempo de semáforo y carriles existentes, utilizando las metodologías de análisis de HCM 2000 y Synchro v8. Los datos obtenidos en el campo se procesaron usando hojas de cálculo de Excel y luego se usaron como datos de entrada para la simulación de tráfico en el programa Synchro v8. Cabe señalar que el estudio se realizó en diciembre de 2017. La simulación resultó en un nivel de servicio de "F". Se propusieron tres soluciones alternativas para la optimización del flujo vehicular de la intersección en estudio: el cambio de las fases del semáforo y, por lo tanto, también eliminar el giro a la izquierda, mejorar los tiempos del semáforo y finalmente realizar un intercambio de carreteras en el acceso de Av. Entrada de Gustavo Pinto ya que dicho acceso es el que más se congestiona.

Condori y Lipa (2018), realizaron la tesis titulada "Optimización del flujo vehicular en la Intersección Vial de la Avenida Bolognesi con la Avenida Basadre y Forero, ciudad de Tacna", de la Universidad Privada de Tacna. El objetivo del trabajo fue evaluar la condición y simulación de la situación actual de la intersección de la Avenida Bolognesi y la Avenida Basadre y Forero a través del uso de nuevas herramientas de información como el software Synchro V8 y poder dar soluciones prácticas al actual congestionamiento vehicular. El software Synchro V8 se usó para proponer una solución alternativa que mejora el nivel de servicio en el sector junto con la disminución de las tasas de flujo de vehículos. Para llevar a cabo el trabajo, se realizaron visitas al área en estudio en busca de información real sobre la densidad de vehículos que circulan por esta intersección y luego llenan los diferentes formatos en el campo. Una vez que se recopiló toda la información, se procesó con la ayuda del software Synchro V8 y luego se realizó la simulación de la situación actual de la intersección con posibles alternativas para resolver el problema de tráfico de esta intersección de la ciudad. Finalmente, se concluyó que el nivel de servicio actual está en el rango de E con una capacidad de utilización del 87.2% y con la optimización es posible mejorar el nivel de servicio a B con una capacidad de utilización del 60.8%. Asimismo, fue posible optimizar el flujo vehicular de la intersección de la Avenida Bolognesi con la Avenida Basadre y Forero, restringiendo los giros hacia el lado izquierdo, los cambios de fase y la mejora de los tiempos de los semáforos.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Flujos vehiculares**

Según Sotomayor, citado por Ortiz y Veliz (2018), se denomina flujo vehicular al movimiento de vehículos en una calle o avenida que presentan una dirección fija.

Por otro lado, Coraspe y Marsiglia (2011) indican que el flujo vehicular es el número de vehículos que pasan por un lugar definido por unidad de tiempo. Existen diversos enfoques matemáticos que tratan de modelar el flujo vehicular con cierta aproximación a la realidad.

#### **2.2.1.1. Tipos de Flujo Vehicular**

##### **a) Flujo Continuo**

Leonardo (2017), establece que es uno en el que los vehículos se detienen por ejemplo cuando ocurren accidentes, al llegar a un lugar de destino o debido a paradas a mitad del camino. Estas vías no presentan semáforos o señales de alto que impidan el flujo continuo.

##### **b) Flujo Discontinuo**

De acuerdo a Leonardo (2017), se produce debido a la interrupción del tráfico debido a dispositivos de control, como semáforos, señales de alto. Esto provoca la disminución de la velocidad y paradas periódicas de vehículos. Este tipo de flujo se puede observar en intersecciones semaforizadas de las zonas urbanas.

#### **2.2.1.2. Parámetros de Flujo de Tráfico**

##### **a) Velocidad (V)**

Es la distancia recorrida por unidad de tiempo. (Romana, Nuñez, Martínez, y Díez de Arizaleta, 2017)

**b) Flujo (q)**

Según Cal y Mayor y Cárdenas (2018), es la frecuencia con la que los vehículos pasan por un punto o sección transversal de un carril o carretera.

**c) Densidad (K)**

Cal y Mayor y Cárdenas (2018) mencionan que es el número de vehículos que ocupan una longitud determinada de una vía en un tiempo determinado.

Puede determinarse mediante:

$$K = N/d$$

Donde:

N = Número de vehículos.

d = Longitud específica de una vía.

**2.2.1.3. La vía**

Según la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, la vía es una infraestructura de transporte que permite el movimiento de los vehículos y se considera como el tercer elemento fundamental del tráfico.

**a) Clasificación de las Vías Urbanas**

Asimismo, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2014), establece dimensiones de las secciones transversales para distintos tipos de carreteras, las cuales deben tomarse en cuenta cuando se realiza proyectos nuevos o mejoramientos.

- Vías Expresas

La sección típica de estos caminos generalmente está provista de caminos laterales del tipo local para dar servicio a las propiedades adyacentes con pistas para una doble dirección de movimiento. El ancho de carriles recomendable es 3,60 m.

- Vías Arteriales

En los casos en que el derecho de paso lo permita, estos caminos también contarán con caminos laterales del tipo local para dar servicio a las propiedades adyacentes. En áreas multifamiliares y comerciales, los caminos arteriales se ampliarán según sea necesario para tener un área de estacionamiento y aceras, con acceso por caminos laterales de tipo local, de dimensiones recomendadas de 6,00 m. y 3,00 m. respectivamente. El ancho de carriles recomendable es 3,50 m.

- Vías Colectoras

Estas carreteras sirven tanto para el tránsito como para el acceso a propiedades adyacentes, en algunos casos pueden organizarse en carriles que brindan ambos servicios o desglosarlos si se considera apropiado por razones técnicas económicas.

En áreas multifamiliares y comerciales, los caminos colectores serán convenientes para ampliar los anchos según sea necesario para tener un área de estacionamiento y aceras de dimensiones recomendadas de 6,00 m. y 3,00 m. respectivamente. El ancho de carriles recomendable es 3,25 a 3,30 m.

- Vías Locales

Las secciones transversales de las carreteras locales se determinarán en función de los siguientes módulos:

Ancho de carriles recomendable: 3,00 m.

Vereda: 0,60 m.

Las carreteras locales de mayor jerarquía tendrán al menos dos carriles de 3,00 m. Los caminos de 2 módulos cada uno y las bermas de estacionamiento un módulo de 2,20 m. cada.

#### **2.2.1.4. Simulación del Tráfico Vehicular**

Suárez (2007) señala que los diferentes modelos para el tráfico de vehículos se basan en teorías con enfoques microscópicos y macroscópicos. Todos estos

modelos se basan en métodos y modelos matemáticos, que representan el comportamiento del flujo.

#### **a) Macrosimulación**

La macrosimulación es una representación continua y general de los aspectos típicos (velocidad, volumen, densidad, etc.) del comportamiento del flujo vehicular, para lo cual realiza un análisis de comportamiento colectivo y dinámico. (Blair y Guevara, 2012)

#### **b) Mesosimulación**

La mesosimulación analiza los grupos de vehículos en una escala de magnitud media en términos de espacio y cantidad de vehículos. En esto puede seguir el comportamiento del grupo de vehículos y también la determinación de los tiempos de entrada y salida por paquete de individuos. (Blair y Guevara, 2012)

#### **c) Microsimulación**

La microsimulación permite evaluar el comportamiento del flujo vehicular en un área determinada de la red de carreteras. De esto, se obtienen indicadores representativos del funcionamiento del tráfico que circula. Por lo tanto, es muy útil analizar la conveniencia o no de llevar a cabo cualquier intervención en un proyecto de una obra vial, una intersección o sobre algún punto de la red vial. (Blair y Guevara, 2012)

Los modelos de simulación microscópica describen en detalle el comportamiento de los vehículos en una carretera o red de carreteras. (Llopis, 2012)

### **2.2.2. El nivel de servicio**

Cal y Mayor & Cárdenas (2018) señalan que el nivel de servicio establece la calidad del flujo vehicular y se expresa por las demoras, las cuales representan para el usuario tiempo perdido de viaje, consumo de combustible, incomodidad y frustración.



Según la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2014), los niveles de servicio se pueden caracterizar para cada una de las intersecciones con semáforos, lo que cuantifica el aumento del tiempo de viaje.

También muestra el malestar del conductor y el consumo de combustible. Según lo expresado por el HCM, los niveles de servicio para las intersecciones con tráfico pueden clasificarse en 06 categorías que se indican a continuación:

- **Nivel de servicio A:** Demoras con retraso menor a 10 segundos. Libre circulación y relación volumen-capacidad baja.
- **Nivel de servicio B:** Demoras entre 10 a 20 segundos. Presenta mayor cantidad de vehículos que se detienen, pero relación volumen-capacidad menor a 1,00.
- **Nivel de servicio C:** Demoras entre 20 a 35 segundos. Se aprecia cierta cola de vehículos. La relación volumen-capacidad es menor a 1,00 y todavía existen vehículos que pasan por la intersección sin detenerse.
- **Nivel de servicio D:** Demoras entre 35 a 50 segundos. Se aprecia que varios vehículos se detienen, sin embargo, la relación volumen-capacidad es menor a 1.00.
- **Nivel de servicio E:** Demoras entre 55 a 80 segundos. Se aprecia gran cantidad de vehículos que se detienen, la relación volumen-capacidad se mantiene menor a 1.00.
- **Nivel de servicio F:** Demoras mayores a 80 segundos. La progresión es pobre y se evidencia colas. La relación volumen-capacidad siempre es mayor a 1,00.

El HCM expone los niveles de servicio para intersecciones semaforizadas de acuerdo a la Tabla 1.

#### **2.2.2.1. Identificación de Intersecciones**

Según lo citado por Rondoño (2018), se le llama intersección a un área que es compartida por dos o más caminos, y cuya función principal es permitir el cambio de

dirección de la ruta. La intersección varía en complejidad desde un simple cruce, con solo dos caminos que se cruzan entre sí, hasta una intersección más compleja, en la que tres o más caminos se cruzan dentro de la misma área.

**Tabla 1**

*Nivel de servicio para intersecciones semaforizadas según demora*

<b>Nivel de Servicio</b>	<b>Demora (seg/veh)</b>
A	$\leq 10$
B	> 10 - 20
C	> 20 - 35
D	> 35 - 55
E	> 55 - 80
F	> 80

*Nota.* Tomado de TRB (2010)

A continuación, se mencionan la clasificación de las intersecciones y los tipos de intersecciones en el nivel.

#### **a) Clasificación de intersecciones a nivel**

Rondoño (2018), establece que son intersecciones que no presentan desniveles. Además, menciona diferentes tipos:

- **Empalmes (3 ramas o accesos):** este es el nombre de las configuraciones de tres ramas o accesos, que se asemejan a una "T" o una "Y". En estos casos, el caso de ramas de diversa importancia es frecuente, lo cual está determinado por los conteos relevantes. El número de movimientos posibles es seis, si todas las ramas tienen un doble significado, y cuatro y dos si una o todas tienen un significado único, respectivamente. Esto sin considerar la posibilidad de giros en "U".
- **Cruces (4 ramas o accesos):** las configuraciones de cuatro ramas o accesos que se asemejan a una cruz o una X reciben ese nombre. El número máximo de movimientos posibles es doce, si todas las ramas tienen un doble significado, y

siete y cuatro si dos o cuatro tienen un sentido único, respectivamente (sin giros en "U"). La importancia de los movimientos se detecta contando.

- **Encuentros (más de 4 ramas o accesos):** este tipo de intersección es difícil de tratar y, por lo general, se prefiere suprimir una de las ramas o accesos, empalmándola con otra fuera de la intersección, si es posible. Si no es así, la solución suele ser complicada o del tipo giratorio, u obliga al establecimiento de sentidos únicos para algunas de las ramas. (Contreras, 2014)

La Tabla 2 presenta los tipos de intersecciones a nivel.

**Tabla 2**

*Tipos de Intersecciones a Nivel*

Intersecciones	Ramales	Ángulos de cruzamiento (°)
En T	Tres	Entre 60 y 120
En Y	Tres	< 60 y > 120
En X	Cuatro	< 60
En +	Cuatro	> 60
En estrella	Más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o Rotondas	Más de cuatro	-

*Nota.* Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013)

#### 2.2.2.2. Aforo de Volumen

Romero (2018), sostiene que el aforo de volumen se refiere a la cantidad de flujo vehicular correspondiente a un movimiento de un punto de la carretera o intersección.

##### a) Aforo manual

Este método de aforo consiste en llenar formularios que son preparados para que una o más personas puedan recopilar datos de la vía. Los tipos de datos pueden ser:

- Composición vehicular
- Flujo direccional y por carriles
- Volúmenes totales

#### **b) Aforo mecánico**

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la pista, estos dispositivos son:

- **Detectores neumáticos:** consiste en un tubo neumático colocado transversalmente en la carretera que registra los recuentos de ejes por impulsos causados por las ruedas de los vehículos.
- **Contacto eléctrico:** consiste en una placa de acero cubierta por una capa de goma que contiene una tira de acero flexible que, cuando se activan las ruedas del vehículo, cierra el circuito y pasa al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.
- **Fotoeléctrico:** consiste en una fuente de luz colocada al costado de la carretera, cuenta los vehículos cuando interfieren con la luz del dispositivo.
- **Radar:** lanza ondas que cuando son interceptadas por un vehículo en movimiento cambian de frecuencia, contando así.
- **Fotografías:** se toman fotografías de la sección y luego se cuenta el vehículo.

#### **2.2.2.3. Volumen de Tránsito**

Romero (2018), sostiene que el volumen de tráfico se define como el número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. La unidad de volumen es simplemente "vehículos" o "vehículos por unidad de tiempo".

Un intervalo de tiempo común para el volumen es un día, descrito como vehículos por día. Los volúmenes diarios a menudo se utilizan como base para la planificación de carreteras.

Para los análisis operativos, se utilizan volúmenes por hora, ya que el volumen varía considerablemente durante el transcurso de 24 horas al día. La hora del día que tiene el mayor volumen por hora se llama "hora pico".

#### a) Volumen de tránsito absoluto o totales

Son volúmenes de tráfico que se clasifican según el período de tiempo determinado para su cálculo, este período puede ser de un año, un mes, una semana, un día o una hora.

- **Tránsito anual (Ta).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 365 días consecutivos. (T = 1 año).
- **Tránsito mensual (Tm).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 30 días consecutivos. (T = 1 mes).
- **Tránsito semanal (Ts).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 7 días consecutivos. (T = 1 semana).
- **Tránsito diario (Td).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 24 horas consecutivas. (T = 1 día).
- **Tránsito horario (Th).** - Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 60 minutos consecutivos. (T = 1 hora).

#### b) Volumen de tránsito promedio diario (TPD)

El TPD es una medida de tráfico fundamental, se define como el número total de vehículos que pasan por un determinado punto durante un período determinado. El período debe darse como días completos y también entre 1 y 365 días. Dependiendo del número de días del período establecido, los volúmenes de tráfico diarios promedio se clasifican como:

- **Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)**

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (1)$$

- **Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)**

$$TPDM = \frac{TA}{30} \quad (2)$$

- **Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)**

$$TPDA = \frac{TA}{7} \quad (3)$$

#### **2.2.2.4. Datos de entrada**

Según Osorio (2016), los clasifica de la siguiente manera:

##### **a) Condiciones Geométricas**

Son condiciones que incluyen la geometría de la intersección, el número y pendiente por acceso, el número y ancho de carriles, número de estacionamientos adyacentes, presencia de carriles exclusivos y movimientos por carril.

##### **b) Condiciones de Circulación**

Estas condiciones se refieren a los volúmenes de vehículos, peatones y bicicletas para cada movimiento (de frente, giros izquierda y derecha) en cada acceso de una intersección. Los vehículos deben clasificarse en distintos tipos.

Un parámetro muy importante que determina las condiciones del tráfico es el tipo de llegada que es una cuantificación que describe la calidad de la progresión en una intersección de semáforo. El HCM 2010 establece que el tipo de llegada se obtiene mejor en campo, pero si no se puede determinar, se puede relacionar con la relación de pelotón ( $R_p$ ).

#### **2.2.3. Metodología HCM 2010 para intersecciones con semáforo**

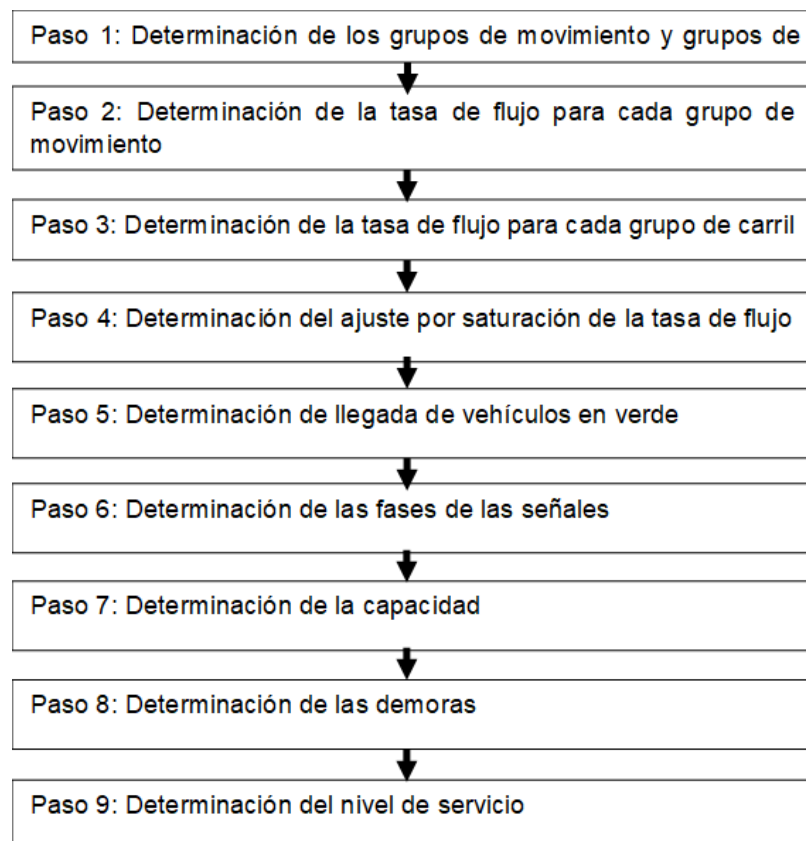
El manual HCM (2010) en el capítulo 18 (Volumen 3), establece una serie de pasos para calcular el nivel de servicio de una intersección con semáforo.

La metodología del análisis operacional es utilizada para determinar la capacidad y nivel de servicio de cada grupo de carriles, acceso e intersección, a partir de condiciones geométricas, de tránsito y semafóricas. (Cal y Mayor y Cárdenas, 2018).

En la Figura 1 se muestra un organigrama que representa el procedimiento indicado y se muestra los diferentes pasos necesarios para determinar el nivel de servicio de intersecciones semaforizadas.

**Figura 1**

*Metodología para determinar el nivel de servicio de las intersecciones con semáforo HCM (2010)*



*Nota.* Traducido por Estrada y Rodríguez (2017).

#### **a) Grupos de movimiento GM**

El HCM (2010) menciona los criterios a tener en cuenta para determinar los grupos de movimiento en una intersección con semáforo.

- Un movimiento de giro que es servido por uno o más carriles exclusivos y no hay carriles compartidos debe designarse como un grupo de movimiento.
- Otros carriles no asignados a un grupo por la regla anterior, se deben combinar en un solo grupo de movimiento.

#### **b) Grupos de carriles GC**

El HCM (2010) indica que el concepto de grupos de carriles es útil cuando existe un carril compartido en un acceso que tiene dos o más carriles.

A continuación, se detalla los criterios a tener en cuenta para determinar los grupos de carriles en una intersección con semáforo.

- Se designará un grupo de carriles exclusivo para dar vuelta a la izquierda y un grupo de carriles exclusivo para dar vuelta a la derecha.
- Cualquier carril compartido se designará como un grupo de carriles separado.
- Los carriles que no sean de giro exclusivo o compartido deben combinarse en un grupo de carriles.

#### **2.2.3.1. Paso 01: Determinación de los grupos de movimiento o carril**

La Figura 2 presenta diferentes ejemplos de identificación de grupos de movimiento y grupos de carril para analizar intersecciones semaforizadas.

#### **2.2.3.2. Paso 02: Determinar la intensidad por grupo de movimiento y grupo de carril**

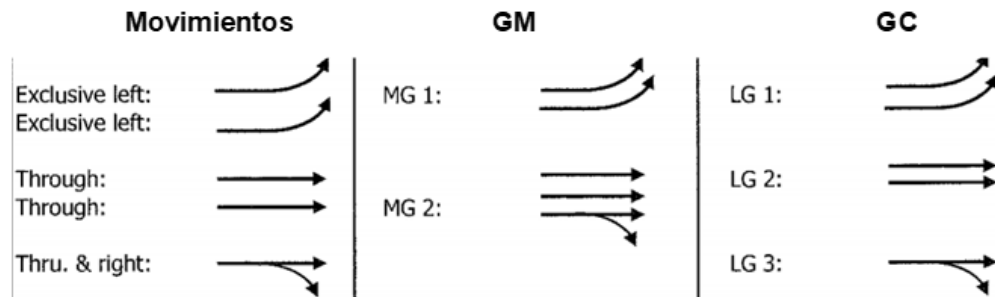
La metodología HCM (2010) menciona que, si el movimiento de giro es atendido por uno o más carriles exclusivos o no compartidos, por lo tanto, la intensidad de los movimientos es asignado a un grupo de movimiento, caso contrario se asigna a un grupo de carril.



A través del aforo vehicular se determina la cantidad de vehículos por cada acceso, grupos de movimiento y grupos de carril de la intersección. Luego se necesitará establecer algunos parámetros del flujo vehicular para determinar la tasa de flujo durante los 15 minutos pico.

**Figura 2**

*Grupos de movimiento y grupos carriles típicos para el análisis*



*Nota.* Tomado de HCM 2010.

#### a) Volumen horario de máxima demanda VHMD

Según indica Estrada & Rodríguez (2017), es el máximo número de vehículos que pasan por un carril durante sesenta minutos consecutivos. La capacidad y otros análisis de tráfico se concentran en esa hora, la cual representa el periodo más crítico con mayor flujo vehicular.

#### b) Factor horario de máxima demanda FHMD

Como indica Cal y Mayor & Cárdenas (2018), el flujo de vehicular no se encuentra uniformemente distribuido en la hora de máxima demanda. Para considerar ello, se determina la proporción del flujo para un periodo de 15 minutos dentro de la hora de máxima demanda.

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 \cdot V_{\text{máx15}}} \quad (5)$$

Donde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda (veh/h)

$V_{m\acute{a}x15}$  = Volumen máximo durante 15 minutos dentro de la hora de máxima demanda. (veh/15min)

### c) Tasa de flujo $V_p$

Como menciona Cal y Mayor & Cárdenas (2018) se debe convertir los volúmenes horarios a un flujo durante los 15 minutos pico.

$$V_p = \frac{VHMD}{FHMD} \quad (6)$$

Donde:

$V_p$  = Tasa de flujo durante los 15 minutos pico (veh/h)

FHMD = Factor horario de máxima demanda (adimensional)

VHMD = volumen horario de máxima demanda.

#### 2.2.3.3. Paso 04: Determinar la tasa de flujo de saturación ajustada “S”

El HCM (2010) menciona que la tasa de flujo de saturación se le dice ajustada porque es el resultado de la aplicación de diversos factores que dependen de las condiciones de la intersección y que ajustan la saturación base establecida en la metodología. Se calcula para cada grupo de carril GC.

$$S = S_0 \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \quad (7)$$

Donde:

S = flujo de saturación ajustada del grupo de carriles (veh/h en verde).

$S_0$  = flujo de saturación básico por carril (veh/h/carril en verde)

$f_w$  = factor de ajuste por ancho de carriles.

$f_{HV}$  = factor de ajuste por vehículos pesados.

$f_g$  = factor de ajuste por pendiente de acceso.

$f_p$  = factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles.

$f_{bb}$  = factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección.

$f_a$  = factor de ajuste por el tipo de área.

$f_{LU}$  = factor de ajuste por utilización de carriles.

$f_{LT}$  = factor por ajuste de giros a la izquierda.

$f_{RT}$  = factor por ajuste de giros a la derecha.

$f_{Lpb}$  = factor de ajuste de peatones que giran a la izquierda.

$f_{Rpb}$  = factor de ajuste para ciclistas que giran a la derecha.

Todos los factores que intervienen en la ecuación son mencionados en el manual HCM (2010) y a continuación se detallan:

**a) Flujo de saturación base  $S_0$  por carril**

Recomienda el valor de 1900 vehículos livianos/h/carril.

**b) Ajuste del ancho del carril " $f_w$ "**

Este factor de ajuste considera el impacto negativo o positivo que produce ancho del carril. La Tabla 3 establece valores de este factor, de acuerdo al ancho del carril  $W$ .

**Tabla 3**

*Factor de ajuste de ancho de carril*

Ancho de carril (m)	Factor de ajuste ( $f_w$ )
$W < 3,00$	0,96
$3,00 \leq W \leq 3,90$	1
$W > 3,90$	1,04

*Nota.*  $W$  = ancho de carril. Adaptado del texto en inglés HCM 2010.

Si el ancho de carril es mayor a 3,90 m, se puede usar la siguiente fórmula o trabajarlo como dos carriles de mínimo 2,40 m:

$$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9} \quad (8)$$

### c) Ajuste para vehículos pesados “ $f_{HV}$ ”

Este ajuste toma en cuenta el espacio adicional que ocupan los vehículos pesados y la diferencia en sus capacidades operativas en comparación de los vehículos de pasajeros.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} (E_T - 1)} \quad (9)$$

Donde:

$E_T$  = Factor de equivalencia en vehículos livianos para cada vehículo pesado (veh equivalente/hv) (Ver Tabla 4)

$P_{HV}$  = Porcentaje de vehículos pesados del grupo de carriles (%)

**Tabla 4**

*Equivalencias de los factores de conversión a coche patrón (UCP)*

Vehículo	Valores referenciales de UCP - Lima
Camioneta rural	1,50
Coaster	1,60
Microbús	2,00
Ómnibus	3,00
Camión	2,50 o más

*Nota.* Tomado de Fernández y Dextre (2011), citado por Estrada y Rodríguez (2017)

### d) Ajuste por pendiente “ $f_g$ ”

Este factor de ajuste considera la pendiente en la operación de todos los vehículos. Una pendiente de subida tiene un valor positivo y una de bajada tiene un valor negativo.

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} \quad (10)$$

Donde:

G = Inclinación o pendiente longitudinal en %. Rango: - 6% a 10%.

#### e) Ajuste por estacionamiento “ $f_p$ ”

Este factor de ajuste considera el bloqueo de un carril por vehículos que entran y salen de los estacionamientos adyacentes. Estas maniobras se registran y duran aproximadamente 18 segundos.

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 \cdot N_m}{3600}}{N} \quad (11)$$

Donde:

$N_m$  = cantidad de maniobras de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles, 75 metros aguas arriba (maniobras/hora). Se debe mantener un límite de 180 maniobras / h.

N = Número de carriles en el grupo de carriles.

$f_p \geq 0,05$ .

En caso no se presente estacionamiento, el factor de ajuste es 1,00.

#### f) Ajuste por bloqueo de buses “ $f_{bb}$ ”

Este factor debe usarse solo cuando los autobuses detenidos bloquean el flujo de tráfico en el grupo de carriles analizado, 76 metros arriba o debajo de la línea de parada. De acuerdo al HCM (2010), el factor de ajuste utilizado supone un tiempo de bloqueo medio de 14,4 segundos durante una indicación verde.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 \cdot N_b}{3600}}{N} \quad (12)$$

Donde:

N = Número de carriles en el grupo de carriles.

$N_b$  = Número de parada de buses/hora. Se debe mantener un límite superior de 250 buses/hora. Si  $N_b = 0$ , el factor de ajuste es 1.

$$f_{bb} \geq 0,050.$$

**g) Ajuste por tipo de área “ $f_a$ ”**

Este factor de ajuste considera la congestión en general de las zonas comerciales o centro de la ciudad (CBD). Cuando se da el caso el factor es 0.90, en otras zonas, se considera 1.

**h) Ajuste por utilización del carril “ $f_{LU}$ ”**

Este factor de ajuste es usado para estimar la tasa de saturación del flujo por grupo de carril con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, el factor se considera 1.

**i) Ajuste para giros a la derecha “ $f_{RT}$ ”**

De acuerdo al HCM (2010), este factor de ajuste toma en consideración el efecto de la geometría del giro a la derecha y se aplica para giros permitidos y protegidos. Cuando se realiza el giro protegido para carril compartido o único es 0.85 y al ser giros permitidos o carril doble se usa 0,75. El factor será 1 si el grupo de carril no tiene giros a la derecha.

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} \quad (13)$$

Donde:

$E_R$  es el número equivalente de vehículos a la derecha en giro protegido.

**j) Ajuste para giros a la izquierda “ $f_{LT}$ ”**

El HCM (2010) menciona que este factor de ajuste toma en consideración el efecto de la geometría del giro a la izquierda y se aplica para giros permitidos y

protegidos. Para carril único o compartido el factor es 0,95, para carril doble 0,92, para intersección T de un carril es 0,85 y doble carril 0,75.

El factor será 1.00 si el grupo de carril no tiene giros a la izquierda.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} \quad (14)$$

Donde:

$E_L$  es el número equivalente de vehículos a la izquierda en giro protegido.

#### k) Ajuste para peatones y ciclistas “ $f_{Lpb}$ ” y “ $f_{Rpb}$ ”

El HCM (2010) explica que este factor toma en consideración si existe o no conflicto peatón-ciclista con vehículos. El factor se ajuste será igual a 1 si no existiese conflicto peatón o ciclistas con los vehículos.

De existir el caso:

Para giro a la izquierda:

$$f_{Lpb} = A_{pbT} \quad (15)$$

Para giro a la derecha:

$$f_{Rpb} = A_{pbT} \quad (16)$$

Donde:

$A_{pbT}$  = Factores de ajuste para movimientos de giro en fase permitida de peatones y ciclistas.

- Si carriles receptores es igual a carriles de giro

$$A_{pbT} = 1 - Occr \quad (17)$$

- Si carriles receptores es mayor a carriles de giro

$$A_{pbT} = 1 - 0,6 Occr \quad (18)$$

Occr = Ocupación de la zona de conflicto, tiene en cuenta la zona de conflicto por parte de peatones (pedg) y bicicletas (bicg).

#### **2.2.3.4. Paso 05: Determinación de la llegada de vehículos en verde**

Estrada & Rodríguez (2017) y el HCM (2010), indican que las demoras y las colas en una intersección semaforizada dependen de la cantidad de vehículos que llegan en verde y rojo. Por tanto, la demora y colas de vehículos son pequeños cuando llegan más vehículos en verde que en rojo. Esto se desarrolla más a detalle en el cálculo de demoras.

#### **2.2.3.5. Paso 06: Determinación la duración de la fase semafórica**

Esta duración depende del tipo de control utilizado en la intersección, si es pre-cronometrado, entonces la duración de la fase se conoce, es un dato de entrada y este paso debe omitirse. El HCM (2010), menciona que en caso se desconozca la duración de la fase, se debe seguir los pasos de la sección 2 del capítulo 31 del manual.

#### **2.2.3.6. Paso 07: Determinación de la capacidad “C” y la relación volumen-capacidad “X”**

Se calcula para cada grupo de carril GC.

##### **a) Capacidad “C”**

Como indica Cal y Mayor y Cárdenas (2018) es la tasa de flujo máxima que puede pasar por una intersección con semáforo bajo condiciones prevalecientes del tránsito, calle y del semáforo.

$$c = N \cdot S \cdot \frac{g}{C} \quad (19)$$

Donde:

c = Capacidad de grupo de carril (veh/h)

S = Intensidad o flujo de saturación (veh/h en verde)

N = Número de carriles del grupo de carril



C = Ciclo del semáforo (segundos)

g = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)

g/C = Relación de verde para el grupo de carril

### b) Relación volumen-capacidad "X"

El HCM (2010), señala que la relación volumen-capacidad de un grupo de carriles se define como la relación entre el volumen del grupo de carriles y su capacidad.

$$X = \frac{V_p}{c} \quad (20)$$

Donde:

X = Relación volumen-capacidad

V<sub>p</sub> = Tasa de flujo del grupo de carril (veh/h)

c = Capacidad de grupo de carril (veh/h)

Cuando la tasa de flujo "V<sub>p</sub>" es igual a la capacidad "c", la relación volumen-capacidad es 1,00 y cuando V<sub>p</sub> = 0, X = 0.

### 2.2.3.7. Paso 08: Determinación de la demora "d"

El HMC (2010) indica que es la demora de control promedio experimentado por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Incluye cualquier retraso incurrido por estos vehículos que aún están en cola una vez finalizado el período de análisis.

Cal y Mayor y Cárdenas (2018) muestran que estas demoras representan un tiempo de viaje perdido para el usuario, del consumo de combustible, incomodidad y de la frustración. Se calcula para cada grupo de carril GC.

La fórmula para determinar la demora total es la siguiente:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 \quad (21)$$

Donde:

$d$  = Demora total para el grupo de carriles (segundos)

$d_1$  = Demora uniforme para el grupo de carriles (segundos)

PF = factor de ajuste por coordinación de semáforos.

$d_2$  = Demora incremental para el grupo de carriles (segundos)

$d_3$  = Demora inicial de la cola (segundos)

#### a) Demora uniforme $d_1$

Se determina asumiendo llegadas uniformemente distribuidas a lo largo del tiempo del ciclo. La siguiente fórmula se usa cuando no existe cola inicial. Cuando existe cola inicial, se debe usar las fórmulas desarrolladas en el cálculo de la demora por cola inicial.

$$d_1 = \frac{0.5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X \cdot \frac{g}{C}\right)} \quad (22)$$

Donde:

$C$  = Ciclo del semáforo (segundos)

$g$  = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)

$g/C$  = Relación de verde para el grupo de carril

$X$  = Relación volumen-capacidad.

#### b) Factor de ajuste por coordinación de semáforos PF

De acuerdo con Otero (2015), se aplica para todos los grupos de carriles coordinados.

$$PF = \frac{(1 - P) \cdot f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} \quad (23)$$

Donde:

$P$  = Proporción de vehículos que llegan en verde.

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

$g/C$  = Relación de verde para el grupo de carril

Para calcular la proporción de vehículos que llegan en verde se puede determinar el tipo de llegada AT con la Tabla 5 y luego determinar el valor de Rp de la Tabla 6 y finalmente se calcula P con la Fórmula 24:

$$P = R_p * \frac{g}{C} \quad (24)$$

Donde:

Rp = Rango de pelotón.

PF no debe exceder a 1 desde AT 3 hasta AT 6.

**Tabla 5**

*Factor de ajuste para el cálculo de la demora uniforme*

Relación g/C	Tipo de llegada (AT)					
	AT1	AT2	AT3	AT4	AT5	AT6
<b>0,2</b>	1,167	1,007	1	1	0,833	0,75
<b>0,3</b>	1,286	1,063	1	0,986	0,714	0,571
<b>0,4</b>	1,445	1,136	1	0,895	0,555	0,333
<b>0,5</b>	1,667	1,24	1	0,767	0,333	0
<b>0,6</b>	2,001	1,395	1	0,576	0	0
<b>0,7</b>	2,556	1,653	1	0,256	0	0
<b>f<sub>PA</sub></b>	1	0,93	1	1,15	1	1
<b>Rp por defecto</b>	0,333	0,667	1	1,333	1,667	2

*Nota.* Tomado de HCM 2010 (pág. 16-20), citado por Otero (2015)

**Tabla 6***Relación entre tipo de llegada y rango de pelotón Rp*

Tipo de llegada	Rango de pelotón (Rp)	Valor por defecto (Rp)	Calidad de la progresión
1	≤ 0,50	0,333	Muy pobre
2	> 0.50 – 0.85	0,667	Desfavorable
3	> 0,85 – 1,15	1	Llegadas aleatorias
4	> 1,15 – 1,50	1,333	Favorable
5	> 1,15 – 2,00	1,667	Altamente favorable
6	> 2,00	2	Excepcional

*Nota.* Tomado de HCM 2010 (pág. 16-20), citado por Otero (2015)

### c) Demora incremental $d_2$

Estrada & Rodríguez (2017) y el HCM (2010), muestran que este tipo de demora asume llegadas no uniformes, es ajustada por la duración del periodo analizado y el tipo de señal controladora; se asume que no existe cola inicial para el grupo de carriles al inicio del periodo de análisis (s/veh).

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 \cdot k \cdot I \cdot X}{c \cdot T} \right)} \right] \quad (25)$$

Donde:

T = Duración del ciclo (h)

X = Relación volumen-capacidad del grupo de carril.

k = factor de demora incremental que depende de la configuración del controlador. Para semáforos con tiempo fijo se considera k igual a 0,50.

I = factor de ajuste por tipo de ingreso a la intersección corriente arriba. Para intersecciones aisladas se utiliza el valor igual a 1.

c = Capacidad de grupo de carril (veh/h)

#### d) Demora de cola inicial $d_3$

De acuerdo a Vera (2012) es la demora que se produce debido a las colas residuales (remanentes o insatisfechas) del anterior periodo.

Aiello (2017) menciona que solo debe agregarse si existe cola inicial, caso contrario será igual a 0.

- Duración de la demanda insatisfecha en T, t(h)

$$t = \min\left\{T, \frac{Q_b}{c \cdot [1 - \min(1, X)]}\right\} \quad (26)$$

Cuando  $X > 1.00$ , se considera  $t = T$

- En caso hubiera cola inicial, en general, se utiliza la siguiente fórmula propuesta por el HCM, caso contrario, la Tabla 7 presenta los cinco casos:

$$d_3 = \frac{1800 \cdot Q_b \cdot (1 + u) \cdot t}{c \cdot T} \quad (27)$$

Donde:

$Q_b$  = Cola inicial al inicio del periodo T (veh)

$c$  = capacidad del grupo de carril (veh/h)

$T$  = Duración del periodo de análisis = 0.25 horas

$u$  = parámetro de demora

$t$  = duración de la demanda insatisfecha (horas)

#### e) Estimación de demoras ponderadas para cada acceso

El HCM (2010) establece la fórmula para determinar la demora en un acceso, para ello se debe calcular previamente las demoras y tasa de flujo en cada grupo de carril:

$$d_A = \frac{\sum d_i \cdot V_p}{\sum V_p} \quad (28)$$

Donde:

$d_A$  = demora para el acceso (s).

$d_i$ : demora para el grupo de carriles  $i$  (en el acceso A) (s).

$V_p$ : Tasa de flujo  $V_p$  para el grupo de carriles  $i$  (veh/h)

**Tabla 7**

*Casos para el cálculo de demora uniforme y por cola inicial*

---

**Caso I y II ( $Qb = 0$ )**

---

Demora por cola inicial,  $d_3$  (s)

$$d_3 = 0 \text{ s}$$

Demora uniforme,  $d_1$  (s)

$$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\text{mín } 1, X * \frac{g}{C}\right)}$$

---

**Caso III ( $Qb > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$**

---

Demora por cola inicial,  $d_3$  (s)

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

Demora uniforme,  $d_1$  (s)

$$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\text{mín } 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

---

**Caso IV ( $Qb > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t = T$ )**

---

Parámetro de demora,  $u$

$$u = 1 - \frac{c * T}{Qb} * (1 - \text{mín } 1, X)$$

Demora por cola inicial,  $d_3$  (s)

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T}$$

Demora uniforme,  $d_1$  (s)

$$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

---

**Caso V ( $Qb > 0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t = T$ )**

---

Demora por cola inicial,  $d_3$  (s)

$$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c}$$

Demora uniforme,  $d_1$  (s)

$$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

---

*Nota.* Tomado de HCM 2010, citado por Vera (2012).

### f) Estimación de demoras ponderadas para la intersección

El HCM (2010) establece la fórmula para determinar la demora en toda la intersección, ponderando las demoras de cada acceso:

$$d_{int} = \frac{\sum d_A \cdot V_A}{\sum V_A} \quad (29)$$

Donde:

$d_{int}$  = demora para la intersección (s).

$d_A$ : demora para cada acceso (s).

$V_A$ : Tasa de flujo  $V_p$  para el acceso (veh/h)

### 2.2.3.8. Paso 09: Determinación del nivel de servicio (LOS)

La metodología del HCM (2010) calcula el nivel de servicio en función de la relación volumen-capacidad y la demora por vehículo (ver Tabla 8). En esta tabla se observa las diferentes categorías en función de las demoras.

**Tabla 8**

*Criterio para calcular el nivel de servicio.*

Nivel de servicio		Demora de control por vehículo (s/veh)
$V_p/c \leq 1$	$V_p/c > 1$	
A	F	$\leq 10$
B	F	$> 10 - 20$
C	F	$> 20 - 35$
D	F	$> 35 - 55$
E	F	$> 55 - 80$
F	F	$> 80$

*Nota.* Tomado de HCM (2010).

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Densidad**

Es el número "N" de vehículos que ocupan una longitud específica "d" de una pista en un momento dado. (Cal y Mayor y Cárdenas, 2018)

### **2.3.2. Flujo**

Es la frecuencia con la que los vehículos pasan por un punto o sección transversal de un carril o carretera. (Cal y Mayor y Cárdenas, 2018)

### **2.3.3. Flujo continuo**

Es uno en el que el vehículo que viaja en la carretera solo se ve obligado a detenerse por razones más allá del tráfico. (Leonardo, 2017)

### **2.3.4. Flujo discontinuo**

Las carreteras que tienen las características de flujo interrumpido tienen elementos fijos que pueden interrumpir el flujo vehicular. Estos elementos incluyen semáforos, señales de alto y cualquier otro dispositivo de control de tráfico. (Leonardo, 2017)

### **2.3.5. Flujos vehiculares**

Es el número de automóviles que pasan por un lugar específico por unidad de tiempo. Existen muchos enfoques matemáticos que intentan modelar el flujo vehicular en términos de algunas características. Todos responden con cierto grado de apego a la realidad, midiendo algunas o algunas características del flujo vehicular. (Coraspe y Marsiglia, 2011)

### **2.3.6. Intersección**

Área que es compartida por dos o más caminos, y cuya función principal es permitir el cambio de dirección de la ruta. (Rondoño, 2018)



### **2.3.7. Macrosimulación**

Es una representación continua y general de los aspectos típicos (velocidad, volumen, densidad, etc.) del comportamiento del flujo vehicular, para lo cual realiza un análisis de comportamiento colectivo y dinámico. (Blair y Guevara, 2012)

### **2.3.8. Mesosimulación**

Analiza los grupos de vehículos en una escala de magnitud media en términos de espacio y cantidad de vehículos. (Blair y Guevara, 2012)

### **2.3.9. Microsimulación**

Permite evaluar el comportamiento del flujo vehicular en un área determinada de la red de carreteras. (Blair y Guevara, 2012)

### **2.3.10. Modelación del tráfico**

Permite conocer las características actuales y predecir las características futuras del flujo vehicular a través de las relaciones entre los parámetros que lo caracterizan. (Cabrera, 2007)

### **2.3.11. Velocidad**

Es la distancia recorrida por unidad de tiempo. (Romana, Núñez, Martínez, y Díez de Arizaleta, 2017)

### **2.3.12. Volumen**

Número de vehículos que pasan en un determinado punto durante un intervalo de tiempo. (Romero, 2018)

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y nivel de la investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada, porque se buscó conocer los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército para analizarlos a través de fórmulas matemáticas y herramientas computacionales.

El nivel de investigación es Explicativo, porque a través de los datos obtenidos se pudo determinar, comprender e interpretar el nivel de servicio actual, analizar el comportamiento del flujo vehicular y plantear alternativas de solución para mejorar el nivel de servicio de las dos intersecciones semaforizadas.

En relación al diseño, es de campo, ya que, los datos se obtuvieron a través de aforos vehiculares registrados manualmente, utilizando las grabaciones de las dos intersecciones de estudio.

### **3.2. Población y/o muestra de estudio**

La población de la presente investigación está enfocada en los flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, considerándolo como puntos críticos de fluidez vehicular deficiente en la ciudad de Tacna, ya que, por su ubicación es usada por todo tipo de vehículos.

La muestra son los flujos vehiculares de transporte liviano y pesado aforados en tiempo de pandemia del SARS-CoV-2 (COVID-19), que transitan en los horarios de 7:00 a 9:00, 12:00 a 14:00 y 18:00 a 20:00 horas, los días lunes, miércoles y viernes en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército. La muestra es de tipo no probabilístico de selección intencional, ya que, para determinar el tamaño de la muestra, se consideró por criterio y experiencia de diversos investigadores, solo tres días laborables de la semana. Además, se consideró tres horarios del día donde normalmente se presenta mayor cantidad de personas transportándose en vehículos, es decir las horas de bastante afluencia vehicular, en la mañana cuando se dirigen a sus centros de trabajo, al mediodía para el almuerzo y en la noche cuando regresan a sus domicilios. Sería

innecesario considerar el conteo de todo el día, ya que en la madrugada normalmente se presenta poca cantidad de vehículos. Así como también sería innecesario considerar el conteo de los fines de semana, ya que, por observación en la zona de estudio, se tendría menor cantidad de vehículos que la muestra seleccionada y lo que se necesita es definir el día más crítico, es decir el que presenta mayor flujo vehicular.

Posteriormente para el análisis, se utilizaron los flujos vehiculares de la hora pico que presenta mayor cantidad de vehículos.

### 3.3. Operacionalización de variables

#### 3.3.1. Identificación de las variables

Variable independiente: Flujos vehiculares.

Variable dependiente: El nivel de servicio.

#### 3.3.2. Caracterización de las variables

**Tabla 9**

*Caracterización de las variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable independiente: FLUJOS VEHICULARES	Coraspe y Marsiglia (2011) indican que el flujo vehicular se conoce como el número de automóviles que pasan por un lugar específico por unidad de tiempo.	Cantidad de vehículos por hora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de intersecciones semaforizadas</li> <li>Escenario y geometría actual</li> <li>Aforo vehicular</li> <li>Clasificación vehicular</li> <li>Volúmenes actuales</li> </ul>
Variable dependiente: EL NIVEL DE SERVICIO	Cal y Mayor & Cárdenas (2018) señalan que el nivel de servicio establece la calidad del flujo vehicular y se expresa por las demoras, las cuales representan para el usuario tiempo perdido de viaje, consumo de combustible, incomodidad y frustración.	Nivel de servicio actual  Propuestas de mejora del nivel de servicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demoras</li> <li>Categorías: A, B, C, D, E, F</li> <li>Optimización de tiempo semafórico</li> <li>Redistribución de flujos vehiculares</li> <li>Rediseño de la sección vial</li> </ul>

En el anexo 1 se presenta la matriz de consistencia.

### 3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

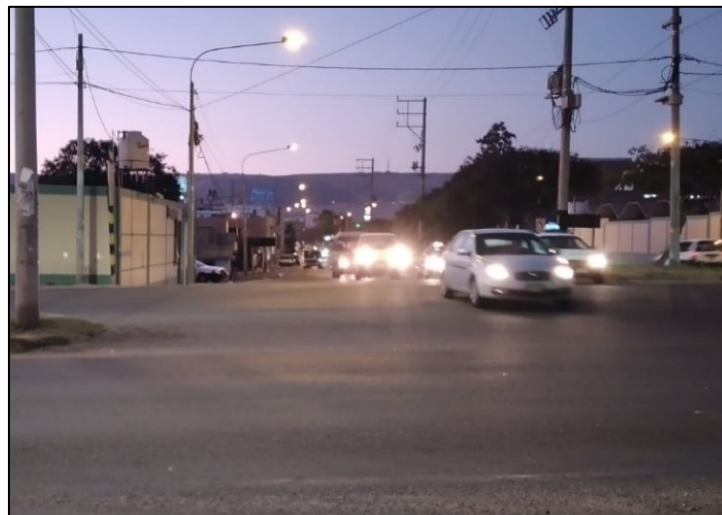
En la presente sección se establece el proceso de recolección de datos por cada intersección, que son indispensables para la aplicación de la metodología del análisis operacional del HCM 2010 y obtener el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas. La técnica usada para la recolección de flujos vehiculares fue el aforo vehicular.

En la primera visita a la zona de estudio se realizó la inspección visual de las intersecciones y zonas colindantes. También se inspeccionó las condiciones de las pistas y veredas. Todo esto fue realizado el miércoles 14 de octubre en la intersección Av. Jorge Basadre con Av. Manuel A. Odría y el viernes 16 de octubre en la intersección Av. Jorge Basadre con Av. Ejército.

En las figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se presenta imágenes de las intersecciones.

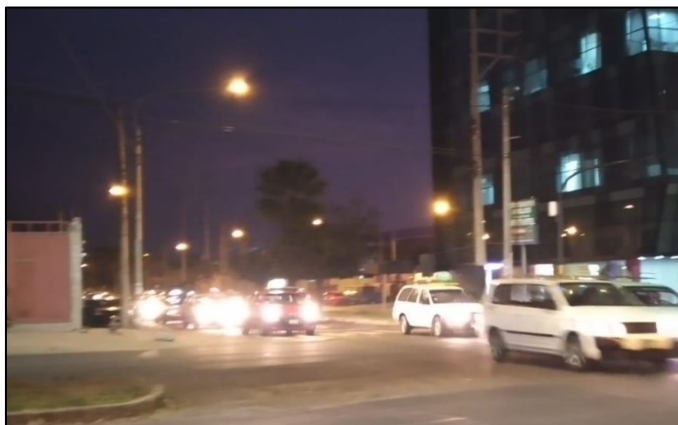
#### Figura 3

*Acceso N-S de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría*

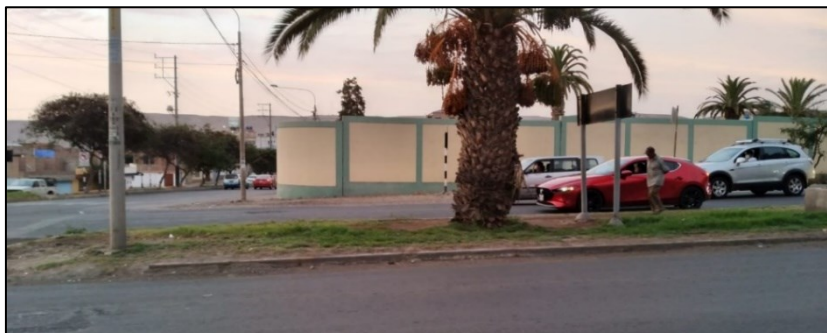


**Figura 4**

*Acceso S-N de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría*

**Figura 5**

*Acceso E-O de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría*

**Figura 6**

*Acceso O-E de la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría*



**Figura 7**

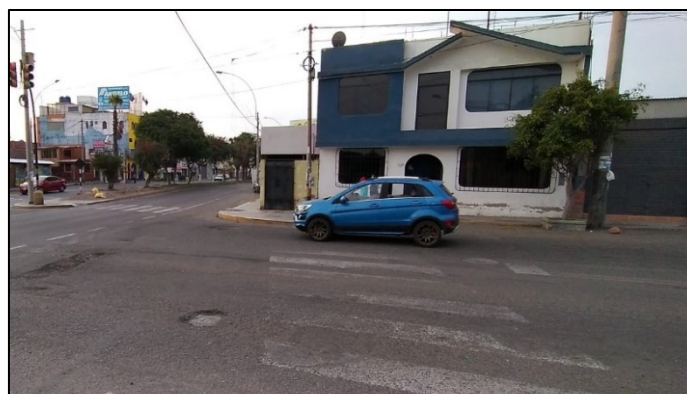
*Acceso N-S de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército*

**Figura 8**

*Acceso S-N de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército*

**Figura 9**

*Acceso E-O de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército*



**Figura 10**

*Acceso O-E de la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército*

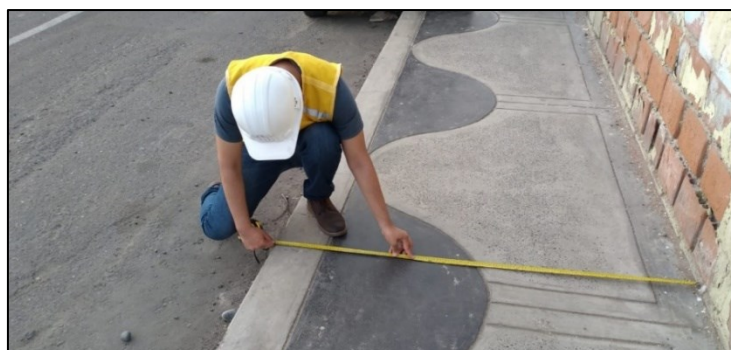


Como parte del registro de las condiciones geométricas y de tránsito de las intersecciones, se revisó la cantidad de carriles y movimientos por cada acceso, número de estacionamientos adyacentes, pendientes de cada acceso, velocidad aproximada de vehículos y la cantidad aproximada de buses que llegan a la intersección. Además, se identificó cuatro semáforos por intersección, y se registró el tiempo en verde, rojo y ámbar.

Se midió con wincha métrica de 10 y 30 metros el ancho de todos los carriles, el ancho de los accesos, el separador central, las veredas y bermas (ver Figura 11, 12 y 13). Finalmente, se inspeccionó la cantidad ciclistas y peatones que concurren en las dos intersecciones.

**Figura 11**

*Medición de ancho de veredas correspondiente a los accesos de la intersección I*





**Figura 12**

*Medición de ancho de bermas de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría*

**Figura 13**

*Medición de ancho de carriles de las intersecciones analizadas*



En la segunda visita fue necesario contar con dos personas en cada intersección, que graben los flujos vehiculares los días lunes 19, miércoles 21 y viernes 23 de octubre, seis horas al día en horarios 7:00 a 9:00 am, 12:00 a 2:00 pm y de 6:00 a 8:00 pm. Esto fue posible con ayuda de mis padres y algunos familiares cercanos (ver Figura 14 y 15).



Para realizar las grabaciones se utilizó cámara de celular, registrando cada persona los flujos vehiculares de dos accesos. Posteriormente se procesó en gabinete los datos obtenidos de los videos.

**Figura 14**

*Toma de datos en la intersección I, Av. Jorge Basadre con Av. Manuel A. Odría*



**Figura 15**

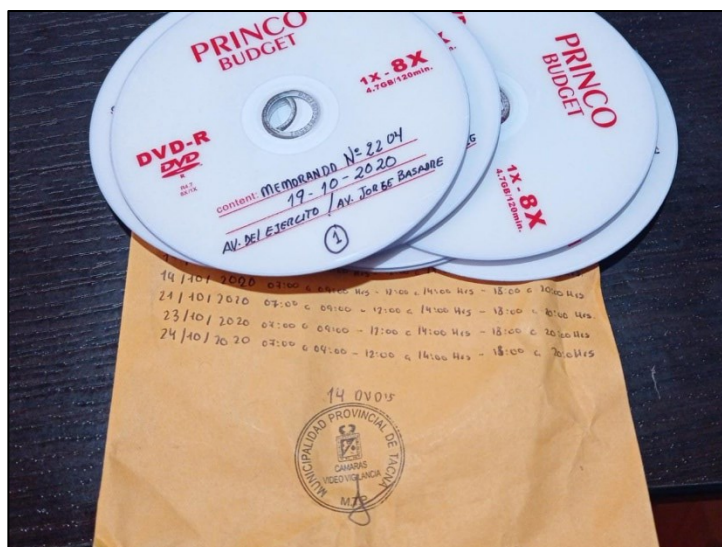
*Toma de datos en la intersección II, Av. Jorge Basadre con Av. Ejército*



También se vio por conveniente solicitar a la Municipalidad Provincial de Tacna los CD de con las grabaciones de las cámaras de seguridad de esos días (ver Figura 16). Los videos de estas grabaciones pesaban bastante y no se pudo pedir las grabaciones de toda la semana y las horas de todo el día, por ello se indicó los horarios y días establecidos para el conteo.

**Figura 16**

*CD de videos con grabaciones de cámaras de seguridad de la Municipalidad Provincial de Tacna*



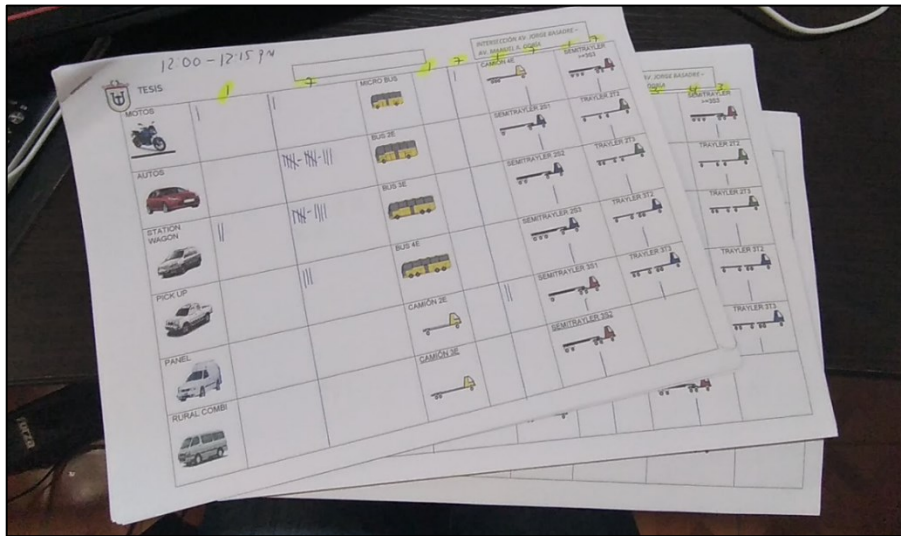
Para las dos intersecciones, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, se realizó el conteo vehicular en gabinete (ver Figura 17). Se revisó los videos de esas horas y se empezó a llenar de forma manual los formatos de aforo vehicular proporcionado por el MTC (ver Figura 18 y 19), el cual divide los vehículos en diferentes tipos. Fue necesario tener un formato impreso para cada movimiento de los accesos y así obtener resultados más precisos.

Se efectuó el aforo de cada intersección por separado, pero en las mismas horas. Esto con la intención de calcular la hora pico y verificar que día presenta mayor cantidad de vehículos en cada intersección.



**Figura 19**

*Registro manual de aforo vehicular en plantillas*



Como parte de la observación de los flujos vehiculares en las dos intersecciones, las figuras 20, 21, 22 y 23 presentan la cola de vehículos en los accesos de las intersecciones.

**Figura 20**

*Se muestra la cola de vehículos en el acceso N-S de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría*





**Figura 21**

*Se muestra la cola de vehículos en el acceso O-E de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y el estacionamiento adyacente de la clínica La Luz*

**Figura 22**

*Perspectiva de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y la ubicación de los semáforos*

**Figura 23**

*Perspectiva de la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército y la ubicación de los semáforos*



### 3.5. Procesamiento y análisis de datos

A continuación, se presenta diferentes mapas didácticos del proceso a seguir para obtener el nivel de servicio en las dos intersecciones y plantear propuestas de solución (ver Figura 24, 25 y 26).

#### a) Determinación de Tasa de flujo

En esta primera parte del procesamiento de datos se usó toda la información registrada. Para el cálculo del total de vehículos y la hora pico se utilizó Microsoft Excel y calculadora Cassio fx-991LAX CLASSWIZ para realizar los cálculos manuales. Para la identificación de los grupos de carril GC y movimiento GM se usó los movimientos de los vehículos por cada acceso.

**Figura 24**

*Etapa I: Registro de datos, identificación de GM y GC y tasa de flujo Vp*



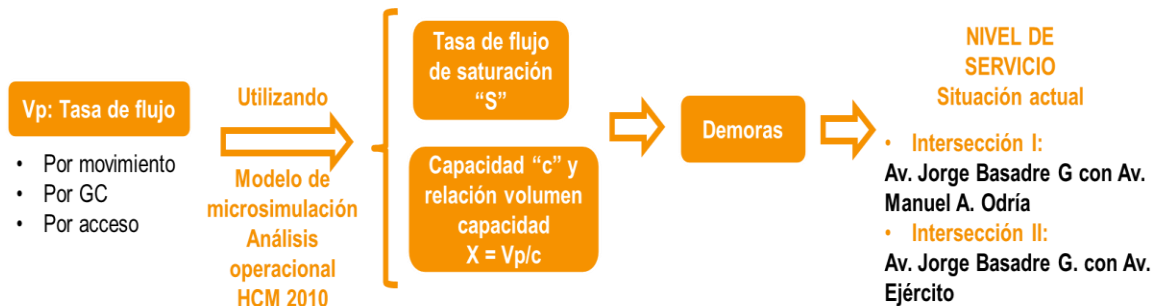
#### b) Determinación del nivel de servicio

En la segunda parte, ya conocido la tasa de flujo por movimiento, por grupo de carril y por acceso se usó un modelo de microsimulación aplicando la metodología del análisis operacional del HCM para determinar la tasa de flujo de saturación "S", la capacidad "C" y relación volumen-capacidad "X" para las dos intersecciones. Con estos datos se determinó las demoras y posteriormente el nivel de servicio de cada intersección.

Se efectuó de manera sistematizada usando hojas de cálculo de Microsoft Excel y documentos de Word. Para el cálculo manual se usó nuevamente la calculadora Cassio fx-991LAX CLASSWIZ y las fórmulas de la metodología HCM.

**Figura 25**

*Etapa II: Tasa de flujo de saturación ajustada, capacidad, demoras y nivel de servicio actual*

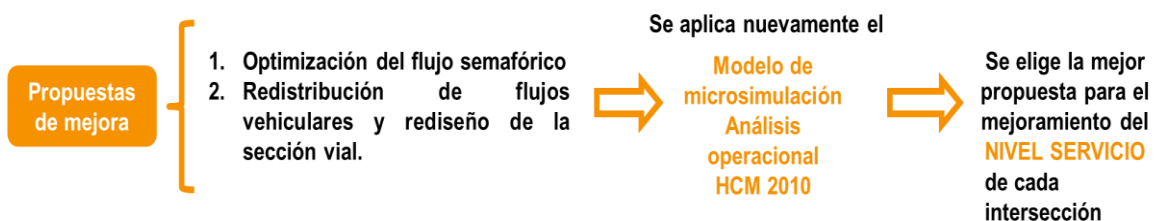


### c) Propuesta de mejora

La tercera parte se realizó en gabinete y se identificó dos alternativas para mejorar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en las dos intersecciones, por ello fue necesario nuevamente utilizar la metodología del HCM 2010 y elegir la propuesta más adecuada en beneficio de la sociedad.

**Figura 26**

*Etapa III: Propuestas de mejora y nivel de servicio*



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En la presente sección se establece el proceso para la obtención de la capacidad y nivel de servicio de las dos intersecciones semaforizadas y del sistema total, aplicando la metodología HCM 2010 ya descrita anteriormente. Además, se realiza la propuesta de mejora del nivel de servicio.

### 4.1. Registro de datos y cálculo de flujos vehiculares para el análisis

En la Figura 27, se muestra una imagen general de las dos intersecciones analizadas.

**Figura 27**

*Vista satelital de la intersección I y II*



*Nota.* Tomado de Google Maps.



## Intersección I – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría

### a) Descripción de la intersección

La primera intersección de análisis es el cruce formado de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Manuel A. Odría. En este cruce se encuentra la Clínica La Luz, la Dirección Regional de Agricultura – Tacna, lo que resulta de gran cantidad de flujo vehicular durante el día.

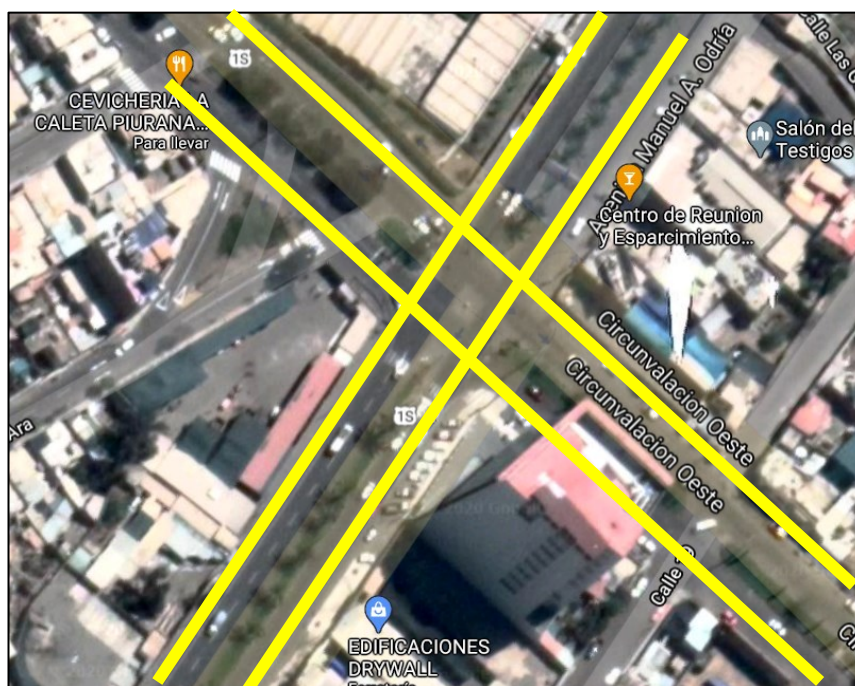
La Av. Jorge Basadre presenta 04 carriles (02 por sentido) y un separador central que divide las dos calzadas.

La Av. Manuel A. Odría de igual forma presenta 04 carriles (02 por sentido) y un separador central que divide las dos calzadas.

En la Figura 28 se presenta una imagen satelital que representa las Avenidas que concurren en la intersección con semáforo I.

**Figura 28**

*Intersección I – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría*

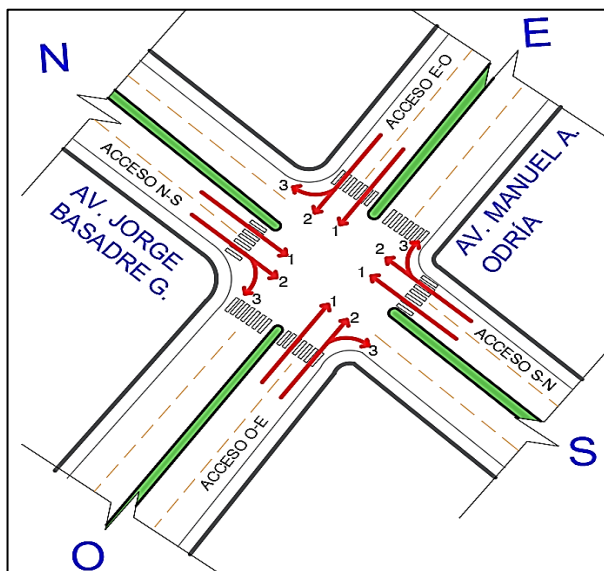


*Nota.* Figura obtenida del Google Maps.

Se identificaron tres movimientos por acceso según se observa en la Figura 29.

**Figura 29**

*Movimientos identificados en la intersección I*



**b) Condiciones geométricas de la intersección**

**Tabla 10**

*Condiciones geométricas de la intersección I*

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Movimientos por carril	Pendiente (%)
N-S	02	3,30	1: Frente	1
		3,30	2: Frente 3: Derecha	
S-N	02	3,30	1: Frente	-1
		3,30	2: Frente 3: Derecha	
E-O	02	3,30	1: Frente	-3
		3,30	2: Frente 3: Derecha	
O-E	02	3,30	1: Frente	3
		3,30	2: Frente 3: Derecha	

*Nota.* N-S: Norte-Sur, S-N: Sur-Norte, E-O: Este-Oeste, O-E; Oeste-Este.

### c) Grupos de movimiento y grupos de carril

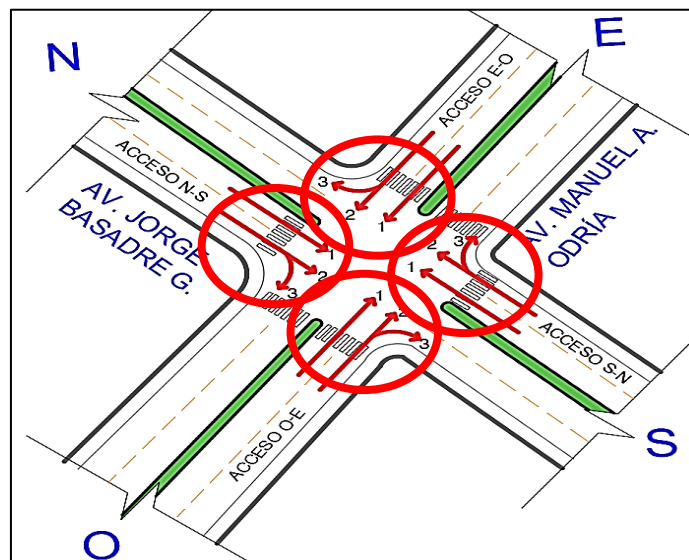
Se estableció cuatro accesos por intersección (N-S, S-N, E-O, O-E), y de acuerdo a la teoría, se identificó un grupo de movimiento por acceso y dos grupos de carril por acceso (ver Figura 30 y 31).

Grupo de carril "GC" por acceso:

- Carril exclusivo de movimiento de frente.
- Carril compartido de movimiento de frente y giro a la derecha.

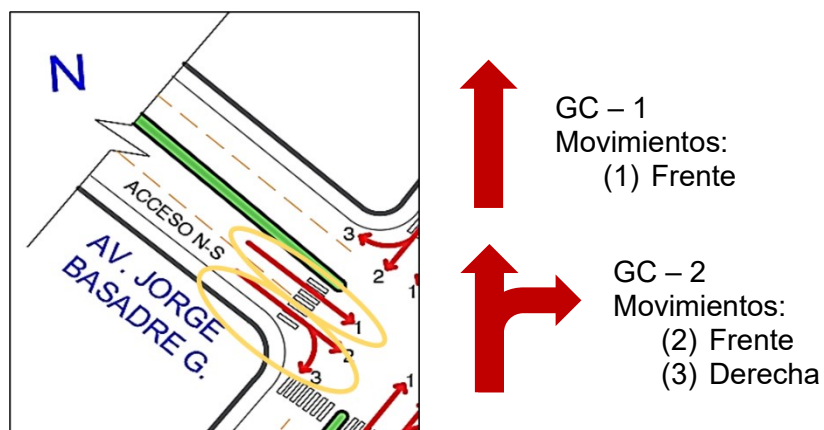
**Figura 30**

*Grupos de movimiento para cada acceso*



**Figura 31**

*Grupos de carril para cada acceso*



#### **d) Aforo vehicular y determinación de la hora pico**

Mediante el aforo vehicular se obtuvo la cantidad real de flujo de vehículos, peatones y ciclistas en la intersección. Fue realizado para cada uno de los movimientos presentes en cada acceso de la intersección.

Además, se elaboró plantillas donde se registró la cantidad de vehículos y clasificó por tipo, de acuerdo al MTC. Esto se hizo con la intención de mantener ordenado todo y sea más fácil pasarlos a las hojas de cálculo. Se efectuó de forma manual y con ayuda de los videos de grabaciones realizadas en la zona de estudio y proporcionadas por la Municipalidad Provincial de Tacna. Para las grabaciones en la zona de estudio, fue necesario contar con personas que ayuden al registro de datos y obtener datos más precisos.

El registro se realizó los días lunes 19/10/2020, miércoles 21/10/2020 y viernes 23/10/2020, seis horas al día, en horarios de 7:00 a.m. a 9:00 a.m., 12:00 m. a 2:00 p.m. y de 6:00 p.m. a 8:00 p.m. y en periodos de 15 minutos. Las plantillas del total de vehículos por movimiento, se encuentran en el Anexo 2.

Para encontrar la hora pico de cada día, se agrupó la cantidad de vehículos en intervalos de 1 hora. Luego se verificó que día presenta mayor cantidad de vehículos (ver Tabla 11, 12 y 13).

El volumen de peatones y ciclistas es demasiado bajo, ya que no se encuentra en un lugar concurrido por los ciudadanos, por tal motivo no influye en el análisis.

Seguidamente, se presenta gráficos de la variación de vehículos mixtos en intervalos de 15 minutos en cada día de aforo (ver Figura 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40).

**Tabla 11***Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día lunes 19/10/2020*

Hora de control	Av. Jorge Basadre G.		Av. Manuel A. Odría		Total veh por 15 min	Total veh por hora	Hora
	N-S	S-N	E-O	O-E			
7:00 - 7:15 a.m.	154	174	87	169	584		
7:15 - 7:30 a.m.	192	188	123	188	691		
7:30 - 7:45 a.m.	159	218	100	271	748		
7:45 - 8:00 a.m.	179	176	100	212	667	2 690	7:00 - 8:00 a.m.
8:00 - 8:15 a.m.	161	236	111	236	744	2 850	7:15 - 8:15 a.m.
8:15 - 8:30 a.m.	190	197	109	219	715	2 874	7:30 - 8:30 a.m.
8:30 - 8:45 a.m.	178	181	119	204	682	2 808	7:45 - 8:45 a.m.
8:45 - 9:00 a.m.	196	181	116	243	736	2 877	8:00 - 9:00 a.m.
12:00 - 12:15 p.m.	168	127	111	171	577	2 710	
12:15 - 12:30 p.m.	198	135	141	171	645	2 640	
12:30 - 12:45 p.m.	218	115	111	163	607	2 565	
12:45 - 1:00 p.m.	186	155	121	187	649	2 478	12:00 - 1:00 p.m.
1:00 - 1:15 p.m.	200	142	147	181	670	2 571	12:15 - 1:15 p.m.
1:15 - 1:30 p.m.	187	133	134	184	638	2 564	12:30 - 1:30 p.m.
1:30 - 1:45 p.m.	144	150	134	175	603	2 560	12:45 - 1:45 p.m.
1:45 - 2:00 p.m.	184	116	119	167	586	2 497	1:00 - 2:00 p.m.
6:00 - 6:15 p.m.	176	130	105	206	617	2 444	
6:15 - 6:30 p.m.	198	136	129	191	654	2 460	
6:30 - 6:45 p.m.	215	140	125	180	660	2 517	
6:45 - 7:00 p.m.	208	106	126	196	636	2 567	6:00 - 7:00 p.m.
7:00 - 7:15 p.m.	219	143	130	157	649	2 599	6:15 - 7:15 p.m.
7:15 - 7:30 p.m.	199	111	136	121	567	2 512	6:30 - 7:30 p.m.
7:30 - 7:45 p.m.	175	114	114	175	578	2 430	6:45 - 7:45 p.m.
7:45 - 8:00 p.m.	165	103	104	120	492	2 286	7:00 - 8:00 p.m.
<b>PARCIAL</b>	<b>4 449</b>	<b>3 607</b>	<b>2 852</b>	<b>4 487</b>			
<b>TOTAL veh/día</b>	<b>15 395</b>						

**Tabla 12***Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día miércoles 21/10/2020*

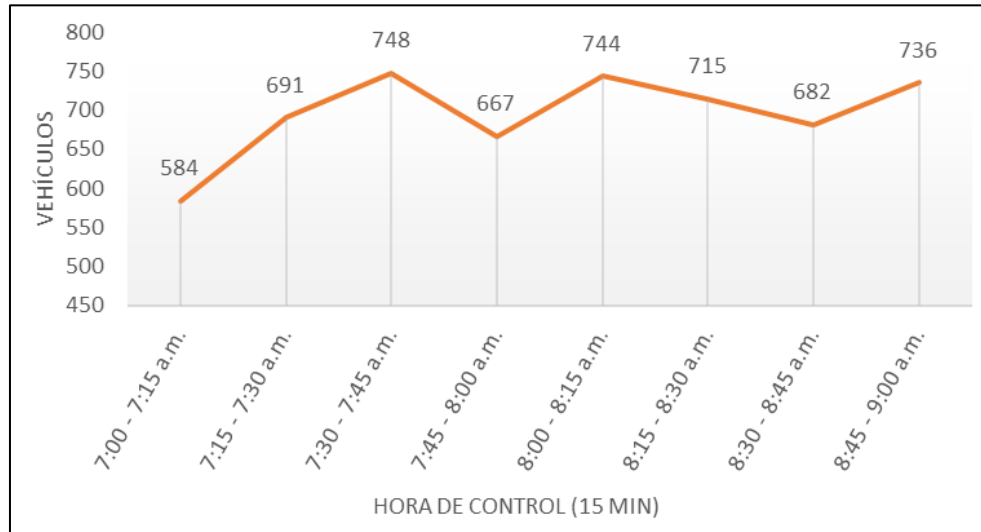
Hora de control	Av. Jorge Basadre G.		Av. Manuel A. Odría		Total veh por 15 min	Total veh por hora	Hora
	N-S	S-N	E-O	O-E			
7:00 - 7:15 a.m.	132	131	81	157	501		
7:15 - 7:30 a.m.	169	139	105	200	613		
7:30 - 7:45 a.m.	156	160	94	210	620		
7:45 - 8:00 a.m.	145	162	93	184	584	2 318	7:00 - 8:00 a.m.
8:00 - 8:15 a.m.	167	173	100	204	644	2 461	7:15 - 8:15 a.m.
8:15 - 8:30 a.m.	165	175	99	213	652	2 500	7:30 - 8:30 a.m.
8:30 - 8:45 a.m.	169	183	101	191	644	2 524	7:45 - 8:45 a.m.
8:45 - 9:00 a.m.	166	157	100	195	618	2 558	8:00 - 9:00 a.m.
12:00 - 12:15 p.m.	201	123	101	178	603	2 517	
12:15 - 12:30 p.m.	168	129	123	172	592	2 457	
12:30 - 12:45 p.m.	190	140	109	156	595	2 408	
12:45 - 1:00 p.m.	212	149	107	175	643	2 433	12:00 - 1:00 p.m.
1:00 - 1:15 p.m.	209	147	132	165	653	2 483	12:15 - 1:15 p.m.
1:15 - 1:30 p.m.	147	146	112	147	552	2 443	12:30 - 1:30 p.m.
1:30 - 1:45 p.m.	176	135	113	157	581	2 429	12:45 - 1:45 p.m.
1:45 - 2:00 p.m.	174	123	114	166	577	2 363	1:00 - 2:00 p.m.
6:00 - 6:15 p.m.	198	134	87	173	592	2 302	
6:15 - 6:30 p.m.	205	138	105	188	636	2 386	
6:30 - 6:45 p.m.	197	132	123	189	641	2 446	
6:45 - 7:00 p.m.	228	141	135	175	679	2 548	6:00 - 7:00 p.m.
7:00 - 7:15 p.m.	188	123	117	172	600	2 556	6:15 - 7:15 p.m.
7:15 - 7:30 p.m.	184	83	111	127	505	2 425	6:30 - 7:30 p.m.
7:30 - 7:45 p.m.	166	79	101	121	467	2 251	6:45 - 7:45 p.m.
7:45 - 8:00 p.m.	132	68	87	119	406	1 978	7:00 - 8:00 p.m.
<b>PARCIAL</b>	<b>4 244</b>	<b>3 270</b>	<b>2 550</b>	<b>4 134</b>			
<b>TOTAL veh/día</b>	<b>14 198</b>						

**Tabla 13***Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día viernes 23/10/2020*

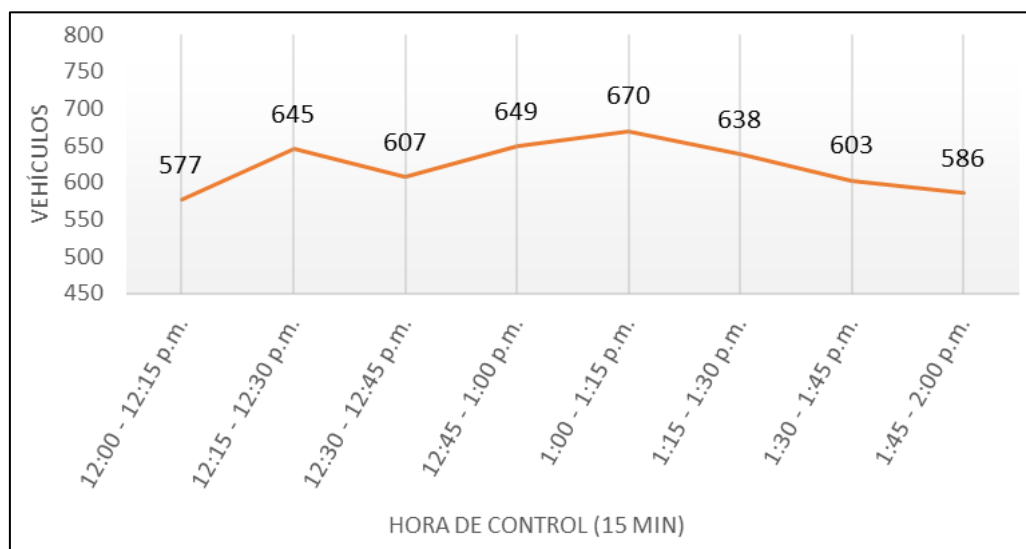
Hora de control	Av. Jorge Basadre G.		Av. Manuel A. Odría		Total veh por 15 min	Total veh por hora	Hora
	N-S	S-N	E-O	O-E			
	7:00 - 7:15 a.m.	143	163	77			
7:15 - 7:30 a.m.	150	187	108	169	614		
7:30 - 7:45 a.m.	153	228	134	197	712		
7:45 - 8:00 a.m.	160	191	114	237	702	2 556	7:00 - 8:00 a.m.
8:00 - 8:15 a.m.	160	217	103	205	685	2 713	7:15 - 8:15 a.m.
8:15 - 8:30 a.m.	143	178	103	212	636	2 735	7:30 - 8:30 a.m.
8:30 - 8:45 a.m.	159	179	131	175	644	2 667	7:45 - 8:45 a.m.
8:45 - 9:00 a.m.	149	162	120	193	624	2 589	8:00 - 9:00 a.m.
12:00 - 12:15 p.m.	144	132	98	182	556	2 460	
12:15 - 12:30 p.m.	170	148	118	198	634	2 458	
12:30 - 12:45 p.m.	169	115	130	175	589	2 403	
12:45 - 1:00 p.m.	172	154	147	194	667	2 446	12:00 - 1:00 p.m.
1:00 - 1:15 p.m.	191	145	129	190	655	2 545	12:15 - 1:15 p.m.
1:15 - 1:30 p.m.	163	133	135	157	588	2 499	12:30 - 1:30 p.m.
1:30 - 1:45 p.m.	157	141	118	169	585	2 495	12:45 - 1:45 p.m.
1:45 - 2:00 p.m.	164	146	120	162	592	2 420	1:00 - 2:00 p.m.
6:00 - 6:15 p.m.	177	150	113	214	654	2 419	
6:15 - 6:30 p.m.	197	183	110	194	684	2 515	
6:30 - 6:45 p.m.	219	147	130	219	715	2 645	
6:45 - 7:00 p.m.	187	122	108	197	614	2 667	6:00 - 7:00 p.m.
7:00 - 7:15 p.m.	215	134	125	197	671	2 684	6:15 - 7:15 p.m.
7:15 - 7:30 p.m.	185	105	122	138	550	2 550	6:30 - 7:30 p.m.
7:30 - 7:45 p.m.	160	100	143	146	549	2 384	6:45 - 7:45 p.m.
7:45 - 8:00 p.m.	130	98	125	134	487	2 257	7:00 - 8:00 p.m.
<b>PARCIAL</b>	<b>4 017</b>	<b>3 658</b>	<b>2 861</b>	<b>4 399</b>			
<b>TOTAL veh/día</b>	<b>14,935</b>						

**Figura 32**

*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección I*

**Figura 33**

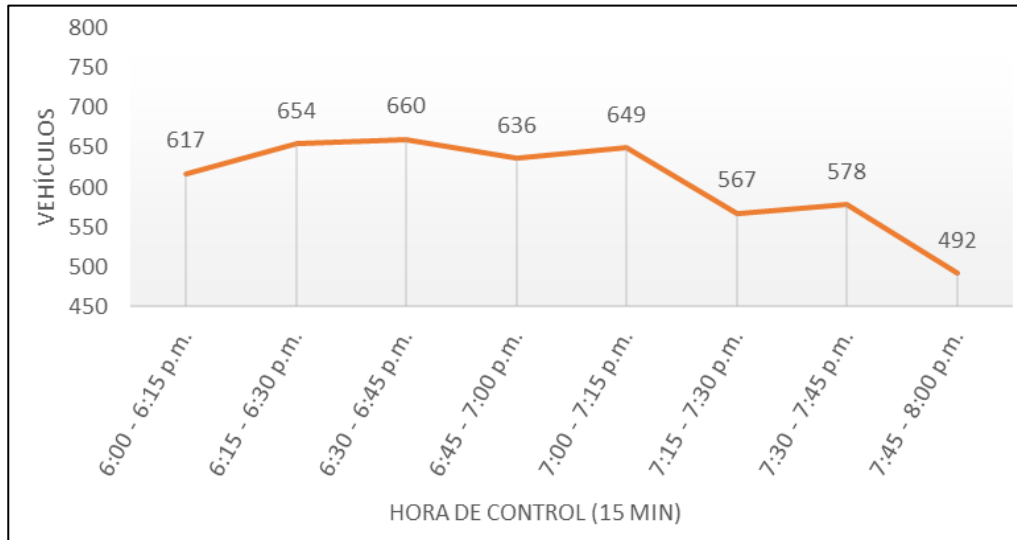
*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección I*



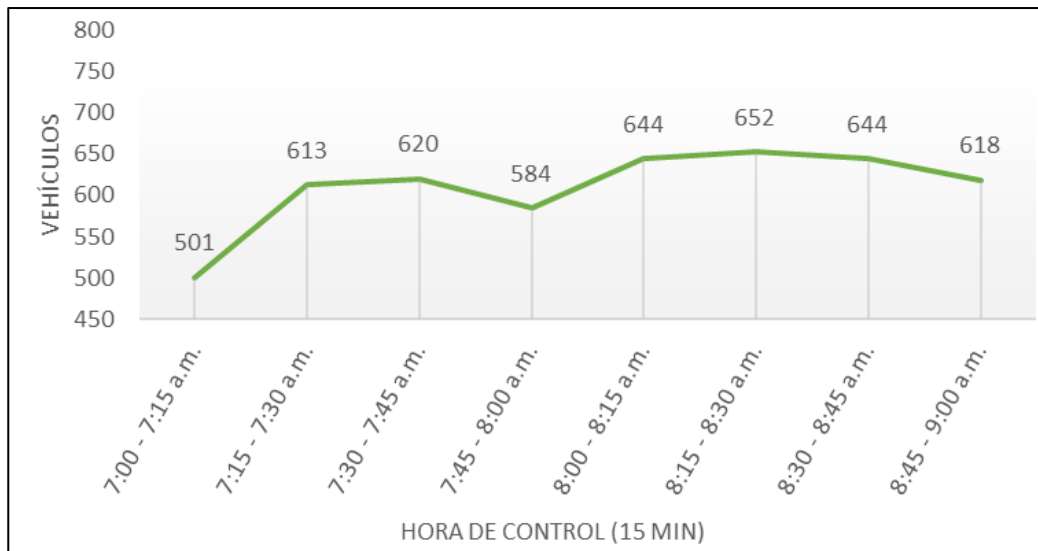


**Figura 34**

*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección I*

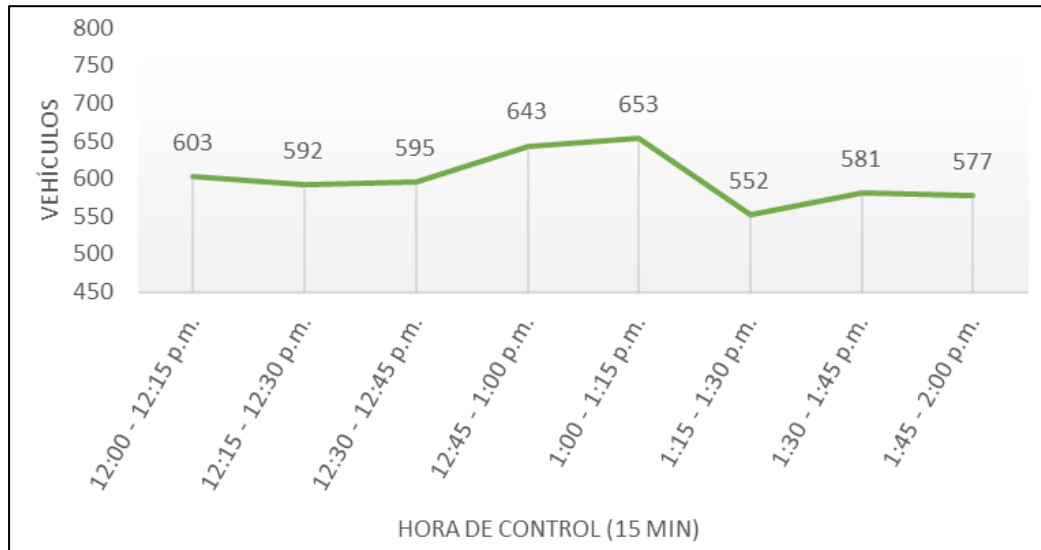
**Figura 35**

*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección I*

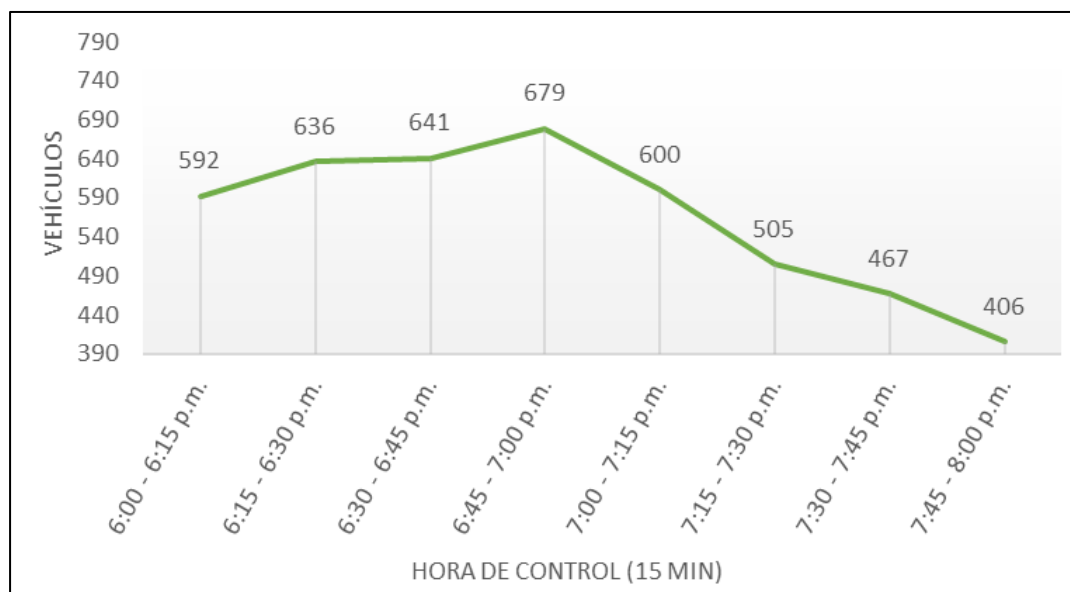


**Figura 36**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección I

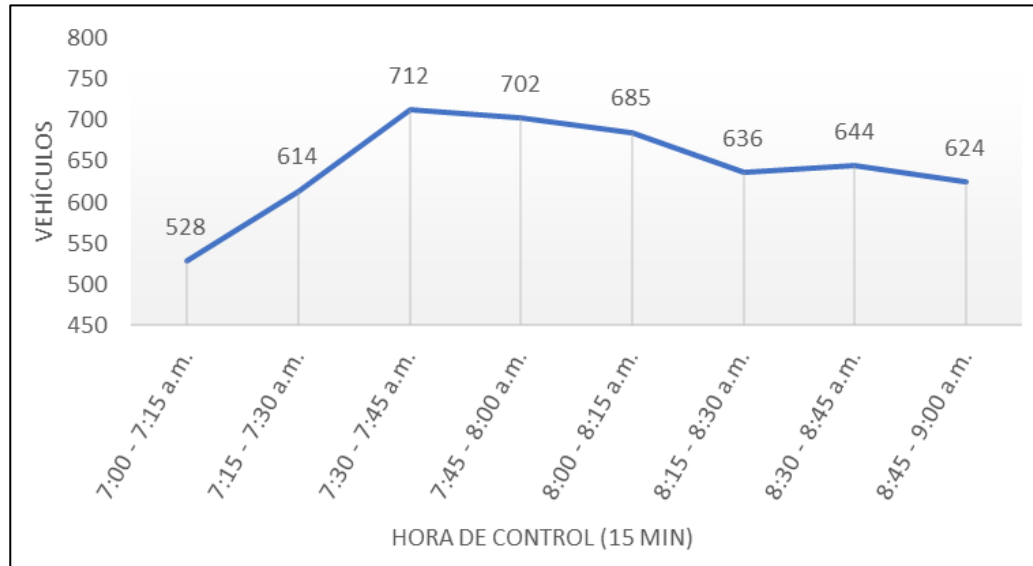
**Figura 37**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección I

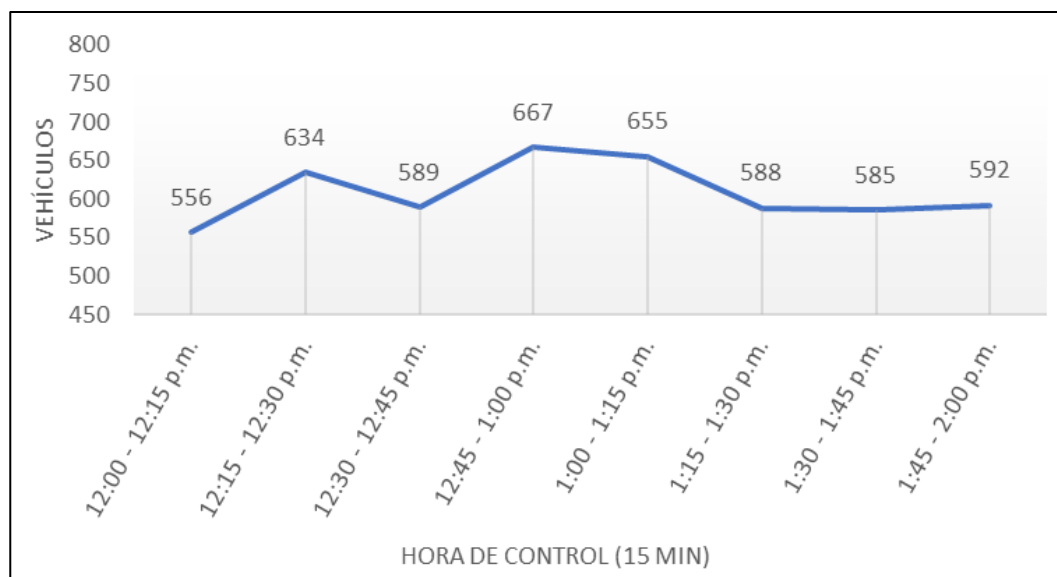


**Figura 38**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección I

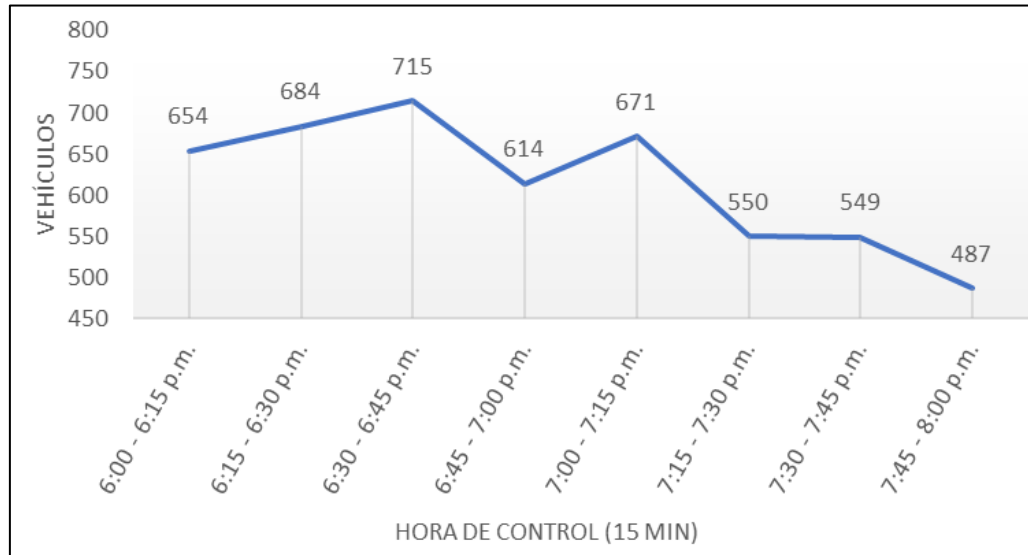
**Figura 39**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección I



**Figura 40**

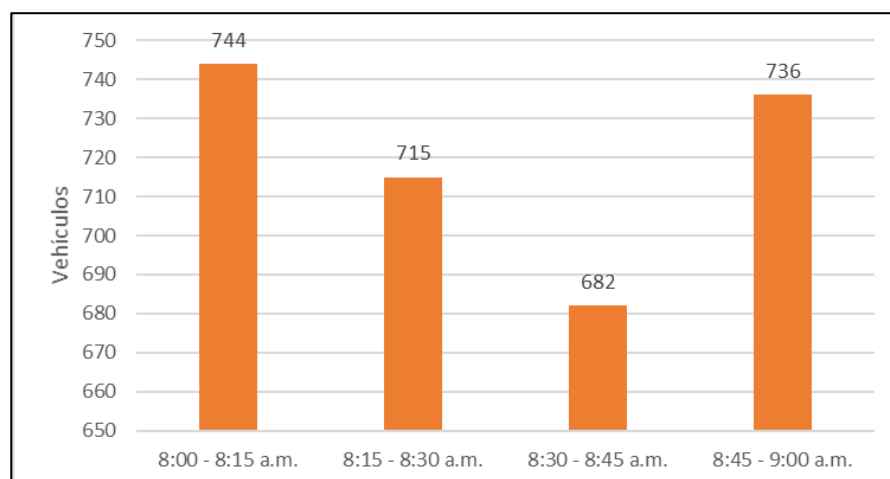
*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección I*



La mayor hora pico se presenta el lunes 19/10/2020 de 8:00 a.m. a 9:00 a.m. y es el día que presenta la mayor cantidad de vehículos (ver Figura 41). Los flujos vehiculares de esa hora servirán para determinar el nivel de servicio en la intersección.

**Figura 41**

*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (15 min) de la hora pico – lunes 19/10/2020 (8:00 a.m. a 9:00 a.m.)*



### e) VHMD y cálculo de la tasa de flujo $V_p$

En seguida se presenta la aplicación de las fórmulas propuestas por la metodología antes descrita y la tabla resumen de la tasa de flujo “ $V_p$ ” para cada grupo de carriles, acceso e intersección en la hora pico.

Fue necesario apoyarse de hojas de cálculo para corroborar los resultados manuales y proporcionar las tablas resúmenes.

Otra forma de calcular el  $V_p$  es identificar el mayor flujo de cada movimiento ( $V_{m\acute{a}x15}$ ) y multiplicarlo por 4, para obtener el flujo vehicular en una hora.

- **Determinación de la tasa de flujo  $V_p$**

ACCESO: N-S

MOVIMIENTO: F

GRUPO DE CARRIL: 1

NÚMERO DE CARRILES: 1

$$VHMD = 246 \text{ veh}$$

$$V_{m\acute{a}x15} = 64 \text{ veh}/15\text{min}$$

$$FMD = \frac{VHMD}{4 * V_{m\acute{a}x15}} = \frac{246}{4 * 64} = 0,96$$

$$V_p = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{246}{0,96} = 256 \text{ veh/h}$$

ACCESO: N-S

MOVIMIENTO F

GRUPO DE CARRIL: 2

NÚMERO DE CARRILES: 1

$$VHMD = 157 \text{ veh}$$

$$V_{m\acute{a}x15} = 41 \text{ veh}/15\text{min}$$

$$FMD = \frac{VHMD}{4 * V_{m\acute{a}x15}} = \frac{157}{4 * 41} = 0,96$$

$$V_p = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{157}{0,96} = 164 \text{ veh/h}$$

ACCESO: N-S

MOVIMIENTO D

GRUPO DE CARRIL: 2

NÚMERO DE CARRILES: 1

$$VHMD = 322veh$$

$$Vmáx15 = 94 veh/15min$$

$$FMD = \frac{VHMD}{4 * Vmáx15} = \frac{322}{4 * 94} = 0,856$$

$$Vp = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{322}{0,96} = 376 veh/h$$

**Cálculo de Vp del acceso:**

$$Vp \text{ acceso} = 256 + 164 + 376 = 796 veh/h$$

**Tabla 14**

*Tasa de flujo Vp por movimiento, grupo de carril GC y acceso*

ACCESO	MOV.	GC	VHMD (veh/h)	Vmáx15 (veh/15min)	FHMD	Vp MOV. (veh/h)	Vp GC (veh/h)	Vp acceso (veh/h)
N-S	F	1	246	64	0,96	256	256	796
	F	2	157	41	0,96	164	540	
	D		322	94	0,86	376		
S-N	F	1	404	121	0,83	484	484	948
	F	2	326	98	0,83	392	464	
	D		65	18	0,90	72		
E-O	F	1	233	63	0,92	252	252	492
	D	2	191	50	0,96	200	240	
	F		31	10	0,78	40		
O-E	D	1	385	108	0,89	432	432	1 032
	F	2	256	72	0,89	288	600	
	D		261	78	0,84	312		

*Nota.* F = Frente, D = Derecha.

En la tabla se observa que el grupo de carril 2 del acceso O-E presenta mayor flujo vehicular, mientras que el grupo de carril 1 del mismo acceso O-E presenta el menor flujo vehicular de la intersección.

El acceso O-E es el que presenta mayor flujo vehicular en la intersección y el acceso E-O es el que presenta menor flujo vehicular.

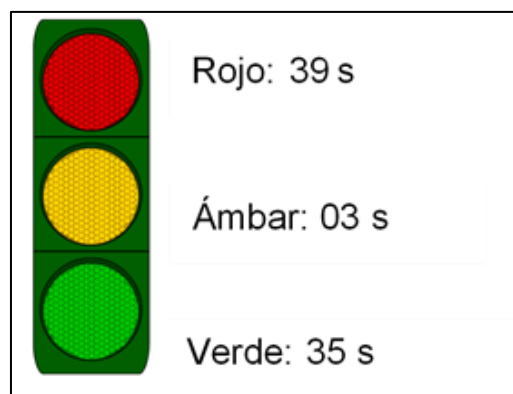
#### f) Tiempo semafórico

La intersección analizada presenta dos semáforos con contador de tiempo, que controlan el tráfico. Están ubicados en el separador central mirando a cada acceso.

Los cuatro accesos presentan el mismo ciclo semafórico de 77 segundos, distribuido en 39 segundos de rojo, 03 segundos de ámbar y 35 segundos de verde (ver Figura 42).

**Figura 42**

*Ciclo semafórico actual de la intersección I*

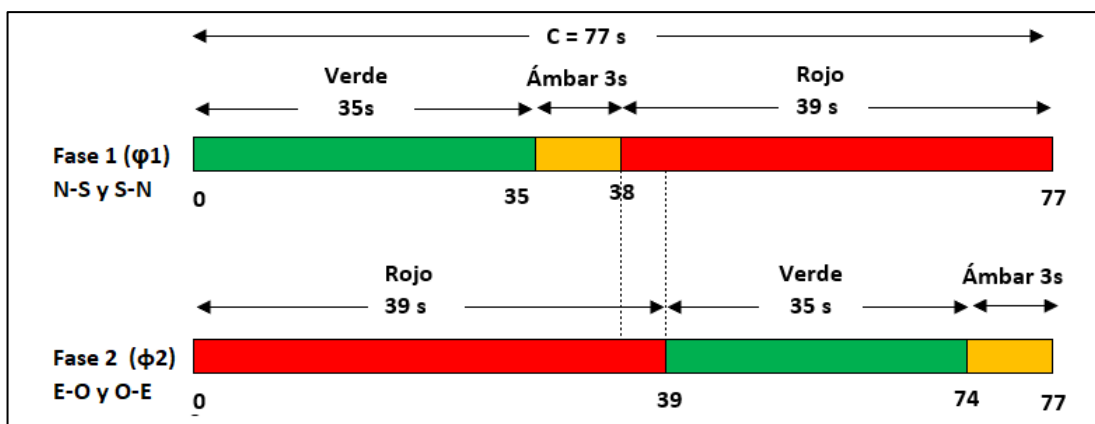


Además, se tiene dos fases, fase 1 (N-S y S-N) y fase 2 (E-O y O-E).

En la Figura 43, se presenta un diagrama que indica los tiempos semafóricos de forma más didáctica y detallada.

Figura 43

Diagrama de fases de la intersección I



## Intersección II – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército

### a) Descripción de la intersección

La segunda intersección de análisis es el cruce formado por la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Ejército. Este cruce se encuentra a 150 metros aproximadamente de la primera intersección. En las esquinas se pudo observar viviendas, una ferretería y a unos metros, una tienda de casas prefabricadas.

La Av. Jorge Basadre presenta 04 carriles (02 por sentido) y un separador central que divide las dos calzadas.

La Av. Ejército, a diferencia de la anterior, presenta 02 carriles (01 por sentido) y no presenta separador central.

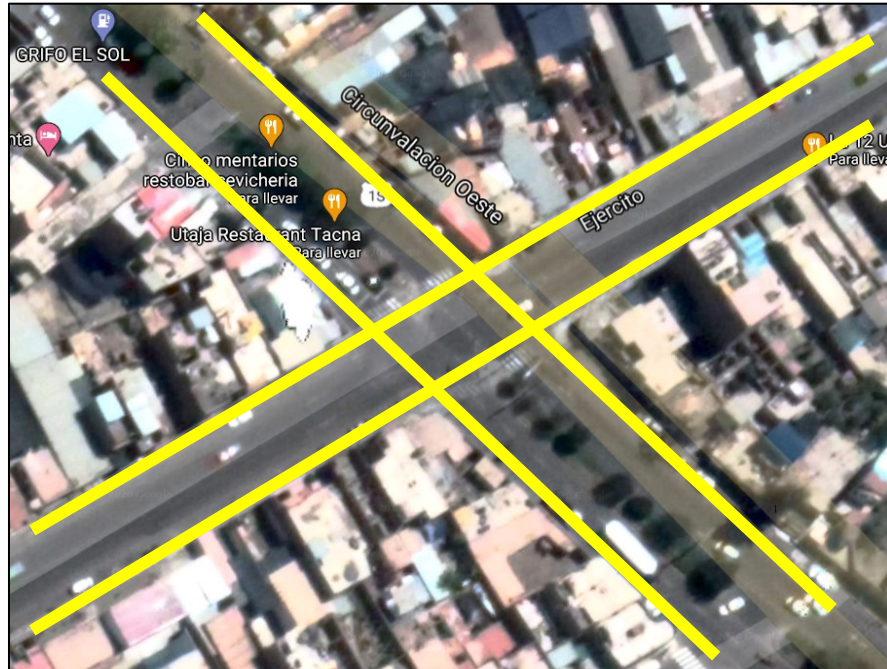
En la Figura 44, se presenta una imagen satelital que representa las Avenidas que concurren en la intersección con semáforo II.

En la Figura 45, se presenta los movimientos identificados en la intersección II.



**Figura 44**

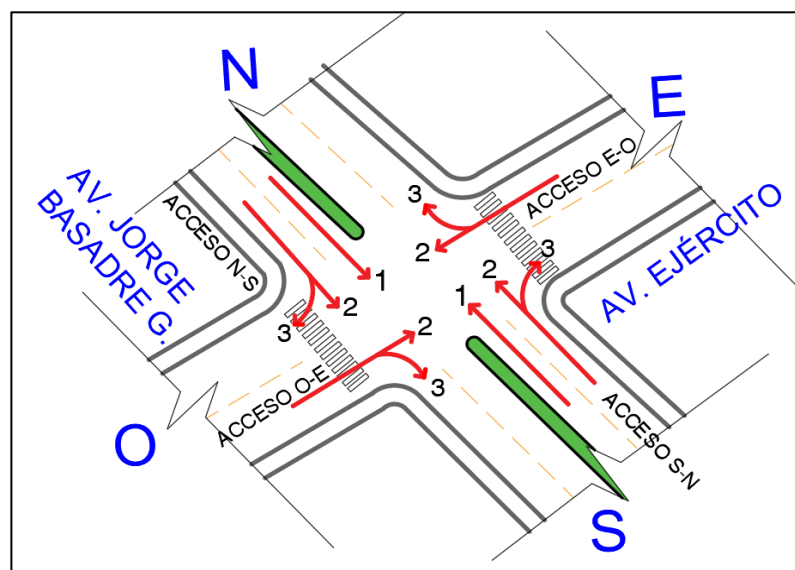
*Intersección II – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército*



*Nota.* Figura obtenida del Google Maps.

**Figura 45**

*Movimientos identificados en la intersección II*



## b) Condiciones geométricas de la intersección

**Tabla 15**

*Condiciones geométricas de la intersección II*

Acceso	Número de carriles	Ancho de carriles (m)	Movimientos por carril	Pendiente (%)
N-S	02	3,30	1: Frente	-1
		3,30	2: Frente 3: Derecha	
S-N	02	3,30	1: Frente	1
		3,30	2: Frente 3: Derecha	
E-O	01	5,45	2: Frente 3: Derecha	-3
O-E	01	5,45	2: Frente 3: Derecha	3

*Nota.* N-S: Norte-Sur, S-N: Sur-Norte, E-O: Este-Oeste, O-E; Oeste-Este.

## c) Grupos de movimiento y grupos de carril

Se estableció cuatro accesos por intersección (N-S, S-N, E-O, O-E) y de acuerdo a la teoría, se identificó un grupo de movimiento por acceso y los grupos de carriles (ver Figura 51, 52 y 53).

Grupo de carril por acceso N-S y S-N

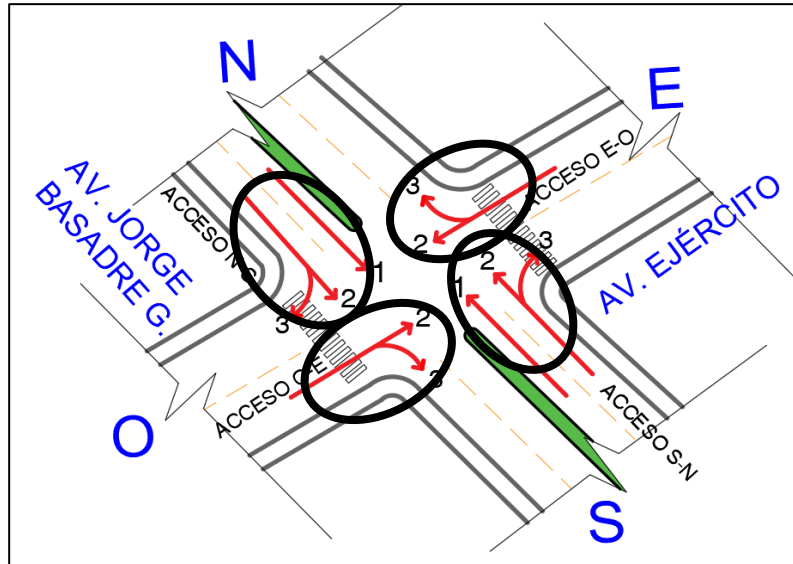
- Carril exclusivo de movimiento de frente.
- Carril compartido de movimiento de frente y giro a la derecha.

Grupo de carril por acceso E-O y O-E

- Carril compartido de movimiento de frente y giro a la derecha.

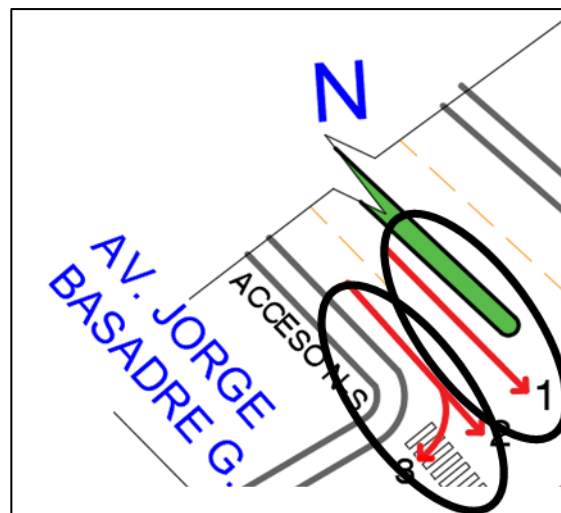
**Figura 48**

*Grupos de movimiento para cada acceso*



**Figura 49**

*Grupos de carril en acceso N-S y S-N*



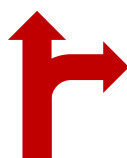
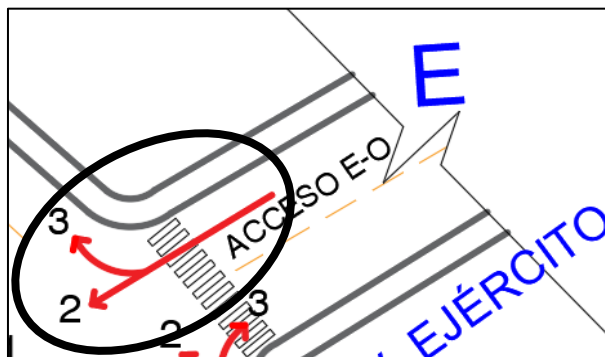
GC - 1  
Movimientos:  
(1) Frente



GC - 2  
Movimientos:  
(2) Frente  
(3) Derecha

**Figura 50**

*Grupos de carril en acceso E-O y O-E*



GC – 1

Movimientos:

(2) Frente

(3) Derecha

#### **d) Aforo vehicular y determinación de la hora pico**

Mediante el aforo vehicular se obtuvo la cantidad real de flujo de vehículos, peatones y ciclistas en la intersección. Fue realizado para cada uno de los movimientos presentes en cada acceso de la intersección.

El registro se realizó los días lunes 19/10/2020, miércoles 21/10/2020 y viernes 23/10/2020, seis horas al día, en horarios de 7:00 a.m. a 9:00 a.m., 12:00 m. a 2:00 p.m. y de 6:00 p.m. a 8:00 p.m. y en periodos de 15 minutos. Se efectuó de forma manual y con ayuda de los videos de grabaciones realizadas en la zona de estudio y proporcionadas por la Municipalidad Provincial de Tacna. Para las grabaciones en la zona de estudio, fue necesario contar con personas que ayuden al registro de datos y obtener datos más precisos. Las plantillas del total de vehículos por movimiento, se encuentran en el Anexo 2.

Para encontrar la hora pico de cada día, se agrupó en intervalos de 1 hora. Luego se verificó que día presenta mayor cantidad de vehículos (ver Tabla 16, 17 y 18).

Igual que en la intersección I, el volumen de peatones y ciclistas es demasiado bajo, ya que no se encuentra en un lugar concurrido por los ciudadanos, por tal motivo no influye en el análisis.

**Tabla 16**

*Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día lunes 19/10/2020 en la intersección II*

Hora de control	Av. Jorge Basadre G.		Av. Manuel A. Odría		Total veh por 15 min	Total veh por hora	Hora
	N-S	S-N	E-O	O-E			
	7:00 - 7:15 a.m.	203	175	80			
7:15 - 7:30 a.m.	253	215	87	74	629		
7:30 - 7:45 a.m.	262	228	98	81	669		
7:45 - 8:00 a.m.	273	201	96	84	654	2 492	7:00 - 8:00 a.m.
8:00 - 8:15 a.m.	249	219	95	79	642	2 594	7:15 - 8:15 a.m.
8:15 - 8:30 a.m.	224	162	94	66	546	2 511	7:30 - 8:30 a.m.
8:30 - 8:45 a.m.	215	158	104	72	549	2 391	7:45 - 8:45 a.m.
8:45 - 9:00 a.m.	199	200	93	71	563	2 300	8:00 - 9:00 a.m.
12:00 - 12:15 p.m.	256	185	100	70	611	2 269	
12:15 - 12:30 p.m.	274	163	85	88	610	2 333	
12:30 - 12:45 p.m.	242	162	95	66	565	2,349	
12:45 - 1:00 p.m.	235	128	108	60	531	2 317	12:00 - 1:00 p.m.
1:00 - 1:15 p.m.	219	165	117	64	565	2 271	12:15 - 1:15 p.m.
1:15 - 1:30 p.m.	205	162	81	69	517	2 178	12:30 - 1:30 p.m.
1:30 - 1:45 p.m.	189	137	106	52	484	2 097	12:45 - 1:45 p.m.
1:45 - 2:00 p.m.	193	153	97	67	510	2 076	1:00 - 2:00 p.m.
6:00 - 6:15 p.m.	253	146	106	93	598	2 109	
6:15 - 6:30 p.m.	330	161	98	86	675	2 267	
6:30 - 6:45 p.m.	282	184	138	79	683	2 466	
6:45 - 7:00 p.m.	281	131	125	84	621	2 577	6:00 - 7:00 p.m.
7:00 - 7:15 p.m.	287	113	97	67	564	2 543	6:15 - 7:15 p.m.
7:15 - 7:30 p.m.	223	104	113	79	519	2 387	6:30 - 7:30 p.m.
7:30 - 7:45 p.m.	161	107	101	59	428	2 132	6:45 - 7:45 p.m.
7:45 - 8:00 p.m.	156	97	96	51	400	1 911	7:00 - 8:00 p.m.
<b>PARCIAL</b>	<b>5 664</b>	<b>3 856</b>	<b>2 410</b>	<b>1 743</b>			
<b>TOTAL veh/día</b>	<b>13 673</b>						

**Tabla 17**

*Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día miércoles 21/10/2020 en la intersección II*

Hora de control	Av. Jorge Basadre G.		Av. Manuel A. Odría		Total veh por 15 min	Total veh por hora	Hora
	N-S	S-N	E-O	O-E			
7:00 - 7:15 a.m.	215	125	44	53	437		
7:15 - 7:30 a.m.	243	134	72	56	505		
7:30 - 7:45 a.m.	280	150	98	66	594		
7:45 - 8:00 a.m.	294	178	107	78	657	2 193	7:00 - 8:00 a.m.
8:00 - 8:15 a.m.	224	189	106	62	581	2 337	7:15 - 8:15 a.m.
8:15 - 8:30 a.m.	209	182	95	71	557	2 389	7:30 - 8:30 a.m.
8:30 - 8:45 a.m.	184	179	84	58	505	2 300	7:45 - 8:45 a.m.
8:45 - 9:00 a.m.	173	154	64	67	458	2 101	8:00 - 9:00 a.m.
12:00 - 12:15 p.m.	237	129	87	70	523	2 043	
12:15 - 12:30 p.m.	273	136	101	71	581	2 067	
12:30 - 12:45 p.m.	226	140	99	70	535	2 097	
12:45 - 1:00 p.m.	210	151	100	65	526	2 165	12:00 - 1:00 p.m.
1:00 - 1:15 p.m.	223	154	87	73	537	2 179	12:15 - 1:15 p.m.
1:15 - 1:30 p.m.	173	155	85	51	464	2 062	12:30 - 1:30 p.m.
1:30 - 1:45 p.m.	210	134	91	58	493	2 020	12:45 - 1:45 p.m.
1:45 - 2:00 p.m.	170	123	100	56	449	1 943	1:00 - 2:00 p.m.
6:00 - 6:15 p.m.	226	137	93	64	520	1 926	
6:15 - 6:30 p.m.	324	154	100	75	653	2 115	
6:30 - 6:45 p.m.	265	154	118	56	593	2 215	
6:45 - 7:00 p.m.	266	142	109	47	564	2 330	6:00 - 7:00 p.m.
7:00 - 7:15 p.m.	294	123	99	52	568	2 378	6:15 - 7:15 p.m.
7:15 - 7:30 p.m.	198	87	99	61	445	2 170	6:30 - 7:30 p.m.
7:30 - 7:45 p.m.	136	82	89	45	352	1 929	6:45 - 7:45 p.m.
7:45 - 8:00 p.m.	162	68	85	36	351	1 716	7:00 - 8:00 p.m.
<b>PARCIAL</b>	<b>5 415</b>	<b>3 360</b>	<b>2 212</b>	<b>1 461</b>			
<b>TOTAL veh/día</b>	<b>12 448</b>						

**Tabla 18**

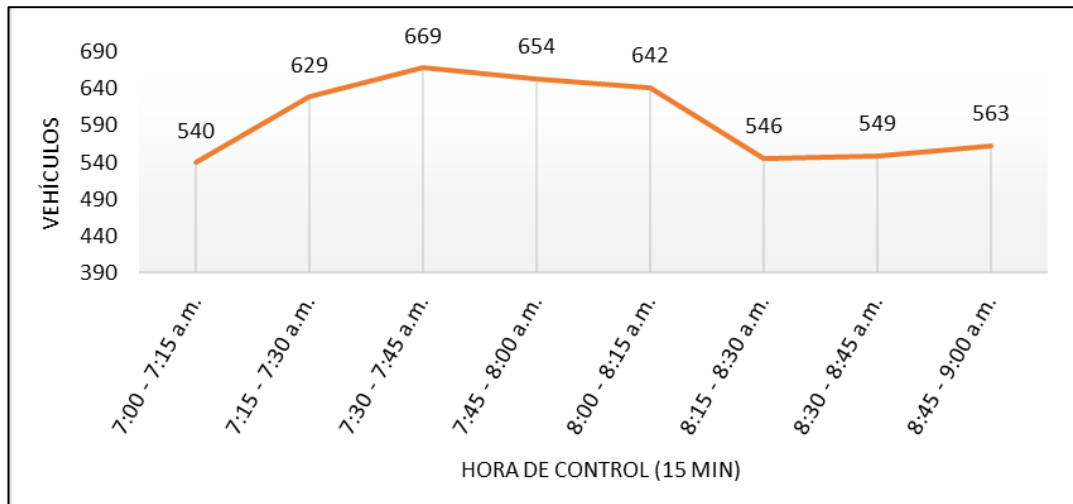
*Resumen del conteo vehicular por acceso y hora pico del día viernes 23/10/2020 en la intersección II*

Hora de control	Av. Jorge Basadre G.		Av. Manuel A. Odría		Total veh por 15 min	Total veh por hora	Hora
	N-S	S-N	E-O	O-E			
7:00 - 7:15 a.m.	182	168	65	55	470		
7:15 - 7:30 a.m.	215	186	76	66	543		
7:30 - 7:45 a.m.	241	233	101	77	652		
7:45 - 8:00 a.m.	251	201	100	66	618	2 283	7:00 - 8:00 a.m.
8:00 - 8:15 a.m.	238	225	95	71	629	2 442	7:15 - 8:15 a.m.
8:15 - 8:30 a.m.	231	183	106	70	590	2 489	7:30 - 8:30 a.m.
8:30 - 8:45 a.m.	208	184	114	64	570	2 407	7:45 - 8:45 a.m.
8:45 - 9:00 a.m.	196	168	85	56	505	2 294	8:00 - 9:00 a.m.
12:00 - 12:15 p.m.	222	135	86	71	514	2 179	
12:15 - 12:30 p.m.	240	153	102	57	552	2 141	
12:30 - 12:45 p.m.	233	120	106	61	520	2 091	
12:45 - 1:00 p.m.	228	160	111	66	565	2 151	12:00 - 1:00 p.m.
1:00 - 1:15 p.m.	205	140	104	67	516	2 153	12:15 - 1:15 p.m.
1:15 - 1:30 p.m.	188	124	87	47	446	2 047	12:30 - 1:30 p.m.
1:30 - 1:45 p.m.	165	138	107	60	470	1 997	12:45 - 1:45 p.m.
1:45 - 2:00 p.m.	172	149	105	58	484	1 916	1:00 - 2:00 p.m.
6:00 - 6:15 p.m.	222	155	94	75	546	1 946	
6:15 - 6:30 p.m.	276	186	113	91	666	2 166	
6:30 - 6:45 p.m.	240	156	111	72	579	2 275	
6:45 - 7:00 p.m.	233	130	111	67	541	2 332	6:00 - 7:00 p.m.
7:00 - 7:15 p.m.	252	134	114	69	569	2 355	6:15 - 7:15 p.m.
7:15 - 7:30 p.m.	191	106	97	72	466	2 155	6:30 - 7:30 p.m.
7:30 - 7:45 p.m.	145	96	104	49	394	1 970	6:45 - 7:45 p.m.
7:45 - 8:00 p.m.	143	98	106	56	403	1 832	7:00 - 8:00 p.m.
<b>PARCIAL</b>	<b>5 117</b>	<b>3 728</b>	<b>2 400</b>	<b>1 563</b>			
<b>TOTAL veh/día</b>	<b>12 808</b>						

Seguidamente, se presenta gráficos de la variación de vehículos mixtos en intervalos de 15 minutos en cada día de aforo (ver Figura 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 y 59).

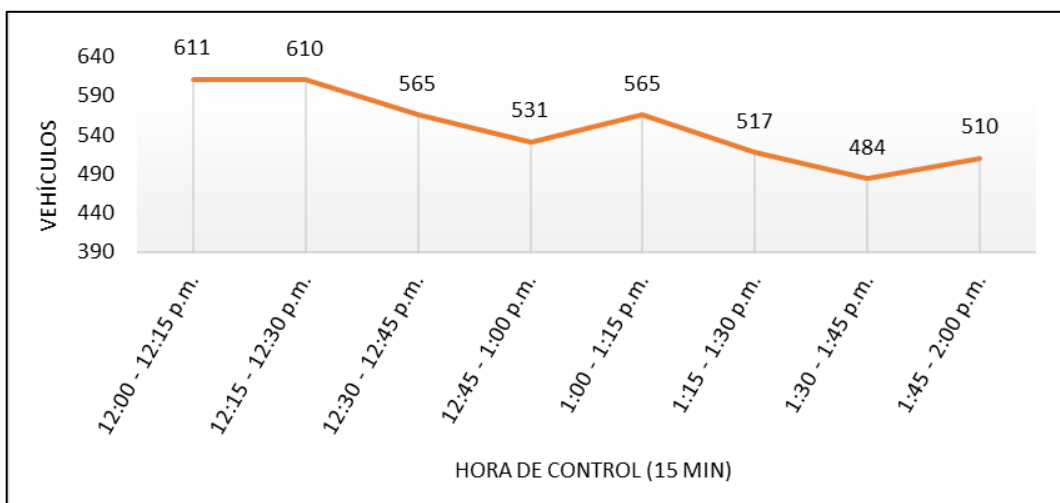
**Figura 51**

*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección II*



**Figura 52**

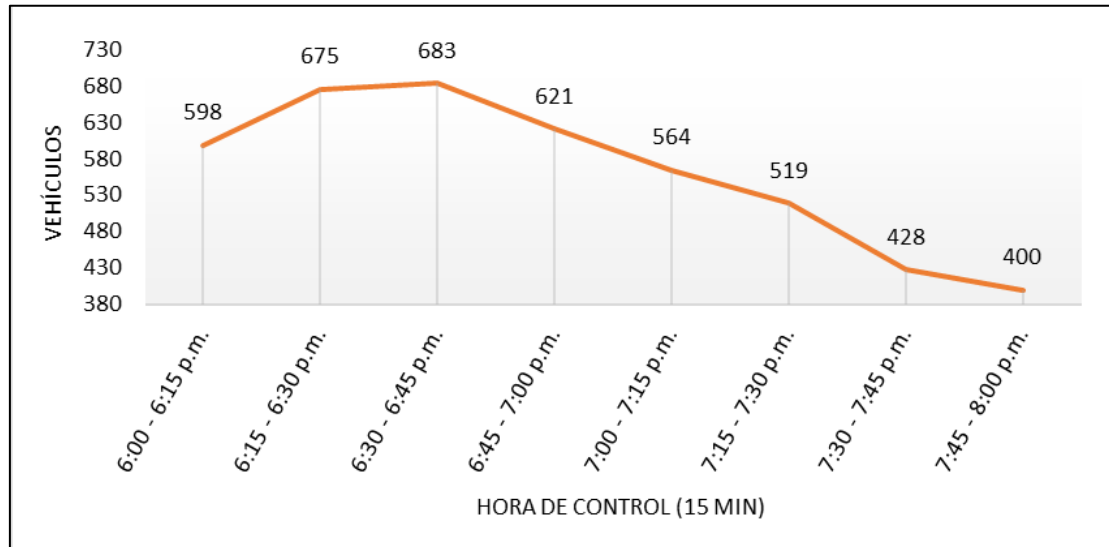
*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección II*



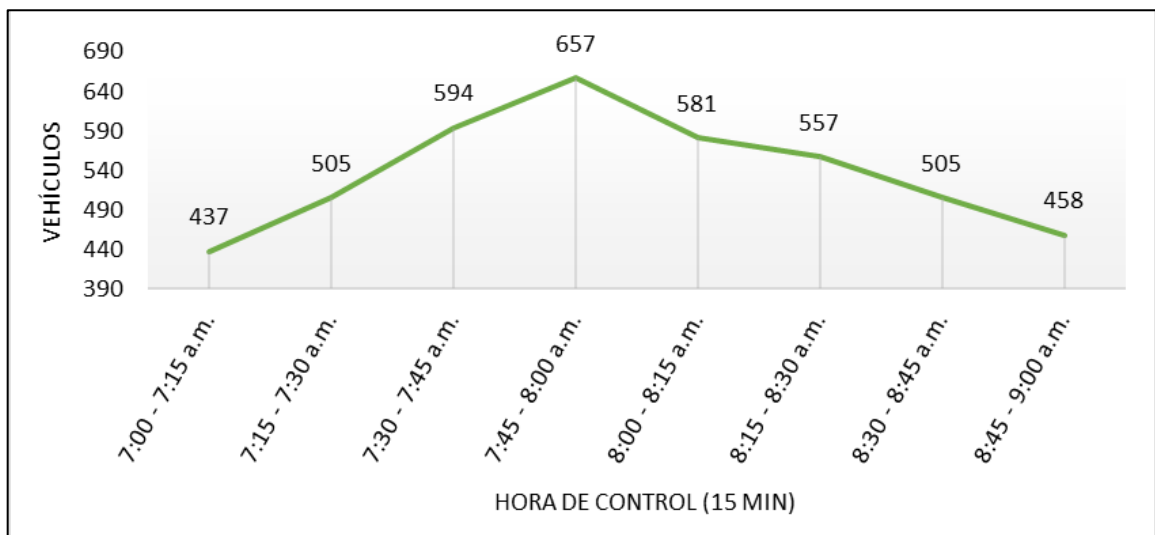


**Figura 53**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del lunes 19/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección II

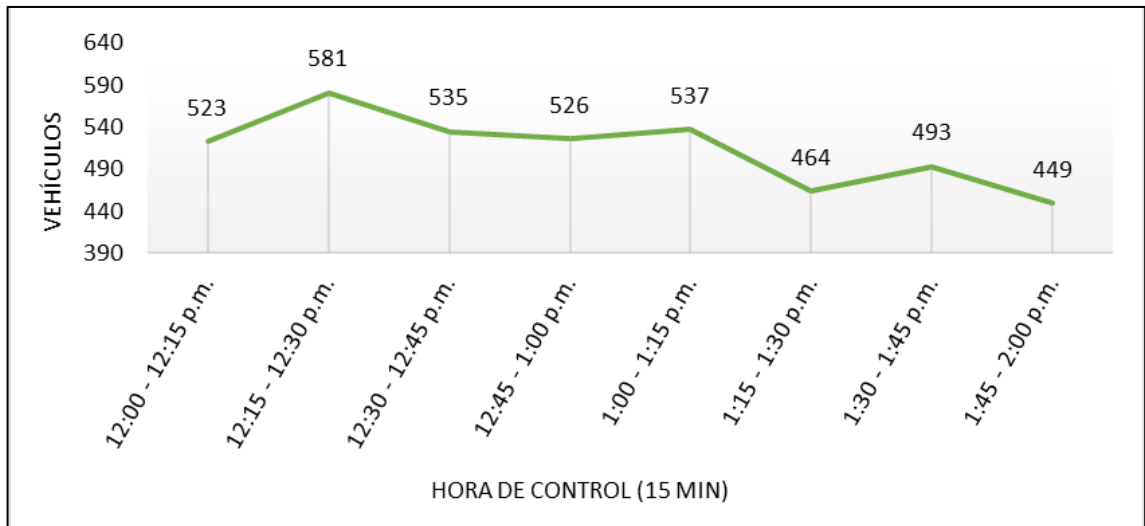
**Figura 54**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección II

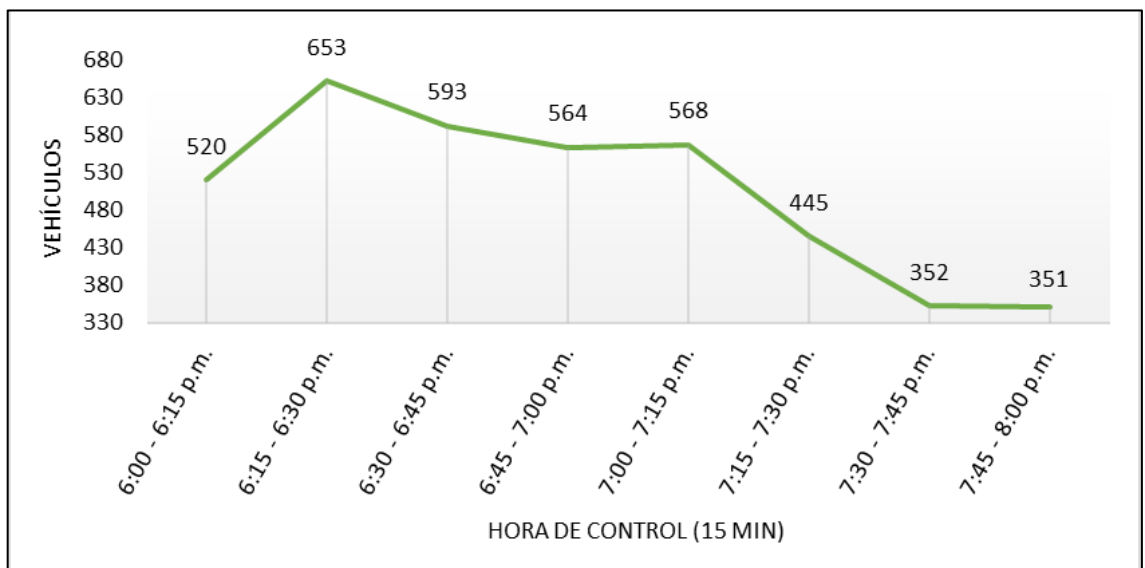


**Figura 55**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección II

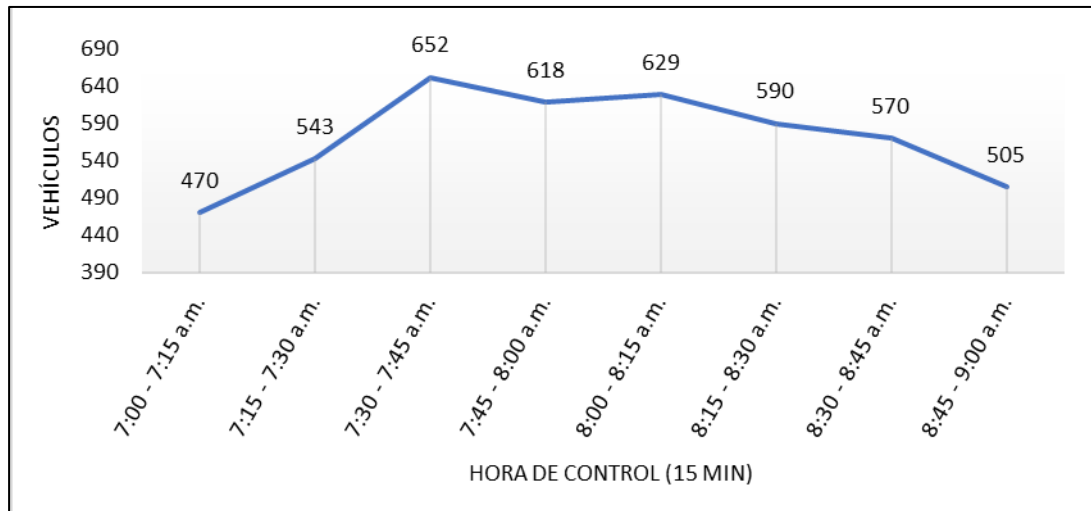
**Figura 56**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del miércoles 21/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección II

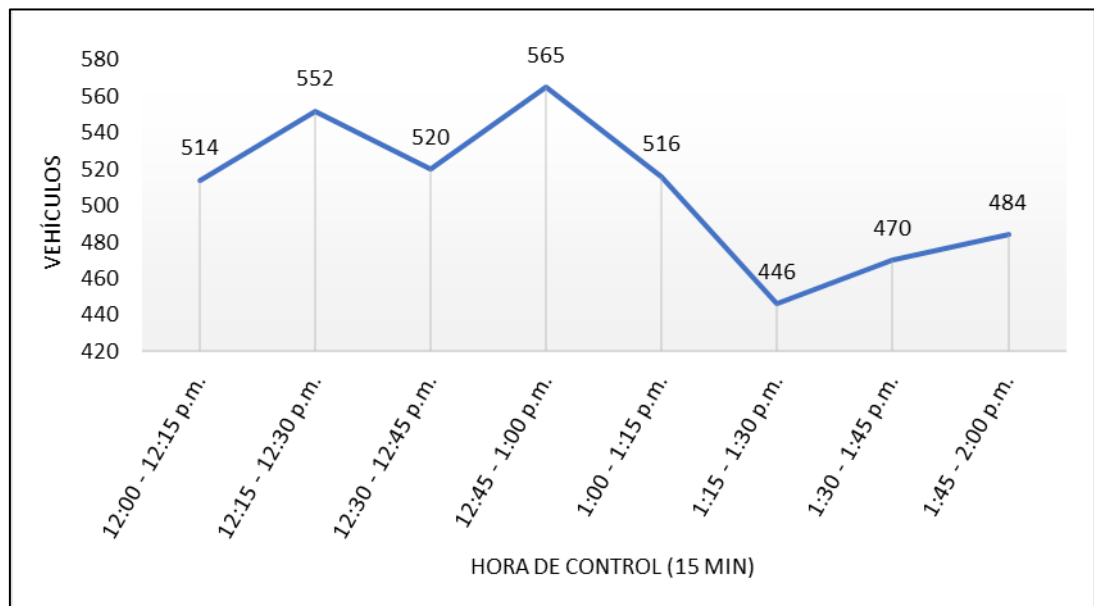


**Figura 57**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 7:00 am a 9:00 am, en la intersección II

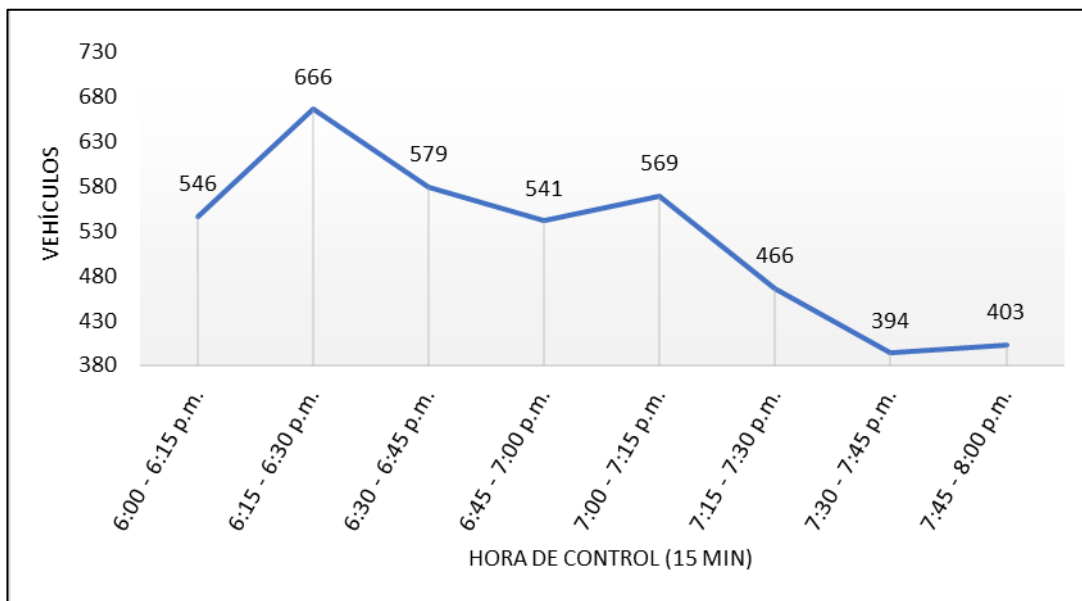
**Figura 58**

Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 12:00 pm a 2:00 pm, en la intersección II



**Figura 59**

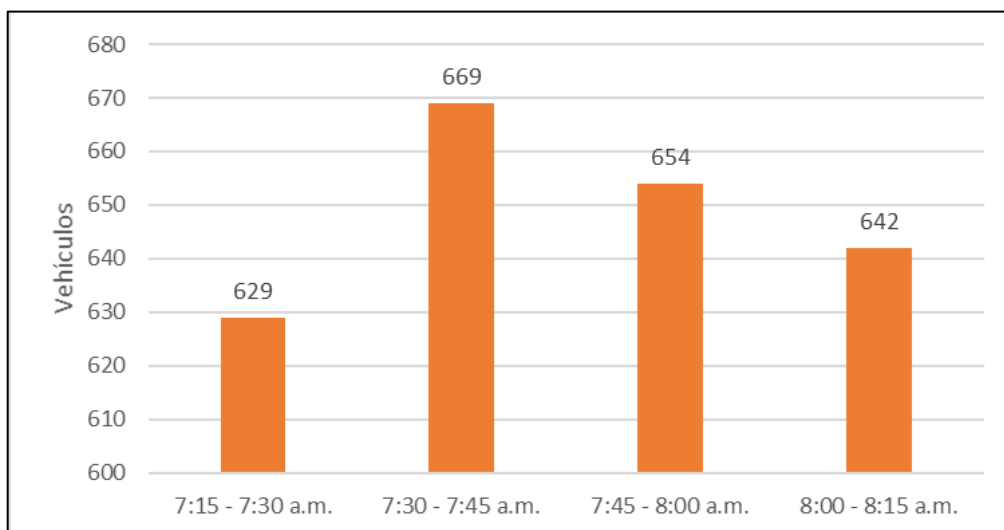
*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (cada 15 min) del viernes 23/10/2020 en horario 6:00 pm a 8:00 pm, en la intersección II*



La mayor hora pico se presenta el lunes 19/10/2020 de 7:15 a.m. a 8:15 a.m. y es el día que presenta la mayor cantidad de vehículos (ver Figura 60). Los flujos vehiculares de esa hora servirán para determinar el nivel de servicio en la intersección.

**Figura 60**

*Variación de volúmenes vehiculares por cada hora de control (15 min) de la hora pico – lunes 19/10/2020 (7:15 a.m. a 8:15 a.m.)*



### e) VHMD y cálculo de la tasa de flujo $V_p$

En seguida se presenta la aplicación de las fórmulas propuestas por la metodología antes descrita y la tabla resumen de la tasa de flujo " $V_p$ " para cada grupo de carriles, acceso e intersección en la hora pico.

Fue necesario apoyarse de hojas de cálculo para corroborar los resultados manuales y proporcionar las tablas resúmenes.

Otra forma de calcular el  $V_p$  es identificar el mayor flujo de cada movimiento ( $V_{m\acute{a}x15}$ ) y multiplicarlo por 4, para obtener el flujo vehicular en una hora.

En la Tabla 19 se muestra el resumen de los cálculos realizados correspondientes a la tasa de flujo  $V_p$ .

- **Determinación de la tasa de flujo**

ACCESO: N-S

MOVIMIENTO: F

GRUPO DE CARRIL: 1

NÚMERO DE CARRILES: 1

$$VHMD = 504 \text{ veh}$$

$$V_{m\acute{a}x15} = 131 \text{ veh}/15min$$

$$FMD = \frac{VHMD}{4 * V_{m\acute{a}x15}} = \frac{504}{4 * 131} = 0,96$$

$$V_p = \frac{VHMD}{FMD} = \frac{504}{0,96} = 524 \text{ veh}/h$$

ACCESO: N-S

MOVIMIENTO: F

GRUPO DE CARRIL: 2

NÚMERO DE CARRILES: 1

$$VHMD = 410 \text{ veh}$$

$$V_{m\acute{a}x15} = 110 \text{ veh}/15min$$

$$FMD = \frac{VHMD}{4 * Vmáx15} = \frac{410}{4 * 110} = 0,932$$

$$Vp = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{504}{0,96} = 440 \text{ veh/h}$$

ACCESO: N-S

MOVIMIENTO: D

GRUPO DE CARRIL: 2

NÚMERO DE CARRILES: 1

$$VHMD = 123 \text{ veh}$$

$$Vmáx15 = 32 \text{ veh/15min}$$

$$FMD = \frac{VHMD}{4 * Vmáx15} = \frac{123}{4 * 32} = 0,961$$

$$Vp = \frac{VHMD}{FHMD} = \frac{123}{0,961} = 128 \text{ veh/h}$$

Cálculo de Vp del acceso:

$$Vp \text{ acceso} = 524 + 440 + 128 = 1092 \text{ veh/h}$$

**Tabla 19**

*Cálculo de tasa de flujo Vp por movimiento, grupo de carril y acceso*

ACCESO	MOV.	GC	VHMD (veh/h)	Vmáx15 (veh/15min)	FHMD	Vp MOV. (veh/h)	Vp GC (veh/h)	Vp acceso (veh/h)
N-S	F	1	504	131	0,96	524	524	1 092
	F	2	410	110	0,93	440	568	
	D		123	32	0,96	128		
S-N	F	1	440	117	0,94	468	468	932
	F	2	357	96	0,93	384	464	
	D		66	20	0,83	80		
E-O	F	1	192	57	0,84	228	444	444
	D		184	54	0,85	216		

	F	271	72	0,94	288		
<b>O-E</b>	1					344	344
	D	47	14	0,84	56		

*Nota.* F = Frente, D = Derecha.

En la tabla se observa que el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta mayor flujo vehicular, mientras que el grupo de carril 1 del acceso O-E presenta el menor flujo vehicular de la intersección.

El acceso N-S es el que presenta mayor flujo vehicular en la intersección y el acceso O-E es el que presenta menor flujo vehicular.

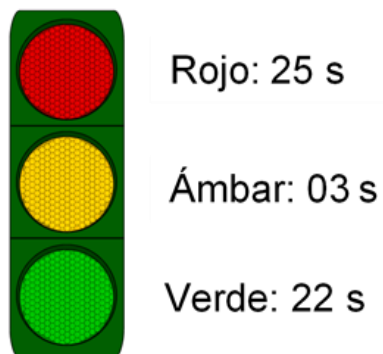
#### f) Tiempo semafórico

La intersección analizada presenta dos semáforos con contador de tiempo, que controlan el tráfico. Están ubicados en el separador central mirando a cada acceso.

Los cuatro accesos presentan el mismo ciclo semafórico de 50 segundos, repartido en 25 segundos de rojo, 03 segundos de ámbar y 22 segundos de verde (ver Figura 61).

**Figura 61**

*Ciclo semafórico actual de la intersección II*

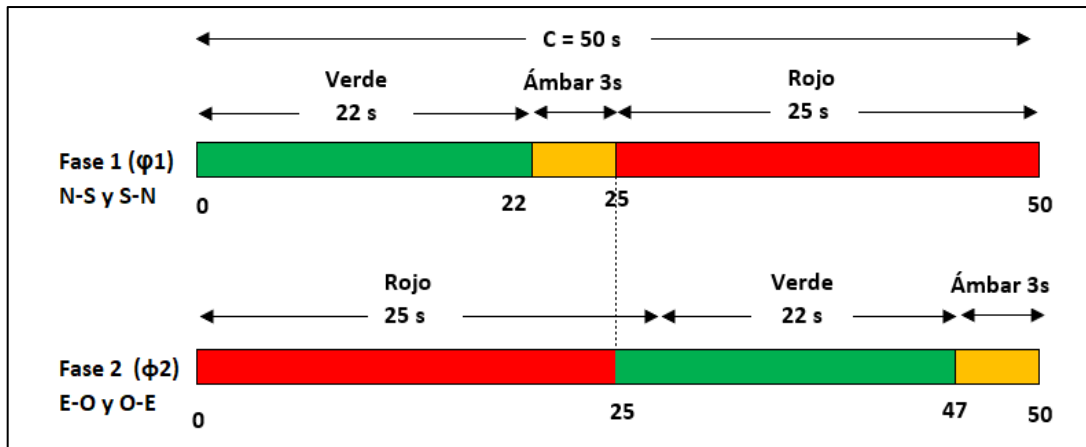


Además, se tiene dos fases, fase 1 (N-S y S-N) y fase 2 (E-O y O-E).

En la Figura 62 se presenta un diagrama que indica los tiempos semafóricos (rojo, verde y ámbar) de forma más didáctica y detallada. Además, se presenta los tiempos de todo rojo para las dos fases y la longitud del ciclo total.

Figura 62

Diagrama de fases de la intersección II



#### 4.2. Nivel de servicio actual de las intersecciones semaforizadas

Intersección I – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría

##### a) Determinar la tasa de flujo de saturación “S”

###### Para el GC 1 del acceso N-S

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\,900$  veh/h/carril
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 6,10\%$

$E_T = 2,50$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 6,10(2,50 - 1)} = 0,92$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = 1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{1}{200} = 0,995$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses



Número de parada de buses/hora  $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(0)}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área  
En otras áreas  $f_a = 1,00$
- Factor de ajuste por utilización de carriles  
El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$
- Factor de ajuste para giros a la derecha  
No presenta giros a la derecha, por lo tanto,  $f_{RT} = 1,00$
- Factor de ajuste para giros a la izquierda  
No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$
- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$
- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$
- Flujo de saturación del grupo de carril  

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,92)(0,995)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1) = 1\ 732\ veh/h$$

#### Para el GC 2 del acceso N-S

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:  
Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 8,14\%$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 6,10(2,50 - 1)} = 0,891$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = 1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{1}{200} = 0,995$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles  $N_m = 4$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} = \frac{1 - 0,1 - \frac{18 * 4}{3600}}{1} = 0,88$$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 6$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(6)}{3600}}{1} = 0,976$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,891)(0,995)(0,88)(0,976)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) = 1\ 085,3\ veh/h$$

### Para el GC 1 del acceso S-N

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$

- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$

- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 4,70\%$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 4,70(2,50 - 1)} = 0,934$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = -1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{-1}{200} = 1,005$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(0)}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles  
El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$
- Factor de ajuste para giros a la derecha  
No presenta giros a la derecha, por lo tanto,  $f_{RT} = 1,00$
- Factor de ajuste para giros a la izquierda  
No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$
- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$
- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$
- Flujo de saturación del grupo de carril  

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,934)(1,005)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1) = 1\ 783.70\ veh/h$$

#### Para el GC 2 del acceso S-N

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 5,63\ \%$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 5,63(2,50 - 1)} = 0,922$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = -1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{-1}{200} = 1,005$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 2$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(2)}{3600}}{1} = 0,992$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,922)(1,005)(1)(0,992)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) = 1\ 310\ veh/h$$

**Para el GC 1 del acceso E-O**

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\,900 \text{ veh/h/carril}$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 3,43\%$

$$E_T = 2.50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 3,43(2,50 - 1)} = 0,951$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = -3,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{-3}{200} = 1,015$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(0)}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

No presenta giros a la derecha, por lo tanto,  $f_{RT} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$
- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$
- Flujo de saturación del grupo de carril  

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,951)(1,015)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1) = 1\ 834,1\ veh/h$$

### Para el GC 2 del acceso E-O

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 2,70\ \%$

$$E_T = 2.50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 2,70(2,50 - 1)} = 0,961$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = -3,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{-3}{200} = 1,015$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles  $N_m = 5$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} = \frac{1 - 0,1 - \frac{18 * 5}{3600}}{1} = 0,875$$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 11$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(11)}{3600}}{1} = 0,956$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,961)(1,015)(0,875)(0,956)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) = 1\ 162,8\ veh/h$$

#### Para el GC 1 del acceso O-E

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$

- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$

- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 3,90\%$

$$E_T = 2.50$$



$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 3,90(2,50 - 1)} = 0,945$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = 3,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{3}{200} = 0,985$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(0)}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

No presenta giros a la derecha, por lo tanto,  $f_{RT} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,945)(0,985)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1) = 1\ 768,1\ veh/h$$

### Para el GC 2 del acceso O-E

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

$$\text{Porcentaje de vehículos pesados } P_{HV} = 4,84\ \%$$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 4,84(2,50 - 1)} = 0,932$$

- Factor de ajuste por pendiente:

$$\text{Pendiente longitudinal } G = 3.00\%$$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{3}{200} = 0,985$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Número de maniobras de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles  $N_m = 10$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} = \frac{1 - 0,1 - \frac{18 * 10}{3600}}{1} = 0,85$$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 15$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(15)}{3600}}{1} = 0,94$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,932)(0,985)(0,85)(0,94)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) = 1\ 045,6\ veh/h$$

En la Tabla 13 se muestra un resumen de los cálculos realizados.

## b) Determinación de la capacidad “C” y la relación volumen-capacidad “X”

### Para el GC 1 del acceso N-S

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\ 732\ veh/h$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35\ s$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77\ s$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0,455$$

- Capacidad “c”



Factor de ajuste por utilización de carril	$f_{LU}$	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por giro a la izquierda	$f_{LT}$	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por giro a la derecha	$f_{RT}$	1	0,75	1	0,75	1	0,75	1	0,75
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro izquierda	$f_{Lpb}$	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro derecha	$f_{Rpb}$	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>FLUJO DE SATURACIÓN AJUSTADO</b>	<b>S =</b>	<b>1 732,0</b>	<b>1 085,3</b>	<b>1 783,7</b>	<b>1 310,0</b>	<b>1 834,1</b>	<b>1 162,8</b>	<b>1 768,1</b>	<b>1 045,6</b>

*Nota.* Esta tabla muestra el cálculo del flujo de saturación ajustado de cada grupo de carril, el cual se ve afectado por diferentes condiciones geométricas y de tránsito de la intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 1 del acceso S-N presenta mayor flujo de saturación ajustado y el grupo de carril 2 del acceso O-E presenta menor flujo de saturación ajustado.

#### Para el GC 2 del acceso N-S

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,085,3 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0,455$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1085,3) * 0,455 = 493,81 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{540}{493,81} = 1,09 > 1,00 \text{ (influye las colas iniciales)}$$

#### Para el GC 1 del acceso S-N

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,783,7 \text{ veh/h}$

- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0.455$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\ 783,7) * 0,455 = 810,79 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{484}{810,79} = 0,60 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

#### Para el GC 2 del acceso S-N

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\ 310 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0,455$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\ 310) * 0,455 = 595,47 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{464}{595,47} = 0,78 < 1,00 \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

#### Para el GC 1 del acceso E-O

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$

- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,834,1 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0,455$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\,834,1) * 0,455 = 833,70 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{252}{833,70} = 0,30 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

#### Para el GC 2 del acceso E-O

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,162,8 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0,455$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\,162,8) * 0,455 = 528,55 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{240}{528,55} = 0,45 < 1,00 \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

**Para el GC 1 del acceso O-E**

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,768,1 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0,455$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\,768,1) * 0,455 = 803,67 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{432}{803,67} = 0,54 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

**Para el GC 2 del acceso O-E**

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,045,6 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 35 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 77 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{35}{77} = 0,455$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\,045,6) * 0,455 = 475,27 \text{ veh/h}$$









- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{600}{475,27} = 1,26 > 1,00 \text{ (influye las colas iniciales)}$$



**Tabla 21**

*Capacidad y relación volumen-capacidad para cada grupo de carril de la intersección I*

ACCESO		N-S		S-N		E-O		O-E									
GRUPO DE CARRIL		1	2	1	2	1	2	1	2								
MOVIMIENTO																	
<b>ANÁLISIS DE CAPACIDAD</b>																	
Tasa de flujo de saturación	S	1732,0	1085,3	1783,7	1310,0	1834,1	1162,8	1768,1	1045,6								
Número de carriles en el grupo de carriles	N	1	1	1	1	1	1	1	1								
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)	g	35	35	35	35	35	35	35	35								
Ciclo del semáforo (segundos)	C	77	77	77	77	77	77	77	77								
Relación de verde para el grupo de carril	g/C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45								
<b>CAPACIDAD (veh/h)</b>	<b>c</b>	<b>787,28</b>	<b>493,31</b>	<b>810,79</b>	<b>595,47</b>	<b>833,70</b>	<b>528,55</b>	<b>80,67</b>	<b>475,27</b>								
Tasa de flujo (veh/h)	Vp	256,00	540,00	484,00	464,00	252,00	240,00	432,00	600,00								
<b>RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD X</b>	<b>Vp/c</b>	<b>0,33</b>	<b>1,09</b>	<b>0,60</b>	<b>0,78</b>	<b>0,30</b>	<b>0,45</b>	<b>0,54</b>	<b>1,26</b>								

*Nota.* Esta tabla muestra cómo influye el número de carriles, el tiempo de verde y ciclo semafórico total en el cálculo de la capacidad de cada grupo de carril. Además, se determina la relación volumen-capacidad de cada grupo de carril.

Se puede observar que la tasa de flujo del grupo de carril 2 del acceso N-S sobrepasa la capacidad, así como también en el grupo de carril 2 del acceso O-E, generándose relaciones volumen-capacidad por encima de 1. Los demás grupos de carril no sobrepasan la capacidad, generándose relaciones volumen-capacidad por debajo de 1.

### c) Determinación de la demora y el nivel de servicio de la intersección I

Una vez obtenido el flujo de saturación ajustado, la capacidad y la relación volumen-capacidad, se procede a calcular el nivel de servicio de la intersección. Por tal motivo, se debe calcular la demora de control total que, según la tabla presentada, nos indicará el nivel de servicio por grupo de carril, acceso e intersección.

**Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso N-S.**

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,455$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,606) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,33 - 1) + \sqrt{(0,33 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,33}{787,28 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 1,10 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Q_b > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 3$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t$ .  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{3}{787,28 * [1 - 0,33]} = 0,0056 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (4) * (1 + 0) * (0,0056)}{787,28 * (0,25)} = 0,15 \text{ s}$$

- **Demora uniforme (d<sub>1</sub>)**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (77) * (1 - 0,455) * \frac{0,0056}{0,25} + \frac{0,5 * (77) * (1 - 0,455)^2}{1 - (0,33 * 0,455)} * \frac{(0,25 - 0,0056)}{0,25} * 0,831 =$$

$$d_1 = 11,39 \text{ s}$$

- **Demora de control total d por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 11,39(0,831) + 1,10 + 0,15 = 10,72 \text{ s}$$

10,72 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 2 del acceso N-S.

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,455$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,455) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (1,09 - 1) + \sqrt{(1,09 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 1,09}{493,31 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 68,74 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO V: ( $Q_b > 0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t = T$ )

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 3$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t = T = 0,25$  horas

$$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c} = \frac{3600 * 3}{493,31} = 35,76 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right) = 0,5 * 77 * (1 - 0,455) = 21,89 \text{ s}$$

- **Demora total  $d$**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 21,89(0,831) + 68,74 + 21,89 = 108,08 \text{ s}$$

$108,08 \text{ s} > 80 \text{ s}$ , le corresponde nivel de servicio F.

**Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso S-N.**

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,455$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{c}} = \frac{(1 - 0,606) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,60 - 1) + \sqrt{(0,60 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,60}{810,79 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 3,23 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Q_b > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 2$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t$ .  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{2}{810,79 * [1 - 0,60]} = 0,0061 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (2) * (1 + 0) * (0,0061)}{810,79 * (0,25)} = 0,11 \text{ s}$$

- **Demora uniforme (d<sub>1</sub>)**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2 * (T - t)}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{PF}{T}$$

$$d_1 = 0,5 * (77) * (1 - 0,455) * \frac{0,0061}{0,25} + \frac{0,5 * (77) * (1 - 0,455)^2 * (0,25 - 0,0061)}{1 - (0,60 * 0,455)} * \frac{0,831}{0,25}$$

$$* 0,831 =$$

$$d_1 = 13,26 \text{ s}$$

- **Demora de control total d por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 13,26(0,831) + 3,23 + 0,11 = 14,35 \text{ s}$$

14,35 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 2 del acceso S-N.

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,455$$

$$f_{PA} = 1,15 \text{ para tipo de llegada 4.}$$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,606) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental (d<sub>2</sub>)**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T}\right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,78 - 1) + \sqrt{(0,78 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,78}{595,47 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 9,72 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial (d<sub>3</sub>)**

CASO 3: (Qb > 0), (X ≤ 1), (t < T), u = 0

Como Qb > 0, Qb = 2 veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de t. T = 0,25 horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{2}{595,47 * [1 - 0,78]} = 0,0152 \text{ horas}$$

Como t < T, u = 0.

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (2) * (1 + 0) * (0,0152)}{595,47 * (0,25)} = 0,37 \text{ s}$$

- **Demora uniforme (d<sub>1</sub>)**

$$d_1 = 0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right)^2}{1 - \left( \min 1, X * \frac{g}{C} \right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (77) * (1 - 0,455) * \frac{0,0152}{0,25} + \frac{0,5 * (77) * (1 - 0,455)^2}{1 - (0,78 * 0,455)} * \frac{(0,25 - 0,0152)}{0,25}$$

$$* 0,831 =$$

$$d_1 = 15,12 \text{ s}$$

- **Demora de control total d por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 15,12(0,831) + 9,72 + 0,37 = 22,65 \text{ s}$$

22,65 s entre 20 – 35 s, le corresponde nivel de servicio C.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso E-O.

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,606$$

$$f_{PA} = 1,15 \text{ para tipo de llegada 4.}$$

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,606) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,30 - 1) + \sqrt{(0,30 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,30}{833,70 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 0,93 \text{ s}$$



- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Qb > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Qb > 0$ ,  $Qb = 4$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t$ .  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{4}{833,70 * [1 - 0,30]} = 0,0069 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (4) * (1 + 0) * (0,0069)}{833,70 * (0,25)} = 0,24 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (77) * (1 - 0,455) * \frac{0,0069}{0,25} + \frac{0,5 * (77) * (1 - 0,455)^2}{1 - (0,30 * 0,455)} * \frac{(0,25 - 0,0069)}{0,25}$$

$$* 0,831 =$$

$$d_1 = 11,31 \text{ s}$$

- **Demora de control total  $d$  por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 11,31(0,831) + 0,93 + 0,24 = 10,57 \text{ s}$$

$10,57 \text{ s} < 20 \text{ s}$ , le corresponde nivel de servicio B.

**Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 2 del acceso E-O.**

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = Rp * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,606$$

$f_{PA} = 1.15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,606) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,45 - 1) + \sqrt{(0,45 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,45}{528,55 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 2,80 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Qb > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Qb > 0$ ,  $Qb = 4$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t$ .  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{4}{528,55 * [1 - 0,45]} = 0,0139 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (4) * (1 + 0) * (0,0139)}{528,55 * (0,25)} = 0,76 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (77) * (1 - 0,455) * \frac{0,0139}{0,25} + \frac{0,5 * (77) * (1 - 0,455)^2}{1 - (0,45 * 0,455)} * \frac{(0,25 - 0,0139)}{0,25} * 0,831 =$$

$$d_1 = 12,49 \text{ s}$$

- **Demora de control total  $d$  por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 12,49(0,831) + 2,80 + 0,76 = 13,94 \text{ s}$$

13,94 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso O-E.

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,606$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,606) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left(\frac{8 * k * I * X}{c * T}\right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25 \text{ horas}$

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,54 - 1) + \sqrt{(0,54 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,54}{803,67 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 2,57 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial (d<sub>3</sub>)**

CASO 3: (Qb > 0), (X ≤ 1), (t < T), u = 0

Como Qb > 0, Qb = 3 veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de t. T = 0,25 horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{3}{803,67 * [1 - 0,54]} = 0,0081 \text{ horas}$$

Como t < T, u = 0.

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (3) * (1 + 0) * (0,0081)}{803,67 * (0,25)} = 0,22 \text{ s}$$

- **Demora uniforme (d<sub>1</sub>)**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (77) * (1 - 0,455) * \frac{0,0081}{0,25} + \frac{0,5 * (77) * (1 - 0,455)^2}{1 - (0,54 * 0,455)} * \frac{(0,25 - 0,0081)}{0,25}$$

$$* 0,831 =$$

$$d_1 = 12,87 \text{ s}$$

- **Demora de control total d por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 12,87(0,831) + 2,57 + 0,22 = 13,48 \text{ s}$$

13,48 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 2 del acceso N-S.

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,455) = 0,606$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{c}} = \frac{(1 - 0,606) * (1,15)}{1 - 0,455} = 0,831$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (1,26 - 1) + \sqrt{(1,26 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 1,26}{475,27 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 134,14 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO V: ( $Q_b > 0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t = T$ )

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 3$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t = T = 0,25$  horas

$$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c} = \frac{3600 * 3}{475,27} = 22,72 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) = 0,5 * 77 * (1 - 0,455) = 21 \text{ s}$$

- **Demora total d**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 21(0,831) + 113,14 + 22,72 = 174,31 \text{ s}$$

$174,31 \text{ s} > 80 \text{ s}$ , le corresponde nivel de servicio F.

### Demora y nivel de servicio de cada acceso

#### ACCESO N-S

$$dA = \frac{\Sigma d * Vp}{\Sigma Vp} = \frac{10,72 * 256 + 108,08 * 540}{256 + 540} = 76,77 \text{ s}$$

$76,77 \text{ s}$  entre 55 – 80s, le corresponde nivel de servicio E.

#### ACCESO S-N

$$dA = \frac{\Sigma d * Vp}{\Sigma Vp} = \frac{14,35 * 484 + 22,65 * 464}{484 + 464} = 18,41 \text{ s}$$

$18,41 \text{ s} < 20\text{s}$ , le corresponde nivel de servicio B.

#### ACCESO E-O

$$dA = \frac{\Sigma d * Vp}{\Sigma Vp} = \frac{10,57 * 252 + 13,94 * 240}{252 + 240} = 12,21 \text{ s}$$

#### ACCESO O-E









Nivel de servicio NS por grupo de carriles GC	B	F	B	C	B	B	B	F
Demora por acceso (s)								
$d_A = \frac{\Sigma d * V_p}{\Sigma V_p}$	76.77		18.41		12.21			106.99
Nivel de servicio NS por acceso	E		B		B			F
Tasa de flujo del acceso $V_A$ (veh/h)	796.00		948.00		492.00			1032.00
Demora de la intersección (s)								
$d_{Int} = \frac{\Sigma d_A * V_A}{\Sigma V_A}$					59.66			
Nivel de servicio NS de la intersección	E							

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora incremental y la demora total y cómo influyen estos resultados en el nivel de servicio del grupo de carril, acceso e intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 2 del acceso N-S y el grupo de carril 2 del acceso O-E presentan demoras mayores a los 100 segundos, obteniéndose para tales grupos de carril, nivel de servicio F. Por lo contrario, el grupo de carril 1 del acceso N-S presenta bajas demoras, obteniéndose para tal grupo de carril, nivel de servicio B.

Se muestra la influencia que tienen los grupos de carril con nivel de servicio F en el cálculo del nivel de servicio del acceso y de la intersección.

## Intersección II – Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército

### a) Determinar la tasa de flujo de saturación “S”

#### Para el GC 1 del acceso N-S

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\,900 \text{ veh/h/carril}$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 8,73\%$

$E_T = 2,50$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 8,73(2,50 - 1)} = 0,884$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = -1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{-1}{200} = 1,005$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14(0)}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

No presenta giros a la derecha, por lo tanto,  $f_{RT} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,884)(1,005)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1) = 1\ 688,40\ veh/h$$

**Para el GC 2 del acceso N-S**

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\,900 \text{ veh/h/carril}$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 7,13\%$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 7,13(2,50 - 1)} = 0,903$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = -1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{-1}{200} = 1,005$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 21$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(21)}{3600}}{1} = 0,916$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\,900)(1)(0,903)(1,005)(1)(0,916)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) = 1\,185,1 \text{ veh/h}$$

#### Para el GC 1 del acceso S-N

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\,900 \text{ veh/h/carril}$

- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$

- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 7,27\%$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 7,27(2,50 - 1)} = 0,902$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = 1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{1}{200} = 0,995$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 0$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_p}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(0)}{3600}}{1} = 1,00$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

No presenta giros a la derecha, por lo tanto,  $f_{RT} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1)(0,902)(0,995)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1) = 1\ 704,5\ veh/h$$

### Para el GC 2 del acceso S-N

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril es 3,30 m, por lo tanto, le corresponde  $f_w = 1,00$
- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 6,38\%$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 6,38(2,50 - 1)} = 0,913$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = 1,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{1}{200} = 0,995$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 7$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(7)}{3600}}{1} = 0,972$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\,900)(1)(0,913)(0,995)(1)(0,972)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) = 1\,257,8 \text{ veh/h}$$

### Para el GC 1 del acceso E-O

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\,900 \text{ veh/h/carril}$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril  $W$  es 5,45 m, entonces para el análisis se considera la siguiente fórmula para calcular el  $f_w$ .

$$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9} = 1 + \frac{(5,45 - 3,6)}{9} = 1,206$$

- Factor de ajuste por vehículos pesados:

$$\text{Porcentaje de vehículos pesados } P_{HV} = 4,52\%$$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 4,52(2,50 - 1)} = 0,937$$

- Factor de ajuste por pendiente:

$$\text{Pendiente longitudinal } G = -3,00\%$$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{-3}{200} = 1,015$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

$$\text{Sin estacionamiento, por lo tanto, } f_p = 1,00$$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

$$\text{Número de parada de buses/hora } N_b = 17$$

$$\text{Número de carriles en el grupo de carril } N = 1$$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(17)}{3600}}{1} = 0,932$$

- Factor de ajuste por tipo de área

$$\text{En otras áreas } f_a = 1,00$$



- Factor de ajuste por utilización de carriles  
El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$
- Factor de ajuste para giros a la derecha  
Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$
- Factor de ajuste para giros a la izquierda  
No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$
- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$
- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda  
No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$
- Flujo de saturación del grupo de carril  

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$

$$S = (1\ 900)(1,21)(0,937)(1,015)(1)(0,932)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) =$$

$$S = 1\ 521,90\ veh/h$$

#### Para el GC 1 del acceso O-E

- Flujo de saturación base:  $S_0 = 1\ 900\ veh/h/carril$
- Factor de ajuste por ancho de carril: El ancho de carril  $W = 5,45\ m$ , entonces para el análisis se considera la siguiente fórmula para calcular el  $f_w$ .

$$f_w = 1 + \frac{(W - 3,6)}{9} = 1 + \frac{(5,45 - 3,6)}{9} = 1,206$$

- Factor de ajuste por vehículos pesados:

Porcentaje de vehículos pesados  $P_{HV} = 1,89\%$

$$E_T = 2,50$$

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} = \frac{100}{100 + 1,89(2,50 - 1)} = 0,972$$

- Factor de ajuste por pendiente:

Pendiente longitudinal  $G = 3,00\%$

$$f_g = 1 - \frac{G}{200} = 1 - \frac{3}{200} = 0,985$$

- Factor de ajuste por estacionamiento:

Sin estacionamiento, por lo tanto,  $f_p = 1,00$

- Factor de ajuste por bloqueo de buses

Número de parada de buses/hora  $N_b = 30$

Número de carriles en el grupo de carril  $N = 1$

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} = f_{bb} = \frac{1 - \frac{14,4(30)}{3600}}{1} = 0,88$$

- Factor de ajuste por tipo de área

En otras áreas  $f_a = 1,00$

- Factor de ajuste por utilización de carriles

El grupo de carriles tiene un carril exclusivo o compartido, por lo tanto,  $f_{LU} = 1,00$

- Factor de ajuste para giros a la derecha

Para giros permitidos o carril doble,  $f_{RT} = 0,75$

- Factor de ajuste para giros a la izquierda

No presenta giros a la izquierda, por lo tanto,  $f_{LT} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la derecha

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Rpb} = 1,00$

- Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro a la izquierda

No existe influencia de peatones y ciclistas, por lo tanto,  $f_{Lpb} = 1,00$

- Flujo de saturación del grupo de carril

$$S = S_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{RT} * f_{LT} * f_{Rpb} * f_{Lpb}$$






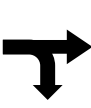
$$S = (1\,900)(1,206)(0,972)(0,985)(1)(0,88)(1)(1)(0,75)(1)(1)(1) =$$

$$S = 1\,448,1 \text{ veh/h}$$

En la Tabla 24 se muestra un resumen de los cálculos realizados de la tasa de flujo de saturación ajustada.

**Tabla 24**

*Flujo de saturación ajustado para cada grupo de carril de la intersección II*

ACCESO		N-S		S-N		E-O	O-E
GRUPO DE CARRIL		1	2	1	2	1	1
MOVIMIENTO							
TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN							
Flujo de saturación básico (veh/h)	$S_0$	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Número de carriles en el grupo de carriles	N	1	1	1	1	1	1
Ancho de carriles (m)		3,30	3,30	3,30	3,30	5,45	5,45
Factor de ajuste por ancho de carriles	$f_w$	1	1	1	1	1,206	1,206
Volumen de vehículos pesados (veh)	HV	44,00	38,00	32,00	27,00	17,00	6,00
Volumen de vehículos pesados (%)	$P_{HV}$	8,73	7,13	7,27	6,38	4,52	1,89
Equivalente en vehículos livianos $E_T$		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Factor de ajuste por vehículos pesados	$f_{HV}$	0,88	0,90	0,90	0,91	0,936	0,972
Pendiente en el grupo de carriles (%)	$P_g$	-1	-1	1	1	-3	3
Factor de ajuste por pendiente	$f_g$	1,01	1,01	0,995	0,995	1,015	0,985
Número de maniobras de estacionamiento por hora $N_m \leq 180$	$N_m$	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.
Factor de ajuste por estacionamiento $f_p \geq 0.05$	$f_p$	1	1	1	1	1	1
Número de buses que se detienen por hora $N_b \leq 250$	$N_b$	0	21	0	7	17	30
Factor de ajuste por bloqueo de buses $f_{bb} \geq 0.05$	$f_{bb}$	1,00	0,92	1,00	0,97	0,932	0,88
Tipo de área		URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	URBANA
Factor de ajuste por tipo de área	$f_a$	1	1	1	1	1	1

Factor de ajuste por utilización de carril	$f_{LU}$	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por giro a la izquierda	$f_{LT}$	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por giro a la derecha	$f_{RT}$	1	0,75	1	0,75	0,75	0,75
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro izquierda	$f_{Lpb}$	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro derecha	$f_{Rpb}$	1	1	1	1	1	1
<b>FLUJO DE SATURACIÓN AJUSTADO</b>	<b>S =</b>	<b>1 688,4</b>	<b>1 185,1</b>	<b>1 704,5</b>	<b>1 257,8</b>	<b>1 521,9</b>	<b>1 448,1</b>

*Nota.* Esta tabla muestra el cálculo del flujo de saturación ajustado de cada grupo de carril, el cual se ve afectado por diferentes condiciones geométricas y de tránsito de la intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 1 del acceso S-N presenta mayor flujo de saturación ajustado y el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta menor flujo de saturación ajustado.

## b) Determinación de la capacidad “C” y la relación volumen-capacidad “X”

En la tabla 25 se muestra un resumen de los cálculos.

### Para el GC 1 del acceso N-S

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\ 688,4\ veh/h$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 22\ s$
- Ciclo del semáforo:  $C = 50\ s$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{22}{50} = 0,44$$

- Capacidad “c”

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\ 688,4) * 0,44 = 742,896\ veh/h$$

- Relación volumen-capacidad “X”

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{524}{742,896} = 0,71 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

**Para el GC 2 del acceso N-S**

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,185,1 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 22 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 50 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{22}{50} = 0,44$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\,185,1) * 0,44 = 521,44 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{568}{521,44} = 1,09 > 1,00 \text{ (influye la cola inicial)}$$

**Para el GC 1 del acceso S-N**

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,704,5 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 22 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 50 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{22}{50} = 0,44$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\,704,5) * 0,44 = 750 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{468}{750} = 0,62 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

**Para el GC 2 del acceso S-N**

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1\,257,8 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 22 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 50 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{22}{50} = 0,44$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1(1\,257,8) * 0,44 = 553,41 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{464}{553,41} = 0,84 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

**Para el GC 1 del acceso E-O**

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1521,9 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 22 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 50 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{22}{50} = 0,44$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1 * (1521,9) * 0,44 = 669,636 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{444}{669,636} = 0,66 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

**Para el GC 1 del acceso O-E**

- Número de carriles en el grupo de carril:  $N = 1$
- Flujo de saturación del grupo de carril:  $S = 1448,1 \text{ veh/h}$
- Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril:  $g = 22 \text{ s}$
- Ciclo del semáforo:  $C = 50 \text{ s}$
- Relación de verde para el grupo de carril

$$\frac{g}{C} = \frac{22}{50} = 0,44$$

- Capacidad "c"

$$c = N * S * \frac{g}{C} = 1 * (1\ 448,1) * 0,44 = 637,167 \text{ veh/h}$$

- Relación volumen-capacidad "X"

$$X = \frac{Vp}{c} = \frac{344}{637,167} = 0,54 < 1,00, \text{ por lo tanto, se calcula demoras}$$

**c) Determinación de la demora y el nivel de servicio de la intersección II**

Una vez obtenido el flujo de saturación ajustado, la capacidad y la relación volumen-capacidad, se procede a calcular el nivel de servicio de la intersección. Por tal motivo, se debe calcular la demora de control total que, según la tabla presentada, nos indicará el nivel de servicio por grupo de carril, acceso e intersección.

**Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso N-S.**

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $Rp = 1,333$  (tipo de llegada 4).





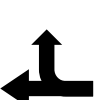

$$P = Rp * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,44) = 0,587$$

$f_{PA} = 1.15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,587) * (1,15)}{1 - 0,44} = 0,849$$

Tabla 25

Capacidad y relación volumen-capacidad para cada grupo de carril de la intersección II

ACCESO		N-S		S-N		E-O	O-E
GRUPO DE CARRIL		1	2	1	2	1	2
MOVIMIENTO							
<b>ANÁLISIS DE CAPACIDAD</b>							
Tasa de flujo de saturación	S	1688,4	1185,1	1704,5	1257,8	1521,9	1448,1
Número de carriles en el grupo de carriles	N	1	1	1	1	1	1
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)	g	22	22	22	22	22	22
Ciclo del semáforo (segundos)	C	50	50	50	50	50	50
Relación de verde para el grupo de carril	g/C	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
<b>CAPACIDAD (veh/h)</b>	<b>c</b>	<b>742,90</b>	<b>521,44</b>	<b>750,00</b>	<b>553,41</b>	<b>669,64</b>	<b>637,167</b>
Tasa de flujo (veh/h)	Vp	524,00	568,00	468,00	464,00	444,00	344,00
<b>RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD X</b>	<b>Vp/c</b>	<b>0,71</b>	<b>1,09</b>	<b>0,62</b>	<b>0,84</b>	<b>0,66</b>	<b>0,54</b>

*Nota.* Esta tabla muestra cómo influye el número de carriles, el tiempo de verde y ciclo semafórico total en el cálculo de la capacidad de cada grupo de carril. Además, se determina la relación volumen-capacidad de cada grupo de carril.

Se puede observar que la tasa de flujo del grupo de carril 2 del acceso N-S sobrepasa la capacidad, generándose relaciones volumen-capacidad por encima de 1. Los demás grupos de carril no sobrepasan la capacidad, generándose relaciones volumen-capacidad por debajo de 1.

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$



$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,71 - 1) + \sqrt{(0,71 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,71}{742,90 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 5,57 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial (d<sub>3</sub>)**

CASO 3: (Qb > 0), (X ≤ 1), (t < T), u = 0

Como Qb > 0, Qb = 4 veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de t. T = 0,25 horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{4}{742,90 * [1 - 0,71]} = 0,0183 \text{ horas}$$

Como t < T, u = 0.

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (4) * (1 + 0) * (0,0183)}{742,90 * (0,25)} = 0,71 \text{ s}$$

- **Demora uniforme (d<sub>1</sub>)**

$$d_1 = 0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right)^2}{1 - \left( \min 1, X * \frac{g}{C} \right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (50) * (1 - 0,44) * \frac{0,0183}{0,25} + \frac{0,5 * (50) * (1 - 0,44)^2}{1 - (0,71 * 0,44)} * \frac{(0,25 - 0,0183)}{0,25}$$

$$* 0,849 =$$

$$d_1 = 9,97 \text{ s}$$

- **Demora de control total d por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 9,97(0,849) + 5,57 + 0,71 = 14,74 \text{ s}$$

14,74 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 2 del acceso N-S.

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,44) = 0,587$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,587) * (1,15)}{1 - 0,44} = 0,849$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (1,09 - 1) + \sqrt{(1,09 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 1,09}{521,44 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 65,87 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO V: ( $Q_b > 0$ ), ( $X > 1$ ), ( $t = T$ )

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 4$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t = T = 0,25$  horas

$$d_3 = \frac{3600 * Q_b}{c} = \frac{3600 * 4}{521,44} = 27,62 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right) = 0,5 * 50 * (1 - 0,44) = 14 \text{ s}$$

- **Demora total d**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 14(0,849) + 65,87 + 27,62 = 105,37 \text{ s}$$

105,37 s > 80 s, le corresponde nivel de servicio F.

**Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso S-N.**

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,44) = 0,587$$

$f_{PA} = 1.15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,587) * (1,15)}{1 - 0,44} = 0,849$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,62 - 1) + \sqrt{(0,62 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,62}{750 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 3,89 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Q_b > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 3$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de t.  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{3}{750 * [1 - 0,62]} = 0,0106 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (3) * (1 + 0) * (0,0106)}{750 * (0,25)} = 0,31 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (50) * (1 - 0,44) * \frac{0,0106}{0,25} + \frac{0,5 * (50) * (1 - 0,44)^2}{1 - (0,62 * 0,44)} * \frac{(0,25 - 0,0106)}{0,25}$$

$$* 0,849 =$$

$$d_1 = 9,38 \text{ s}$$

- **Demora de control total  $d$  por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 9,38(0,849) + 3,89 + 0,31 = 12,17 \text{ s}$$

$12,17 \text{ s} < 20 \text{ s}$ , le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 2 del acceso S-N.

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,44) = 0,587$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,587) * (1,15)}{1 - 0,44} = 0,849$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,84 - 1) + \sqrt{(0,84 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,84}{553,41 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 14,13 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Q_b > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 3$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t$ .  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{3}{553,41 * [1 - 0,84]} = 0,0336 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (3) * (1 + 0) * (0,0336)}{553,41 * (0,25)} = 1,31 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right)^2}{1 - \left( \min 1, X * \frac{g}{C} \right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (50) * (1 - 0,44) * \frac{0,0336}{0,25} + \frac{0,5 * (50) * (1 - 0,44)^2}{1 - (0,84 * 0,44)} * \frac{(0,25 - 0,0336)}{0,25}$$

$$* 0,849 =$$

$$d_1 = 11,01 \text{ s}$$

- **Demora de control total d por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 11,01(0,849) + 14,13 + 1,31 = 24,79 \text{ s}$$

24,79 s entre 20 y 35 s, le corresponde nivel de servicio C.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso E-O

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,44) = 0,587$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,587) * (1,15)}{1 - 0,44} = 0,849$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,66 - 1) + \sqrt{(0,66 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,66}{669,64 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 5,12 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Q_b > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 2$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de t.  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{2}{669,64 * [1 - 0,66]} = 0,0089 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (2) * (1 + 0) * (0,0089)}{669,64 * (0,25)} = 0,19 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T - t)}{T} * PF$$

$$d_1 = 0,5 * (50) * (1 - 0,44) * \frac{0,0089}{0,25} + \frac{0,5 * (50) * (1 - 0,44)^2}{1 - (0,66 * 0,44)} * \frac{(0,25 - 0,0089)}{0,25} * 0,849 =$$

$$d_1 = 9,56 \text{ s}$$

- **Demora de control total  $d$  por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 9,56(0,849) + 5,12 + 0,19 = 13,43 \text{ s}$$

$13,43 \text{ s} < 20 \text{ s}$ , le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y LOS (Nivel de servicio) para el GC 1 del acceso O-E

- **Factor de ajuste por coordinación de semáforos**

Se usa el valor por defecto de  $R_p = 1,333$  (tipo de llegada 4).

$$P = R_p * \frac{g}{C} = 1,333 * (0,44) = 0,587$$

$f_{PA} = 1,15$  para tipo de llegada 4.

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{C}} = \frac{(1 - 0,587) * (1,15)}{1 - 0,44} = 0,849$$

- **Demora incremental ( $d_2$ )**

$$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$$

Duración del periodo de análisis  $T = 0,25$  horas

Factor del ajuste incremental

$$k = 0,50 \text{ (semáforos de tiempo fijo)}$$

Factor de ajuste por ingresos a la intersección

$$I = 1 \text{ (intersecciones aisladas)}$$

$$d_2 = 900 * (0,25) * \left[ (0,54 - 1) + \sqrt{(0,54 - 1)^2 + \left( \frac{8 * 0,5 * 1 * 0,54}{637,167 * 0,25} \right)} \right]$$

$$d_2 = 3,26 \text{ s}$$

- **Demora de cola inicial ( $d_3$ )**

CASO 3: ( $Q_b > 0$ ), ( $X \leq 1$ ), ( $t < T$ ),  $u = 0$

Como  $Q_b > 0$ ,  $Q_b = 2$  veh se utiliza la siguiente fórmula para calcular el valor de  $t$ .  $T = 0,25$  horas

$$t = \min \left\{ T, \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

$$t = \frac{Q_b}{c * [1 - \min(1, X)]} = \frac{2}{637,167 * [1 - 0,54]} = 0,0068 \text{ horas}$$

Como  $t < T$ ,  $u = 0$ .

$$d_3 = \frac{1800 * Q_b * (1 + u) * t}{c * T} = \frac{1800 * (2) * (1 + 0) * (0,0068)}{637,167 * (0,25)} = 0,15 \text{ s}$$

- **Demora uniforme ( $d_1$ )**

$$d_1 = 0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right) * \frac{t}{T} + \frac{0,5 * C * \left( 1 - \frac{g}{C} \right)^2 * (T - t)}{1 - \left( \min 1, X * \frac{g}{C} \right)} * \frac{PF}{T}$$



$$d_1 = 0,5 * (50) * (1 - 0,44) * \frac{0,0068}{0,25} + \frac{0,5 * (50) * (1 - 0,44)^2}{1 - (0,54 * 0,44)} * \frac{(0,25 - 0,0068)}{0,25}$$

$$* 0,849 =$$

$$d_1 = 8,87 \text{ s}$$

- **Demora de control total d por grupo de carril**

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3 = 8,87(0,849) + 3,26 + 0,15 = 10,95 \text{ s}$$

10.95 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

### Demora y nivel de servicio de cada acceso

#### ACCESO N-S

$$dA = \frac{\Sigma d * Vp}{\Sigma Vp} = \frac{14,74 * 524 + 105,37 * 568}{524 + 568} = 61,88 \text{ s}$$

61,88 s entre 55 – 80s, le corresponde nivel de servicio E.

#### ACCESO S-N

$$dA = \frac{\Sigma d * Vp}{\Sigma Vp} = \frac{12,17 * 468 + 24,79 * 464}{468 + 464} = 18,45 \text{ s}$$

18,45 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

#### ACCESO E-O

$$dA = 13,43 \text{ s}$$

13,43 s < 20 s, le corresponde nivel de servicio B.

#### ACCESO O-E

$$dA = 10,95 \text{ s}$$



Factor de ajuste por progresión/coordinación.

PF

$$PF = \frac{(1 - P) * f_{PA}}{1 - \frac{g}{c}}$$

0,849 0,849 0,849 0,849 0,849 0,849

Mín 1, X

0,71 1,00 0,62 0,84 0,66 0,54

Duración de la demanda insatisfecha en T,

t(h)

$$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$$

0,0183 0,25 0,0106 0,0336 0,0089 0,0068

**Caso de análisis****CASO 3 CASO 5 CASO 3 CASO 3 CASO 3 CASO 3****Caso I y II (Qb = 0)**Demora por cola inicial, d<sub>3</sub> (s)

$$d_3 = 0 s$$

No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa

Demora uniforme, d<sub>1</sub> (s)

$$d_1 = \frac{0.5 * c * \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{c}\right)}$$

No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa

**Caso III (Qb > 0), (X ≤ 1), (t < T), u = 0**Demora por cola inicial, d<sub>3</sub> (s)

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$$

0,71 No se usa 0,31 1,31 0,19 0,15

Demora uniforme, d<sub>1</sub> (s)

$$d_1 = 0.5 * c * \left(1 - \frac{g}{c}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0.5 * c * \left(1 - \frac{g}{c}\right)^2 * (T - t)}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{c}\right) * T} * PF$$

9,97 No se usa 9,38 11,01 9,56 8,87

**Caso IV (Qb > 0), (X ≤ 1), (t = T)**

Parámetro de demora, u

$$u = 1 - \frac{c * T}{Qb} * (1 - \min 1, X)$$

No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa

Demora por cola inicial, d<sub>3</sub> (s)

$$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T}$$

No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa

Demora uniforme, d<sub>1</sub> (s)

$$d_1 = 0.5 * c * \left(1 - \frac{g}{c}\right)$$

No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa No se usa

**Caso V (Qb > 0), (X > 1), (t = T)**Demora por cola inicial, d<sub>3</sub> (s)

$$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c}$$

No se usa 27,62 No se usa No se usa No se usa No se usa

Demora uniforme,  $d_1$  (s)







$$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$$

No se usa **14,00** No se usa No se usa No se usa No se usa

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora uniforme y por cola inicial que para todos los grupos de carril no es el mismo caso, se diferencian por la duración de la demanda insatisfecha T y las colas iniciales.

Se puede observar que el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta mayor demora por cola inicial y el grupo de carril 1 del acceso O-E presenta la menor demora por cola inicial. También se tiene que el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta mayor demora uniforme que todos los demás grupos de carril en la intersección.

**Tabla 27***Demora y nivel de servicio por GC, acceso e intersección*

ACCESO	N-S	S-N	E-O	O-E		
GRUPO DE CARRIL						
Tasa de flujo, $V_p$ (veh/h)	524	568	468	464	444	344
Relación de verde para el grupo de carril, $g/c$	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Relación volumen-capacidad, $X = V_p/c$	0,71	1,09	0,62	0,84	0,66	0,54
Capacidad del grupo de carriles, $c$ (veh/h)	742,90	521,44	750,00	553,41	669,64	637,17
Factor de ajuste incremental, $k$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste por ingresos a la intersección, $I$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Duración del periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, $d_2$ (s)						
$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$	<b>5,57</b>	<b>65,87</b>	<b>3,89</b>	<b>14,13</b>	<b>5,12</b>	<b>3,26</b>
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	0,71	27,62	0,31	1,31	0,19	0,15
Demora uniforme, $d_1$ (s)	9,97	14,00	9,38	11,01	9,56	8,87
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849
Demora total por GC (s)						
$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$	<b>14,74</b>	<b>105,37</b>	<b>12,17</b>	<b>24,79</b>	<b>13,43</b>	<b>10,95</b>
Nivel de servicio NS por grupo de carriles GC	<b>B</b>	<b>F</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>

Demora por acceso (s)	$d_A = \frac{\Sigma d * V_p}{\Sigma V_p}$	<b>61,88</b>	<b>18,45</b>	<b>13,43</b>	<b>10,95</b>
Nivel de servicio NS por acceso		<b>E</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Tasa de flujo del acceso $V_A$ (veh/h)		1 092	932	444	344
Demora de la intersección (s)	$d_{Int} = \frac{\Sigma d_A * V_A}{\Sigma V_A}$		<b>33,61</b>		
Nivel de servicio NS de la intersección			<b>C</b>		

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora incremental y la demora total y cómo influyen estos resultados en el nivel de servicio del grupo de carril, acceso e intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta demora total mayor a los 100 segundos, obteniéndose para tal grupo de carril, nivel de servicio F. Por lo contrario, los demás grupos de carril presentan demoras bajas, obteniéndose niveles de servicio de B y C.

Se muestra la influencia que tienen el grupo de carril con nivel de servicio F en el cálculo del nivel de servicio del acceso y de la intersección.

### 4.3. Propuesta de mejora en el sistema

En la presente sección se plantean dos propuestas de solución para mejorar el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas analizadas.

1. Optimización del tiempo semafórico.
2. Redistribución de flujos vehiculares y rediseño de la sección vial.

#### 4.3.1. Propuesta 01: Optimización del tiempo semafórico

La primera propuesta es calcular el tiempo en segundos del ciclo semafórico total, los tiempos de rojo, verde y ámbar de acuerdo a los flujos vehiculares actuales y con estos resultados verificar si mejora el nivel de servicio.

### Intersección I: Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría.

En la Figura 63 se presenta un gráfico de los flujos vehiculares (Tasa de flujo  $V_p$ ) en la Intersección I y los datos necesarios para la optimización del tiempo semafórico. En la Figura 64 se muestra el diagrama de tiempos en fases.

#### a) Cálculo de la longitud de intervalos de cambios de fase $y_1$

$$y_i = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \left( \frac{W_i + L}{v} \right) \quad (30)$$

##### Fase 1: Acceso E-O y O-E

$$y_1 = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \left( \frac{W_1 + L}{v} \right) = \left( 1 + \frac{16,67}{2 * 3,05} \right) + \left( \frac{19,80 + 6,10}{16,67} \right) = 3,73 \text{ s} + 1,55 \text{ s}$$

Tiempo de ámbar A1 = 4 s

Todo rojo TR1 = 2 s

##### Fase 2: Acceso N-S y S-N

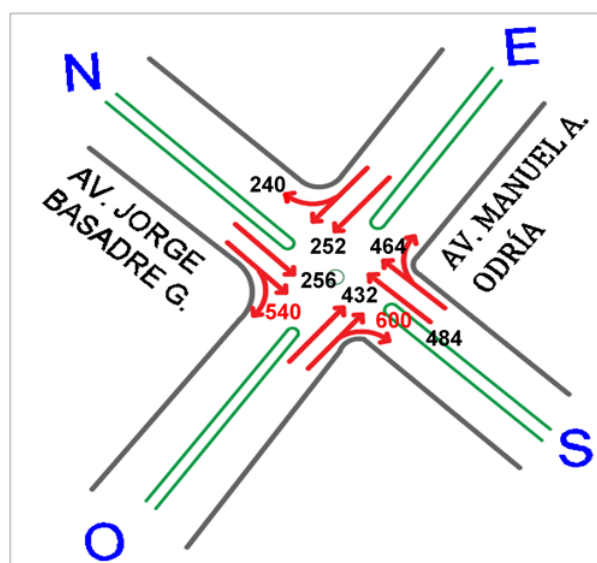
$$y_1 = \left( t + \frac{v}{2a} \right) + \left( \frac{W_2 + L}{v} \right) = \left( 1 + \frac{16,67}{2 * 3,05} \right) + \left( \frac{18,20 + 6,10}{16,67} \right) = 3,73 \text{ s} + 1,46 \text{ s}$$

Tiempo de ámbar A2 = 4 s

Todo rojo TR2 = 2 s

**Figura 63**

*Flujos vehiculares de la Intersección I por Grupo de carril*



- Fase 1: Acceso E-O y O-E.
- Fase 2: Acceso N-S y S-N.
- Velocidad de aproximación de los vehículos,  $v = 60 \text{ km/h} = 16,67 \text{ m/s}$ .
- Tasa de desaceleración,  $a = 3,05 \text{ m/s}^2$
- Longitud del vehículo,  $L = 6,10 \text{ m}$  (sugerido)
- Ancho de la intersección, para la fase 1,  $W_1 = 3,3*2 + 6,6 + 3,3*2 = 19,80 \text{ m}$
- Ancho de la intersección, para la fase 2,  $W_2 = 3,3*2 + 5 + 3,3*2 = 18,20 \text{ m}$
- Tiempo de percepción-reacción del conductor,  $t = 1 \text{ s}$  (usualmente).

**b) Tiempo perdido por fase**

**Fase 1: Acceso E-O y O-E**

$$l_1 = A_1 = 4 \text{ s}$$

**Fase 2: Acceso N-S y S-N**

$$l_2 = A_2 = 4 \text{ s}$$

**c) Tiempo total perdido por ciclo**

$$L = \Sigma A_i + \Sigma TR_i \quad (31)$$

$$L = \Sigma A_i + \Sigma TR_i$$

$$L = (4 + 4) + (2 + 2) = 12 \text{ s}$$

**d) Máximas relaciones del flujo actual  $q = Vp$  a flujo de saturación por grupo de carril de la fase i**

$$\beta_i = \frac{q_{i\text{máx}}}{S} \quad (32)$$

**Fase 1: Acceso E-O y O-E**

$$\beta_1 = \frac{q_{1\text{máx}}}{S} = \frac{600 \text{ veh/h}}{1900 \text{ veh/h}} = 0,32$$

**Fase 2: Acceso N-S y S-N**

$$\beta_2 = \frac{q_{2\text{máx}}}{S} = \frac{540 \text{ veh/h}}{1900 \text{ veh/h}} = 0,28$$

**e) Cálculo de la longitud de ciclo óptimo**

$$C_o = \frac{1.5 * L + 5}{1 - \sum \beta_i} \quad (33)$$

$$C_o = \frac{1.5 * L + 5}{1 - \sum \beta_i} = \frac{1.5 * 12 + 5}{1 - (0.32 + 0.28)} = 57.50 \text{ s}$$

$$C = 60 \text{ s}$$

**f) Tiempo de verde efectivo total  $g_T$**

$$g_T = C - L \quad (34)$$

$$g_T = C - L = 60 - 12 = 48 \text{ s}$$

**g) Reparto de los tiempos verdes efectivos**

$$g_i = \frac{\beta_i}{\sum \beta_i} * g_T \quad (35)$$

**Fase 1: Acceso E-O y O-E**

$$g_1 = \frac{\beta_1}{\sum \beta_i} * g_T = \frac{(0,32)}{(0,32 + 0,28)} * 48 = 25,6 \approx 25 \text{ s}$$

**Fase 2: Acceso N-S y S-N**

$$g_2 = \frac{\beta_2}{\sum \beta_i} * g_T = \frac{(0,28)}{(0,32 + 0,28)} * 48 = 22,74 \approx 23 \text{ s}$$

**h) Capacidad y relación volumen-capacidad considerando la optimización del tiempo semafórico**

En las Tablas 28, 29 y 30 se resume los cálculos realizados aplicando la metodología del HCM 2010, considerando los cambios de los tiempos semafóricos.



## i) Diagrama de tiempos en dos fases

Figura 64

Diagrama de tiempos en dos fases

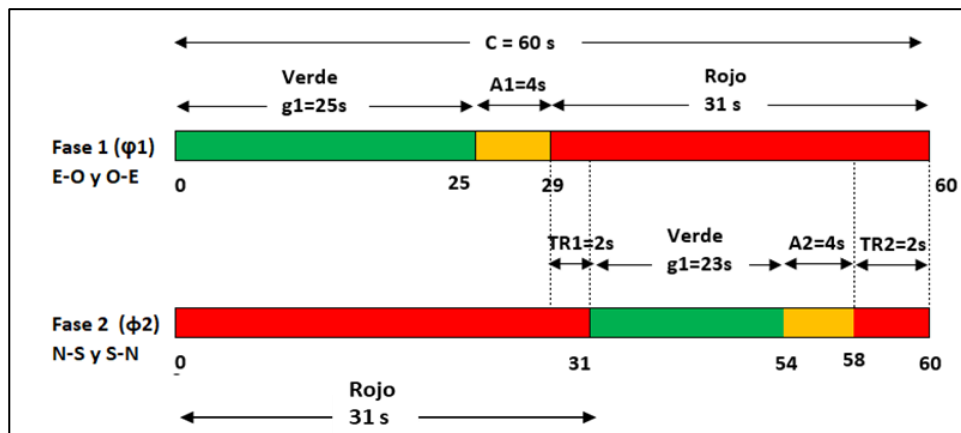


Tabla 28

Capacidad y relación volumen-capacidad para el tiempo semafórico

ACCESO		N-S		S-N		E-O		O-E	
GRUPO DE CARRIL		1	2	1	2	1	2	1	2
MOVIMIENTO		↓ ↙		↑ ↗		← ↖		→ ↘	
<b>ANÁLISIS DE CAPACIDAD</b>									
Tasa de flujo de saturación	S	1732,0	1085,3	1783,7	1310,0	1834,1	1162,8	1768,1	1045,6
Número de carriles en el grupo de carriles	N	1	1	1	1	1	1	1	1
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)	g	23	23	23	23	25	25	25	25
Ciclo del semáforo (segundos)	C	60	60	60	60	60	60	60	60
Relación de verde para el grupo de carril	g/C	0,38	0,38	0,38	0,38	0,42	0,42	0,42	0,42
<b>CAPACIDAD (veh/h)</b>	<b>c</b>	<b>663,94</b>	<b>416,02</b>	<b>683,77</b>	<b>502,18</b>	<b>764,22</b>	<b>484,50</b>	<b>736,70</b>	<b>435,66</b>
Tasa de flujo (veh/h)	Vp	256,00	540,00	484,00	464,00	252,00	240,00	432,00	600,00
<b>RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD X</b>	<b>Vp/c</b>	<b>0,39</b>	<b>1,30</b>	<b>0,71</b>	<b>0,92</b>	<b>0,33</b>	<b>0,50</b>	<b>0,59</b>	<b>1,38</b>

*Nota.* Se puede observar que la tasa de flujo vehicular del grupo de carril 2 del acceso N-S y del grupo de carril 2 del acceso O-E siguen sobrepasando la capacidad, generándose relaciones volumen-capacidad por encima de 1.











Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
<b>Caso III (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t &lt; T</math>), <math>u = 0</math></b>									
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$	<b>0,24</b>	No se usa	<b>0,21</b>	<b>1,50</b>	<b>0,29</b>	<b>0,97</b>	<b>0,29</b>	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2 * (T-t)}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right) * T} * PF$	<b>15,90</b>	No se usa	<b>18,54</b>	<b>21,32</b>	<b>13,60</b>	<b>14,99</b>	<b>15,48</b>	No se usa
<b>Caso IV (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t = T</math>)</b>									
Parámetro de demora, $u$	$u = 1 - \frac{c * T}{Qb} * \left(1 - \min 1, X\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
<b>Caso V (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X &gt; 1</math>), (<math>t = T</math>)</b>									
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c}$	No se usa	<b>25,96</b>	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	<b>24,79</b>
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	<b>23,74</b>	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	<b>22,46</b>

*Nota.* Se puede observar que el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta mayor demora por cola inicial y el grupo de carril 1 del acceso S-N presenta menor demora por cola inicial. También se presenta que el grupo de carril 2 del acceso N-S y el grupo de carril 2 del acceso O-E presentan la mayor demora uniforme, a comparación que todos los demás grupos de carril.

### k) Demora incremental, demora total y nivel de servicio de la intersección

**Tabla 30**
*Demora incremental, demora total y nivel de servicio de la intersección*

ACCESO	N-S		S-N		E-O		O-E	
	1	2	1	2	1	2	1	2
GRUPO DE CARRIL								
MOVIMIENTO								
Tasa de flujo, $V_p$ (veh/h)	256	540	484	464	252	240	432	600
Relación de verde para el grupo de carril, $g/c$	0.38	0.38	0.38	0.38	0.42	0.42	0.42	0.42
Relación volumen-capacidad, $X = V_p/c$	0.39	1.30	0.71	0.92	0.33	0.50	0.59	1.38
Capacidad del grupo de carriles, $c$ (veh/h)	663.94	416.02	683.77	502.18	764.22	484.50	736.70	435.66
Factor de ajuste incremental, $k$	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Factor de ajuste por ingresos a la intersección, $I$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Duración del periodo de análisis, $T$ (h)	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Demora incremental, $d_2$ (s)								
$d_2 = 900 * T * \left[ (X-1) + \sqrt{(X-1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$	<b>1.69</b>	<b>150.86</b>	<b>6.10</b>	<b>25.12</b>	<b>1.15</b>	<b>3.59</b>	<b>3.40</b>	<b>183.69</b>
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	0.239	25.96	0.211	1.502	0.294	0.972	0.289	24.79
Demora uniforme, $d_1$ (s)	15.90	23.74	18.54	21.32	13.60	14.99	15.48	22.46
Factor de ajuste por progresión/coordenación. PF	0.912	0.912	0.912	0.912	0.876	0.876	0.876	0.876
Demora total por GC								
$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$	<b>16.43</b>	<b>198.47</b>	<b>23.21</b>	<b>46.06</b>	<b>13.37</b>	<b>17.70</b>	<b>17.26</b>	<b>228.16</b>
Nivel de servicio NS por grupo de carriles GC	<b>B</b>	<b>F</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>F</b>
Demora por acceso (s)								
$d_A = \frac{\Sigma d * V_p}{\Sigma V_p}$	<b>139.93</b>		<b>34.40</b>		<b>15.48</b>		<b>139.88</b>	
Nivel de servicio NS por acceso	<b>F</b>		<b>C</b>		<b>B</b>		<b>F</b>	
Tasa de flujo del acceso $V_A$ (veh/h)	796.00		948.00		492.00		1032.00	
Demora de la intersección (s)					90.56			
$d_{int} = \frac{\Sigma d_A * V_A}{\Sigma V_A}$								
Nivel de servicio NS de la intersección					<b>F</b>			

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora incremental y la demora total y cómo influyen estos resultados en el nivel de servicio del grupo de carril, acceso e intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 2 del acceso N-S y el grupo de carril 2 del acceso O-E presentan demoras mayores a los 100 segundos, obteniéndose para tales grupos de carril, nivel de servicio F. Por lo contrario, para los demás grupos de carril las demoras son bajas, obteniéndose niveles de servicio B y C.

Se muestra la influencia que tienen los grupos de carril con nivel de servicio F en el cálculo del nivel de servicio del acceso y de la intersección.

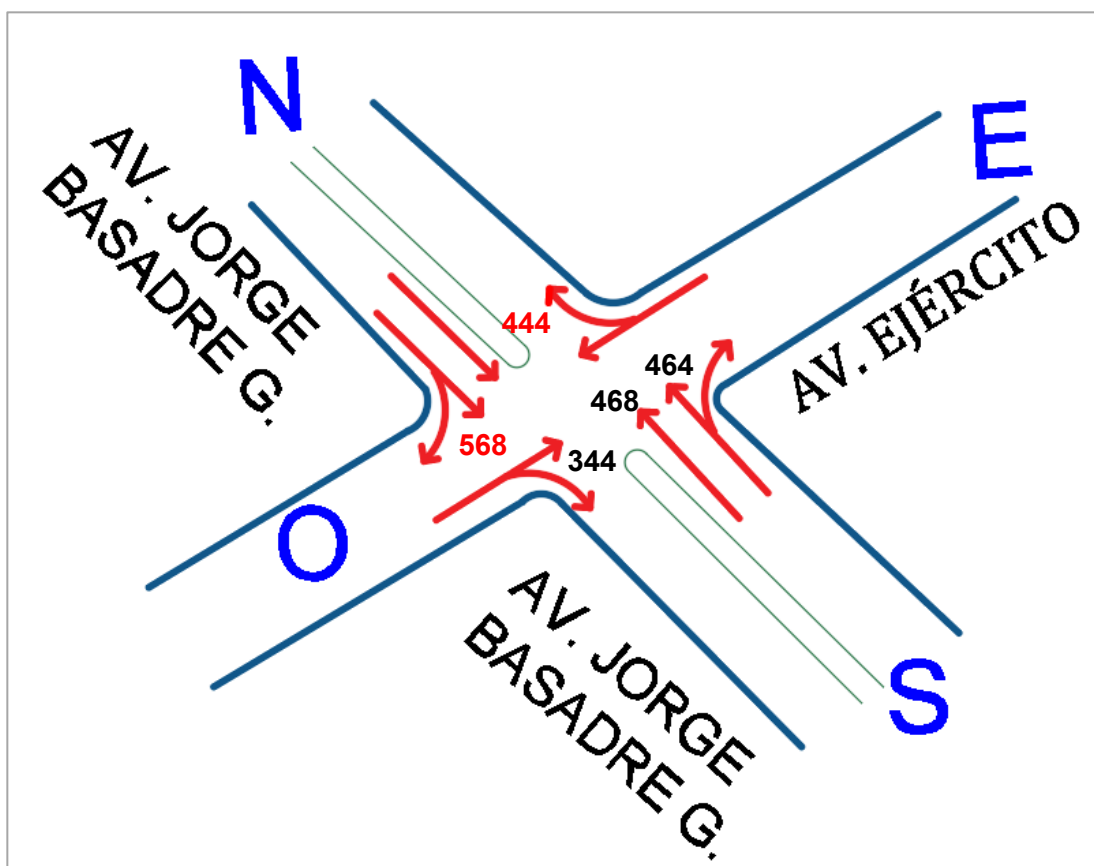
El nivel de servicio de la intersección cambió de E a F.

### Intersección II: Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército

En la Figura 65 se presenta un gráfico de los flujos vehiculares (Tasa de flujo  $V_p$ ) en la Intersección II y los datos necesarios para la optimización del tiempo semafórico. En la Figura 66 se muestra el diagrama de tiempos en fases.

**Figura 65**

*Flujos vehiculares de la Intersección II por Grupo de carril*



- Fase 1: Acceso N-S y S-N.
- Fase 2: Acceso E-O y O-E.
- Velocidad de aproximación de los vehículos,  $v = 60 \text{ km/h} = 16,67 \text{ m/s}$ .
- Tasa de desaceleración,  $a = 3,05 \text{ m/s}^2$
- Longitud del vehículo,  $L = 6,10 \text{ m}$  (sugerido)
- Ancho de la intersección, para la fase 1,  $W_1 = 3,3*2 + 4,5 + 3,3*2 = 17,70 \text{ m}$
- Ancho de la intersección, para la fase 2,  $W_2 = 4,75 + 5,00 = 9,75 \text{ m}$
- Tiempo de percepción-reacción del conductor,  $t = 1 \text{ s}$  (usualmente).

**a) Cálculo de la longitud de intervalos de cambios de fase  $y_1$**

Se usa la Ecuación 30, obteniendo:

**Fase 1: Acceso E-O y O-E**

$$y_1 = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W_1 + L}{v}\right) = \left(1 + \frac{16,67}{2 * 3,05}\right) + \left(\frac{17,7 + 6,10}{16,67}\right) = 3,73 \text{ s} + 1,43 \text{ s}$$

Tiempo de ámbar  $A_1 = 4 \text{ s}$

Todo rojo  $TR_1 = 2 \text{ s}$

**Fase 2: Acceso N-S y S-N**

$$y_1 = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W_2 + L}{v}\right) = \left(1 + \frac{16,67}{2 * 3,05}\right) + \left(\frac{9,75 + 6,10}{16,67}\right) = 3,73 \text{ s} + 0,95 \text{ s}$$

Tiempo de ámbar  $A_2 = 4 \text{ s}$

Todo rojo  $TR_2 = 1 \text{ s}$

**b) Tiempo perdido por fase**

**Fase 1: Acceso E-O y O-E**

$$l_1 = A_1 = 4 \text{ s}$$

**Fase 2: Acceso N-S y S-N**

$$l_2 = A_2 = 4 \text{ s}$$

**c) Tiempo total perdido por ciclo**

Se usa la Ecuación 31, obteniendo

$$L = \Sigma A_i + \Sigma TR_i$$

$$L = (4 + 4) + (2 + 1) = 11 \text{ s}$$

**d) Máximas relaciones del flujo actual  $q = Vp$  a flujo de saturación por grupo de carril de la fase i**

Se usa la Ecuación 32:

**Fase 1: Acceso E-O y O-E**

$$\beta_1 = \frac{q_{1m\acute{a}x}}{S} = \frac{568 \text{ veh/h}}{1900 \text{ veh/h}} = 0,30$$

**Fase 2: Acceso N-S y S-N**

$$\beta_2 = \frac{q_{2m\acute{a}x}}{S} = \frac{444 \text{ veh/h}}{1900 \text{ veh/h}} = 0,23$$

**e) Cálculo de la longitud de ciclo óptimo**

Se usa la Ecuación 33:

$$C_o = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \Sigma \beta_i} = \frac{1,5 * 11 + 5}{1 - (0,30 + 0,23)} = 46 \text{ s}$$

Por práctica recomendada el ciclo no debe ser menor de 50 seg.

$$C = 60 \text{ s}$$

**f) Tiempo de verde efectivo total  $g_T$** 

Se usa la Ecuación 34:

$$g_T = C - L = 60 - 11 = 49 \text{ s}$$

### g) Reparto de los tiempos verdes efectivos

Se usa la Ecuación 35:

$$g_i = \frac{\beta_i}{\Sigma\beta_i} * g_T$$

#### Fase 1: Acceso E-O y O-E

$$g_1 = \frac{\beta_1}{\Sigma\beta_i} * g_T = \frac{(0,3)}{(0,3 + 0,23)} * 49 = 27,5 \approx 28 \text{ s}$$

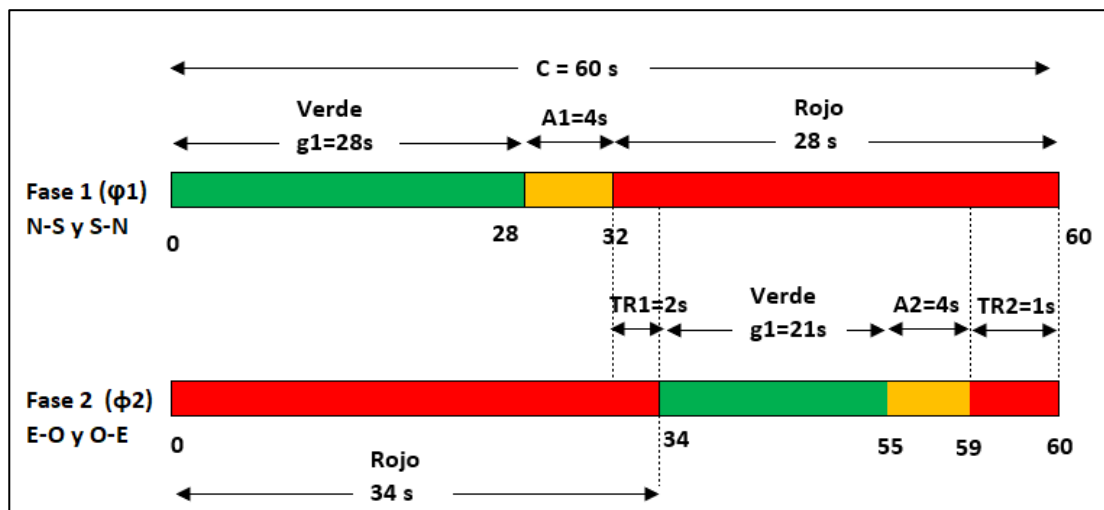
#### Fase 2: Acceso N-S y S-N

$$g_2 = \frac{\beta_2}{\Sigma\beta_i} * g_T = \frac{(0,23)}{(0,3 + 0,23)} * 49 = 21,498 \approx 21 \text{ s}$$

### h) Diagrama de tiempos en dos fases

**Figura 66**

*Diagrama de tiempos en dos fases*



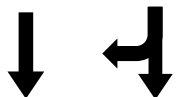


En las Tablas 31, 32 y 33 se resume los cálculos realizados aplicando la metodología del HCM 2010, considerando los cambios de los tiempos semafóricos.



**i) Capacidad y relación volumen-capacidad considerando la optimización del tiempo semafórico**

**Tabla 31**

*Capacidad y relación volumen-capacidad para optimización del tiempo semafórico*

ACCESO		N-S		S-N		E-O	O-E
GRUPOS DE CARRIL		1	2	1	2	1	1
MOVIMIENTOS							
<b>ANÁLISIS DE CAPACIDAD</b>							
Tasa de flujo de saturación	S	1688,4	1185,1	1704,5	1257,8	1521,9	1448,1
Número de carriles en el grupo de carriles	N	1	1	1	1	1	1
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)	g	28	28	28	28	21	21
Ciclo del semáforo (segundos)	C	60	60	60	60	60	60
Relación de verde para el grupo de carril	g/C	0,47	0,47	0,47	0,47	0,35	0,35
<b>CAPACIDAD (veh/h)</b>	<b>c</b>	<b>787,92</b>	<b>553,04</b>	<b>795,46</b>	<b>586,95</b>	<b>532,67</b>	<b>506,837</b>
Tasa de flujo (veh/h)	Vp	524,00	568,00	468,00	464,00	444,00	344,00
<b>RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD X</b>	<b>Vp/c</b>	<b>0,67</b>	<b>1,03</b>	<b>0,59</b>	<b>0,79</b>	<b>0,83</b>	<b>0,68</b>

*Nota.* Esta tabla muestra cómo influye el número de carriles, el tiempo de verde y ciclo semafórico total en el cálculo de la capacidad de cada grupo de carril. Además, se determina la relación volumen-capacidad de cada grupo de carril.

Se puede observar que la tasa de flujo del grupo de carril 2 del acceso N-S sobrepasa la capacidad, generándose relaciones volumen-capacidad por encima de 1. Los demás grupos de carril no sobrepasan la capacidad, generándose relaciones volumen-capacidad por debajo de 1.

**j) Demora uniforme y por cola inicial**

En la Tabla 32 se resume los cálculos de la demora uniforme y por cola inicial considerando esta propuesta.









Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
<b>Caso III (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t &lt; T</math>), <math>u = 0</math></b>							
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$	<b>0,55</b>	No se usa	<b>0,25</b>	<b>0,90</b>	<b>0,61</b>	<b>0,35</b>
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T-t)}{T} * PF$	<b>8,70</b>	No se usa	<b>8,18</b>	<b>9,59</b>	<b>14,27</b>	<b>13,23</b>
<b>Caso IV (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t = T</math>)</b>							
Parámetro de demora, $u$	$u = 1 - \frac{c * T}{Qb} * (1 - \min 1, X)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
<b>Caso V (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X &gt; 1</math>), (<math>t = T</math>)</b>							
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c}$	No se usa	<b>26,04</b>	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	<b>13,33</b>	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora uniforme y por cola inicial que para todos los grupos de carril no es el mismo caso, se diferencian por la duración de la demanda insatisfecha T y las colas iniciales.

Se puede observar que el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta mayor demora por cola inicial y el grupo de carril 1 del acceso S-N presenta la menor demora por cola inicial. También se tiene que el grupo de carril 1 del acceso E-O presenta mayor demora uniforme que todos los demás grupos de carril en la intersección.

### k) Demora incremental, demora total y nivel de servicio de la intersección

**Tabla 33**
*Demora incremental, demora total y nivel de servicio de intersección*

ACCESO	N-S		S-N		E-O	O-E
GRUPO DE CARRIL	1	2	1	2	1	1
MOVIMIENTOS						
Tasa de flujo, $V_p$ (veh/h)	524	568	468	464	444	344
Relación de verde para el grupo de carril, $g/c$	0,47	0,47	0,47	0,47	0,35	0,35
Relación volumen-capacidad, $X = V_p/c$	0,67	1,03	0,59	0,79	0,83	0,68
Capacidad del grupo de carriles, $c$ (veh/h)	787,92	553,04	795,46	586,95	532,67	506,84
Factor de ajuste incremental, $k$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste por ingresos a la intersección, $I$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Duración del periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, $d_2$ (s)						
$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$	<b>4,41</b>	<b>45,34</b>	<b>3,18</b>	<b>10,42</b>	<b>14,22</b>	<b>7,15</b>
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	0,55	26,04	0,25	0,90	0,61	0,35
Demora uniforme, $d_1$ (s)	8,70	13,33	8,18	9,59	14,27	13,23
Factor de ajuste por progresión/coordinación. PF	0,815	0,815	0,815	0,815	0,944	0,944
Demora total por GC (s)						
$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$	<b>12,05</b>	<b>82,25</b>	<b>10,10</b>	<b>19,13</b>	<b>28,30</b>	<b>19,99</b>
Nivel de servicio NS por grupo de carriles GC	<b>B</b>	<b>F</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>
Demora por acceso (s)						
$d_A = \frac{\Sigma d * V_p}{\Sigma V_p}$	<b>48,56</b>		<b>14,60</b>		<b>28,30</b>	<b>19,99</b>
Nivel de servicio NS por acceso	<b>D</b>		<b>B</b>		<b>C</b>	<b>B</b>
Tasa de flujo del acceso $V_A$ (veh/h)	1 092		932		444	344
Demora de la intersección (s)						
$d_{Int} = \frac{\Sigma d_A * V_A}{\Sigma V_A}$			<b>30,61</b>			
Nivel de servicio NS de la intersección			<b>C</b>			

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora incremental y la demora total y cómo influyen estos resultados en el nivel de servicio del grupo de carril, acceso e intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 2 del acceso N-S presenta demora total mayor a los 80 segundos, obteniéndose para tal grupo de carril, nivel de servicio F. Por lo contrario, los demás grupos de carril presentan demoras bajas, obteniéndose niveles de servicio de B y C.

Se muestra la influencia que tienen el grupo de carril con nivel de servicio F en el cálculo del nivel de servicio del acceso y de la intersección.

El nivel de servicio se mantuvo en C.

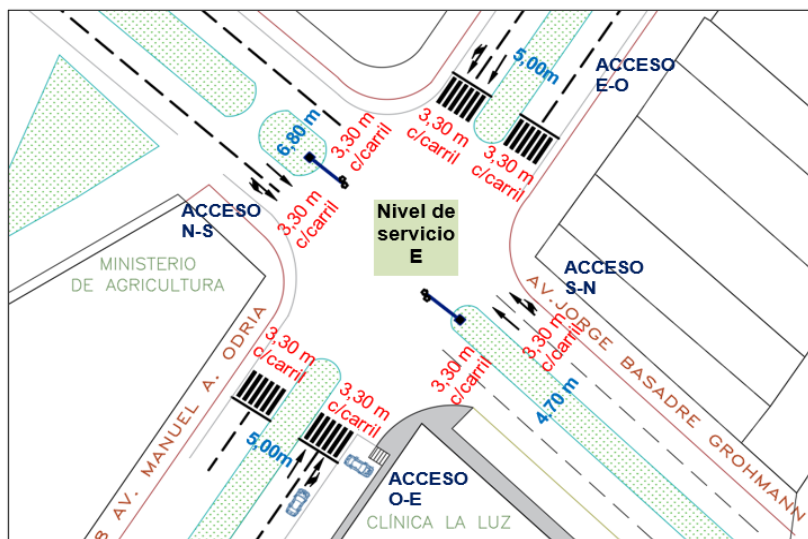
#### 4.2.2. Propuesta 02: Redistribución de flujos vehiculares y rediseño de la sección vial.

##### Intersección I: Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría.

A continuación, se presenta los cálculos de la propuesta N°02 para mejorar el nivel de servicio. Primero se presenta la situación actual, tal y como se analizó para determinar el nivel de servicio de la intersección (ver Figura 67).

**Figura 67**

*Planimetría de la situación actual de la intersección I*



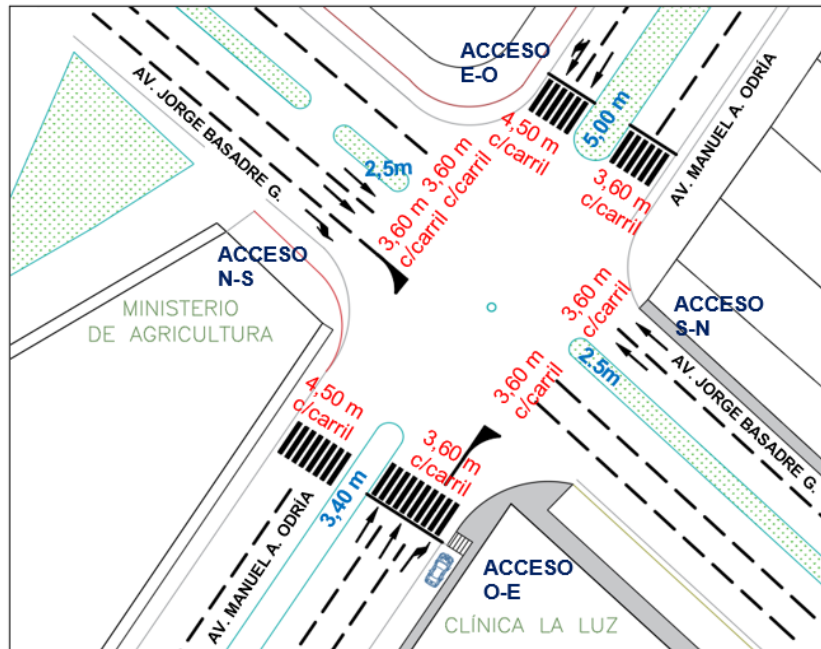
Los cambios de redistribución de flujos vehiculares y rediseño de la sección vial se muestran a continuación (ver Figura 68):

- Se aumentó un carril de giro exclusivo a la derecha en el acceso N-S, lo que da como resultado tres carriles de 3,60 m de ancho.

- Se disminuyó el ancho del separador central a 2,50 m de la Avenida Jorge Basadre Grohmann.
- Se mantuvo dos carriles en el acceso E-O, pero considerando un ancho de 4,50 m para cada carril. El ancho de los carriles de salida del acceso O-E aumentó a 4,50 m.
- Se disminuyó el ancho del separador central a 3,00 m de la Avenida Manuel A. Odría en el acceso O-E. El separador central en el acceso E-O se mantuvo en 5,00 m.
- Se restringió los giros a la derecha del acceso S-N.
- Se aumento de un carril de salida en el acceso S-N. Esto da como resultado tres carriles de salida de 3,60 m.
- Se aumentó un carril de giro exclusivo a la derecha en el acceso O-E, lo que da como resultado tres carriles de 3,60 m de ancho.
- Se mantuvo el Ciclo semafórico de 77 segundos y el tiempo de verde de 35 segundos en cada fase.

**Figura 68**

*Planimetría de la propuesta de mejora N°02 de la intersección I*



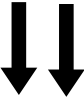





Además, en el Anexo 4 se muestra planos de la sección vial modificada con todas las dimensiones.

En la Tabla 34, 35, 36 y 37 se muestra la aplicación del HCM 2010 considerando los cambios realizados en la sección vial y la redistribución de los flujos vehiculare.

a) Tasa de flujo de saturación “S”

**Tabla 34**

*Tasa de flujo de saturación “S”*

ACCESO		N-S		S-N	E-O		O-E	
GRUPOS DE CARRIL		1	2	1	1	2	1	2
MOVIMIENTOS								
<b>FLUJO DE SATURACIÓN</b>								
Flujo de saturación básico (veh/h)	$S_0$	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900
Número de carriles en el grupo de carriles	N	2	1	2	1	1	2	1
Ancho de carriles (m)		3,60	3,60	3,60	4,50	4,50	3,60	3,60
Factor de ajuste por ancho de carriles	$f_w$	1	1	1	1.10	1.10	1.00	1.00
Volumen de vehículos pesados (veh)	HV	22	32	41	8	6	24	16
Volumen de vehículos pesados (%)	$P_{HV}$	5,46	9,94	5,16	3,43	2,70	3,74	6,13
Equivalente en vehículos livianos $E_T$		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Factor de ajuste por vehículos pesados	$f_{HV}$	0,92	0,87	0,93	0,95	0,96	0,95	0,92
Pendiente en el grupo de carriles (%)	G	1	1	-1	-3	-3	3	3
Factor de ajuste por pendiente	$f_g$	0,995	0,995	1,01	1,02	1,02	0,99	0,99
Número de maniobras de estacionamiento por hora $N_m \leq 180$	$N_m$	SIN ESTAC.	4	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	5	SIN ESTAC.	10
Factor de ajuste por estacionamiento $f_p \geq 0.05$	$f_p$	1	0,88	1	1	0,88	1	0,85
Número de buses que se detienen por hora $N_b \leq 250$	$N_b$	0	0	2	0	11	0	0
Factor de ajuste por bloqueo de buses $f_{bb} \geq 0.05$	$f_{bb}$	1,0	1,0	0,996	1,00	0,96	1,00	1,00
Tipo de área		URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	URBANA
Factor de ajuste por tipo de área	$f_a$	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por utilización de carril	$f_{LU}$	1	1	1	1	1	1	1

Factor de ajuste por giro a la izquierda	$f_{LT}$	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste por giro a la derecha	$f_{RT}$	1	0,75	1	1	0,75	1	0,75
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro izquierda	$f_{Lpb}$	1	1	1	1	1	1	1
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro derecha	$f_{Rpb}$	1	1	1	1	1	1	1
<b>FLUJO DE SATURACIÓN AJUSTADO</b>	<b>S</b>	<b>1 747,4</b>	<b>1 085,9</b>	<b>1 765,30</b>	<b>2 017,5</b>	<b>1 279,1</b>	<b>1 772,0</b>	<b>1 092,6</b>




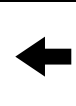



*Nota.* Esta tabla muestra el cálculo del flujo de saturación ajustado de cada grupo de carril, el cual se ve afectado por diferentes condiciones geométricas y de tránsito de la intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 1 del acceso E-O presenta mayor flujo de saturación ajustado y el grupo de carril 2 del acceso O-E presenta menor flujo de saturación ajustado.

## b) Capacidad “c” y relación volumen-capacidad “X”

**Tabla 35**

*Capacidad “c” y relación volumen-capacidad “X”*

ACCESO	GRUPO DE CARRILL	N-S		S-N	E-O		O-E		
		1	2	1	1	2	1	2	
MOVIMIENTOS									
<b>ANÁLISIS DE CAPACIDAD</b>									
Tasa de flujo de saturación	S	1747,4	1085,9	1765,3	2017,5	1279,1	1772,0	1092,6	
Número de carriles en el grupo de carriles	N	2	1	2	1	1	2	1	
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)	g	35	35	35	35	35	35	35	
Ciclo del semáforo (segundos)	C	77	77	77	77	77	77	77	
Relación de verde para el grupo de carril	g/C	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	
<b>CAPACIDAD (veh/h)</b>	<b>c</b>	<b>1588,56</b>	<b>493,57</b>	<b>1604,82</b>	<b>917,07</b>	<b>581,40</b>	<b>1610,89</b>	<b>496,64</b>	
Tasa de flujo (veh/h)	Vp	420,00	376,00	948,00	252,00	240,00	720,00	312,00	
<b>RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD X</b>	<b>Vp/c</b>	<b>0,26</b>	<b>0,76</b>	<b>0,59</b>	<b>0,27</b>	<b>0,41</b>	<b>0,45</b>	<b>0,63</b>	

*Nota.* Esta tabla muestra cómo influye el número de carriles, el tiempo de verde y ciclo semafórico total en el cálculo de la capacidad de cada grupo de carril. Además, se determina la relación volumen-capacidad de cada grupo de carril.





Demora uniforme, $d_1$ (s)							
$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right)}$	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Caso III (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t &lt; T</math>), <math>u = 0</math></b>							
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)							
$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$	0,03	1,12	0,03	0,19	0,58	0,05	0,71
Demora uniforme, $d_1$ (s)							
$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2 * (T - t)}{1 - \left(\min 1, X * \frac{g}{C}\right) * T} * PF$	10,92	15,22	13,11	11,12	12,15	12,07	13,82
<b>Caso IV (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X \leq 1</math>), (<math>t = T</math>)</b>							
Parámetro de demora, $u$							
$u = 1 - \frac{c * T}{Qb} * (1 - \min 1, X)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)							
$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)							
$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
<b>Caso V (<math>Qb &gt; 0</math>), (<math>X &gt; 1</math>), (<math>t = T</math>)</b>							
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)							
$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)							
$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa





*Nota.* Se muestra el cálculo de las demoras uniformes y por cola inicial de la propuesta de mejora N°02.

Se puede observar que todos los grupos de carril presentan demoras por cola inicial menores a 2 segundos. Así mismo, se observa que todos los grupos de carril tienen demoras uniformes menores a 16 segundos.

## b) Demora por control y nivel de servicio

Tabla 37

Demora por control y nivel de servicio

ACCESO	N-S		S-N		E-O		O-E	
	1	2	1	1	2	1	2	
GRUPO DE CARRIL								
MOVIMIENTOS								
Tasa de flujo, $V_p$ (veh/h)	420	376	948	252	240	720	312	
Relación de verde para el grupo de carril, $g/c$	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	
Relación volumen-capacidad, $X = V_p/c$	0,26	0,76	0,59	0,27	0,41	0,45	0,63	
Capacidad del grupo de carriles, $c$ (veh/h)	1588,56	493,57	1604,82	917,07	581,40	1610,89	496,64	
Factor de ajuste incremental, $k$	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Factor de ajuste por ingresos a la intersección, $I$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Duración del periodo de análisis, $T$ (h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Demora incremental, $d_2$ (s)	$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$							
	<b>0,41</b>	<b>10,61</b>	<b>1,60</b>	<b>0,74</b>	<b>2,16</b>	<b>0,90</b>	<b>5,92</b>	
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	0,035	1,12	0,027	0,189	0,580	0,045	0,71	
Demora uniforme, $d_1$ (s)	10,92	15,22	13,11	11,12	12,15	12,07	13,82	
Factor de ajuste por progresión/coordinación, PF	0,831	0,831	0,831	0,831	0,831	0,831	0,831	
Demora total por GC (s)	$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$							
	<b>9,52</b>	<b>24,37</b>	<b>12,52</b>	<b>10,17</b>	<b>12,83</b>	<b>10,97</b>	<b>18,10</b>	
Nivel de servicio NS por grupo de carriles GC	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	
Demora por acceso (s)	$d_A = \frac{\Sigma d * V_p}{\Sigma V_p}$							
	<b>16,53</b>	<b>12,52</b>	<b>11,47</b>	<b>13,13</b>				
Nivel de servicio NS por acceso	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>				
Tasa de flujo del acceso $V_A$ (veh/h)	796,00	948,00	492,00	1032,00				
Demora de la intersección (s)	$d_{Int} = \frac{\Sigma d_A * V_A}{\Sigma V_A}$							
				<b>13,53</b>				
Nivel de servicio NS de la intersección				<b>B</b>				

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora incremental y la demora total y cómo influyen estos resultados en el nivel de servicio del grupo de carril, acceso e intersección.

Se puede observar que la demora total de todos los grupos de carril es menor a 25 segundos, obteniéndose niveles de servicio B en mayoría.

La demora total por accesos es menor a 20 segundos, obteniéndose niveles de servicio B en todos los accesos.

La demora total de la intersección I es menor a 20 segundos, por lo tanto, el nivel de servicio mejoró a B.

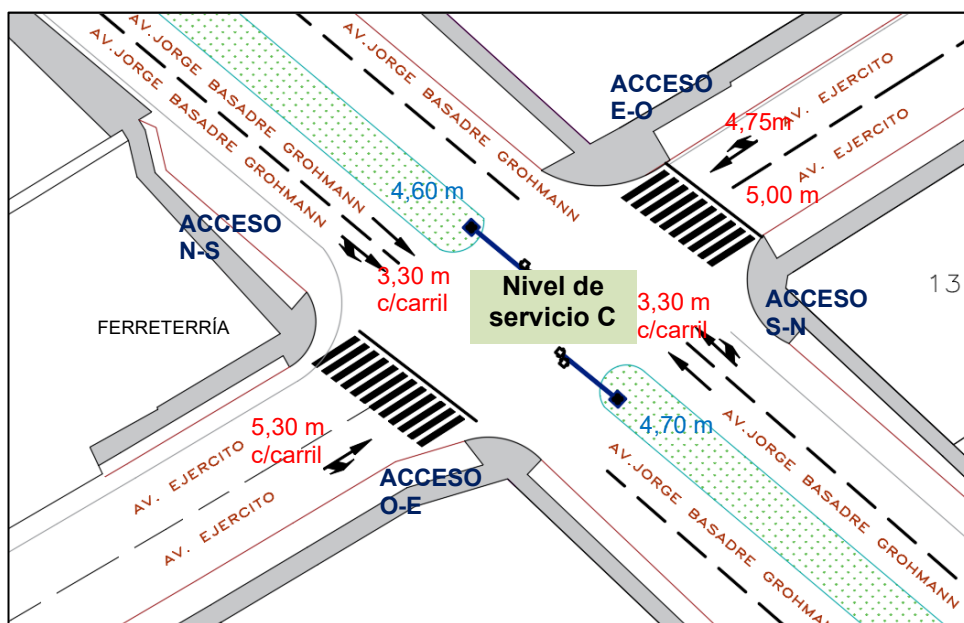
### Intersección II: Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército

A continuación, se presenta los cálculos de la propuesta N°02 para mejorar el nivel de servicio.

Primero se presenta la situación actual, tal y como se analizó para determinar el nivel de servicio de la intersección (ver Figura 69).

**Figura 69**

*Planimetría de la situación actual de la intersección II*

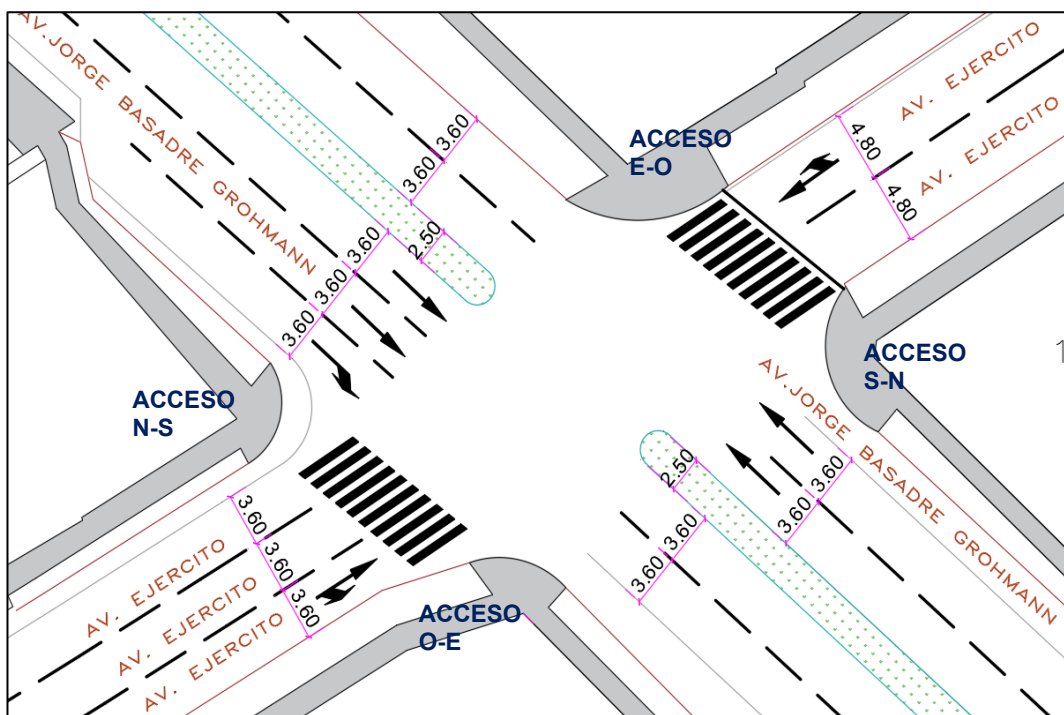


Los cambios de redistribución de flujos vehiculares y rediseño de la sección vial que se realizaron se muestran a continuación (ver Figura 70).

- Se aumentó un carril de giro exclusivo a la derecha en el acceso N-S, lo que da como resultado tres carriles de 3,60 m de ancho.
- Se disminuyó el ancho del separador central a 2,50 m de la Avenida Jorge Basadre Grohmann.
- Se aumento de un carril de salida en el acceso O-E. Esto da como resultado dos carriles de salida de 3,60 m y un carril de entrada de 3,60 m.
- Se mantuvo dos carriles en el acceso E-O, pero se consideró un ancho de 4,80 m para cada carril.
- Se restringió los giros a la derecha del acceso S-N.
- Se mantuvo el Ciclo semafórico de 50 segundos y el tiempo de verde de 22 segundos en cada fase.

**Figura 70**

*Planimetría de la propuesta de mejora N°02 de la intersección II*








Además, en el Anexo 4 se muestra los planos de la sección vial modificada con todas las dimensiones.

En la Tabla 38, 39, 40 y 41 se muestra la aplicación del HCM 2010 considerando los cambios realizados en la sección vial y la redistribución de los flujos vehiculare.

**a) Tasa de flujo de saturación “S”**

**Tabla 38**

*Tasa de flujo de saturación “S”*

ACCESO		N-S		S-N	E-O	O-E	
GRUPOS DE CARRILL		1	2	1	1	1	
MOVIMIENTOS							
TASA DE FLUJO DE SATURACIÓN							
Flujo de saturación básico (veh/h)	$S_0$	1900	1900	1900	1900	1900	
Número de carriles en el grupo de carriles	N	2	1	2	1	1	
Ancho de carriles (m)		3,60	3,60	3,60	4,80	4,80	
Factor de ajuste por ancho de carriles	$f_w$	1	1	1	1,13	1,13	
Volumen de vehículos pesados (veh)	HV	78,00	4,00	59	17,00	6,00	
Volumen de vehículos pesados (%)	$P_{HV}$	8,53	3,25	6,84	4,52	1,89	
Equivalente en vehículos livianos $E_T$		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
Factor de ajuste por vehículos pesados	$f_{HV}$	0,89	0,95	0,91	0,936	0,972	
Pendiente en el grupo de carriles (%)	$P_g$	-1	-1	1	-3	3	
Factor de ajuste por pendiente	$f_g$	1,01	1,01	0,995	1,015	0,985	
Número de maniobras de estacionamiento por hora $N_m \leq 180$	$N_m$	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	SIN ESTAC.	
Factor de ajuste por estacionamiento $f_p \geq 0.05$	$f_p$	1	1	1	1	1	
Número de buses que se detienen por hora $N_b \leq 250$	$N_b$	0	0	0	17	30	
Factor de ajuste por bloqueo de buses $f_{bb} \geq 0.05$	$f_{bb}$	1,00	1,00	1,00	0,932	0,88	
Tipo de área		URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	URBANA	
Factor de ajuste por tipo de área	$f_a$	1	1	1	1	1	
Factor de ajuste por utilización de carril	$f_{LU}$	1	1	1	1	1	
Factor de ajuste por giro a la izquierda	$f_{LT}$	1	1	1	1	1	

Factor de ajuste por giro a la derecha	$f_{RT}$	1	0,75	1	0,75	0,75
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro izquierda	$f_{Lpb}$	1	1	1	1	1
Factor de ajuste para peatones y ciclistas giro derecha	$f_{Rpb}$	1	1	1	1	1
<b>FLUJO DE SATURACIÓN AJUSTADO</b>	<b>S =</b>	<b>1692,8</b>	<b>1365,5</b>	<b>1714,7</b>	<b>1430,7</b>	<b>1361,4</b>






*Nota.* Esta tabla muestra el cálculo del flujo de saturación ajustado de cada grupo de carril, el cual se ve afectado por diferentes condiciones geométricas y de tránsito de la intersección.

Se puede observar que el grupo de carril 1 del acceso S-N presenta mayor flujo de saturación ajustado y el grupo de carril 1 del acceso O-E presenta menor flujo de saturación ajustado.

### b) Capacidad “c” y relación volumen-capacidad “X”

**Tabla 39**

*Capacidad “c” y relación volumen-capacidad “X”*

ACCESO		N-S		S-N	E-O	O-E
GRUPO DE CARRIL		1	2	1	1	1
MOVIMIENTOS						
<b>ANÁLISIS DE CAPACIDAD</b>						
Tasa de flujo de saturación	S	1692,8	1365,5	1714,7	1430,7	1361,4
Número de carriles en el grupo de carriles	N	2	1	2	1	1
Tiempo de verde efectivo para el grupo de carril (segundos)	g	22	22	22	22	22
Ciclo del semáforo (segundos)	C	50	50	50	50	50
Relación de verde para el grupo de carril	g/C	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
<b>CAPACIDAD (veh/h)</b>	<b>c</b>	<b>1489,67</b>	<b>600,83</b>	<b>1508,90</b>	<b>629,52</b>	<b>598,995</b>
Tasa de flujo (veh/h)	Vp	964,00	128,00	468,00	444,00	344,00
<b>RELACIÓN VOLUMEN - CAPACIDAD X</b>	<b>Vp/c</b>	<b>0,65</b>	<b>0,21</b>	<b>0,31</b>	<b>0,71</b>	<b>0,57</b>






*Nota.* Esta tabla muestra cómo influye el número de carriles, el tiempo de verde y ciclo semafórico total en el cálculo de la capacidad de cada grupo de carril. Además, se determina la relación volumen-capacidad de cada grupo de carril.

Se puede observar que la tasa de flujo vehicular de todos los grupos de carril está por debajo de la capacidad y generan relaciones volumen-capacidad menores a 1.00.

### c) Demora uniforme y por cola inicial

**Tabla 40**

*Demora uniforme y por cola inicial*

ACCESO	N-S		S-N	E-O	O-E	
GRUPO DE CARRIL	1	2	1	1	1	
MOVIMIENTOS						
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Longitud del ciclo, C (s)	50	50	50	50	50	
Cola inicial Qb (veh)	4	4	3	2	2	
Relación de verde para el grupo de carril, g/c	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	
Relación volumen-capacidad, X = Vp/c	0,65	0,21	0,31	0,71	0,57	
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1489,67	600,83	1508,90	629,52	599,00	
Relación de pelotón, Rp	1,333	1,333	1,333	1,333	1,333	
Proporción de vehículos que llegan en verde, P	$P = Rp * \frac{g}{C}$					
	0,587	0,587	0,587	0,587	0,587	
Factor de ajuste suplementario f <sub>pA</sub>	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	
Factor de ajuste por progresión/coordiación. PF	$PF = \frac{(1 - P) * f_{pA}}{1 - \frac{g}{c}}$					
	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849	
Mín 1, X	0,65	0,21	0,31	0,71	0,57	
Duración de la demanda insatisfecha en T, t(h)	$t = \min \left\{ T, \frac{Qb}{c * [1 - \min(1, X)]} \right\}$					
	0,0076	0,0085	0,0029	0,0108	0,0078	
<b>Caso de análisis</b>	<b>CASO 3</b>	<b>CASO 5</b>	<b>CASO 3</b>	<b>CASO 3</b>	<b>CASO 3</b>	



<b>Caso I y II (Qb = 0)</b>						
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = 0 \text{ s}$	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\text{mín } 1, X * \frac{g}{C}\right)}$	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Caso III (Qb &gt; 0), (X ≤ 1), (t &lt; T), u = 0</b>						
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * t}{c * T}$	0,15	0,41	0,04	0,25	0,19
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right) * \frac{t}{T} + \frac{0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\text{mín } 1, X * \frac{g}{C}\right)} * \frac{(T-t)}{T} * PF$	9,45	7,57	7,78	9,84	9,07
<b>Caso IV (Qb &gt; 0), (X ≤ 1), (t = T)</b>						
Parámetro de demora, u	$u = 1 - \frac{c * T}{Qb} * \left(1 - \text{mín } 1, X\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{1800 * Qb * (1 + u) * t}{c * T}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
<b>Caso V (Qb &gt; 0), (X &gt; 1), (t = T)</b>						
Demora por cola inicial, $d_3$ (s)	$d_3 = \frac{3600 * Qb}{c}$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa
Demora uniforme, $d_1$ (s)	$d_1 = 0.5 * C * \left(1 - \frac{g}{C}\right)$	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa	No se usa

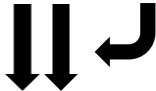

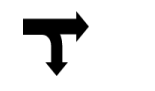
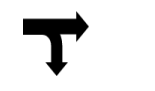
*Nota.* Se muestra el cálculo de las demoras uniformes y por cola inicial de la propuesta de mejora N°02.

Se puede observar que todos los grupos de carril presentan demoras por cola inicial menores a 1 segundos. Así mismo, se observa que todos los grupos de carril tienen demoras uniformes menores a 10 segundos.

## d) Demora por control y nivel de servicio

Tabla 41

Demora por control y nivel de servicio

ACCESO	N-S	S-N	E-O	O-E	
GRUPO DE CARRIL	1	2	1	1	
MOVIMIENTOS					
Tasa de flujo, Vp (veh/h)	964	128	932	444	344
Relación de verde para el grupo de carril, g/c	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Relación volumen-capacidad, X = Vp/c	0,65	0,21	0,31	0,71	0,57
Capacidad del grupo de carriles, c (veh/h)	1489,67	600,83	1508,90	629,52	599,00
Factor de ajuste incremental, k	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Factor de ajuste por ingresos a la intersección, I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Duración del periodo de análisis, T (h)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Demora incremental, d <sub>2</sub> (s)	$d_2 = 900 * T * \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \left( \frac{8 * k * I * X}{c * T} \right)} \right]$				
	<b>2,19</b>	<b>0,81</b>	<b>0,54</b>	<b>6,52</b>	<b>3,97</b>
Demora por cola inicial, d <sub>3</sub> (s)	0,15	0,41	0,04	0,25	0,19
Demora uniforme, d <sub>1</sub> (s)	9,45	7,57	7,78	9,84	9,07
Factor de ajuste por progresión/coordinación. PF	0,849	0,849	0,849	0,849	0,849
Demora total por GC (s)	$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$				
	<b>10,36</b>	<b>7,64</b>	<b>7,18</b>	<b>15,12</b>	<b>11,86</b>
Nivel de servicio NS por grupo de carriles GC	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Demora por acceso (s)	$d_A = \frac{\Sigma d * V_p}{\Sigma V_p}$				
	<b>10,04</b>	<b>7,18</b>	<b>15,12</b>	<b>11,86</b>	
Nivel de servicio NS por acceso	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	
Tasa de flujo del acceso V <sub>A</sub> (veh/h)	1 092		932	444	344
Demora de la intersección (s)	$d_{Int} = \frac{\Sigma d_A * V_A}{\Sigma V_A}$				
			<b>10,12</b>		
Nivel de servicio NS de la intersección			<b>B</b>		

*Nota.* Esta tabla muestra cómo se realiza el cálculo de la demora incremental y la demora total y cómo influyen estos resultados en el nivel de servicio del grupo de carril, acceso e intersección.

Se puede observar que la demora total de todos los grupos de carril es menor a 20 segundos, obteniéndose niveles de servicio B en mayoría.

La demora total por accesos es menor a 20 segundos, obteniéndose niveles de servicio B en todos los accesos.

La demora total de la intersección II es menor a 20 segundos, por lo tanto, el nivel de servicio mejoró a B.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general que establece que mediante un modelo de microsimulación, la mejora del nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército; será significativa. Estos resultados obtenidos muestran en qué situación se encuentra la calidad del flujo vehicular actual de las dos intersecciones semaforizadas y que factores podemos modificar para plantear las propuestas de mejora. Teniendo dos alternativas, se elige la mejor y se garantiza el descongestionamiento vehicular en la zona de estudio.

Se compara la cantidad de alternativas de solución con Aiello (2017), Ágreda y Parra (2017), Estrada y Rodríguez (2017), Flores y Chambilla (2020), los cuales también plantean en sus investigaciones dos o más propuestas para mejorar el nivel de servicio. Existen bastantes coincidencias con la presente investigación, pero algunos autores proponen más alternativas de solución.

En esta investigación al determinar el nivel de servicio actual que se presenta en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército se pudo encontrar que la intersección I, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría, presenta nivel de servicio E. Mientras que la intersección II, Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército, presenta nivel de servicio C. Estos resultados muestran que el nivel de servicio de ambas intersecciones no es el apropiado, teniendo como sustento las demoras obtenidas y la cantidad de vehículos que se detienen en colas. Esto produce incomodidad y pérdida de tiempo para el conductor.

Frente a lo encontrado, se acepta la hipótesis específica la cual menciona que mediante un análisis de flujos vehiculares se obtiene el nivel de servicio actual.

La metodología para calcular el nivel de servicio es similar a lo planteado por Aiello (2017), Ágreda y Parra (2017), Estrada y Rodríguez (2017), Flores y Chambilla (2020), basándose en la metodología del análisis operacional HCM 2010. La diferencia con algunos autores como Estrada y Rodríguez (2017), es que, además realizaron el análisis mediante el software Synchro 8.00.

Al analizar el comportamiento del flujo vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, mediante un modelo de micro simulación es necesario comparar los flujos vehiculares de las dos

intersecciones. Se ve claramente que la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría, presenta mayor cantidad de vehículos, mientras que la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército presenta menor cantidad.

Revisando el comportamiento del flujo vehicular de la intersección I (Av. Jorge Basadre G. con Av. Manuel A. Odría) con nivel de servicio E, dos accesos (S-N y E-O) presentan demoras menores a 20 segundos, lo cual indica que esos accesos se encuentran en nivel de servicio B y la calidad del flujo vehicular es buena. Pero en los accesos N-S, O-E presentan demoras de 76.77 y 106.99 segundos, lo cual indica que la demanda de flujos vehiculares ha sobrepasado la capacidad del acceso. Esto se produce debido a que los grupos de carril que tienen movimientos compartidos (frente y derecha), presentan vehículos que salen de estacionamientos adyacentes y bloqueo de buses por paradas al dejar o recoger pasajeros. El acceso O-E cercano a la clínica La Luz, presenta bastantes problemas de vehículos que salen del estacionamiento de la clínica, lo cual dificulta el flujo continuo de vehículos en verde. Además, la gran cantidad de vehículos que giran a la derecha, no permiten el flujo continuo en verde de los vehículos que van de frente, lo cual se ve reflejado en demoras de bastantes segundos. Inclusive la cantidad de vehículos que giran en verde es casi el doble de la cantidad de vehículos que van de frente. De acuerdo a lo encontrado, se valida la hipótesis de que mediante un modelo de microsimulación utilizando de la metodología del análisis operacional del HCM 2010, se analiza el comportamiento del flujo vehicular y se identifica el por qué existe congestión vehicular en las en la intersección semaforizada.

Estos resultados se comparan con los obtenidos por Estrada y Rodríguez (2017), Agreda y Parra (2017), cuyas investigaciones presentan niveles de servicio D, E y F, similares a los determinados en la presente investigación. Los resultados del comportamiento del flujo vehicular de la intersección I guardan relación con el artículo desarrollado por Rodríguez (2015), en el que indica que la congestión vehicular normalmente se produce debido a los giros a la derecha e izquierda, siendo los puntos que disminuyen la capacidad de la intersección, aumentando la demora y obteniendo niveles de servicio no apropiados.

Otra situación presenta el comportamiento del flujo vehicular de la intersección II (Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército), su nivel de servicio "C" es mejor que el de la intersección I, sin embargo, no es el apropiado. Los accesos S-N, E-O y O-E presentan demoras menores a 20 segundos, lo cual se refleja en nivel de servicio B de la intersección. El problema está en el acceso N-S, donde el grupo de carril con movimientos compartidos (frente y derecha) no presenta vehículos que salen de

estacionamientos adyacentes, pero si bloqueo de buses por paradas al dejar o recoger pasajeros. Además, existe gran cantidad de vehículos que giran a la derecha y no permiten un flujo continuo en verde de los vehículos que van de frente. Si bien esta intersección no presenta demasiados problemas de congestión vehicular, nosotros como ingenieros debemos optimizar el sistema para mejorar la calidad del tráfico y proveer a los conductores un flujo continuo en verde y sin demoras excesivas.

Entonces, de acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis específica de que mediante un modelo de microsimulación utilizando la metodología del análisis operacional del HCM 2010, se analiza el comportamiento del flujo vehicular y se identifica el por qué existe congestión vehicular en la intersección semaforizada.

Estos resultados son comparados con Aiello (2017), que muestra en algunas intersecciones el mismo nivel de servicio C, estableciendo que la congestión se produce debido a la cantidad de vehículos que realizan el movimiento hacia la izquierda. La diferencia es que para su investigación el problema son los giros a la izquierda y en la presente investigación son los giros a la derecha. También se presenta algo similar en la investigación de Romero (2018) donde se obtiene niveles de servicio C y D, coincidiendo en que el comportamiento del flujo vehicular no es el apropiado. Pero en lo que no concuerda es que el autor menciona que la congestión vehicular es producida debido a la gran cantidad de mototaxis y taxis que circulan en las intersecciones.

Entonces, se plantea diferentes propuestas para mejorar y optimizar el nivel de servicio en ambas intersecciones. Para ello se necesita revisar que factores provocan disminución de la capacidad de la intersección, ya que las demoras dependen directamente de ésta. El proceso de identificación de estos factores es similar a lo encontrado en la investigación de Agreda y Parra (2017), donde identificaron los factores que afectan directamente a las demoras y realizaron ciertas modificaciones a la tasa ajustada de flujo de saturación y a los tiempos semafóricos, mejorando el nivel de servicio.

La primera propuesta planteada es la optimización del tiempo semafórico para ambas intersecciones, es decir calcular los tiempos semafóricos en función de los flujos vehiculares actuales. Para la intersección I (Av. Jorge Basadre con Av. Manuel A. Odría) se calcula los tiempos semafóricos para dos fases de 60 segundos como ciclo total, obteniendo como resultados fase 1 (E-O, O-E) con 25 segundos de verde,

4 de ámbar, 2 segundos de todo rojo y 31 segundos de rojo. La fase 2 (N-S, S-N), con 23 segundos de verde, 4 de ámbar, 2 segundos de todo rojo y 31 segundos de rojo. Estos resultados provocaron la disminución de la capacidad y aumento de la relación volumen-capacidad  $X$ , lo cual refleja mayor tiempo de demoras y un nivel de servicio desfavorable, inclusive más que en la situación actual.

Para la intersección II (Av. Jorge Basadre con Av. Ejército) se calcula los tiempos semafóricos para dos fases de 60 segundos como ciclo total, obteniendo como resultados fase 1 (N-S, S-N) con 28 segundos de verde, 4 de ámbar, 2 segundos todo rojo y 28 segundos de rojo. La fase 2 (E-O, O-E), con 21 segundos de verde, 4 de ámbar, 2 segundos de todo rojo y 41 segundos de rojo. Estos resultados provocaron la disminución de la capacidad y aumento de la relación volumen-capacidad  $X$ , lo cual refleja mayor tiempo de demoras y un nivel de servicio desfavorable, inclusive más que en la situación actual.

Con los resultados obtenidos, al implementar un nuevo proyecto de semaforización continua y optimizar el tiempo semafórico, no se mejora la calidad del flujo vehicular de las dos intersecciones, por lo tanto, se rechaza esta propuesta de solución planteada en la hipótesis específica.

En la investigación de Agreda y Parra (2017) se modificó el tiempo de verde y se mejoró el nivel de servicio, a diferencia de la presente investigación. También, Flores y Chambilla (2020) aplican la optimización del ciclo semafórico, obteniendo niveles de servicio óptimos.

Otra propuesta planteada en la investigación, es la redistribución de flujos vehiculares y rediseño de la sección vial de ambas intersecciones. Se propuso considerando que existe espacio suficiente alrededor de los accesos. En la intersección I (Av. Jorge Basadre con Av. Manuel A. Odría), la sección vial tuvo que ser modificada como indican los resultados, aumentando carriles de giro a la derecha en ciertos accesos, aumentando el ancho de los carriles, disminuyendo el ancho de los separadores centrales e impidiendo algunos giros. Con todos estos cambios se distribuye los flujos vehiculares, generando el aumento de la capacidad de los grupos de carriles. El tiempo semafórico se mantiene igual a la situación actual. Estos cambios realizados provocan disminución de las demoras y nivel de servicio óptimo, garantizando la mejora de la calidad del flujo y descongestión vehicular.

De igual forma, en la intersección II (Av. Jorge Basadre con Av. Ejército), la sección vial tuvo que ser modificada como indican los resultados, aumentando carriles de giro a la derecha en ciertos accesos, aumentando el ancho de los carriles, disminuyendo el ancho de los separadores centrales e impidiendo algunos giros. Se

distribuye los flujos vehiculares, generando el aumento de la capacidad de los grupos de carriles. El tiempo semafórico se mantiene igual a la situación actual. Estos cambios realizados provocan disminución de las demoras y nivel de servicio óptimo, garantizando la mejora de la calidad del flujo vehicular y descongestión vehicular.

La segunda propuesta es la más apropiada a implementar y soluciona el problema de congestión vehicular. Con lo descrito se acepta la hipótesis específica de que redistribuyendo los flujos vehiculares y rediseñando la sección vial se logra una descongestión vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – Con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, a beneficio de la sociedad y brindarle al conductor mayor comodidad al circular por la zona de estudio.

Estos resultados guardan relación con los obtenidos por Condori y Lipa (2018), los cuales muestran que una de las alternativas para solucionar el problema fue restringir los giros hacia la izquierda. Además, Ortiz y Véliz (2018) también eliminaron el giro hacia la izquierda, pero adicionaron otras propuestas. Estos autores concuerdan con Estrada y Rodríguez (2017), Agreda y Parra (2017), ya que también en sus investigaciones restringen los giros a la izquierda, que causan mayores colas.

Flores y Chambilla (2020) consideraron en sus propuestas el aumento de carriles en los accesos. Ello es acorde con lo que en este estudio se propone.

Como se mencionó anteriormente, algunos autores citados proponen más alternativas de solución, Ortiz y Véliz (2018) mencionan la ejecución de un paso inferior y la construcción de glorietas.

Finalmente, la gran mayoría de los autores elige redistribuir los flujos vehiculares y rediseñar la sección vial.



## CONCLUSIONES

Para elaborar las conclusiones de la investigación tenemos como base los resultados obtenidos para la situación actual y las propuestas de mejora de las dos intersecciones semaforizadas. A continuación, se presentan:

1. En esta tesis se mejoró de manera significativa el nivel de servicio de los flujos vehiculares mediante el uso de un modelo de microsimulación, en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, obteniéndose en ambas intersecciones demoras menores a los 15 segundos y un nivel de servicio B.
2. Se puede afirmar que mediante el análisis de flujos vehiculares el nivel de servicio actual es E para la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría y nivel de servicio C para la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército. Estos resultados muestran niveles de servicio no apropiados.
3. En la presente investigación se analizó el comportamiento del flujo vehicular mediante un modelo de microsimulación en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, obteniendo un comportamiento de flujo vehicular deficiente. Esto debido a demoras excesivas de vehículos, a la gran cantidad de vehículos que giran a la derecha en carriles compartidos, impidiendo el flujo continuo en verde de vehículos que van de frente. También debido al bloqueo de buses por dejar o recoger pasajeros y al bloqueo de vehículos por la entrada y salida de estacionamientos adyacentes. Todo esto reduce la capacidad de los grupos de carril y genera congestionamiento vehicular en las intersecciones semaforizadas.
4. Se evaluó acciones a implementar que permitan lograr una mejora del nivel de servicio en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, implementando el rediseño de la sección vial y redistribuyendo los flujos vehiculares. Con esta propuesta, disminuyen las demoras y se mejora notablemente el comportamiento de los flujos vehiculares de las dos intersecciones semaforizadas, llegando a obtener niveles de servicio B y demoras por debajo de los 15 segundos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Subgerencia de Transporte Público y Tránsito de la Municipalidad Provincial de Tacna que realice periódicamente mantenimiento de la señalización horizontal y vertical en la intersección y calles colindantes, ya que se encuentran difusas. De igual forma, la implementación de un semáforo con contador de tiempo en la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Ejército. Ambas recomendaciones con la finalidad de favorecer al mejoramiento del nivel de servicio y evitar posibles accidentes.
2. Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna que evalúe la renovación de pistas, ya que presentan distintos tipos de fallas en el pavimento debido al giro a la derecha de gran cantidad de vehículos pesados, generando incomodidad al conductor y peligro de accidentes. Así como también, la construcción de veredas sobre todo en la intersección Av. Jorge Basadre Grohmann con Av. Manuel A. Odría, ya que algunos accesos carecen de veredas y es bastante peligroso para el tránsito de personas.
3. Se exhorta a la Municipalidad Provincial de Tacna la difusión de información referido a la cultura vial y el conocimiento de los dispositivos de control de tránsito automotor, para incentivar a que los conductores se capaciten y contribuyan con la descongestión vehicular.
4. De acuerdo a los cambios realizados en el diseño de la sección vial, al restringir giros y aumentar carriles, se aconseja a las empresas de buses de transporte público realizar el cambio de algunas rutas, con el fin de contribuir en el mejoramiento del nivel de servicio. También se exhorta a futuros investigadores poder investigar más a fondo el manual del HCM 2010, generar otras alternativas de solución innovadoras y contrastar los resultados con la presente investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agreda, L., y Parra, R. (2017). *Análisis comparativo de la aplicación de la metodología HCM 2000 y HCM 2010 en un tramo semaforizado de la avenida San Luis en la ciudad metropolitana de Lima*. Lima: Universidad Privada de Ciencias Aplicadas UPC.
- Aiello, A. (2017). *Estudio y mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en Av. Pío XII, Av. Campanar, Calle Vall de la Ballestera y Calle Joaquin Ballester mediante la aplicación del High Capacity Manual 2010*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Baeza, A., y Martínez, E. (2012). *Metodología para el análisis de capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas de acuerdo al manual de capacidad HCM 2000: caso cerro del agua/ingeniería*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Blair, S., y Guevara, D. (2012). *Evaluación del flujo vehicular en la intersección de la carrera 70 con la calle 9 por la construcción de una vía subterránea en el aeropuerto Enrique Olaya Herrera*. Colombia: Escuela de Ingeniería de Atioquia, Envigado.
- Cabrera, F. (2007). *Diapositivas del Curso de Ingeniería de Tráfico, Semestre 2007-2*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cal y Mayor, R., y Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones, Novena Edición*. México: AlfaOmega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Condori, A., y Lipa, J. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la Intersección Vial de la Avenida Bolognesi con la Avenida Basadre y Forero, ciudad de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Contreras, S. (2014). *Teoría de flujo de tránsito-Posgrado*. Lima: UNI.
- Coraspe, L., y Marsiglia, O. (2011). *Análisis del flujo vehicular en las avenidas que convergen en la plaza de las Banderas (Avenida República, Avenida Menca de Leoni, Prolongación Paseo Orinoco y prolongación Avenida República) Ciudad Bolívar – Estado Bolívar*. Ciudad de Bolívar: Universidad de Oriente.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2014). *Manual de Carreteras "Diseño Geométrico DG-2014"*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Espinosa, X., y Piedra, S. (2017). *Análisis y diseño geométrico a la intersección de la av. 12 de abril y unidad nacional*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Estrada, L., y Rodríguez, L. (2017). *Propuesta para mejorar los niveles de servicio de la Av. Simón Bolívar, comprendidas entre las Avenidas José de San Martín y*

- Paso de los Andes – Pueblo Libre*. Lima: Universidad Privada de Ciencias Aplicadas UPC.
- Flores, A. (31 de Agosto de 2018). Entrevista RPP: Un limeño pierde en promedio 20 días al año atrapado en el tráfico. *RPP Noticias*.
- Flores, R., y Chambilla, J. (2020). *Optimización del tránsito en avenida Jorge Basadre Grohmann, tramo Avenida Pinto – Avenida Tarata, distrito Alto de la Alianza, Tacna - 2020*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Leonardo, R. (2017). *Análisis del Nivel de Servicio de las intersecciones semaforizadas de la Avenida Villanueva Pinillos y modelado con Synchro 8.0 - Jaén -2016*. Jaén, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Llopis, J. (2012). *Análisis de los sistemas de gestión del tráfico mediante velocidad variable a la vía C-31N a la ciudad de Barcelona*. España: Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción*. Lima: MTC.
- Monje, J., y Remachi, D. (2015). *Formulación de alternativas para solucionar el congestionamiento vehicular de las intersecciones Av. República Diego de Almagro y Av. 6 de Diciembre en la ciudad de Quito*. Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Ortiz, E., y Veliz, A. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la intersección vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna - Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Osores, V. (2016). *Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada Mariscal Castilla – Julio Sumar El Tambo, 2015*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Otero, L. A. (2015). *Alternativa de solución vial a la intersección de las Av. A. Cáceres y Av. Ramón Mugica, Piura*. Piura: Universidad de Piura.
- Rodríguez, D. (2015). Revisión del HCM 2010 y 2000. *Ingenium*, vol. 16, n.º 32, pp. 19-31.
- Romana, M., Nuñez, M., Martínez, J., y Díez de Arizaleta, R. (2017). *Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010*. Madrid, España: Fundación Confemetal (FC).
- Romero, M. (2018). *Análisis del nivel de servicio vehicular y modelamiento en el software Synchro traffic 8.0. del jr. Silva Santisteban de la ciudad de Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Rondoño, D. (2018). *Análisis vial en las intersecciones de la av. Luzuriaga y San Martín con la Av. Raymondi - Huaraz aplicando el software Synchro 8.0, para*

*mejorar el flujo vehicular*. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo - UNASAM.

RPP. (31 de Agosto de 2018). Un limeño pierde en promedio 20 días al año atrapado en el tráfico. *RPP Noticias*.

Suárez, L. (2007). *Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante microsimulación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

TRB, T. R. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington DC.: Transportation Research Board.

Vera, F. (2012). *Aplicabilidad de las metodologías del HCM 2000 y Synchro 7.0 para analizar intersecciones semaforizadas en Lima*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP.

## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

Mejoramiento del nivel de servicio en flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército. utilizando un modelo de micro simulación - Tacna, 2020.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	Variable	Indicador
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	Variable independiente: Flujos vehiculares	Identificación de intersecciones semaforizadas
¿De qué manera se puede mejorar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, utilizando el modelo de micro simulación?	Mejorar el nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, mediante el uso de un modelo de micro simulación.	Mediante el uso de un modelo de micro simulación, la mejora del nivel de servicio de los flujos vehiculares en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército; será significativa.		Escenario y geometría actual
				Aforo vehicular
				Clasificación vehicular
				Volúmenes actuales
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	Variable dependiente: El nivel de servicio	Demoras
• ¿Cuál es el nivel de servicio actual que se presenta en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército?	• Determinar el nivel de servicio actual que se presenta en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.	•Mediante el análisis de flujos vehiculares de las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, se obtiene el nivel de servicio actual.		Categorías: A, B, C, D, E, F
				Optimización de tiempo semafórico
				Redistribución de flujos vehiculares
				Rediseño de la sección vial

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera, el modelo de micro simulación analiza la congestión vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército?</li> <li>• ¿Qué acciones se pueden implementar a fin de lograr una mejora del nivel de servicio en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar el comportamiento del flujo vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército, mediante un modelo de micro simulación.</li> <li>• Evaluar acciones a implementar para lograr una mejora del nivel de servicio en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante un modelo de microsimulación, se analiza el comportamiento del flujo vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.</li> <li>• Implementando un nuevo proyecto de semaforización continua, redistribuyendo flujos vehiculares y rediseñando la sección vial, se logra una descongestión vehicular en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército a beneficio de la sociedad.</li> </ul>			
METODO Y DISEÑO		POBLACIÓN Y MUESTRA		TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	
Tipo de investigación:	Aplicada	<b>POBLACIÓN:</b> Flujos vehiculares en intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.		Técnica:	Observación, ficha de observación, aforos MTC, HCM 2010
Diseño de investigación:	De Campo	<b>MUESTRA:</b> Flujos vehiculares de transporte liviano y pesado que transitan en los horarios de 7:00 a 9:00, 12:00 a 14:00 y 18:00 a 20:00 horas, los días lunes, miércoles y viernes en las intersecciones Av. Jorge Basadre Grohmann – con Av. Manuel A. Odría y Av. Ejército.		Instrumentos:	Ficha o formulario de observación.
Nivel de investigación:	Explicativo				

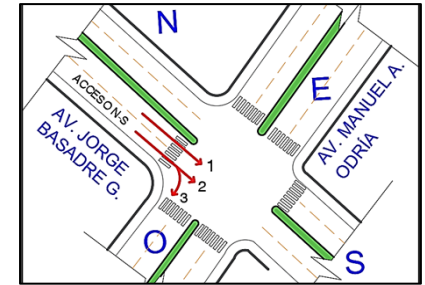
**Anexo 2. Aforos vehiculares**

**AFOROS VEHICULARES**



**INTERSECCIÓN I: AV. JORGE BASADRE GROHMANN CON AV. MANUEL A. ODRÍA**

**LUNES 19/10/2020**

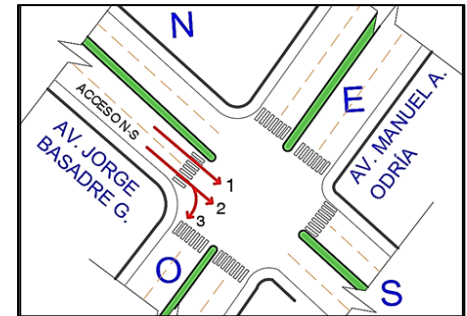


ACCESO	<b>N-S</b>
MOVIM	<b>1</b>

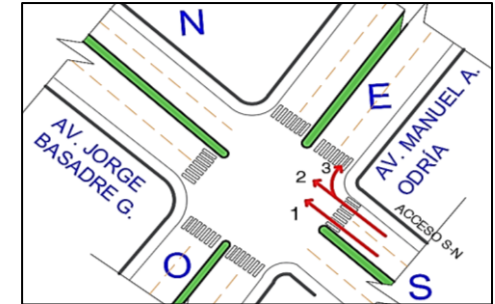
FRENTE

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	4	11	21	3	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
7:15 a. m.	7:30 a. m.	4	19	32	4	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	21	23	4	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	57
7:45 a. m.	8:00 a. m.	2	22	29	4	1	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	66
8:00 a. m.	8:15 a. m.	2	19	23	5	1	4	0	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	59
8:15 a. m.	8:30 a. m.	4	24	27	2	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	23	25	2	0	4	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
8:45 a. m.	9:00 a. m.	2	20	26	6	0	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
12:00 p. m.	12:15 p. m.	3	19	25	6	0	6	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
12:15 p. m.	12:30 p. m.	3	30	38	2	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
12:30 p. m.	12:45 p. m.	4	28	33	6	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	77
12:45 p. m.	1:00 p. m.	2	29	24	4	0	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	24	23	7	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
1:15 p. m.	1:30 p. m.	6	19	31	4	0	5	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
1:30 p. m.	1:45 p. m.	2	19	19	2	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	50
1:45 p. m.	2:00 p. m.	5	26	23	3	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	65
6:00 p. m.	6:15 p. m.	2	25	22	4	0	4	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	60
6:15 p. m.	6:30 p. m.	5	25	28	5	1	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	71
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	25	34	3	1	5	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	32	26	3	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
7:00 p. m.	7:15 p. m.	4	26	23	7	0	5	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	25	20	4	0	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
7:30 p. m.	7:45 p. m.	4	21	23	4	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	60
7:45 p. m.	8:00 p. m.	4	16	17	4	0	3	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
<b>TOTALES</b>		<b>77</b>	<b>548</b>	<b>615</b>	<b>98</b>	<b>4</b>	<b>94</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>57</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1520</b>

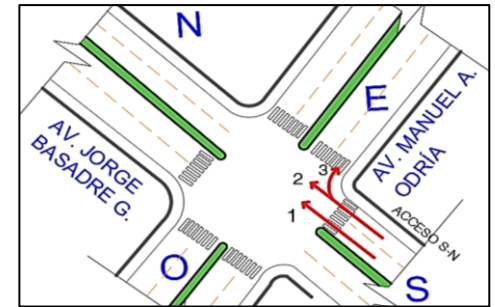




ACCESO		N-S		DERECHA																		TOTAL		
MOVIM		3		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
HORA DE CONTEO		INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
7:00 a. m.	7:15 a. m.	1	25	28	10	0	0	4	3	3	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	80		
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	33	30	9	0	2	4	1	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	87		
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	23	25	5	0	2	3	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65		
7:45 a. m.	8:00 a. m.	3	26	27	7	0	1	2	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71		
8:00 a. m.	8:15 a. m.	5	24	24	3	0	5	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65		
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	28	29	12	0	4	1	0	0	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85		
8:30 a. m.	8:45 a. m.	3	33	22	5	0	5	0	0	0	5	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	78		
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	33	35	7	0	2	3	0	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94		
12:00 p. m.	12:15 p. m.	1	20	30	8	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64		
12:15 p. m.	12:30 p. m.	3	17	28	6	0	6	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66		
12:30 p. m.	12:45 p. m.	8	28	38	10	0	2	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	91		
12:45 p. m.	1:00 p. m.	4	33	27	5	0	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76		
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	30	35	4	0	3	2	0	0	8	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	89		
1:15 p. m.	1:30 p. m.	1	31	28	5	0	3	1	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75		
1:30 p. m.	1:45 p. m.	1	17	21	7	1	6	1	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62		
1:45 p. m.	2:00 p. m.	3	18	38	3	0	5	1	1	1	6	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	78		
6:00 p. m.	6:15 p. m.	2	33	25	4	1	3	3	3	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	79		
6:15 p. m.	6:30 p. m.	4	29	35	5	0	0	1	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	81		
6:30 p. m.	6:45 p. m.	7	26	35	6	1	6	1	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	87		
6:45 p. m.	7:00 p. m.	5	25	43	8	0	2	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90		
7:00 p. m.	7:15 p. m.	6	43	39	9	0	4	2	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108		
7:15 p. m.	7:30 p. m.	6	36	38	5	0	11	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103		
7:30 p. m.	7:45 p. m.	5	30	29	7	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	79		
7:45 p. m.	8:00 p. m.	1	31	31	7	1	8	0	0	0	5	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	87		
<b>TOTALES</b>		<b>83</b>	<b>672</b>	<b>740</b>	<b>157</b>	<b>4</b>	<b>85</b>	<b>37</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>109</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1940</b>		



ACCESO		S-N		FRENTE																		TOTAL		
MOVIM		1		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
HORA DE CONTEO		INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3		3T2	3T3
7:00 a. m.	7:15 a. m.	2	32	30	8	0	4	0	0	0	7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	85		
7:15 a. m.	7:30 a. m.	1	36	41	6	0	2	1	0	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	93		
7:30 a. m.	7:45 a. m.	3	51	43	9	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	112		
7:45 a. m.	8:00 a. m.	5	35	37	4	0	1	1	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92		
8:00 a. m.	8:15 a. m.	3	54	47	9	0	1	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121		
8:15 a. m.	8:30 a. m.	3	35	47	7	0	2	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100		
8:30 a. m.	8:45 a. m.	3	41	36	5	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90		
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	45	29	4	0	4	1	0	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	93		
12:00 p. m.	12:15 p. m.	0	26	24	6	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62		
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	29	26	5	1	1	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	69		
12:30 p. m.	12:45 p. m.	4	22	20	5	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56		
12:45 p. m.	1:00 p. m.	3	28	29	4	1	1	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	73		
1:00 p. m.	1:15 p. m.	6	30	19	4	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65		
1:15 p. m.	1:30 p. m.	3	26	26	2	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63		
1:30 p. m.	1:45 p. m.	1	31	30	4	1	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73		
1:45 p. m.	2:00 p. m.	3	26	19	4	0	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59		
6:00 p. m.	6:15 p. m.	4	28	22	5	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64		
6:15 p. m.	6:30 p. m.	6	34	18	4	0	2	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69		
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	29	25	8	0	3	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	74		
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	25	18	3	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52		
7:00 p. m.	7:15 p. m.	4	36	23	6	0	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75		
7:15 p. m.	7:30 p. m.	3	23	19	3	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55		
7:30 p. m.	7:45 p. m.	5	21	19	3	0	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55		
7:45 p. m.	8:00 p. m.	3	25	12	4	0	3	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52		
<b>TOTALES</b>		<b>76</b>	<b>768</b>	<b>659</b>	<b>122</b>	<b>6</b>	<b>48</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>92</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1802</b>		



ACCESO		S-N		FRENTE																			
MOVIM		2																					
HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
INICIO	TERMINO		PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3					
7:00 a. m.	7:15 a. m.	1	27	25	7	0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	70
7:15 a. m.	7:30 a. m.	0	30	33	5	0	2	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	41	35	8	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	4	28	31	4	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	2	44	39	7	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	3	28	38	5	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	3	34	29	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	37	24	3	0	3	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	0	22	19	5	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	1	24	21	4	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	4	18	16	4	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	3	23	24	4	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	60	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	5	25	16	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	3	21	22	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	0	25	25	4	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	3	21	16	3	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	4	23	18	4	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	5	28	14	4	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	2	24	20	7	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	21	15	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	29	19	5	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	18	16	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	4	17	16	3	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	3	20	9	4	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	
<b>TOTALES</b>		<b>63</b>	<b>628</b>	<b>540</b>	<b>105</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>79</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1458</b>	

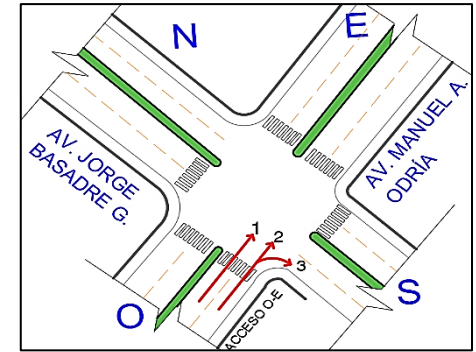










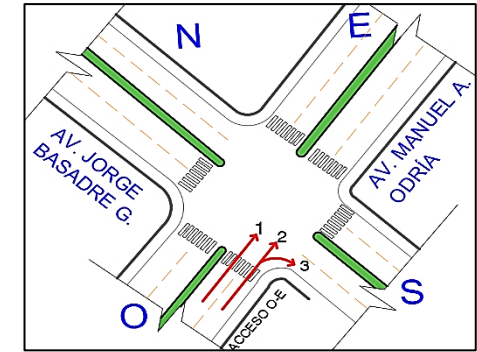


ACCESO	O-E
MOVIM	1

FRENTE

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
7:00 a. m.	7:15 a. m.	3	30	21	1	0	1	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	64	
7:15 a. m.	7:30 a. m.	5	38	17	4	0	5	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	76	
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	55	36	11	0	4	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115		
7:45 a. m.	8:00 a. m.	7	44	23	6	1	4	5	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93		
8:00 a. m.	8:15 a. m.	4	45	35	10	0	2	7	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	108		
8:15 a. m.	8:30 a. m.	3	40	26	5	1	2	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85		
8:30 a. m.	8:45 a. m.	7	46	22	5	0	2	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90		
8:45 a. m.	9:00 a. m.	5	44	28	8	1	7	5	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102		
12:00 p. m.	12:15 p. m.	5	29	19	9	1	4	5	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	75		
12:15 p. m.	12:30 p. m.	3	33	16	7	1	5	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74		
12:30 p. m.	12:45 p. m.	4	28	20	8	0	1	4	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70		
12:45 p. m.	1:00 p. m.	7	28	23	7	0	2	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75		
1:00 p. m.	1:15 p. m.	5	31	18	7	0	1	6	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71		
1:15 p. m.	1:30 p. m.	8	32	19	6	0	2	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75		
1:30 p. m.	1:45 p. m.	3	31	21	6	0	2	6	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	74		
1:45 p. m.	2:00 p. m.	5	30	18	5	0	3	5	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69		
6:00 p. m.	6:15 p. m.	4	37	26	8	0	7	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88		
6:15 p. m.	6:30 p. m.	7	28	23	5	0	2	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71		
6:30 p. m.	6:45 p. m.	4	31	19	3	1	4	4	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70		
6:45 p. m.	7:00 p. m.	7	34	18	3	0	3	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73		
7:00 p. m.	7:15 p. m.	7	34	12	4	0	4	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68		
7:15 p. m.	7:30 p. m.	4	28	9	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50		
7:30 p. m.	7:45 p. m.	4	38	16	4	0	2	4	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	71		
7:45 p. m.	8:00 p. m.	3	23	13	4	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47		
<b>TOTALES</b>		<b>116</b>	<b>837</b>	<b>498</b>	<b>141</b>	<b>6</b>	<b>70</b>	<b>117</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>43</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1854</b>		

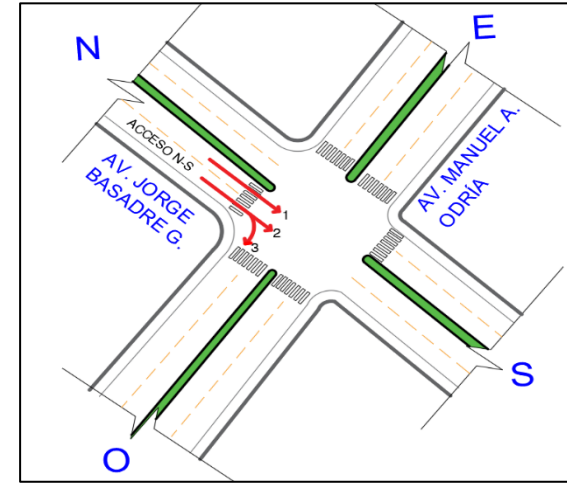




ACCESO		O-E		DERECHA																	TOTAL				
MOVIM		3																							
HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL			
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3				
7:00 a. m.	7:15 a. m.	4	25	18	2	0	2	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	29	17	6	0	3	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	40	20	7	1	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	79	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	4	24	22	1	1	2	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
8:00 a. m.	8:15 a. m.	1	30	15	3	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	30	27	11	0	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	21	23	3	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	33	24	8	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	73
12:00 p. m.	12:15 p. m.	1	22	15	3	1	1	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	19	19	4	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	50
12:30 p. m.	12:45 p. m.	3	16	8	6	0	2	0	0	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
12:45 p. m.	1:00 p. m.	4	28	17	4	0	3	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	35	14	5	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	64
1:15 p. m.	1:30 p. m.	0	21	18	6	1	4	0	0	0	5	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	58
1:30 p. m.	1:45 p. m.	4	25	15	2	0	2	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	19	18	7	0	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	52
6:00 p. m.	6:15 p. m.	2	29	12	9	1	5	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	35	10	13	1	4	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	18	31	4	0	3	0	0	0	2	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	66
6:45 p. m.	7:00 p. m.	3	23	31	3	0	3	1	0	0	8	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	74
7:00 p. m.	7:15 p. m.	1	28	9	2	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
7:15 p. m.	7:30 p. m.	1	15	14	2	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
7:30 p. m.	7:45 p. m.	4	16	25	5	0	1	0	0	2	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	59
7:45 p. m.	8:00 p. m.	3	12	13	6	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
<b>TOTALES</b>		<b>61</b>	<b>593</b>	<b>435</b>	<b>122</b>	<b>7</b>	<b>57</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>89</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1416</b>			

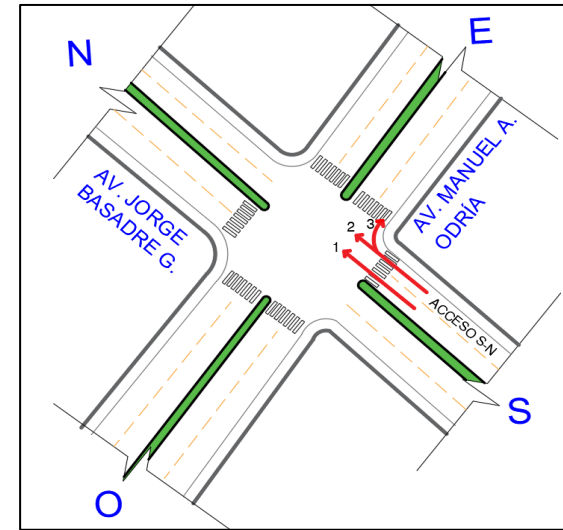






ACCESO **N-S**  
**MOVIM 3** DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
7:00 a. m.	7:15 a. m.	0	24	23	9	0	0	4	3	0	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	70		
7:15 a. m.	7:30 a. m.	1	25	26	5	0	3	5	2	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	72		
7:30 a. m.	7:45 a. m.	4	20	21	7	0	1	4	2	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	63		
7:45 a. m.	8:00 a. m.	2	24	25	6	0	1	3	0	1	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	68		
8:00 a. m.	8:15 a. m.	1	23	20	4	0	4	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56		
8:15 a. m.	8:30 a. m.	1	32	25	15	0	4	1	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	84		
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	25	23	8	0	4	0	1	1	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	71		
8:45 a. m.	9:00 a. m.	3	23	32	9	0	3	4	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78		
12:00 p. m.	12:15 p. m.	2	17	25	5	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54		
12:15 p. m.	12:30 p. m.	1	15	23	4	0	5	1	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	54		
12:30 p. m.	12:45 p. m.	5	23	35	8	0	3	3	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83		
12:45 p. m.	1:00 p. m.	5	26	28	3	0	3	2	0	1	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	75		
1:00 p. m.	1:15 p. m.	3	24	30	2	1	4	1	2	0	6	2	1	0	2	0	1	0	0	0	0	79		
1:15 p. m.	1:30 p. m.	2	30	23	3	0	2	1	1	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70		
1:30 p. m.	1:45 p. m.	0	18	16	5	0	4	1	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51		
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	14	35	3	0	5	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66		
6:00 p. m.	6:15 p. m.	3	26	26	2	0	4	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68		
6:15 p. m.	6:30 p. m.	2	26	35	2	1	1	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	73		
6:30 p. m.	6:45 p. m.	6	25	33	4	2	5	2	1	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	83		
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	21	40	6	1	3	1	0	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	84		
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	30	38	8	0	5	3	1	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99		
7:15 p. m.	7:30 p. m.	4	30	35	6	1	12	1	0	0	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	96		
7:30 p. m.	7:45 p. m.	0	25	26	5	0	4	2	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	67		
7:45 p. m.	8:00 p. m.	0	20	17	5	1	4	0	1	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	53		
<b>TOTALES</b>		<b>54</b>	<b>566</b>	<b>660</b>	<b>134</b>	<b>7</b>	<b>84</b>	<b>50</b>	<b>21</b>	<b>5</b>	<b>88</b>	<b>26</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1717</b>		



ACCESO **S-N**  
 MOVIM **1** FRENTE

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL			
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3						
7:00 a. m.	7:15 a. m.	8	27	27	6	0	1	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	33	23	7	0	4	3	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
7:30 a. m.	7:45 a. m.	3	27	28	7	0	5	1	1	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
7:45 a. m.	8:00 a. m.	7	38	27	5	0	5	3	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92
8:00 a. m.	8:15 a. m.	7	36	31	12	2	2	3	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	40	41	7	3	5	1	2	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107
8:30 a. m.	8:45 a. m.	5	46	28	7	0	5	2	3	0	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	107
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	39	31	8	1	3	0	1	0	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
12:00 p. m.	12:15 p. m.	5	26	23	7	1	4	1	1	0	7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
12:15 p. m.	12:30 p. m.	4	33	27	6	0	2	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
12:30 p. m.	12:45 p. m.	3	31	32	5	1	3	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
12:45 p. m.	1:00 p. m.	6	33	21	8	0	2	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
1:00 p. m.	1:15 p. m.	5	33	16	5	1	3	0	3	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
1:15 p. m.	1:30 p. m.	8	32	25	5	1	4	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
1:30 p. m.	1:45 p. m.	3	29	27	9	0	2	0	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	28	28	7	0	2	1	1	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
6:00 p. m.	6:15 p. m.	8	27	31	8	1	1	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
6:15 p. m.	6:30 p. m.	4	34	24	6	0	7	1	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	29	22	4	1	6	0	1	0	7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
6:45 p. m.	7:00 p. m.	4	23	31	8	0	1	0	1	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
7:00 p. m.	7:15 p. m.	1	26	23	7	1	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
7:15 p. m.	7:30 p. m.	3	20	14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
7:30 p. m.	7:45 p. m.	1	19	16	4	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
7:45 p. m.	8:00 p. m.	2	19	15	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>	<b>728</b>	<b>611</b>	<b>150</b>	<b>13</b>	<b>72</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>112</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1852</b>	



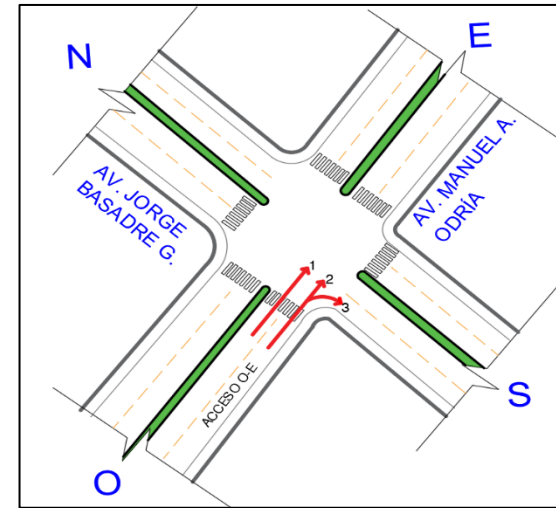








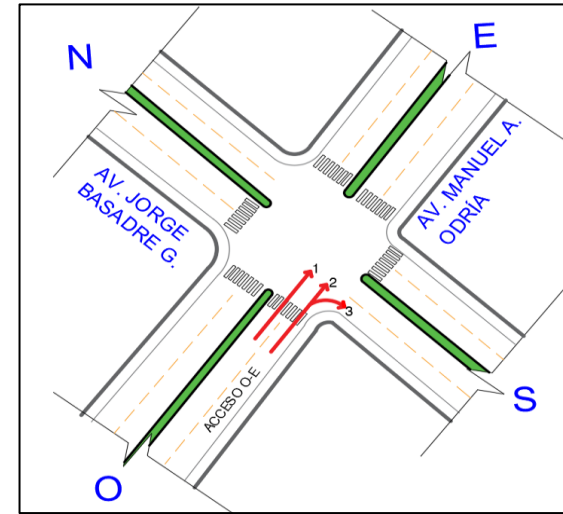




ACCESO **O-E**  
 MOVIM **1** FRENTE

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
7:00 a. m.	7:15 a. m.	4	26	16	5	0	2	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	46	23	5	1	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
7:30 a. m.	7:45 a. m.	10	39	16	3	0	4	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
7:45 a. m.	8:00 a. m.	6	35	19	5	1	2	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
8:00 a. m.	8:15 a. m.	5	42	24	9	0	4	5	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
8:15 a. m.	8:30 a. m.	5	45	19	9	0	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
8:30 a. m.	8:45 a. m.	10	40	19	9	0	2	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	49	22	6	0	4	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	93
12:00 p. m.	12:15 p. m.	5	32	17	8	0	1	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
12:15 p. m.	12:30 p. m.	4	31	20	7	0	2	4	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
12:30 p. m.	12:45 p. m.	4	32	14	5	0	2	4	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	64
12:45 p. m.	1:00 p. m.	4	35	16	5	0	2	5	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
1:00 p. m.	1:15 p. m.	8	35	14	4	1	4	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
1:15 p. m.	1:30 p. m.	5	28	13	7	0	2	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
1:30 p. m.	1:45 p. m.	5	26	18	4	1	2	5	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
1:45 p. m.	2:00 p. m.	3	29	23	7	0	0	5	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
6:00 p. m.	6:15 p. m.	6	28	21	7	0	4	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
6:15 p. m.	6:30 p. m.	5	32	22	6	0	4	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
6:30 p. m.	6:45 p. m.	5	38	16	6	0	4	4	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76
6:45 p. m.	7:00 p. m.	6	37	20	1	0	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	37	23	3	0	4	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
7:15 p. m.	7:30 p. m.	5	30	14	2	0	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
7:30 p. m.	7:45 p. m.	6	22	14	4	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
7:45 p. m.	8:00 p. m.	5	29	10	4	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
<b>TOTALES</b>		<b>125</b>	<b>823</b>	<b>433</b>	<b>131</b>	<b>4</b>	<b>62</b>	<b>105</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1746</b>





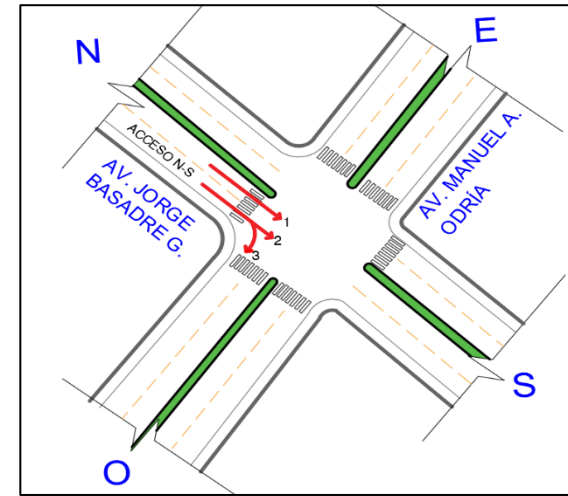
ACCESO **O-E**  
 MOVIM **3** DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	3	23	15	1	0	3	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
7:15 a. m.	7:30 a. m.	3	25	15	3	1	4	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
7:30 a. m.	7:45 a. m.	5	38	18	5	1	4	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	78	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	3	20	23	2	0	3	1	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
8:00 a. m.	8:15 a. m.	2	24	15	3	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
8:15 a. m.	8:30 a. m.	1	26	28	8	0	2	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
8:30 a. m.	8:45 a. m.	1	14	20	3	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
8:45 a. m.	9:00 a. m.	3	14	17	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
12:00 p. m.	12:15 p. m.	0	32	16	5	1	2	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
12:15 p. m.	12:30 p. m.	3	25	15	2	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	52
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	20	11	7	0	3	0	0	0	2	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	51
12:45 p. m.	1:00 p. m.	2	23	15	5	0	2	0	0	0	5	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	56
1:00 p. m.	1:15 p. m.	2	27	9	4	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
1:15 p. m.	1:30 p. m.	1	20	12	5	1	2	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	47
1:30 p. m.	1:45 p. m.	3	19	13	5	0	0	0	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
1:45 p. m.	2:00 p. m.	0	20	17	4	0	2	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	47
6:00 p. m.	6:15 p. m.	2	23	11	7	0	4	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
6:15 p. m.	6:30 p. m.	2	30	8	10	0	5	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
6:30 p. m.	6:45 p. m.	2	15	25	9	0	6	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	63
6:45 p. m.	7:00 p. m.	1	20	20	4	0	5	1	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	57
7:00 p. m.	7:15 p. m.	0	29	10	3	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	10	13	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
7:30 p. m.	7:45 p. m.	0	10	13	2	0	2	1	0	2	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	36
7:45 p. m.	8:00 p. m.	0	11	8	3	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
<b>TOTALES</b>		<b>43</b>	<b>518</b>	<b>367</b>	<b>104</b>	<b>5</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>81</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1231</b>	



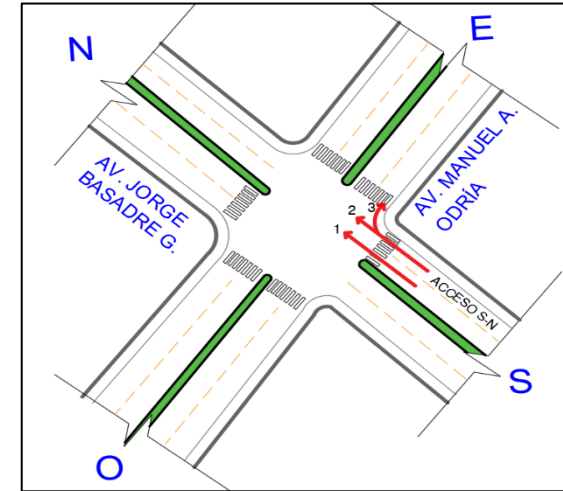






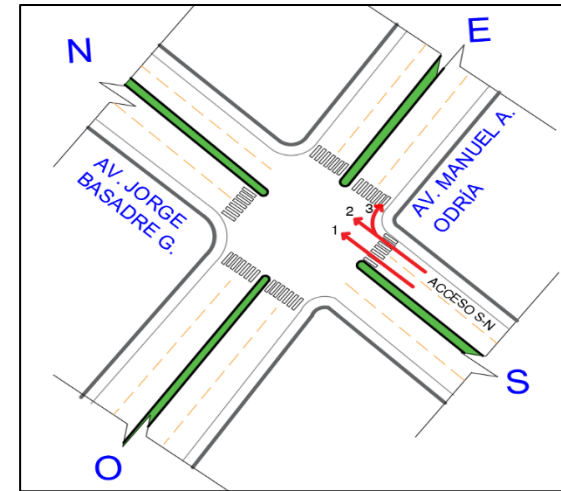
ACCESO	N-S
MOVIM	3 DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
7:00 a. m.	7:15 a. m.	1	26	20	5	0	2	4	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
7:15 a. m.	7:30 a. m.	1	20	30	6	0	3	4	1	1	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	71
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	17	23	8	0	3	8	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	67	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	3	32	28	2	0	2	5	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	78	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	3	26	25	3	0	2	3	3	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	69	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	20	23	11	1	1	2	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	1	23	20	12	0	2	1	2	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	68	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	2	21	30	5	0	2	2	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	1	16	32	11	0	1	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	12	23	9	0	3	2	0	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	56	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	26	37	5	0	2	2	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	79	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	3	29	24	5	0	1	0	1	1	7	3	0	0	2	0	1	0	0	0	77	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	5	30	32	3	0	3	2	1	0	8	1	1	0	0	2	0	0	0	0	88	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	1	28	26	4	0	1	2	1	0	4	3	0	0	0	1	0	0	0	0	71	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	1	15	20	5	0	3	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	49	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	1	9	38	8	0	4	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	65	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	1	20	30	6	0	2	3	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	67	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	30	35	8	0	3	4	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	87	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	4	26	32	5	1	4	3	0	1	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	82	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	1	20	41	8	1	2	3	0	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	84	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	2	28	39	8	1	4	1	2	0	6	2	0	0	0	1	0	0	0	0	94	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	1	27	40	5	1	10	2	0	0	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	92	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	0	20	26	6	1	7	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	66	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	0	12	20	3	2	5	1	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	47	
<b>TOTALES</b>		<b>43</b>	<b>533</b>	<b>694</b>	<b>151</b>	<b>8</b>	<b>72</b>	<b>59</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>68</b>	<b>37</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1721</b>	



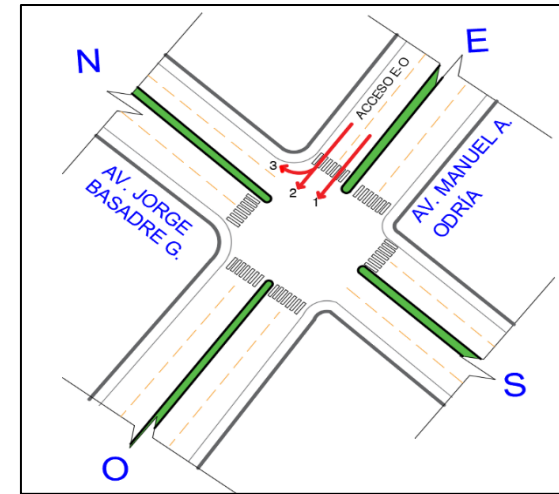
ACCESO **S-N**  
 MOVIM **1** FRENTE

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
7:00 a. m.	7:15 a. m.	6	30	32	4	0	2	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	36	36	4	0	4	2	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
7:30 a. m.	7:45 a. m.	4	47	42	9	0	2	1	1	0	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	114
7:45 a. m.	8:00 a. m.	6	38	29	8	0	5	1	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
8:00 a. m.	8:15 a. m.	6	42	37	10	0	4	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	41	28	7	1	2	0	3	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	90
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	37	32	8	0	2	1	1	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	89
8:45 a. m.	9:00 a. m.	3	33	29	8	2	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82
12:00 p. m.	12:15 p. m.	3	26	22	8	0	2	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	30	26	4	0	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	72
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	17	20	6	1	3	2	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
12:45 p. m.	1:00 p. m.	7	24	22	10	1	3	1	0	1	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	75
1:00 p. m.	1:15 p. m.	5	22	24	5	0	2	1	1	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65
1:15 p. m.	1:30 p. m.	4	22	24	5	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	61
1:30 p. m.	1:45 p. m.	4	27	22	5	1	1	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
1:45 p. m.	2:00 p. m.	4	24	29	7	1	1	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
6:00 p. m.	6:15 p. m.	3	33	26	5	0	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	31	41	8	0	4	1	1	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	93
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	34	21	5	0	3	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
6:45 p. m.	7:00 p. m.	3	29	17	4	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
7:00 p. m.	7:15 p. m.	2	31	20	3	0	3	0	1	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
7:15 p. m.	7:30 p. m.	1	25	16	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	49
7:30 p. m.	7:45 p. m.	2	22	16	2	0	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
7:45 p. m.	8:00 p. m.	2	24	17	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
<b>TOTALES</b>		<b>81</b>	<b>725</b>	<b>628</b>	<b>142</b>	<b>7</b>	<b>61</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>90</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1793</b>



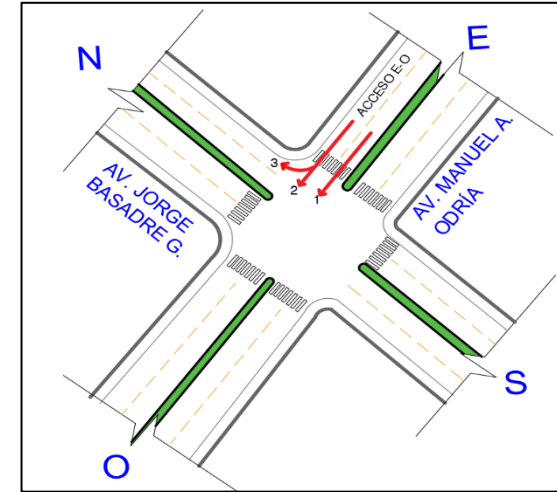
ACCESO		S-N																					
MOVIM		2		FRENTE																			
HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
INICIO	TERMINO																						
7:00 a. m.	7:15 a. m.	5	27	30	4	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
7:15 a. m.	7:30 a. m.	1	34	34	3	0	4	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
7:30 a. m.	7:45 a. m.	3	43	38	8	0	1	0	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
7:45 a. m.	8:00 a. m.	6	36	27	8	0	4	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
8:00 a. m.	8:15 a. m.	6	38	34	10	0	3	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96
8:15 a. m.	8:30 a. m.	1	38	25	7	1	2	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	34	29	8	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	80
8:45 a. m.	9:00 a. m.	2	31	27	7	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74
12:00 p. m.	12:15 p. m.	3	24	20	7	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	28	24	4	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
12:30 p. m.	12:45 p. m.	1	16	18	5	0	3	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
12:45 p. m.	1:00 p. m.	6	23	21	9	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	21	22	5	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
1:15 p. m.	1:30 p. m.	4	20	22	5	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
1:30 p. m.	1:45 p. m.	4	24	21	4	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
1:45 p. m.	2:00 p. m.	3	23	26	7	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
6:00 p. m.	6:15 p. m.	3	31	24	5	0	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
6:15 p. m.	6:30 p. m.	2	28	38	7	0	4	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	31	19	4	0	3	1	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
6:45 p. m.	7:00 p. m.	3	27	16	3	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
7:00 p. m.	7:15 p. m.	2	28	18	2	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
7:15 p. m.	7:30 p. m.	0	23	15	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
7:30 p. m.	7:45 p. m.	1	20	15	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
7:45 p. m.	8:00 p. m.	2	22	15	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
<b>TOTALES</b>		<b>69</b>	<b>670</b>	<b>578</b>	<b>129</b>	<b>3</b>	<b>49</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>75</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1596</b>





ACCESO E-O  
 MOVIM 1 FRENTE

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
7:00 a. m.	7:15 a. m.	1	14	15	2	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	27	17	3	0	3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
7:30 a. m.	7:45 a. m.	3	35	16	4	0	4	3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	68
7:45 a. m.	8:00 a. m.	3	23	15	3	0	3	4	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	0	0	0	58
8:00 a. m.	8:15 a. m.	1	21	15	5	0	5	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	29	12	2	0	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
8:30 a. m.	8:45 a. m.	4	34	19	3	1	4	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
8:45 a. m.	9:00 a. m.	1	33	17	3	1	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
12:00 p. m.	12:15 p. m.	2	19	16	4	0	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	30	17	6	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
12:30 p. m.	12:45 p. m.	3	33	18	3	0	6	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
12:45 p. m.	1:00 p. m.	4	32	24	5	0	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
1:00 p. m.	1:15 p. m.	2	40	12	5	1	4	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
1:15 p. m.	1:30 p. m.	6	30	19	4	1	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
1:30 p. m.	1:45 p. m.	5	31	14	5	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
1:45 p. m.	2:00 p. m.	4	28	14	4	0	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
6:00 p. m.	6:15 p. m.	0	32	17	2	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	23	20	4	0	4	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	36	18	2	1	4	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
6:45 p. m.	7:00 p. m.	5	24	11	4	0	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
7:00 p. m.	7:15 p. m.	4	30	15	3	0	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
7:15 p. m.	7:30 p. m.	5	25	17	3	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
7:30 p. m.	7:45 p. m.	4	35	26	3	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
7:45 p. m.	8:00 p. m.	4	35	17	1	0	3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
<b>TOTALES</b>		<b>73</b>	<b>699</b>	<b>401</b>	<b>83</b>	<b>5</b>	<b>84</b>	<b>58</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1451</b>



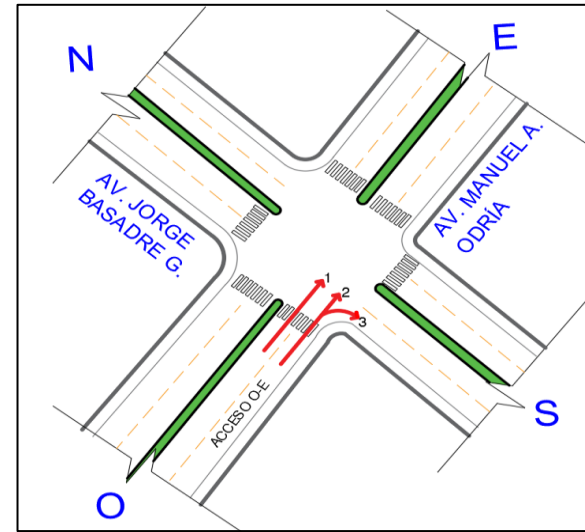
ACCESO		E-O		SIGUEN																	TOTAL	
MOVIM	2																					
HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
INICIO	TERMINO								2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
7:00 a. m.	7:15 a. m.	1	12	13	2	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
7:15 a. m.	7:30 a. m.	1	23	15	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	29	13	4	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
7:45 a. m.	8:00 a. m.	2	19	13	3	0	2	3	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	0	0	0	49
8:00 a. m.	8:15 a. m.	1	18	13	4	0	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
8:15 a. m.	8:30 a. m.	1	24	10	2	0	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
8:30 a. m.	8:45 a. m.	3	29	16	2	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
8:45 a. m.	9:00 a. m.	1	28	14	3	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
12:00 p. m.	12:15 p. m.	2	17	13	4	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
12:15 p. m.	12:30 p. m.	1	26	15	5	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	25	15	3	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
12:45 p. m.	1:00 p. m.	3	31	20	5	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
1:00 p. m.	1:15 p. m.	1	32	10	4	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
1:15 p. m.	1:30 p. m.	5	25	16	4	0	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
1:30 p. m.	1:45 p. m.	4	26	12	5	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
1:45 p. m.	2:00 p. m.	4	23	12	4	0	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
6:00 p. m.	6:15 p. m.	0	25	14	2	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	15	17	3	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	26	15	2	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
6:45 p. m.	7:00 p. m.	5	20	9	4	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
7:00 p. m.	7:15 p. m.	4	29	13	2	0	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
7:15 p. m.	7:30 p. m.	4	28	15	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
7:30 p. m.	7:45 p. m.	3	33	22	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
7:45 p. m.	8:00 p. m.	3	30	15	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
<b>TOTALES</b>		<b>59</b>	<b>593</b>	<b>340</b>	<b>75</b>	<b>0</b>	<b>71</b>	<b>50</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1219</b>











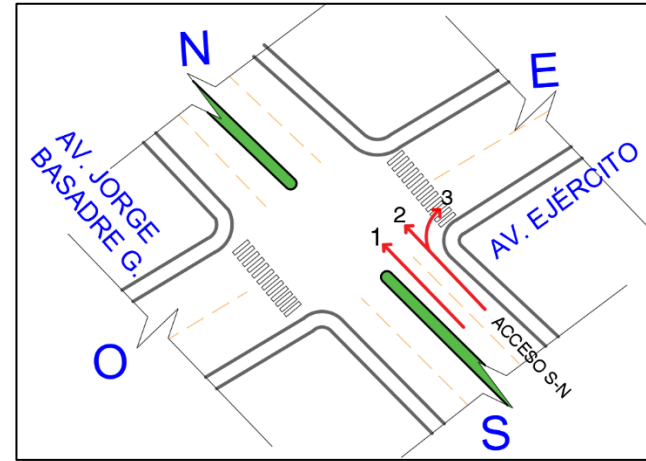
ACCESO **O-E**  
**MOVIM 3** DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	2	26	11	2	0	5	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
7:15 a. m.	7:30 a. m.	4	23	10	5	0	3	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
7:30 a. m.	7:45 a. m.	6	35	15	7	0	2	0	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	74	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	4	26	23	5	0	3	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	3	20	18	2	0	2	0	2	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	19	25	4	0	4	0	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	14	15	5	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	2	14	16	6	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	2	30	13	8	0	3	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	60	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	4	26	15	3	0	3	0	0	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	57	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	21	12	5	2	2	0	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	3	20	17	2	1	4	0	0	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	3	25	11	3	0	2	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	2	18	16	2	0	3	0	1	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	47	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	2	15	15	7	1	1	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	1	21	13	5	0	3	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	48	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	1	25	15	8	0	5	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	32	14	16	0	5	1	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	4	25	26	14	0	7	0	0	0	2	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	83	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	26	28	12	0	5	1	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	32	15	5	1	6	0	0	0	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	68	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	1	15	12	10	0	2	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	1	12	8	8	0	3	1	0	2	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	39	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	0	8	5	5	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	
<b>TOTALES</b>		<b>59</b>	<b>528</b>	<b>368</b>	<b>149</b>	<b>5</b>	<b>77</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>86</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1339</b>	





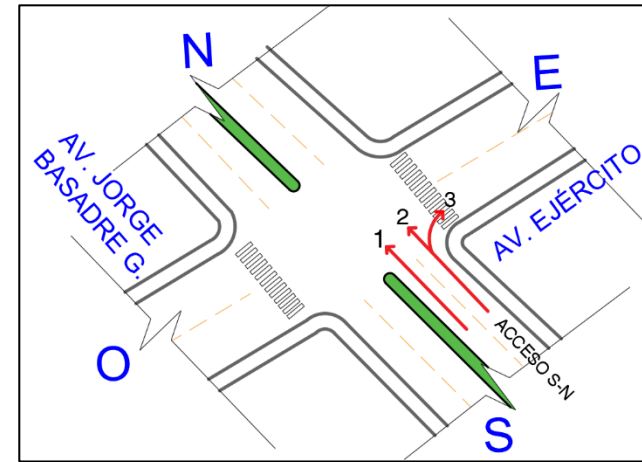




ACCESO **S-N**  
 MOVIM **1** SIGUEN

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
7:00 a. m.	7:15 a. m.	3	34	36	4	0	1	1	2	0	7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	90
7:15 a. m.	7:30 a. m.	4	51	35	5	0	6	1	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
7:30 a. m.	7:45 a. m.	5	47	40	11	0	2	1	2	0	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	117
7:45 a. m.	8:00 a. m.	6	35	38	11	1	2	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
8:00 a. m.	8:15 a. m.	4	39	42	11	1	8	1	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114
8:15 a. m.	8:30 a. m.	1	30	31	9	2	2	0	3	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	84
8:30 a. m.	8:45 a. m.	3	30	33	9	0	1	1	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
8:45 a. m.	9:00 a. m.	7	44	32	8	0	4	1	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103
12:00 p. m.	12:15 p. m.	7	40	27	9	1	4	1	2	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	99
12:15 p. m.	12:30 p. m.	6	31	29	7	0	3	0	3	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84
12:30 p. m.	12:45 p. m.	6	31	30	6	1	5	1	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	85
12:45 p. m.	1:00 p. m.	2	22	23	9	0	3	0	1	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	65
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	38	23	9	1	2	1	1	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
1:15 p. m.	1:30 p. m.	6	34	26	9	0	1	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
1:30 p. m.	1:45 p. m.	4	28	26	7	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
1:45 p. m.	2:00 p. m.	4	36	19	9	0	2	0	1	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
6:00 p. m.	6:15 p. m.	4	32	17	10	1	3	0	2	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	74
6:15 p. m.	6:30 p. m.	4	36	26	6	0	4	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	41	28	10	0	3	0	1	0	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	94
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	30	21	6	0	4	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
7:00 p. m.	7:15 p. m.	4	27	17	4	0	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
7:15 p. m.	7:30 p. m.	3	26	14	7	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
7:30 p. m.	7:45 p. m.	2	24	23	2	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	57
7:45 p. m.	8:00 p. m.	4	25	14	3	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	51
<b>TOTALES</b>	<b>8:00</b>	<b>98</b>	<b>811</b>	<b>650</b>	<b>181</b>	<b>8</b>	<b>68</b>	<b>13</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>103</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1990</b>

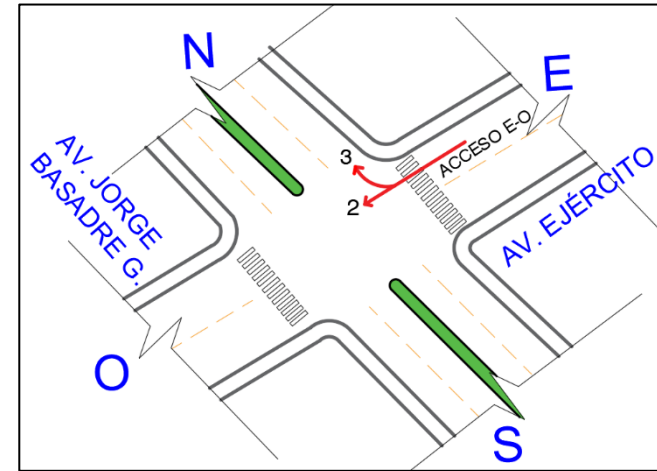




ACCESO		S-N		SIGUEN																		TOTAL		
MOVIM		2		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
INICIO	TERMINO	PICK UP	PANEL				RURAL Combi	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
7:00 a. m.	7:15 a. m.	3	27	29	4	0	1	1	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	
7:15 a. m.	7:30 a. m.	4	41	29	4	0	5	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	
7:30 a. m.	7:45 a. m.	4	39	33	9	0	1	1	2	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	5	28	31	9	1	1	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	3	32	34	9	0	7	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	1	25	25	8	1	1	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	25	27	8	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	5	36	27	6	0	4	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	6	33	22	8	1	3	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	5	25	24	6	0	2	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	5	25	25	5	1	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	2	18	19	8	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	3	31	18	7	0	1	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	5	27	21	7	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	4	23	21	5	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	4	29	16	8	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	4	27	14	8	1	2	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	61	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	4	29	22	5	0	3	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	2	34	23	9	0	2	0	1	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	1	25	17	5	0	4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	22	14	3	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	21	12	6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	1	19	19	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	43	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	3	20	11	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	
<b>TOTALES</b>		<b>81</b>	<b>661</b>	<b>533</b>	<b>151</b>	<b>5</b>	<b>54</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>85</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1600</b>		







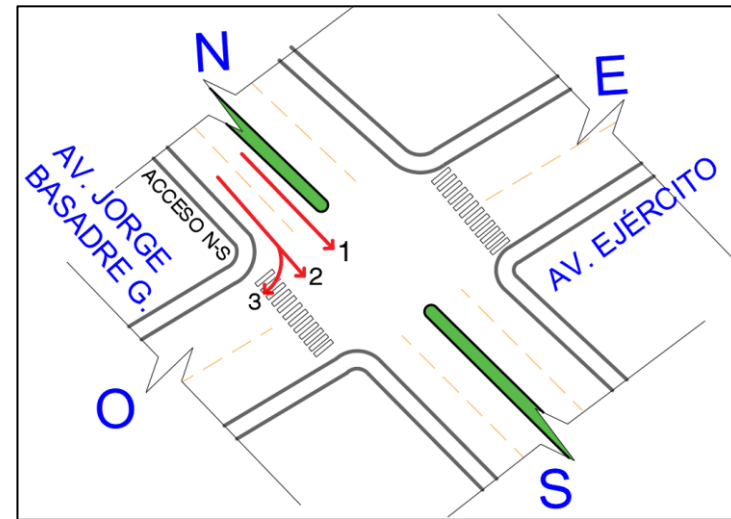
ACCESO	E-O
MOVIM	3 DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
7:00 a. m.	7:15 a. m.	1	9	18	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
7:15 a. m.	7:30 a. m.	1	11	17	2	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
7:30 a. m.	7:45 a. m.	7	12	14	3	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
7:45 a. m.	8:00 a. m.	2	25	21	2	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
8:00 a. m.	8:15 a. m.	1	23	19	4	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	20	17	1	0	4	1	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	20	20	6	0	2	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	10	20	1	0	1	2	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
12:00 p. m.	12:15 p. m.	0	11	19	2	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
12:15 p. m.	12:30 p. m.	1	10	18	3	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	38
12:30 p. m.	12:45 p. m.	1	12	21	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
12:45 p. m.	1:00 p. m.	0	15	12	5	0	1	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	14	17	5	0	3	0	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	51
1:15 p. m.	1:30 p. m.	4	15	12	3	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
1:30 p. m.	1:45 p. m.	2	22	13	6	1	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
1:45 p. m.	2:00 p. m.	1	26	11	6	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
6:00 p. m.	6:15 p. m.	6	19	15	4	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
6:15 p. m.	6:30 p. m.	1	22	19	4	0	2	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
6:30 p. m.	6:45 p. m.	2	25	23	8	0	5	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
6:45 p. m.	7:00 p. m.	3	23	16	5	0	2	3	0	0	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	59
7:00 p. m.	7:15 p. m.	2	16	16	2	0	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
7:15 p. m.	7:30 p. m.	1	23	17	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
7:30 p. m.	7:45 p. m.	2	23	11	2	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
7:45 p. m.	8:00 p. m.	3	17	16	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
<b>TOTALES</b>		<b>53</b>	<b>423</b>	<b>402</b>	<b>78</b>	<b>3</b>	<b>56</b>	<b>24</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1103</b>





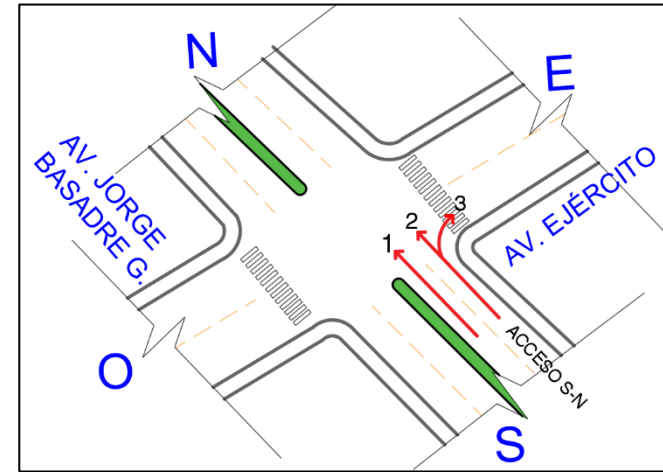




ACCESO		N-S		FRENTE																	TOTAL		
MOVIM		2		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
HORA DE CONTEO	INICIO	TERMINO					PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
7:00 a. m.	7:15 a. m.	2	32	35	2	0	2	2	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	
7:15 a. m.	7:30 a. m.	3	36	40	4	0	2	2	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	
7:30 a. m.	7:45 a. m.	1	42	46	6	0	2	1	1	0	6	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	109	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	4	45	50	4	0	3	2	2	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	117	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	4	32	35	8	0	2	1	1	0	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	90	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	30	34	7	1	2	2	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	3	28	31	4	1	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	4	27	30	3	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	2	34	38	10	0	4	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	93	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	38	42	12	0	3	2	0	0	4	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	106	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	32	35	9	0	2	2	1	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	88	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	2	30	34	6	0	2	2	1	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	83	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	34	38	4	1	2	0	1	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	89	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	3	24	26	6	1	2	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	68	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	2	34	37	6	1	2	1	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	26	28	4	0	3	1	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	4	32	35	10	0	4	1	0	0	4	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	94	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	52	58	8	0	5	2	0	0	3	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	134	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	4	40	44	8	1	2	1	0	0	4	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	107	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	3	41	45	7	1	4	2	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	110	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	48	53	7	1	4	1	0	0	3	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	124	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	31	34	6	1	2	2	1	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	83	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	2	21	23	3	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	56	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	0	32	35	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	
<b>TOTALES</b>		<b>63</b>	<b>821</b>	<b>906</b>	<b>145</b>	<b>9</b>	<b>60</b>	<b>33</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>88</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2182</b>	







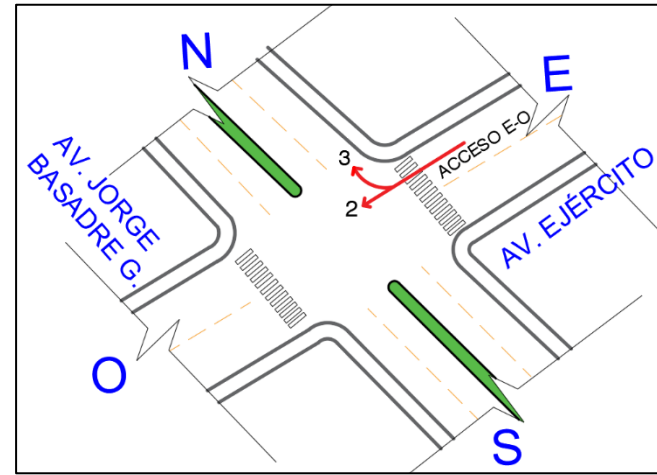
ACCESO	S-N
MOVIM	1 FRENTE

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	7	23	23	5	0	1	1	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	28	20	6	0	4	2	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	
7:30 a. m.	7:45 a. m.	3	25	27	6	0	4	1	1	0	7	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	77	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	6	35	28	4	0	4	2	1	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	6	35	26	10	2	3	2	1	0	9	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	96	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	32	35	6	3	4	1	2	0	5	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	92	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	4	39	24	6	0	4	2	3	0	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	92	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	3	33	26	7	1	3	0	1	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	81	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	4	22	19	6	1	3	1	1	0	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	65	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	3	28	23	5	0	2	0	1	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	68	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	3	30	27	4	1	2	1	1	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	73	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	5	35	25	7	0	2	1	1	0	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	83	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	4	37	23	4	1	3	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	7	32	25	4	1	3	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	3	25	23	8	0	2	0	1	0	9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	72	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	24	20	6	0	2	1	1	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	63	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	7	23	26	7	1	1	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	33	30	5	0	6	1	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	35	28	3	1	5	0	1	0	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	84	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	3	33	26	7	0	1	0	1	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	76	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	1	30	20	6	1	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	64	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	25	12	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	43	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	1	16	14	3	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	39	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	2	16	13	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
<b>TOTALES</b>		<b>86</b>	<b>694</b>	<b>563</b>	<b>127</b>	<b>13</b>	<b>63</b>	<b>17</b>	<b>27</b>	<b>0</b>	<b>124</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1742</b>	





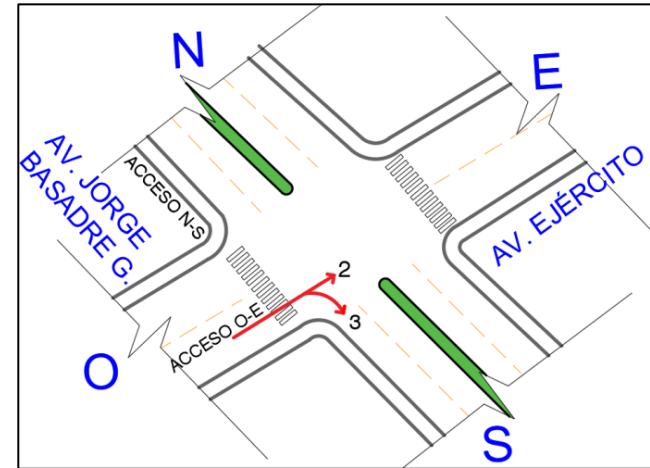




ACCESO	E-O
MOVIM	3 DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL			
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3						
7:00 a. m.	7:15 a. m.	0	5	15	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
7:15 a. m.	7:30 a. m.	0	15	18	1	0	2	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
7:30 a. m.	7:45 a. m.	5	18	18	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
7:45 a. m.	8:00 a. m.	1	20	20	2	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
8:00 a. m.	8:15 a. m.	2	21	22	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
8:15 a. m.	8:30 a. m.	1	15	18	0	0	3	1	0	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
8:30 a. m.	8:45 a. m.	1	13	12	4	0	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
8:45 a. m.	9:00 a. m.	2	8	11	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
12:00 p. m.	12:15 p. m.	1	13	20	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	12	15	2	0	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	38
12:30 p. m.	12:45 p. m.	0	14	23	2	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
12:45 p. m.	1:00 p. m.	0	16	16	4	0	0	1	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
1:00 p. m.	1:15 p. m.	3	14	14	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	37
1:15 p. m.	1:30 p. m.	2	16	10	3	2	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
1:30 p. m.	1:45 p. m.	0	20	12	5	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	25	12	1	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
6:00 p. m.	6:15 p. m.	3	15	16	3	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
6:15 p. m.	6:30 p. m.	2	18	15	2	0	2	1	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
6:30 p. m.	6:45 p. m.	4	20	16	5	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	18	17	3	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	47
7:00 p. m.	7:15 p. m.	2	14	15	3	0	1	2	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	20	14	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
7:30 p. m.	7:45 p. m.	2	21	10	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
7:45 p. m.	8:00 p. m.	1	18	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
<b>TOTALES</b>		<b>40</b>	<b>389</b>	<b>367</b>	<b>52</b>	<b>4</b>	<b>41</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>973</b>	



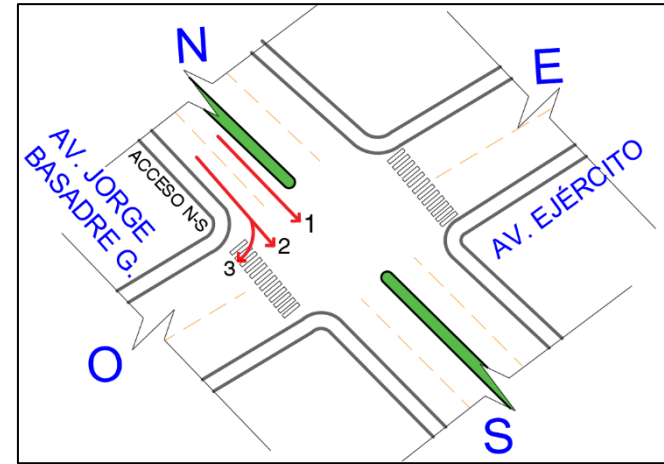


ACCESO	O-E
MOVIM	3 DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
7:00 a. m.	7:15 a. m.	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
7:15 a. m.	7:30 a. m.	0	2	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
7:30 a. m.	7:45 a. m.	2	4	2	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
7:45 a. m.	8:00 a. m.	1	2	3	1	0	1	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	1	1	3	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	0	3	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	1	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	1	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	0	5	5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	0	4	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	1	5	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	1	5	8	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	0	2	3	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	1	3	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	1	1	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	2	4	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	1	3	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	1	1	3	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	0	3	2	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	0	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
<b>TOTALES</b>		<b>19</b>	<b>63</b>	<b>77</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>224</b>	







ACCESO		N-S		FRENTE																	TOTAL				
MOVIM		2		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER			
HORA DE CONTEO	INICIO	TERMINO	PICK UP				PANEL	RURAL Combi	2 E	3 E		2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3		3T2	3T3		
																								2	3
7:00 a. m.	7:15 a. m.	2	27	23	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68				
7:15 a. m.	7:30 a. m.	3	35	27	9	0	3	1	1	1	6	1	1	0	0	0	1	0	0	0	89				
7:30 a. m.	7:45 a. m.	1	38	30	10	1	2	2	3	1	6	1	1	0	0	0	1	0	0	0	97				
7:45 a. m.	8:00 a. m.	3	42	35	12	0	3	2	2	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	106				
8:00 a. m.	8:15 a. m.	2	32	32	10	1	3	2	3	2	5	1	2	0	0	0	1	0	0	0	96				
8:15 a. m.	8:30 a. m.	2	42	27	7	1	3	3	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	92				
8:30 a. m.	8:45 a. m.	2	35	28	6	0	2	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78				
8:45 a. m.	9:00 a. m.	3	24	31	8	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73				
12:00 p. m.	12:15 p. m.	1	35	29	11	0	5	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86				
12:15 p. m.	12:30 p. m.	2	42	32	10	1	4	1	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100				
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	35	31	12	0	3	2	1	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	93				
12:45 p. m.	1:00 p. m.	3	39	30	9	1	2	2	1	2	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	96				
1:00 p. m.	1:15 p. m.	2	30	26	8	0	3	1	2	1	5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	81				
1:15 p. m.	1:30 p. m.	3	22	26	8	0	2	2	0	2	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	71				
1:30 p. m.	1:45 p. m.	2	24	18	8	1	2	1	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62				
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	23	20	7	0	2	2	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61				
6:00 p. m.	6:15 p. m.	3	45	34	9	0	3	1	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	100				
6:15 p. m.	6:30 p. m.	2	52	45	7	1	5	1	1	2	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0	122				
6:30 p. m.	6:45 p. m.	3	42	34	9	1	5	1	2	1	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	104				
6:45 p. m.	7:00 p. m.	3	40	37	9	0	5	1	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	100				
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	46	37	7	1	4	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	106				
7:15 p. m.	7:30 p. m.	3	35	29	6	0	2	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80				
7:30 p. m.	7:45 p. m.	2	25	21	5	0	2	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60				
7:45 p. m.	8:00 p. m.	1	35	18	2	0	2	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62				
<b>TOTALES</b>		<b>55</b>	<b>845</b>	<b>700</b>	<b>195</b>	<b>9</b>	<b>74</b>	<b>33</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>98</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2083</b>				

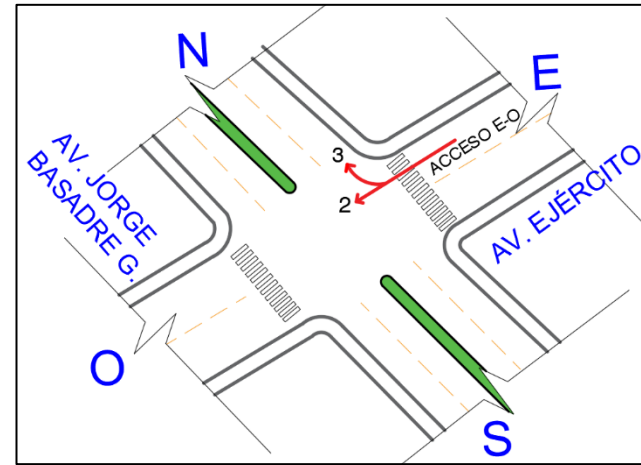












ACCESO	E-O
MOVIM	3 DERECHA

HORA DE CONTEO		MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
INICIO	TERMINO				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
7:00 a. m.	7:15 a. m.	0	10	16	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
7:15 a. m.	7:30 a. m.	2	15	19	1	1	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
7:30 a. m.	7:45 a. m.	4	20	19	2	0	2	1	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
7:45 a. m.	8:00 a. m.	3	23	26	2	1	2	1	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	63	
8:00 a. m.	8:15 a. m.	2	25	25	2	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	
8:15 a. m.	8:30 a. m.	3	28	23	3	0	4	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	
8:30 a. m.	8:45 a. m.	3	20	27	3	0	2	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	
8:45 a. m.	9:00 a. m.	3	10	24	2	0	1	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	
12:00 p. m.	12:15 p. m.	2	16	19	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	
12:15 p. m.	12:30 p. m.	3	15	19	2	0	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	
12:30 p. m.	12:45 p. m.	2	16	26	2	0	2	2	0	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	
12:45 p. m.	1:00 p. m.	2	15	25	4	0	2	2	0	1	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	
1:00 p. m.	1:15 p. m.	1	13	20	4	0	2	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
1:15 p. m.	1:30 p. m.	2	15	18	2	0	4	1	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	
1:30 p. m.	1:45 p. m.	3	20	16	5	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	
1:45 p. m.	2:00 p. m.	2	25	10	3	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	
6:00 p. m.	6:15 p. m.	4	23	14	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	
6:15 p. m.	6:30 p. m.	3	25	18	3	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	
6:30 p. m.	6:45 p. m.	2	27	20	5	0	3	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	
6:45 p. m.	7:00 p. m.	2	23	16	7	0	3	4	0	0	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	61	
7:00 p. m.	7:15 p. m.	3	20	18	6	1	3	2	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	
7:15 p. m.	7:30 p. m.	2	25	18	6	0	2	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	
7:30 p. m.	7:45 p. m.	0	23	16	5	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	
7:45 p. m.	8:00 p. m.	0	19	14	5	0	3	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	
<b>TOTALES</b>		<b>53</b>	<b>471</b>	<b>466</b>	<b>80</b>	<b>5</b>	<b>53</b>	<b>29</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>65</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1256</b>	



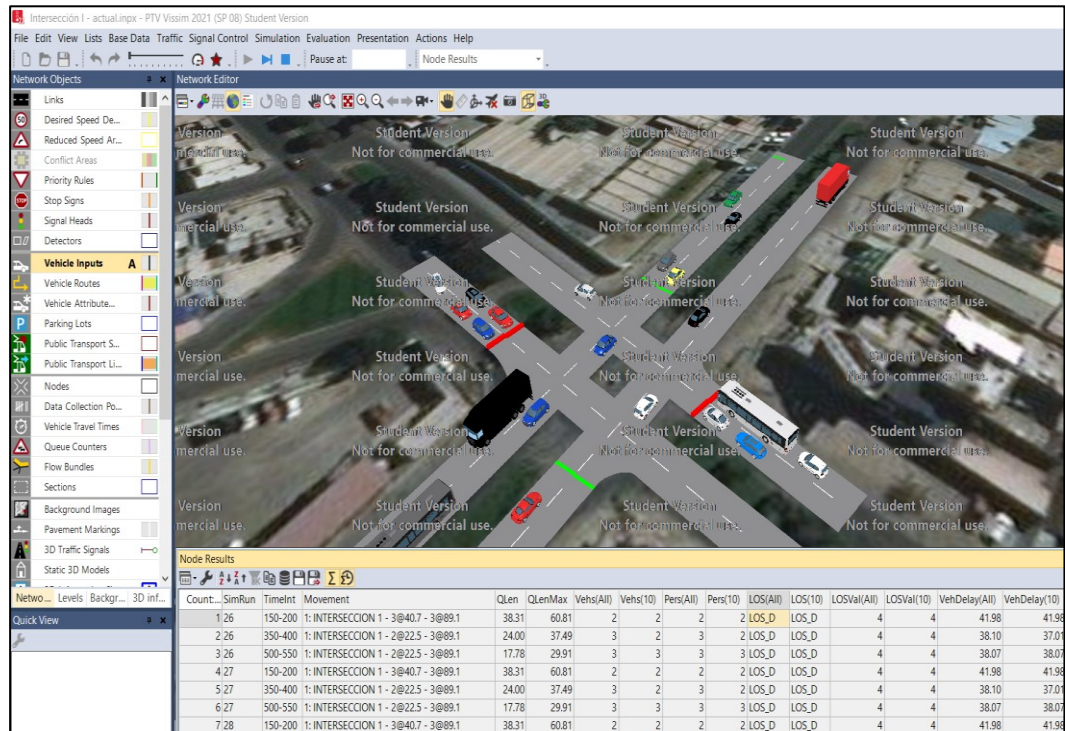




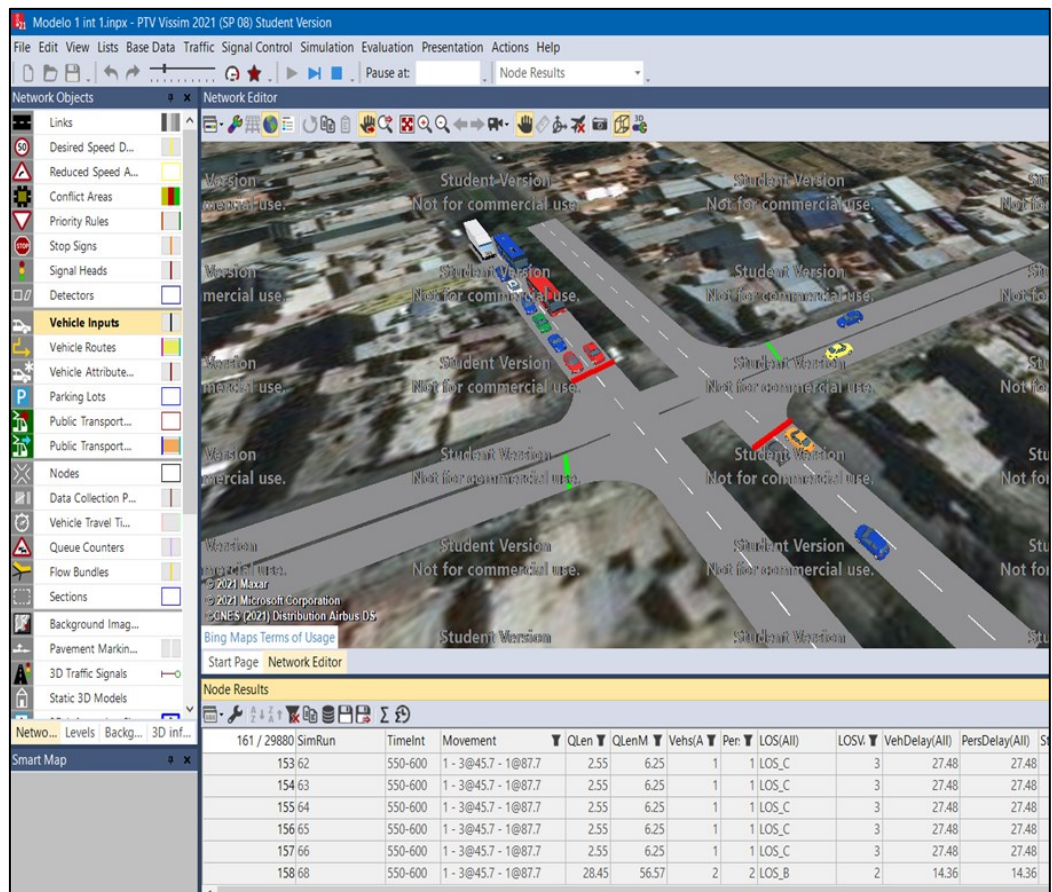
**Anexo 3. Simulación del tráfico**

**SIMULACIÓN EN SOFTWARE PTV  
VISSIM 2021 (STUDENT), VERSIÓN  
GRATUITA**

## SITUACIÓN ACTUAL DE INTERSECCIÓN I AV. JORGE BASADRE GROHMANN CON AV. EJÉRCITO

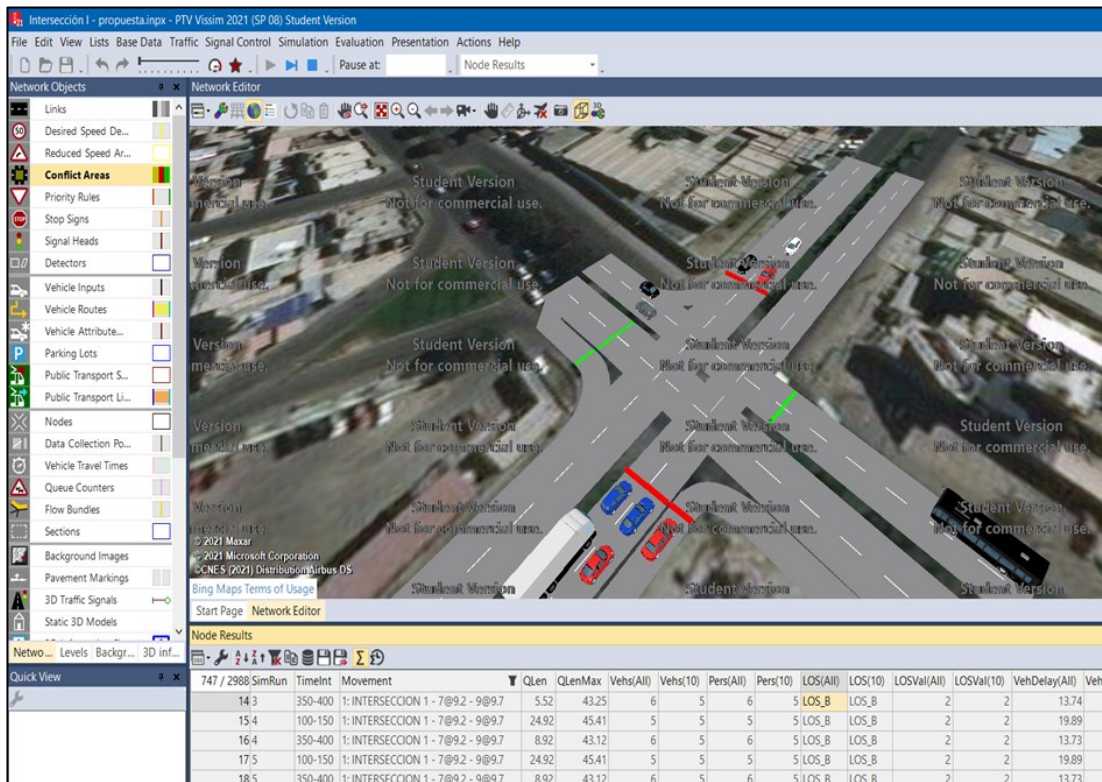


## SITUACION ACTUAL DE INTERSECCIÓN II

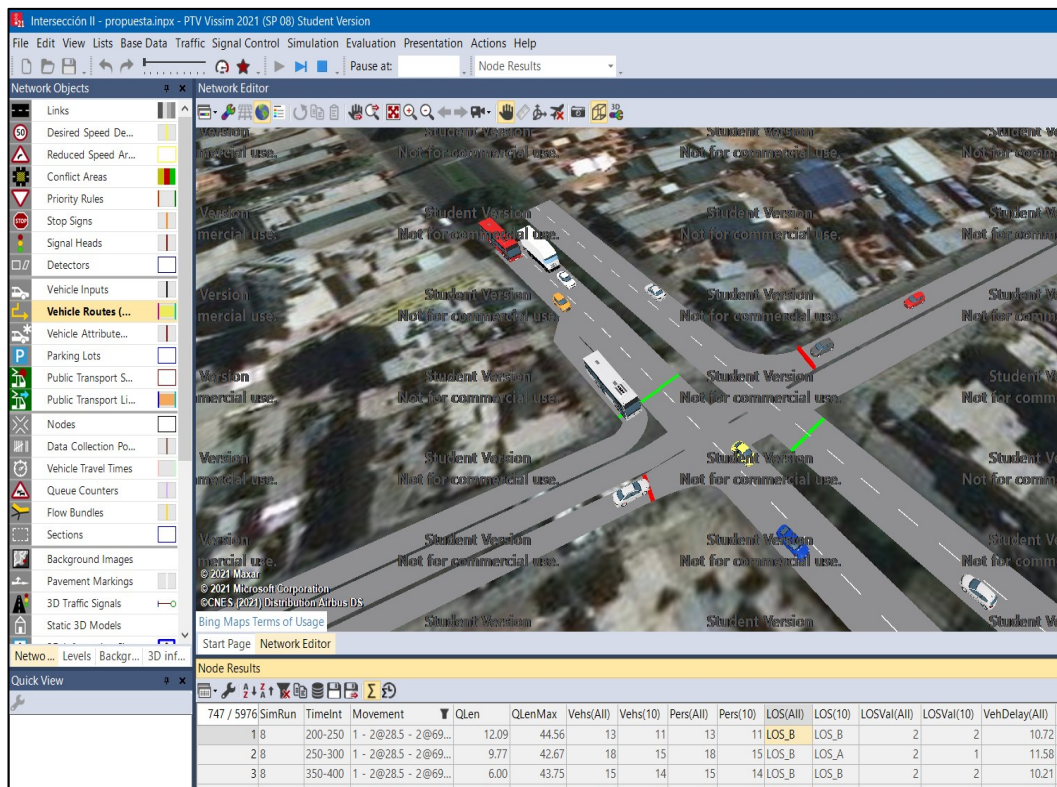




### PROPUESTA DE MEJORA INTERSECCIÓN I



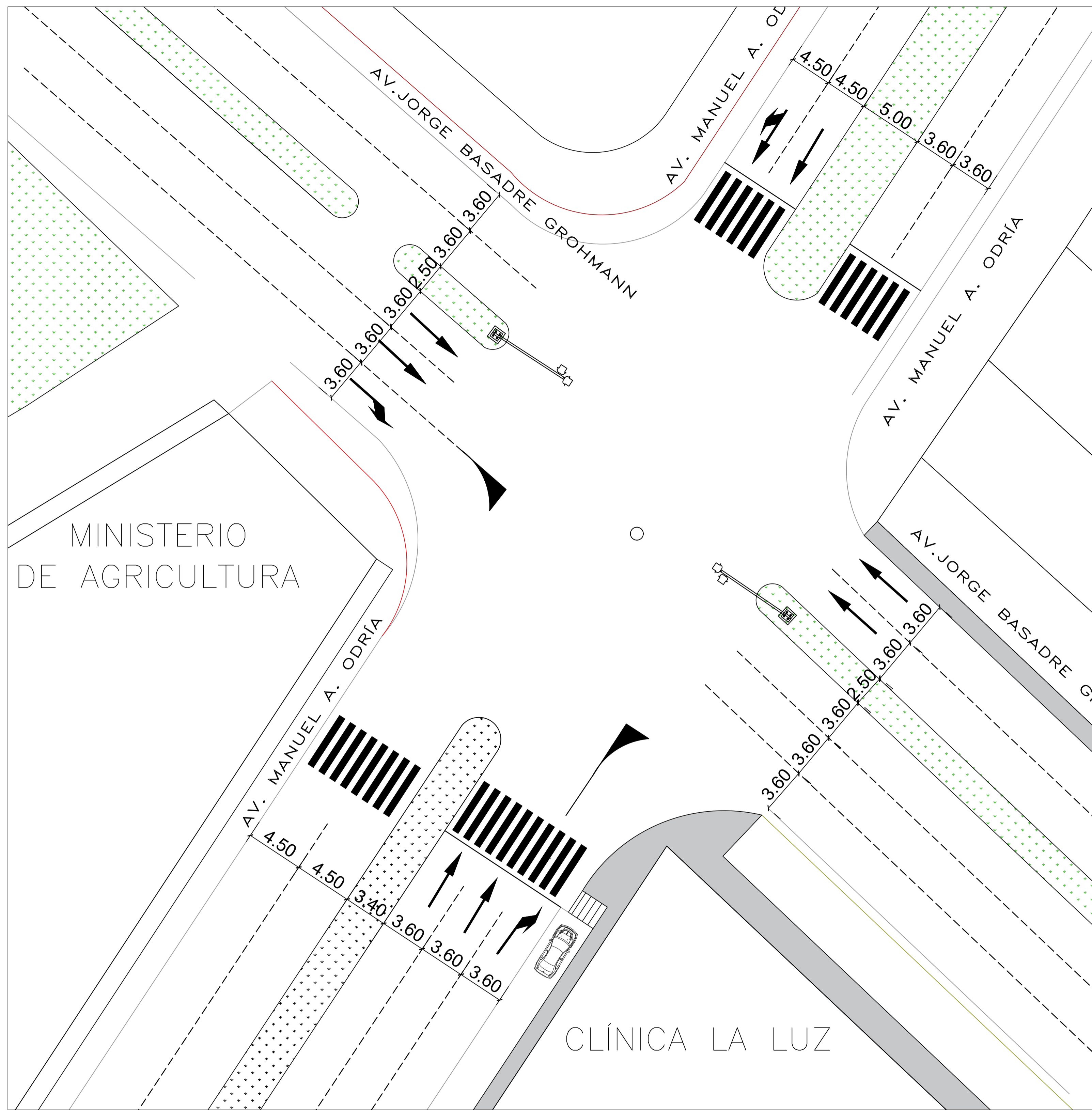
### PROPUESTA DE MEJORA INTERSECCIÓN II



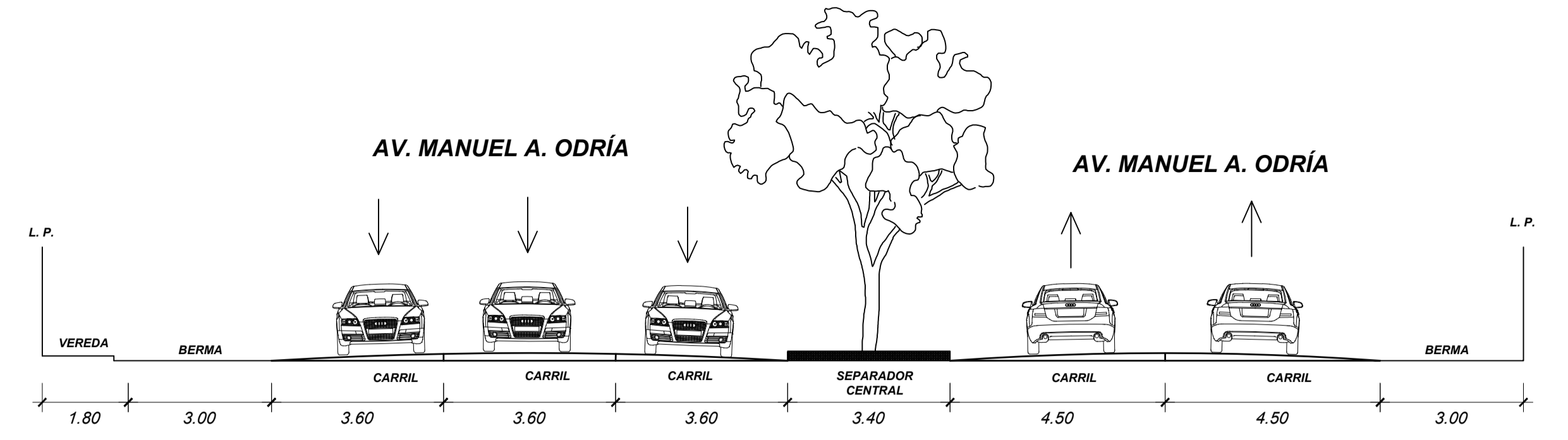
**Anexo 4. Planos**

**PLANOS**

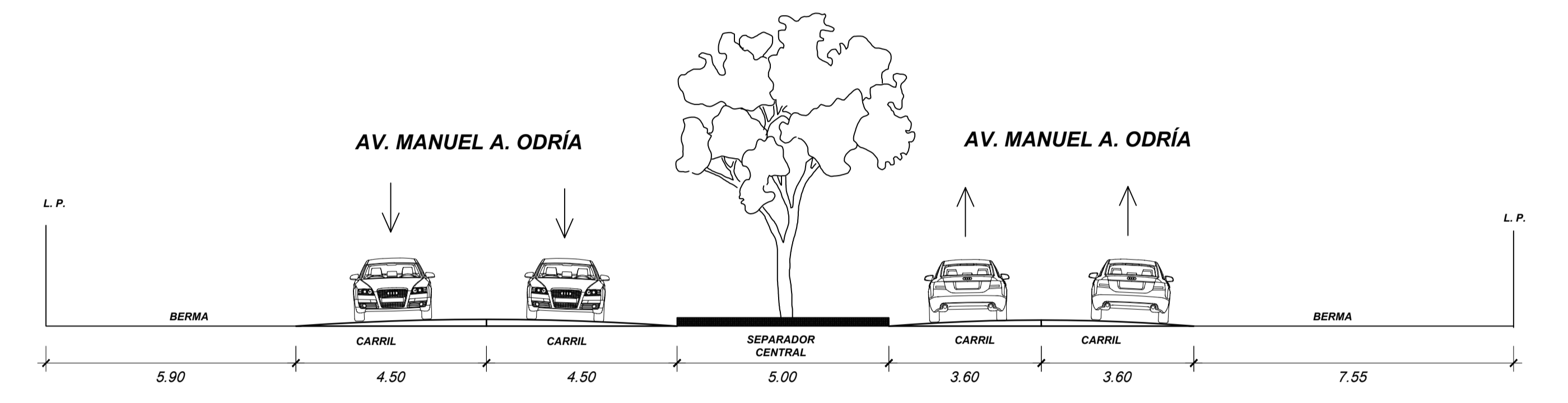




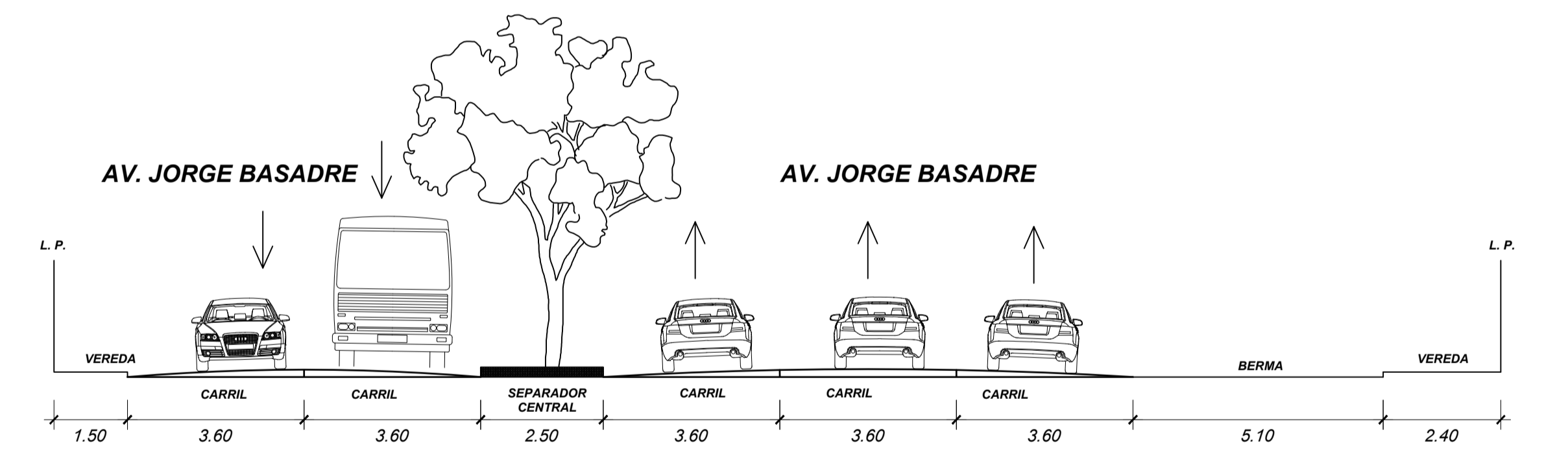
**PLANIMETRÍA - PROPUESTA DE MEJORA**  
**INTERSECCIÓN AV. JORGE BASADRE CON AV. MANUEL A. ODRÍA**  
 ESCALA: 1/200



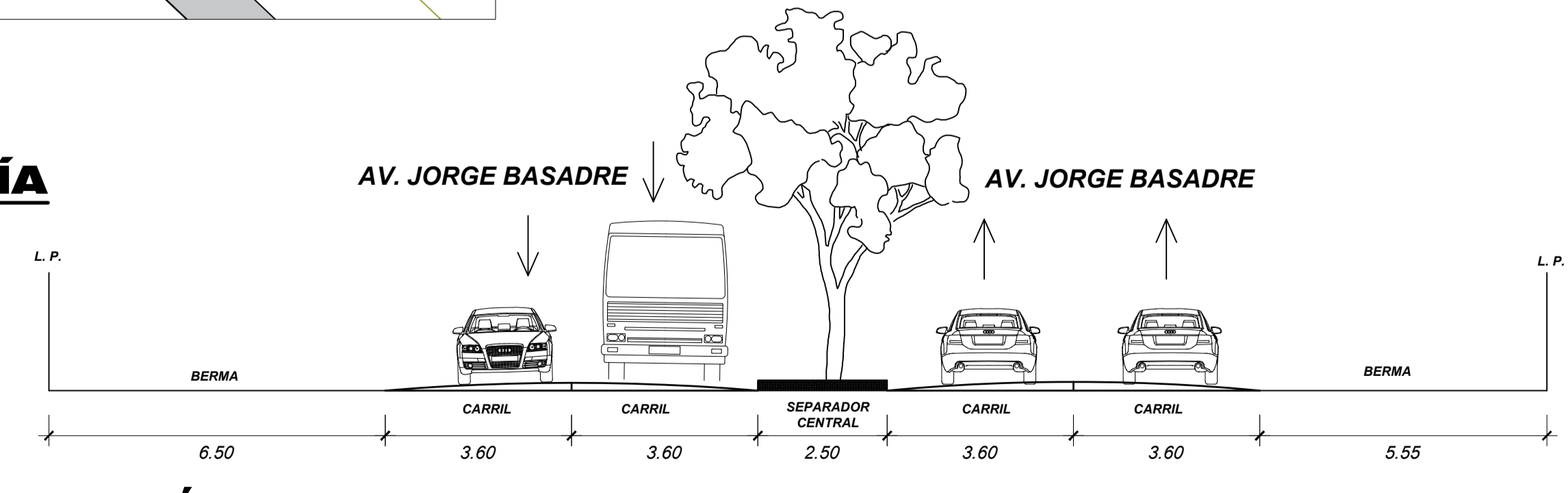
**SECCIÓN VIAL ACCESO O-E**  
 esc. 1/100



**SECCIÓN VIAL ACCESO E-O**  
 esc. 1/100



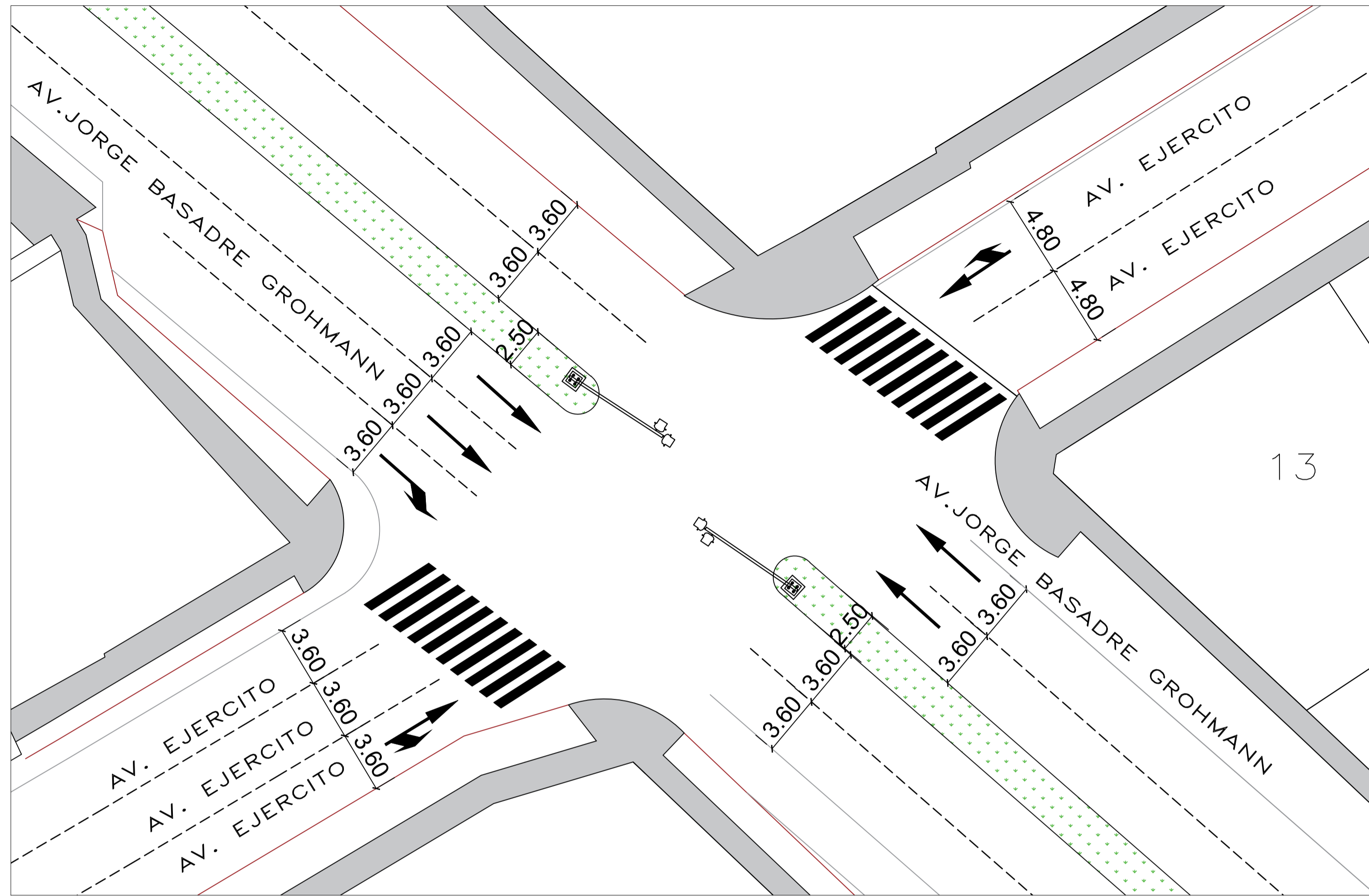
**SECCIÓN VIAL ACCESO S-N**  
 esc. 1/100



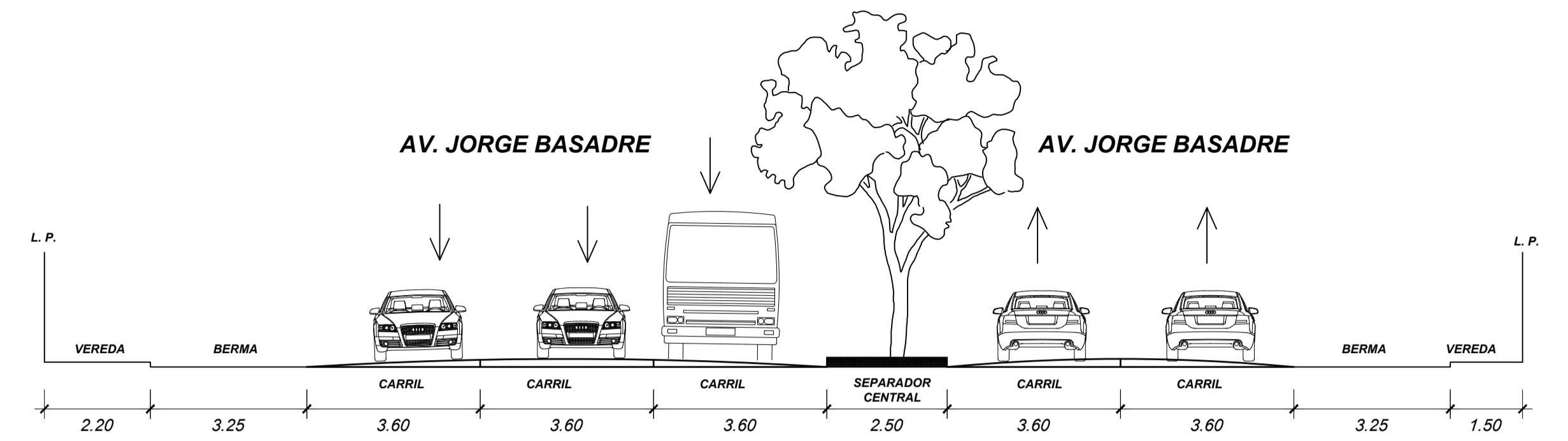
**SECCIÓN VIAL ACCESO N-S**  
 esc. 1/100

	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			Nº de LAMINA:  <b>01</b>	
	TÍTULO: "MEJORAMIENTO DEL NIVEL DE SERVICIO EN FLUJOS VEHICULARES DE LAS INTERSECCIONES AV. JORGE BASADRE GROHMANN - CON AV. MANUEL A. ODRÍA Y AV. EJÉRCITO, UTILIZANDO UN MODELO DE MICRO SIMULACIÓN - TACNA, 2020."				
	TESIS: BACH. JORGE ALBERTO GUZMÁN PERALTA				
	ASESOR: MTR. ROLANDO SALAZAR-CALDERÓN JUÁREZ				
PLANO: PROPUESTA DE MEJORA INTERSECCIÓN I		DISEÑO CAD: J. A. G. P.		ESCALA: INDICADA	
		FECHA: JUNIO 2021			

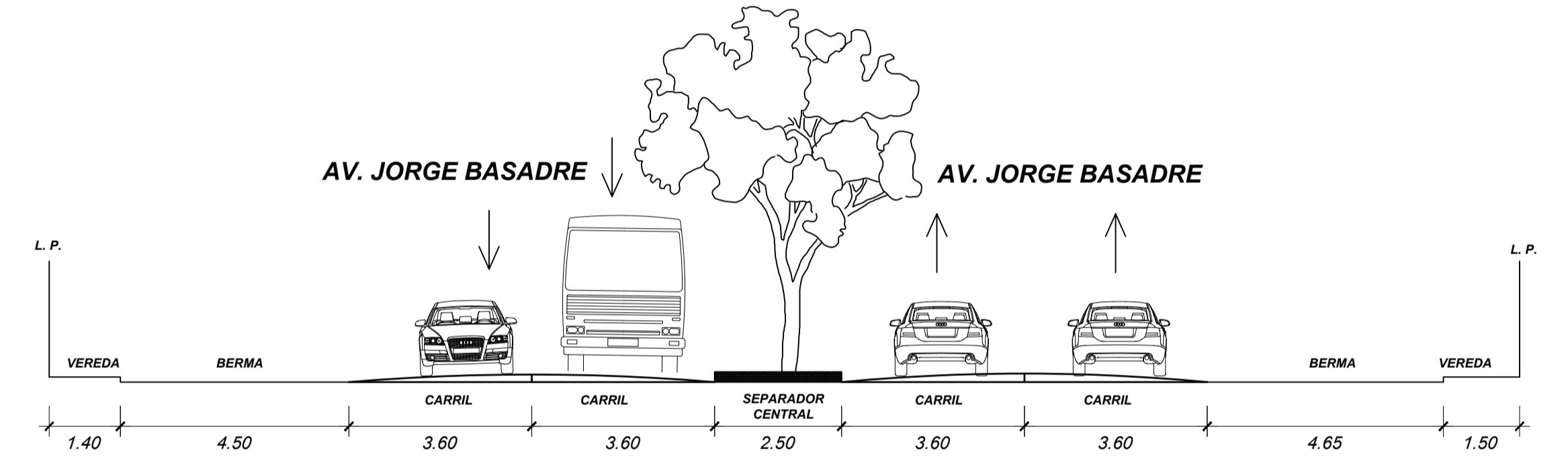




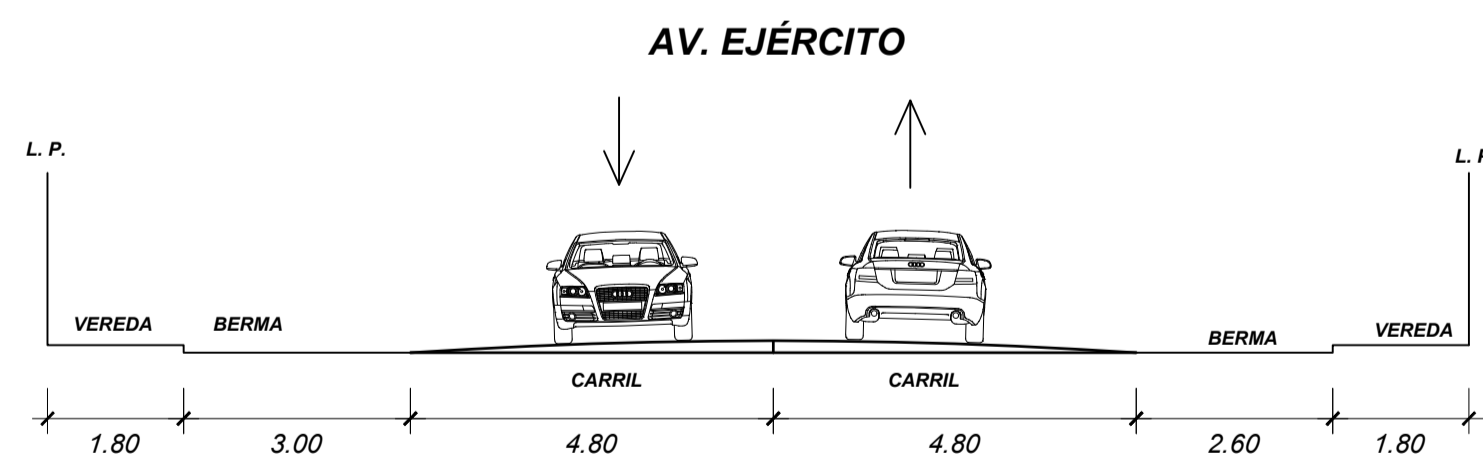
**PLANIMETRÍA - PROPUESTA DE MEJORA**  
**INTERSECCIÓN AV. JORGE BASADRE CON AV. EJÉRCITO**  
 ESCALA: 1/200



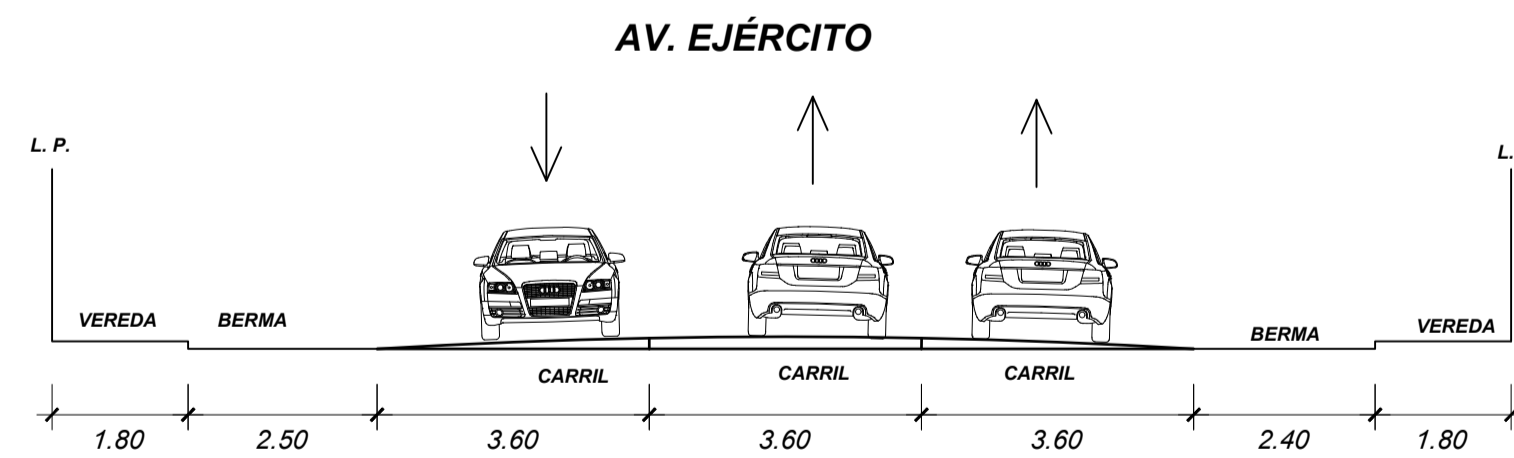
**SECCIÓN VIAL ACCESO N-S**  
 esc. 1/100



**SECCIÓN VIAL ACCESO S-S**  
 esc. 1/100



**SECCIÓN VIAL ACCESO E-O**  
 esc. 1/100



**SECCIÓN VIAL ACCESO O-E**  
 esc. 1/100