

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO, MEDIANTE SIMULACIÓN, EN
LA INTERSECCIÓN COMPRENDIDA POR LAS VÍAS AV. EJÉRCITO, AV. CAYMA
Y AV. TRINIDAD MORÁN**

Tesis presentada por la bachiller:

Choque Tacca, Yeshenia Lissette

Para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Asesor:

**Mgtr. Ing. Tejada Calderón,
Juan Carlos**

Arequipa - Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA CIVIL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 01 de Diciembre del 2022

Dictamen: 003325-C-EPIC-2022

Visto el borrador del expediente 003325, presentado por:

2007220522 - CHOQUE TACCA YESHENIA LISSETTE

Titulado:

**EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO, MEDIANTE SIMULACIÓN, EN LA INTERSECCIÓN
COMPRENDIDA POR LAS VÍAS AV. EJÉRCITO, AV. CAYMA Y AV. TRINIDAD MORÁN**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2115 - TICONA BALDARRAGO AGUSTO ISRAEL
DICTAMINADOR**



**2564 - MARQUEZ ARRISUEÑO VICTOR EDUARDO
DICTAMINADOR**



**3327 - GARCIA GODOS PEÑALOZA LUZ MATILDE
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

A mis padres Rufina y Percy por el amor, paciencia, confianza y apoyo incondicional que me entregan día a día son mi mayor ejemplo de perseverancia y lucha constante.

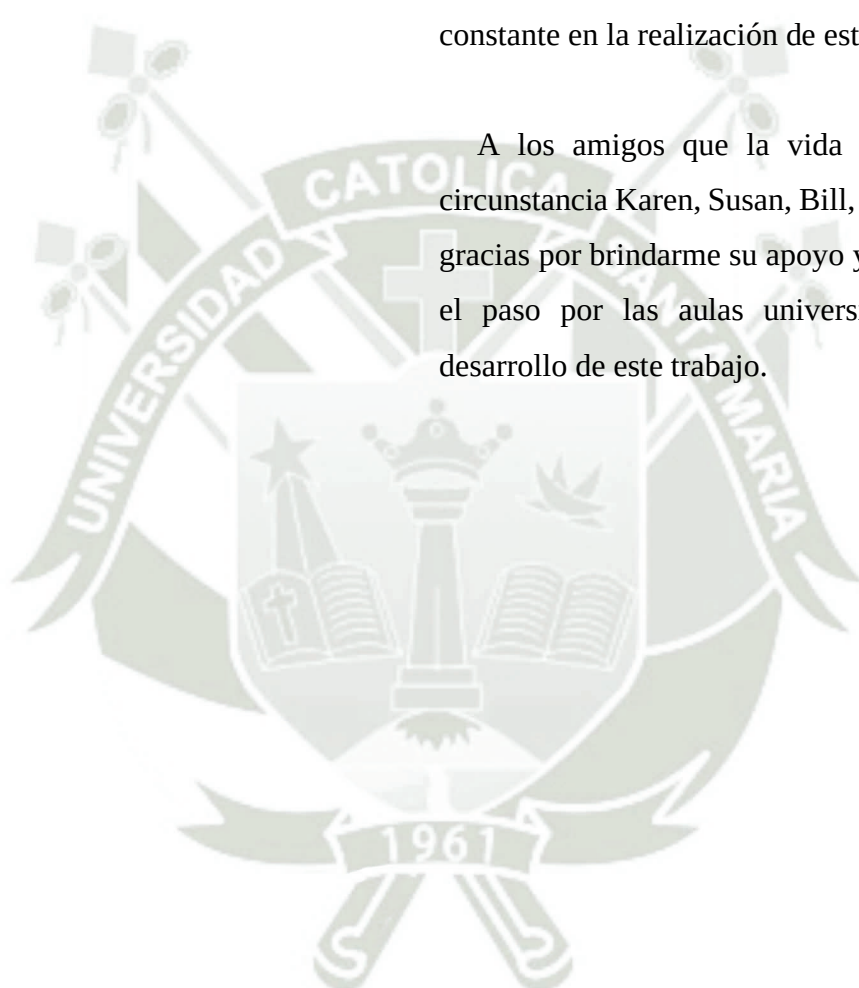


AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fortaleza y sabiduría para continuar en los momentos difíciles.

Al Ing. Juan Carlos Tejada Calderón y al Ing. Mauricio Villalba por su disposición y su apoyo constante en la realización de esta tesis.

A los amigos que la vida me regala en cada circunstancia Karen, Susan, Bill, Gonzalo entre otros, gracias por brindarme su apoyo y motivarme durante el paso por las aulas universitarias como en el desarrollo de este trabajo.



RESUMEN

El constante crecimiento del parque automotor es un reto para la ciudad de Arequipa, y es que las vías disponibles no son adecuadas para soportar el flujo diario de vehículos que circulan por las mismas, la intersección comprendida por las vías: Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán, es una de las más transitadas de la ciudad de Arequipa ya que sirve como punto de conexión entre los distritos de: Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara y el centro histórico; la presente investigación tiene como objetivo evaluar los Niveles de Servicio mediante modelos de simulación en dicha intersección.

En la actualidad existen herramientas que permiten un análisis tanto de vehículos como de peatones dentro de un sistema, este es el caso de los modelos de simulación que se pueden realizar con los softwares Synchro Traffic y PTV Vissim los mismos que serán aplicados en el presente proyecto, el proceso para la de construcción de los modelos consiste en cuatro etapas: Primero se procede a la recolección de datos a través de aforos vehiculares, una vez obtenidos los aforos vehiculares se determina el día y la hora de máxima demanda vehicular, posteriormente se realiza la calibración y validación de los modelos y finalmente se analizan los resultados planteando propuestas de solución que permitan mejorar las condiciones de circulación.

Analizando y validando los modelos de simulación será posible realizar la evaluación y comparación de los resultados, lo cual nos permitirá desarrollar propuestas de solución que permitan mejorar los niveles de servicio en dicha intersección.

Palabras clave: Congestión vehicular, tiempos de viaje, niveles de servicio, Synchro, PTV Vissim.

ABSTRACT

The constant growth of the number of cars in Arequipa City is a huge challenge. Urban geometry in the city and the width of roads are not adequate for the daily flow of vehicles. In addition, the intersection part of the development of this study: "Av. Ejercito, Av Cayma y Av. Trinidad Moran" is one of the busiest intersections in the city because this intersection generates the interconnection of Cerro Colorado District, Cayma District, Yanahuara District and the historic center of Arequipa. The main objective of this thesis is the evaluation of many intersections using the methodology of the level of service and simulation models.

Nowadays, some software allows vehicle and pedestrian analysis at the same time. Synchro Traffic and PTV VISSIM can perform this kind of simulation model and analysis in complex intersections. Both software will be used in the present thesis. The development of simulation models consists of four steps. First, the collection of data by using vehicle counting; second, identifications of the day and the hour with the highest number of vehicles in the model; third, calibration and validation of the model; finally, analysis of results and construction of solutions that allow improving the actual considerations of traffic

As a result of the evaluation and comparison of data results. The elaboration of possible solutions for all simulation models will be developed and compared

Keywords: Vehicular congestion, travel times, service levels, Synchro, PTV Vissim.

INTRODUCCIÓN

Los congestionamientos vehiculares son uno de los principales problemas que aquejan a la ciudad de Arequipa, y en general al Perú; el impacto que genera en materia económica es de suma importancia, además de los riesgos que implica su formación, ya que aumenta, de manera considerable, la probabilidad de que ocurran accidentes vehiculares.

Una de las principales causas del origen de este tipo de problemas se debe, principalmente, al incremento del parque automotor en la ciudad de Arequipa. Este incremento permite que más vehículos circulen por las avenidas e intersecciones de la ciudad, disminuyendo los niveles de servicio en estos puntos de manera considerable, sobre todo en periodos de máxima demanda, ya que la capacidad de las vías es excedida por el volumen vehicular. Estos factores permiten que la formación de congestionamientos vehiculares sea inevitable.

Las consecuencias que genera este tipo de problemas son varias, siendo las principales: el incremento de la duración de los viajes, lo que genera pérdidas económicas ya que se consumen más recursos; y al existir un parque automotor en constante crecimiento, el impacto que genera en el medio ambiente también se ve afectado.

Siendo uno de los principales problemas de la ciudad, se debe evaluar alternativas de solución de manera inmediata, a fin de resolverlos; ya que, de no hacerlo, la probabilidad de que estas avenidas y/o intersecciones colapsen, es muy alta, por el hecho de que el parque automotor continuará en crecimiento.

Sin embargo, la evaluación de propuestas de solución no siempre es factible, debido a diversas dificultades que se presentan como, por ejemplo, falta de espacio disponible, imposibilidad de interrumpir el funcionamiento de la vía, entre otros.

Los modelos de simulación de tránsito permiten evaluar distintas alternativas de solución, sin la intervención física en el lugar de estudio. Existen diversos softwares que permiten simular el tránsito y cada uno posee características de análisis propios, por ejemplo, el software PTV Vissim, que usa modelos estocásticos para el análisis del tránsito, por su parte, el software Synchro Traffic, hace uso de modelos determinísticos.

A través de la realización de estudios de tránsito en esta vía, y a partir de la construcción y evaluación de modelos de simulación usando el software PTV Vissim y el software Synchro Traffic, se evaluará alternativas de solución, que permitan optimizar la circulación de vehículos por este punto de la ciudad.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
INDICE DE CONTENIDO	viii
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
CAPITULO I.....	1
1. Planteamiento del Problema.....	1
1.1. Diagnostico Situacional	1
1.2. Ubicación del Proyecto.....	1
1.3. Formulación del Problema.....	2
1.3.1. Delimitación Espacial.....	2
1.3.2. Delimitación Temporal.....	2
1.4. Hipótesis	2
1.5. Metodología Propuesta	3
1.5.1. Tipo y nivel de investigación.....	3
1.5.2. Diseño de la investigación.....	3
1.6. Objetivos.....	3
1.6.1. Objetivo General.....	3
1.6.2. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II.....	5
2. Fundamentos Teóricos.....	5
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	5
2.2. Flujo Vehicular	6
2.2.1. Flujo Continuo.....	6
2.2.2. Flujo Interrumpido.....	7
2.3. Intersecciones.....	8
2.3.1. Intersecciones a Nivel.....	9
2.3.2. Intersecciones a Desnivel	12

2.4.	Capacidad.....	13
2.5.	Niveles de Servicio	15
2.6.	Microsimulación del Tráfico.....	20
2.6.1.	Generación de vehículos.....	21
2.6.2.	Interacción vehicular	21
2.6.3.	Calibración del modelo.....	21
2.6.4.	Validación del modelo.....	22
2.7.	Programas De Simulación.....	22
2.7.1.	PTV VISSIM	22
2.7.2.	SYNCHRO	26
CAPITULO III		28
3.	Estudios de Tránsito	28
3.1.	Metodología	28
3.2.	Características de la Intersección.....	29
3.2.1.	Ubicación.....	29
3.2.2.	Área de estudio.....	29
3.2.3.	Análisis de las Avenidas que intervienen en la intersección de estudio.....	35
3.3.	Análisis del Área de Impacto	38
3.3.1.	Zonificación.....	39
3.3.2.	Clasificación Vial.....	40
3.3.3.	Geometría	41
3.3.4.	Señalización.....	47
3.3.5.	Semáforos.....	51
3.3.6.	Circulación.....	54
3.3.7.	Estudio de Transporte.....	55
3.4.	Recopilación de datos	57
3.4.1.	Aforos vehiculares.....	57
CAPITULO IV		58
4.	Resultados.....	58
4.1.	Tráfico Diario.....	58
4.2.	Tráfico Horario	59
4.3.	Factor Horario de Máxima Demanda	60
4.4.	Composición Vehicular	66
4.5.	Proyección del Tránsito	67

4.5.1. Tránsito Futuro	67
CAPÍTULO V.....	71
5. Simulación.....	71
5.1. Modelamiento y Simulación del Tránsito en Synchro 11.....	72
5.1.1. Resultados del tránsito actual en Synchro 11	74
5.1.2. Resultados del tránsito proyectado en Synchro 11	76
5.2. Modelamiento y Simulación del Tránsito en PTV Vissim	78
5.2.1. Resultados del tránsito actual en PTV Vissim.....	79
5.2.2. Resultados del tránsito proyectado en PTV Vissim	81
5.3. Análisis de resultados entre Synchro 11 y Vissim.....	82
5.3.1. Ventajas y Limitaciones de SYNCHRO 11	83
5.3.2. Ventajas y Limitaciones de VISSIM	84
CAPÍTULO VI	85
6. Diseño de la Propuesta	85
6.1. Solución de Bajo Costo.....	85
6.2. Simulación de la propuesta de solución en Synchro 11.....	90
6.2.1. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito actual en Synchro 11.....	90
6.2.2. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito proyectado en Synchro 11	92
6.3. Simulación de la propuesta de solución en PTV Vissim	94
6.3.1. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito actual en PTV Vissim.....	94
6.3.2. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito proyectado en PTV Vissim	96
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES	101
REFERENCIAS	102
ANEXO 1	105
Aforos Vehiculares	105
ANEXO 2	125
Planos.....	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables	3
Tabla 2. Niveles de servicio en Intersecciones No Semaforizadas	17
Tabla 3. Niveles de servicio en Intersecciones Semaforizadas	19
Tabla 4. Área de Estudio	30
Tabla 5. Parámetros Geométricos Av. Ejército Oeste	42
Tabla 6. Parámetros Geométricos Av. Ejército Este	43
Tabla 7 . Parámetros Geométricos Av. Cayma	44
Tabla 8 Parámetros Geométricos Av. Trinidad Morán	45
Tabla 9 Parámetros Geométricos Calle Los Arces.....	46
Tabla 10 Parámetros Geométricos Calle Granada – Calle Sevilla	47
Tabla 11. Señalización Horizontal.....	48
Tabla 12. Señalización Vertical.....	49
Tabla 13. Estado de la Señalización Existente	51
Tabla 14. Ciclo semafórico Av. Ejército Oeste – Av. Ejército Este.....	51
Tabla 15. Ciclo semafórico Av. Trinidad Morán (subida) – Calle Los Arces Derecha, Av. Trinidad Morán (bajada) – Calle Los Arces Izquierda.....	52
Tabla 16. Empresas de transporte público.....	56
Tabla 17. Equivalencias de vehículos.....	57
Tabla 18. Aforo vehicular por cada día	58
Tabla 19. Factor horario de máxima demanda tramo Av. Ejército Este.	60
Tabla 20. Factor horario de máxima demanda tramo Calle Los Arces.	60
Tabla 21. Factor horario de máxima demanda tramo Av. Ejército Oeste	61
Tabla 22. Factor horario de máxima demanda tramo Calle los Arces derecha – Trinidad Morán (subida)	61
Tabla 23. Factor horario de máxima demanda tramo Av. Trinidad Morán.....	61
Tabla 24. Factor horario de máxima demanda tramo Av. Cayma.....	62
Tabla 25. Composición vehicular en hora de máxima demanda	66
Tabla 26. Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024– Intersección 1	67
Tabla 27. Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024 – Intersección 2	68
Tabla 28. Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024 – Intersección 3	68
Tabla 29. Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024 – Intersección 4	69
Tabla 30. Resultados de la Simulación en Synchro – Tránsito Actual.....	74

Tabla 31. Resultados de la Simulación en Synchro – Tránsito Proyectado	76
Tabla 32. Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Tránsito Actual	79
Tabla 33. Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Tránsito Proyectado.....	81
Tabla 34 Ventajas y Limitaciones de SYNCHRO 11	83
Tabla 35 Ventajas y Limitaciones de VISSIM.....	84
Tabla 36. Resultados de la Simulación en Synchro 11 – Propuesta de Solución Tránsito Actual	90
Tabla 37. Resultados de la Simulación en Synchro 11 – Propuesta de Solución Tránsito Proyectado	92
Tabla 38. Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Tránsito Actual	95
Tabla 39. Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Tránsito Proyectado.....	98



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la intersección en estudio.	2
Figura 2. Flujo Continuo	6
Figura 3 Flujo Interrumpido	7
Figura 4 Intersecciones vehiculares.....	8
Figura 5. Intersecciones a Nivel	9
Figura 6 Tipos de intersecciones a n	10
Figura 7. Tipos de movimiento en una intersección	12
Figura 8 Tipos de intersección a desnivel.....	13
Figura 9 Simulación de una intersección en el software Vissim.....	23
Figura 10. Ubicación de la intersección de estudio	29
Figura 11 Delimitación del área de estudio	30
Figura 12. Intersección N°1: Av. Ejército con Av. Trinidad Morán.....	31
Figura 13. Intersección N°1: Av. Ejército con Av. Trinidad Morán.....	31
Figura 14. Intersección N°2 - Av. Ejército con Av. Cayma.....	32
Figura 15. Intersección N°2 - Av. Ejército con Av. Cayma.....	32
Figura 16. Bypass Av. Ejército Este.....	33
Figura 17. Centro comercial Mall Plaza - Av. Ejército Este.....	33
Figura 18 Bypass Av. Ejército Oeste.....	34
Figura 19. Centro Comercial Real Plaza – Av. Ejército Oeste	34
Figura 20. Centro Comercial Mall Plaza – Av. Ejército Este	35
Figura 21. Banco de Crédito – Av. Ejército Este.....	35
Figura 22. Banco de Interbank – Av. Ejército Este	36
Figura 23. Centro Comercial Real Plaza – Av. Ejército Oeste	36
Figura 24. Zona Financiera Av. Cayma.....	37
Figura 25. Zona Comercial Av. Cayma.....	37
Figura 26. Zona Comercial Av. Trinidad Morán.....	38
Figura 27. Viviendas Multifamiliares – Cayma – Av. Trinidad Morán.....	38
Figura 28. Zonificación del área de estudio.....	39
Figura 29. Clasificación vial de las avenidas en la Intersección	40
Figura 30. Avenidas y calles que intervienen en la intersección.....	41
Figura 31. Sección Vial Av. Ejército Oeste.....	42
Figura 32. Sección Vial Av. Ejército Este	43
Figura 33. Sección Vial Av. Cayma	44
Figura 34. Sección Vial Av. Trinidad Morán	45
Figura 35. Sección Vial Calle Los Arces.....	46

Figura 36. Sección Vial Calle Granada – Calle Sevilla	47
Figura 37. Señales horizontales ubicadas en la intersección en estudio.....	48
Figura 38. Señales verticales ubicadas en la intersección en estudio	50
Figura 39. Semáforo ubicado en Av. Ejército Oeste.....	51
Figura 40. Semáforo ubicado en Av. Ejército Este	52
Figura 41. Semáforo ubicado en Av. Trinidad Morán – Calle Los Arces Derecha.....	53
Figura 42. Semáforo ubicado Av. Trinidad Morán (bajada) – Calle los Arces	53
Figura 43. Sentidos de Circulación.....	54
Figura 44. Vehículos que conforman las diferentes rutas del SIT	55
Figura 45. Volúmenes de tránsito promedio diario	58
Figura 46. Volúmenes de tránsito horario considerando la conversión a UCP	59
Figura 47. Variación horaria Av. Ejército Este.....	62
Figura 48. Variación horaria Calle Los Arces	63
Figura 49. Variación horaria Av. Ejército Oeste	63
Figura 50. Variación horaria Calle Los Arces Derecha – Av. Trinidad Morán(subida).....	63
Figura 51. Variación horaria Av. Trinidad Morán.....	64
Figura 52. Variación horaria Av. Cayma.....	64
Figura 53. Flujograma en el periodo 6:30 p.m. – 7:30 p.m.....	65
Figura 54. Composición vehicular en la hora de máxima demanda.....	66
Figura 55. Flujograma Vehicular Proyectado en el periodo 6:30 p.m. – 7:30 p.m.....	70
Figura 56. Intersecciones colindantes a la zona de estudio.....	71
Figura 57. Pantalla Principal del Programa Synchro 11	72
Figura 58. Imagen Satelital de la intersección insertada en Synchro 11	72
Figura 59. Grupo de carriles de entrada con respectivos giros y volúmenes que intervienen en la intersección.....	73
Figura 60. Ciclo Semafórico en intersección 3.....	74
Figura 61. Ciclo Semafórico en intersección 9	74
Figura 62. Simulación en Synchro – Tránsito Actual	75
Figura 63. Simulación en Synchro – Tránsito Proyectado.....	77
Figura 64. Geometría de la intersección en Vissim	78
Figura 65. Simulación de la intersección en Vissim	79
Figura 66. Ciclo Semafórico existente en intersección 3.....	80
Figura 67. Ciclo Semafórico existente en intersección 8.....	80
Figura 68. Niveles de servicio de la Situación Actual - Simulación en PTV Vissim.....	80
Figura 69. Niveles de servicio de la Situación Proyectada - Simulación en PTV Vissim.....	82
Figura 70. Flujo Vehicular Av. Ejército – Av. Trinidad Morán	85
Figura 71. Flujo Vehicular Av. Ejército – Calle Los Arces	85

Figura 72. Flujo Vehicular Actual Av. Cayma – Calle Granada	86
Figura 73. Flujo Vehicular Actual Av. Cayma – Av. Ejército Este	86
Figura 74. Flujo Vehicular Propuesto Av. Trinidad Morán – Calle Los Arces.....	87
Figura 75. Flujo Vehicular Actual Av. Trinidad Morán – Av. Ejército Este	87
Figura 76. Flujo Vehicular Propuesto Av. Trinidad Morán – Calle Granada	88
Figura 77. Flujo Vehicular Actual Calle Los Arces – Calle Sevilla	88
Figura 78. Calle Los Arces y Calle Sevilla orientadas en un solo sentido compuestas por dos carriles	89
Figura 79. Ubicación de semáforos en la intersección Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán	89
Figura 80. Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados para la propuesta de solución actual	90
Figura 81. Ciclos Semafóricos en intersección 3 considerados para la propuesta de solución actual	90
Figura 82. Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados para la propuesta de solución actual	90
Figura 83. Simulación en Synchro 11	91
Figura 84. Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados para la propuesta de solución proyectada	92
Figura 85. Ciclos Semafóricos en intersección 3 considerados para la propuesta de solución proyectada	92
Figura 86. Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados para la propuesta de solución proyectada	92
Figura 87. Simulación en Synchro – Propuesta Tránsito Proyectado	93
Figura 88. Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución actual.....	94
Figura 89. Ciclos Semafóricos en intersección 3 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución actual.....	94
Figura 90. Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución actual.....	95
Figura 91. Niveles de servicio de la Situación Actual - Simulación en PTV Vissim...	96
Figura 92. Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución proyectado.....	96
Figura 93. Ciclos Semafóricos en intersección 3 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución proyectado.....	97
Figura 94. Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución proyectado.....	97

Figura 95. Niveles de servicio de la Solución Situación Proyectada - Simulación en PTV Vissim

.....98



LISTA DE ACRÓNIMOS

- ARC: Calle Los Arces
- ARCD: Calle Los Arces Derecha
- BCP: Banco de Crédito del Perú
- CAY: Av. Cayma
- CS: Comercio Sectorial
- CZ: Comercio Zonal
- EJ - O: Av. Ejército Oeste
- EJ - E: Av. Ejército Este
- F.E.I.: Flujo que entra a la intersección
- F.S.I.: Flujo que sale de la intersección
- IMPLA: Instituto Municipal de Planeamiento de Arequipa
- PDM: Plan de Desarrollo Metropolitano de Arequipa
- RDA-1: Residencial Densidad Alta de Tipo 1
- SIT: Sistema Integrado de Transporte
- SEV: Calle Sevilla
- TM: Av. Trinidad Morán
- TMB: Av. Trinidad Morán Bajada
- TMS: Av. Trinidad Morán Subida

CAPITULO I

1. Planteamiento del Problema

1.1. Diagnostico Situacional

En los últimos años se ha visto incrementado el parque automotor con el ingreso de gran cantidad de vehículos nuevos, lo que complica una apropiada circulación en nuestra ciudad, ya que, a determinadas horas, principalmente en los días laborables en ciertos puntos de la ciudad se crean grandes congestiones vehiculares.

El constante crecimiento del parque automotor es un reto para la ciudad de Arequipa, y es que las vías disponibles no son adecuadas para soportar el flujo diario de vehículos, de acuerdo con los reportes de la Superintendencia Nacional de Registros Públicos (SUNARP, 2021), entre el 31 de diciembre del 2009 al 31 de mayo del 2021, las cifras registran un crecimiento de más de 300%, al pasar de 111 179 a 355 194 vehículos registrados.

La intersección compuesta por las vías: Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán, es una de las más transitadas de la ciudad de Arequipa, ya que es utilizada tanto por vehículos de servicio público, como vehículos particulares. La importancia de esta intersección se debe a que sirve como punto de conexión entre los distritos de: Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara, Arequipa (centro histórico), entre otros.

Al ser una intersección muy concurrida, la formación de congestionamientos vehiculares es constante, especialmente en horas de mayor demanda, debido a los siguientes factores: no se cuenta con un análisis actualizado de la capacidad y nivel de servicio, la zona donde se ubica la intersección es una de las más comerciales de Arequipa, las vías fueron diseñadas considerando un flujo vehicular menor al que actualmente se tiene, y, por último, el constante crecimiento del parque automotor.

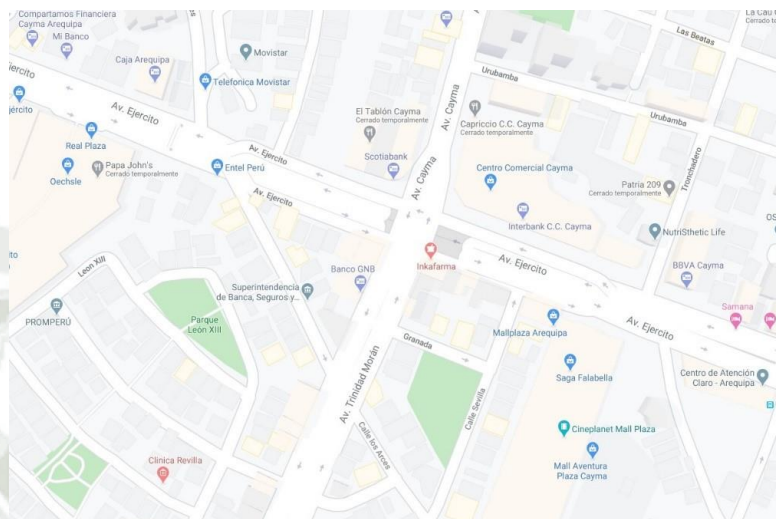
La realización de un estudio que permita optimizar la circulación del flujo vehicular es necesario, por la importancia que tiene esta intersección y estas vías para la ciudad.

1.2. Ubicación del Proyecto

Como se mencionó en el párrafo anterior, esta intersección está compuesta por las vías: Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán, tal como se ve en la figura 1.

Figura 1

Ubicación de la intersección en estudio



Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

1.3. Formulación del Problema

¿Cuál es la causa del congestionamiento vehicular en horas de máxima demanda en la Intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán?

1.3.1. Delimitación Espacial

El estudio se realizó en la intersección vial comprendida por Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán, ubicadas en la provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

1.3.2. Delimitación Temporal

La investigación se desarrolla en el año 2018, durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre.

1.4. Hipótesis

Dado que, la intersección ubicada dentro del área de estudio, en periodos de hora de máxima demanda y debido a la gran afluencia vehicular, puesto que se encuentra en un área comercial importante; es probable que, evaluando dicha intersección a través de un estudio de tránsito, se puedan identificar las características del flujo vehicular, encontrando niveles de servicio en un rango bajo E y F.

1.5. Metodología Propuesta

1.5.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación a realizar es de tipo explicativa ya que se evaluarán a través de modelos de simulación los niveles de servicio que presentan las intersecciones dentro de la hora de máxima demanda. El nivel de Investigación es cuantitativo porque se considerarán aforos tomados en el año 2019.

1.5.2. Diseño de la investigación

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE	SUBVARIABLES	NIVEL	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Niveles de servicio VARIABLE INDEPENDIENTE	Evaluación de nivel de Servicio	Tiempos de Demora	Niveles A, B, C, D, E, F	SYNCHRO VISSIM
Simulación (SYNCHRO - VISSIM) VARIABLE DEPENDIENTE	Flujo Vehicular	Tipos de Vehículos Intersecciones semaforizadas	Densidad Vehicular Semáforos	Aforos Vehiculares Aforos en Campo
	Intersección	Intersecciones a desnivel Condiciones de Tráfico	Geometría de la intersección	Diseño Geométrico
	Capacidad	Geometría de las intersecciones Condiciones Semaforicas	Número de Vehículos	SYNCHRO - VISSIM

Nota. En la tabla se muestra la operacionalización de variables. Elaboración propia, 2022

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

- Evaluar los Niveles de Servicio, Mediante Simulación en la intersección comprendida por las vías: Av. Ejército, Av. Cayma, y Av. Trinidad Morán.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de tránsito, que permita determinar las características del flujo vehicular que circula por la red existente.
- Construir un modelo de simulación con el software Synchro Traffic y PTV Vissim, que reproduzca el comportamiento del flujo vehicular dentro del área de estudio.

- Evaluar los modelos de simulación contruidos, dentro de la hora de máxima demanda, para determinar los niveles de servicio que presentan las intersecciones ubicadas dentro del área de estudio.
- Realizar una comparación entre los softwares Synchro Traffic y PTV Vissim, para determinar las ventajas y desventajas que presentan cada uno de estos, para el análisis y evaluación del tránsito.
- Desarrollar una propuesta de mejora, que permita optimizar la circulación de los vehículos dentro del área de estudio.



CAPÍTULO II

2. Fundamentos Teóricos

El sistema de transporte de una región está fuertemente relacionado con el sistema socioeconómico de la misma. Por lo tanto, el sistema de transporte generalmente afecta la manera como los sistemas socioeconómicos crecen y cambian y, a su vez, las variaciones en éstos generan cambios en el sistema de transporte (Cal y Mayor y Asociados, 2005).

Para lograr los objetivos planteados en la presente investigación, se debe definir algunos conceptos que se utilizan durante el desarrollo del proyecto, así como también es necesario revisar investigaciones realizadas previamente, las cuales se describen a continuación:

2.1. Antecedentes de la Investigación

Para la elaboración de la presente investigación, es pertinente revisar investigaciones realizadas previamente, entre las que podemos destacar:

Según Miramontes, E., Vidaña, J. y Rodríguez A. (2015). “Análisis Y Evaluación De Intersecciones Urbanas”, pudieron concluir que el análisis y la evaluación de intersecciones es un proceso de gran importancia para la movilidad urbana, ya que si una intersección no cumple con su funcionalidad toda la red vial se ve afectada; cabe destacar que estudios realizados a lo largo del mundo, en China, India, Lituania, Estados Unidos y México, reflejan la necesidad de mejoramiento urbano por medio del nivel de servicio en las intersecciones.

Según Gonzales, D. y Rey, V. (2016). “Propuesta De Mejora De Los Niveles De Servicio Para Mitigar La Congestión Vehicular En Las Intersecciones De La Av. Rafael Escardo Comprendida Entre Las Avenidas Costanera, La Paz Y La Libertad, Lima – San Miguel”, pudieron concluir que los estudios del tráfico deben ser actualizados cada cierto periodo; más aún si por el desarrollo de la ciudad se ejecutan proyectos inmobiliarios, comerciales o institucionales que ocasionan que las condiciones de diseño inicial sean diferentes. En la zona en estudio se evidencia la presencia de departamentos, club, centros médicos, estadios y la construcción de colegios, institutos e inclusive universidad que no tendrán más de 05 años de construcción.

2.2. Flujo Vehicular

El flujo vehicular resulta un factor clave al momento de analizar problemas de tránsito, principalmente el tráfico vehicular, así lo expresan Garber y Hoel (2005) en su definición de flujo vehicular, el cual vendría a ser el número de vehículos que transitan durante un intervalo de tiempo establecido en las vías vehiculares, en este punto será necesario considerar también aspectos como la forma y maniobras que realizan los conductores, entre otros comportamientos característicos del sistema de transportes, todo ello nos ayudará finalmente a comprender el origen de los problemas de tránsito y darles las soluciones más adecuadas. Los autores destacan también que de acuerdo a la cantidad de vehículos que transitan en un determinado momento y lugar, el flujo vehicular puede ser de dos tipos: continuo y discontinuo.

2.2.1. Flujo Continuo

El flujo continuo se hace presente cuando los vehículos transitan en vías donde las condiciones de aire y geografía permiten que no ocurra sucesos más allá de los previstos, por ejemplo, un vehículo que se mueve dentro de un flujo continuo puede esperar que ocurra algún accidente en medio de la pista o carretera, ese sería un motivo suficiente para detenerse, otro motivo sería el llegar a su destino; cuando los vehículos se ven obligados a detenerse por otros incidentes muy difíciles de prever, deja de existir un flujo continuo; de hecho, para que exista un flujo continuo los vehículos deben conducirse dentro de los parámetros normales, solo con las paradas necesarias, pues un exceso de estas dificulta el libre tránsito y genera tráfico (Nitro, 2021).

Figura 2
Flujo Continuo



Nota. Vehículos transitando en vías de flujo continuo. Adaptado de “Versatilidad con clase” por Nitro, 2014

2.2.2. Flujo Interrumpido

El flujo interrumpido de los vehículos es definido por Parra y Almonacid, como aquel flujo que presenta constante y periódicamente interrupciones como las intersecciones y el consiguiente tráfico en distintos puntos de acumulación de los vehículos, dicho de otra manera, el flujo discontinuo o interrumpido es aquel en el que se encuentran presentes elementos de control como semáforos u otros dispositivos que permiten el ordenamiento de los vehículos en las intersecciones. Entre estas vías se pueden incluir a las calles o autopistas con intersecciones semaforizadas, en donde se requiere regular el avance de las vías de una intersección; para el análisis de vías con flujo interrumpido es necesario tomar en cuenta el impacto de las interrupciones fijas; así, por ejemplo, un semáforo limita el tiempo disponible de los distintos movimientos del tránsito de la intersección en la cual están localizados, lo que limita la capacidad no solo del espacio físico proporcionado por la intersección, sino también el tiempo disponible para los distintos movimientos de la corriente de tránsito (Parra & Almonacid, 2007).

Figura 3

Flujo Interrumpido



Nota. Vía de flujo interrumpido por la presencia de elementos de control. Adaptado de “Transferencia de vehículos con costo superior a una UIT deberá ser con transferencias bancarias” por Perú21, 2022

2.3. Intersecciones

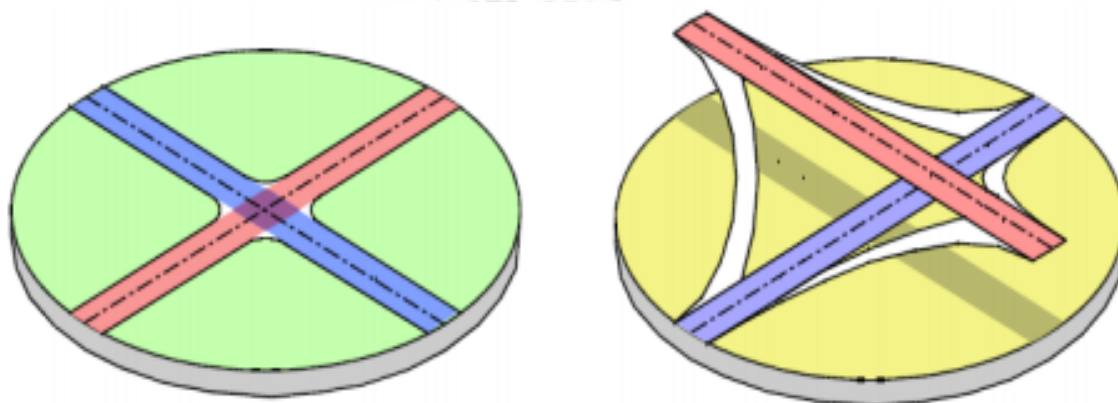
Una intersección se puede definir como el lugar de encuentro de dos o más caminos; en las que se producen movimientos de tráfico; es la parte más importante de una red vial urbana el diseño geométrico definirá la mejor opción para todas las dimensiones y el ordenamiento de la intersección. Para ello es necesario conocer previamente el tipo de vías que confluyen en la intersección; la clasificación en una determinada red o las velocidades de diseño; la topografía; el análisis del tráfico en las horas puntas, así como a lo largo del día para determinar la capacidad correspondiente. Una vez conocida la información se puede proceder a dibujar los croquis para el proyecto definiendo cuántas soluciones se pueden dar; las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos (Bañón & Beviá, 2000).

Según los ingenieros Luis B. y José B. (2000), se tienen 2 tipos fundamentales de solución a los diferentes problemas de tráfico:

- Intersecciones a Nivel
- Intersecciones Semaforizadas
- Intersecciones a Desnivel

Figura 4

Intersecciones vehiculares



Nota. Esquema de intersecciones a nivel e intersecciones a desnivel. Adaptado de “Manual de Carreteras” por L. Bañón y J. Beviá, 2000

2.3.1. Intersecciones a Nivel

Las intersecciones a nivel son una solución de diseño geométrico para facilitar el cruzamiento de dos o más carreteras que contienen áreas compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios para un adecuado cambio de trayectoria (Bañón & Beviá, 2000).

Tal como indican los Luis B. y José B. (2000), la diferencia está en que, en las intersecciones a nivel, los ejes de las diversas vías se cortan en un punto; en el enlace el cruce se realiza a distinto nivel, interceptándose en este caso en las proyecciones horizontales de los ejes.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018) clasifica a las intersecciones principalmente considerando el número de ramales que convergen en ella, topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido; pudiéndolas agrupar de la siguiente manera:

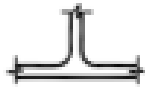
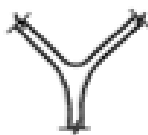
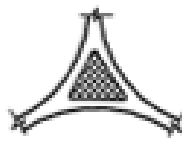
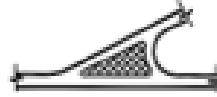
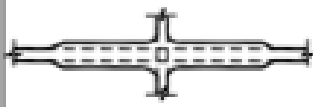
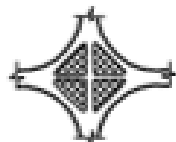
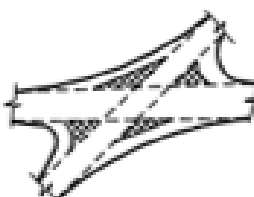
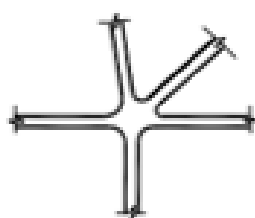
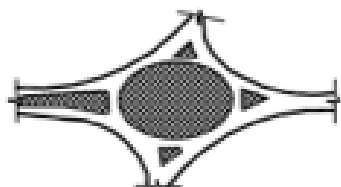
Figura 5
Intersecciones a Nivel

Intersección	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. En esta figura se muestra los tipos de intersección a nivel. Adaptado de “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” por Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2018.

Figura 6

Tipos de Intersecciones a Nivel

	DE TRES RAMALES	EMPALME EN T	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADAS	
						
	EMPALME EN Y	SIMPLE	CANALIZADAS			
						
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCION EN +	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA		
						
	INTERSECCION EN X	SIMPLE	ENSANCHADA	CANALIZADA		
						
ESPECIALES	EN ESTRELLA			ROTONDA		
						

Nota. En esta imagen puede verse la variedad de tipos de intersección a nivel. Adaptado de “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018” por Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2018.

2.3.1.1. *Intersecciones Semaforizadas*

Se definen intersecciones semaforizadas a las que están reguladas permanente o mayoritariamente mediante sistemas de luces que designan las prioridades de paso por la intersección. La semaforización de intersecciones se considera un instrumento eficaz para la reducción de la congestión, la mejora de la seguridad o para apoyar diversas estrategias de transporte tales como la promoción del transporte público, potenciación de peatones, entre otros (Montenegro & Lozano, 2013).

Según lo indica el Esp. Juan Carlos M. y la Dra. Angélica L. (2013), las intersecciones semaforizadas son el tipo de intersección más característico de las áreas urbanas, al proporcionar unas reglas de paso simples y universales. Las ondas verdes son de utilidad, tanto en itinerarios en los que se desea garantizar un buen flujo del tráfico, como en aquellos en los que se desea contener la velocidad de los automóviles por debajo de un determinado parámetro.

La capacidad se evalúa en términos de la relación entre intensidad de la demanda y la capacidad (relación I/c), mientras que el nivel de servicio se evalúa en base a la demora media de parada por vehículo (seg/v), así lo mencionan Romana et al. (2010), y luego explican que, en el campo de las intersecciones reguladas por semáforos, la asignación del tiempo de verde no es lo único que influye de manera significativa en su capacidad; de ahí que deban considerarse los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases. Finalmente, los autores diferencian cuatro tipos de movimientos:

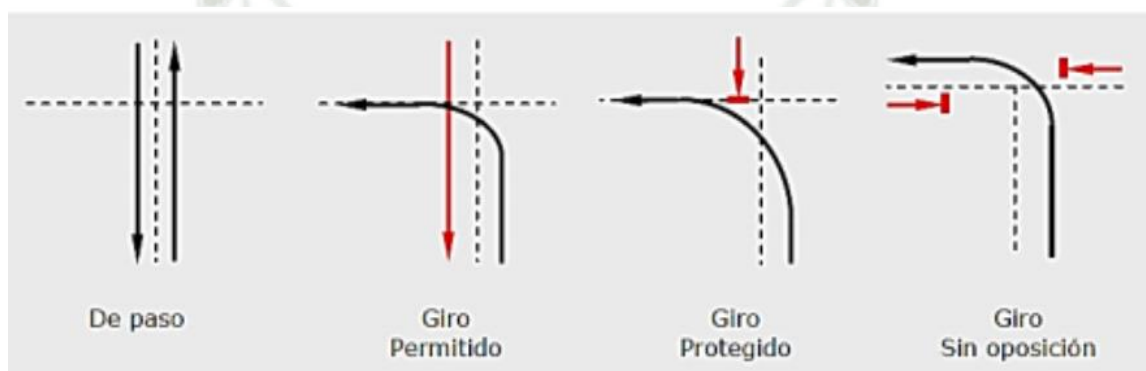
- **De paso:** El vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el de menor requerimiento por parte del sistema (Romana et al., 2010).
- **Giro protegido:** En este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Sería el caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos – una flecha verde adicional en el semáforo- o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase (Romana et al., 2010).
- **Giro permitido:** El vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera 23 permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también

lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo de verde (Romana et al., 2010).

- **Giro sin oposición:** A diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operen con dos fases separadas para cada dirección (Romana et al., 2010).

Figura 7

Tipos de movimiento en una intersección



Nota. En esta imagen se observan los tipos de movimiento que pueden darse en una intersección. Adaptado de “Manual de Carreteras” por L. Bañón y J. Beivá, 2000

2.3.2. Intersecciones a Desnivel

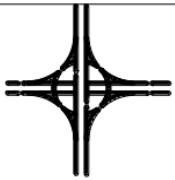
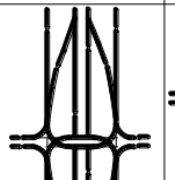
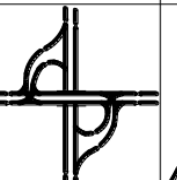
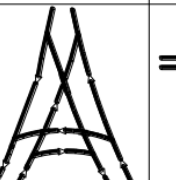
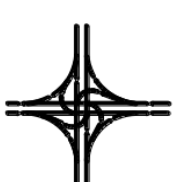
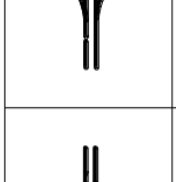
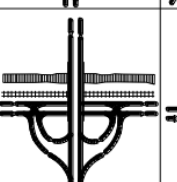
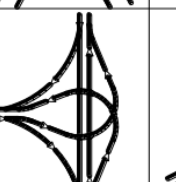
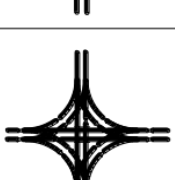
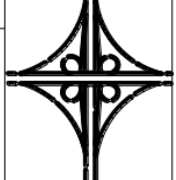
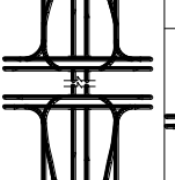
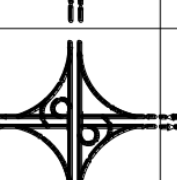
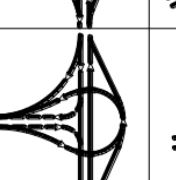
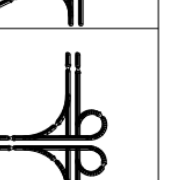
Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible. Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel. Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2018).

El MTC (2018) da a conocer que las intersecciones a desnivel se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Intercambios de Tres Ramas: Tipo Trompeta "T", Direccionales en "T" y Direccionales en "Y".

- Intercambios de Cuatro Ramas con Condición de Parada: Tipo Diamante – Clásico, Tipo Diamante – Partido y Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes).
- Intercambios de Cuatro Ramas de Libre Circulación: Tipo Trébol Completo (4 cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro Ramas

Figura 8
Tipos de intersección a desnivel

DE CUATROS RAMAS				DE TRES RAMAS	
DE LIBRE CIRCULACIÓN		CON CONDICIÓN PARADA		DIRECCIONALES	TROMPETAS
OTROS	TRÉBOL COMPLETO	DIAMANTES	TRÉBOL PARCIAL		
					
					
					

Nota. En esta imagen se ven los tipos de intersección explicados en los recientes párrafos. Adaptado de “Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018” por Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, 2018

2.4. Capacidad

Según el MTC (2018), la capacidad es el número máximo de vehículos o peatones que pueden circular por un determinado punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un periodo de tiempo establecido, a su vez se especifica que existen diversos factores condicionantes de la capacidad en una determinada intersección, dichos factores son: la geometría de la vía, la composición del tráfico, el estacionamiento, las maniobras de giro, la hora punta, y la situación general de la intersección.

- **Geometría de la vía**

La anchura de la calle mejor que el número de carriles es el factor más significativo para evaluar la capacidad de una intersección; la anchura del acceso no varía únicamente con la de la calle, sino que depende de otros factores como la disposición de las marcas viales o la presencia de isletas y otros obstáculos (MTC, 2018).

- **Composición del tráfico**

La proporción de vehículos pesados existente en la corriente de tráfico se hace patente en la capacidad individual de cada acceso y de la intersección en conjunto; como ya sabemos, el vehículo pesado es más lento y voluminoso, y sus maniobras en el ámbito urbano están más restringidas, debido a su mayor radio de giro (MTC, 2018).

- **Estacionamiento**

La existencia de vehículos parados, detenidos o estacionados en las proximidades de la intersección es un factor que afecta doblemente a la capacidad de la intersección: disminuye la anchura eficaz del acceso y retarda la circulación de vehículos, en el caso de existir vehículos realizando maniobras de estacionamiento (MTC, 2018).

- **Maniobras de giro**

Ante la presencia de una intersección semaforizada, y dependiendo de la tipología y la regulación de ésta, el conductor del vehículo tiene una serie de posibles trayectorias a seguir, que genéricamente son: continuar en la dirección que lleva, girar a la derecha o girar a la izquierda; también se ha comprobado experimentalmente que el porcentaje de vehículos que efectúan maniobras de giro afecta negativamente a la capacidad de la intersección; en el caso particular de los giros a la derecha, la presencia de peatones con prioridad de paso reduce aún más su capacidad (MTC, 2018).

- **Factor de hora punta**

Sin duda, el momento más crítico para la intersección en lo que a capacidad se refiere se produce durante la hora punta, por lo que será necesario tener en cuenta el factor de hora punta (FHP), definido por el Manual de Capacidad como “el cociente entre la intensidad de la hora punta y cuatro veces la intensidad de los quince minutos más cargados (MTC, 2018).

$$FHP = \frac{IHP}{4 \times I_{15}}$$

El FHP será de aplicación en intersecciones donde se afore la intensidad de la hora punta (IHP) y no la máxima de los 15 minutos (I15), ya que los criterios de nivel de servicio que adopta el Manual de Capacidad se refieren a esta última; a su vez, en las zonas urbanas dicho factor se halla comprendido normalmente entre 0.75 y 0.90, tomándose como valor medio 0.85 (MTC, 2018).

- **Situación de la intersección**

El MTC (2018) considera que análogamente a la influencia del tamaño de la ciudad en la fluidez del tráfico, también existe cierta influencia de la localización de la intersección dentro de la ciudad, entonces para efectos de cálculo, se distinguen cuatro zonas: zona céntrica, zona intermedia, zona periférica y zona residencial.

- **Centro:** Zona en la que el uso predominante del suelo es la actividad mercantil y de negocios. Se caracteriza por el gran número de peatones, por la frecuencia con los vehículos cargan y descargan mercancías, por la alta demanda de estacionamiento y por la alta rotación del mismo.
- **Zona intermedia:** Zona contigua al centro, donde se mezcla la actividad mercantil con suelo residencial de alta densidad. La mayor parte del tráfico no tiene su origen ni su destino dentro de la zona, caracterizada por la presencia de un número moderado de peatones.
- **Subcentros o centros periféricos:** De menor entidad que el centro, aunque de características similares, con la diferencia de que se observa una mezcla de tráfico de paso con el existente dentro de la propia zona.
- **Zonas residenciales:** Son aquellas en las que predomina el uso residencial, y se caracterizan por poseer una baja densidad peatonal y una renovación de estacionamiento muy baja.

2.5. Niveles de Servicio

Los niveles de servicio son un concepto nuevo dentro de la ingeniería de tráfico, según Radelat (2003) al comienzo el único objetivo de la ingeniería de tráfico era poder determinar el nivel de capacidad de un vehículo o algún otro dispositivo similar, pero fue a raíz de la gran demanda que empezaron a tener, al punto que esta sobrepasaba su capacidad y generaba problemas de tráfico, que surgió la necesidad de evaluar la calidad y nivel de sus servicios, para esto se idearon sistemas de evaluación que

consistían en medir el nivel de servicio a través de parámetros específicos, dicho proceso de evaluación es lo que se conoce como niveles de servicio.

Otra definición de niveles de servicio es la que brinda Jiménez (2019) al considerar que se trata de una forma de medición cualitativa basada en características específicas de los vehículos y aspectos externos que influyen en ellos, tales como la velocidad, el flujo vehicular, el tiempo que demora en recorrer una distancia determinada, el grado de libertad que tiene el conductor para hacer maniobras, la comodidad del chófer y los pasajeros, y la seguridad vial en las calles.

Los niveles de servicio se ordenan de acuerdo a la calidad de servicio brindada por los vehículos de transporte, es así que la Fundación Confemetal (2017) ha definido seis niveles de servicio, que van desde niveles de servicio eficientes (NDS “A”), hasta niveles de servicio deficientes (NDS “F”), los cuales se explican mejor en la figura siguiente.

Se pueden considerar algunos factores que afectan los niveles de servicio de las Intersecciones Semaforizadas:

Condiciones de la señal de Tráfico

- Coordinación de señales
- Duración del ciclo
- Giro a la izquierda protegido
- Pre tiempo o señal activada por tráfico

Condiciones Geométricas

- Carriles de giro a la izquierda y a la derecha
- Número de carriles

Condiciones del Tráfico

- Tráfico de camiones
- Número de peatones

Tabla 2
Niveles de servicio en Intersecciones No Semaforizadas

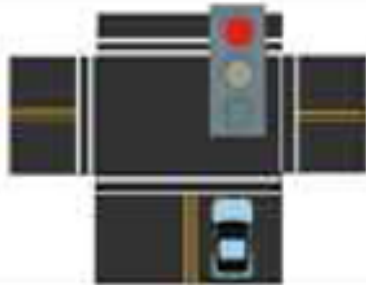
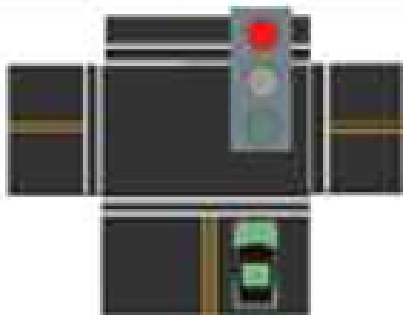
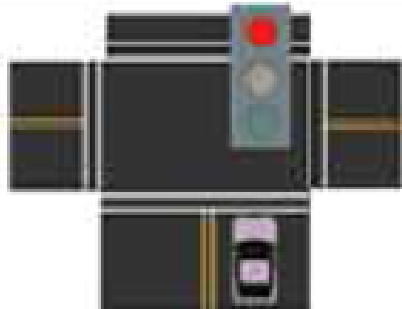
NIVELES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES NO SEMAFORIZADAS		
NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
A	• Condiciones de circulación libre y fluida. • Operaciones con muy poca demora (<10s)	
B	• Circulación estable a alta velocidad. • Operaciones con ligera demora (10 – 15 s)	
C	• Nivel de circulación estable. • La demora es considerable (16 – 25s) • Detención de un número significativo de vehículos	
D	• Condiciones de circulación inestables. • La demora es elevada (26 – 35s)	

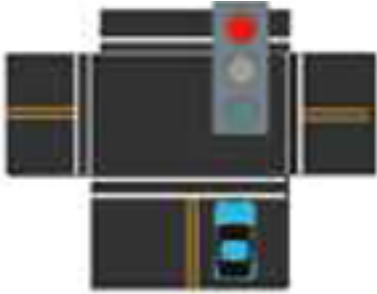
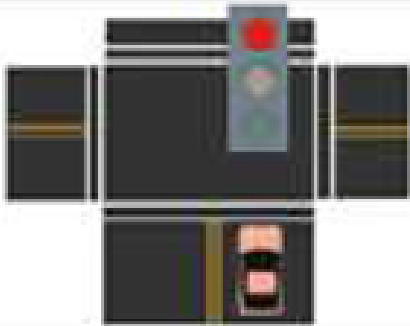
E	• Circulación lenta, sin adelantamiento. • Operaciones con gran demora (36 – 50s)	
F	• Circulación mediante paradas y arranques sucesivos • La demora supera >50s por vehículo • Nivel no permitido por los conductores • Supera la capacidad de la intersección	

Nota. Los niveles de servicio y sus características. Adaptado de “California Department of Transportation”



Tabla 3
Niveles de servicio en Intersecciones Semaforizadas

NIVELES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS		
NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN GRÁFICA
A	• Condiciones de circulación libre y fluida. • Operaciones con muy poca demora (<10s) • La mayoría de vehículos llegan a la intersección en la fase verde	
B	• Circulación estable a alta velocidad. • Operaciones con ligera demora (11 – 20 s) Se da en intersecciones con buena progresión y ciclos semafóricos cortos	
C	• Nivel de circulación estable. • La demora es considerable (21 – 35s) • Detención de un número significativo de vehículos	
D	• Condiciones de circulación inestables. • La demora es elevada (36 – 55s) • Notable influencia de la congestión con ciclos largos.	

E	• Circulación lenta, sin adelantamiento. • Operaciones con gran demora (56 – 80 s) • Alto grado de congestión, avance lento de vehículos	
F	• Circulación mediante paradas y arranques sucesivos • La demora supera >80 s por vehículo • Nivel no permitido por los conductores • Supera la capacidad de la intersección	

Nota. Los niveles de servicio y sus características. Adaptado de “California Department of Transportation”

2.6. Microsimulación del Tráfico

La micro simulación del tráfico es el modelado del movimiento de vehículos individuales, con el fin de evaluar el comportamiento del tráfico de las carreteras y los sistemas de calles, del tráfico y de los peatones, estos modelos de microsimulación tienen una naturaleza aleatoria, por lo que deben probarse varias veces para encontrar respuestas con un cierto nivel de confiabilidad; asimismo, para obtener un modelo con una buena representación de la realidad, debe ser calibrado y validado (Federal Highway Administration FHWA, 2021).

Los modelos microscópicos describen cambios en el estado del sistema a través de intervalos discretos a lo largo del tiempo; dentro de estos modelos, el tiempo discreto y los eventos discretos se pueden distinguir; en modelos de tiempo discreto, el sistema se actualiza a intervalos de tiempo fijos, por ejemplo, cada décima de segundo; de donde es fácil deducir que para hacer frente a las tareas de planificación de transporte complejos, los ingenieros de tráfico están utilizando la simulación de tráfico como un medio para evaluar la eficacia de los nuevos diseños viales (FHWA, 2021).

2.6.1. Generación de vehículos

El primer paso para desarrollar el sistema de tráfico es la generación de vehículos, esto se realiza con a través de nodos en el momento en el que ingresan para participar en el modelo del sistema, luego pasa a asignarse un determinado volumen para cada vehículo y en un periodo de tiempo específico, para este modelo se sobreentiende una distribución de avance (The Institution of Highways & Transportation, 2006). Los siguientes pasos para la generación de vehículos son explicados por Zuñiga (2010) de la siguiente manera: los vehículos y conductores reciben características propias asignadas de manera individual, entre ellas encontramos el tipo de vehículo, la longitud de vehículo, los reflejos y grado de reacción del conductor, el tiempo y la velocidad.

2.6.2. Interacción vehicular

La interacción vehicular es uno de los aspectos más importantes durante el desarrollo del modelos de tráfico, así lo considera Cabrera (2016), quien además explica que los modelos microscópicos son los que permiten representar con mayor precisión y facilidad las interacciones vehiculares, incluidos los cambios de carril y las brechas existentes entre ellos. Las brechas que mayormente se presentan son el cambio de carril y el flujo de tráfico, las cuales terminan siendo aceptadas por los conductores como parte del flujo vehicular (Federal Highway Administration FHWA, 2021).

Un ejemplo claro de interacción vehicular es cuando un vehículo hace un giro desde una calle cualquiera hasta una avenida principal, o cuando gira desde una avenida principal hacia una vía conglomerada de vehículos (Montenegro & Lozano, 2013).

2.6.3. Calibración del modelo

Para obtener un modelo capaz de reflejar la realidad lo más posible y sea aplicado con eficiencia, Montenegro y Lozano (2013) señalan que es necesario realizar un proceso de calibración, este consiste en ajustar al máximo los parámetros de eficiencia, de tal manera que el modelo sea confiable para replicarlo en los sistemas reales junto con todas las condiciones observadas a partir de los datos estudiados y analizados. De hecho, Araujo et al. (2004) mencionan que la calibración del modelo es fundamental para decidir si es viable o no, ya que uno de los factores claves para saber si un modelo funcionará es cuán cercano está a la realidad, y es justamente con la calibración que se puede conocer esto. A modo de resumen sobre la calibración del modelo, Zuñiga (2010) menciona que su objetivo principal es potenciar la capacidad que el modelo posee en base a sus atributos y elementos que la conforman, con la finalidad última de replicar el rendimiento de los parámetros utilizados y la conducta de los choferes,

teniendo en cuenta factores como el tiempo empleado en viajes de una determinada distancia y/o las demoras del mismo.

2.6.4. Validación del modelo

La validación del modelo es el siguiente paso a seguir después de la calibración del modelo dentro del proceso de micro simulación vehicular, así lo menciona Roca (2009) y además explica que éste consiste en verificar los resultados finales del modelo y compararlos con las predichas durante el proceso, la idea es que ambas coincidan lo más posible, de esa manera se ratifica que el modelo es acorde a la realidad o al menos lo más cercana posible, y por lo tanto es válido usarlo para explicar la realidad en términos sencillos. Un dato adicional que menciona el autor es que, los datos utilizados durante el proceso de construcción del modelo y durante la validación del mismo, no deben repetirse.

2.7. Programas De Simulación

2.7.1. PTV VISSIM

El PTV VISSIM representa una moderna forma de conocer la complejidad de los sistemas de transporte en todos sus tipos, el software PTV VISSIM es usado para la micro simulación de tráfico se caracteriza, por ser multimodal, es decir, permite analizar y evaluar el comportamiento de sistemas conformados por medios de transporte considerados vehículos y también otros medios de transporte que no son considerados vehículos; la capacidad microscópica de VISSIM la convierte en la única herramienta del mundo capaz de reflejar las circunstancias de todos los medios de transporte y las interacciones que tienen entre sí, a través de sistemas numéricos y si fuera necesario también con proyecciones 3D, lo que permite formar la creación de una amplia gama de escenarios posibles (PTV Group, 2016).

2.7.1.1. Antecedentes del software

La aparición del software VISSIM data del año 1973, Suárez (2007) menciona que en ese fue desarrollado por la Universidad de Karlsruhe ubicada en Alemania y al ver lo novedoso de sus sistema informático, fue comercializada principalmente por PTV America Inc, a la fecha cuenta con sedes en casi todo el mundo, particularmente en el caso del continente americano el software PTV VISSIM llegó por primera vez en 1995, desde esa fecha el software ha sido mejorado en más de una ocasión y a la fecha se conoce la versión más actual del PTV VISSIM 8.0, lanzada al mercado hace 7 años en

el 2015. En cuanto su nombre, el PTV VISSIM fue denominado así debido al idioma alemán, cuya sigla quiere decir Verkehr In Städten SIMulation y traducida al español significa Simulación de Tráfico en Ciudades (Casares & Galarraga, 2005).

Según información de la propia entidad de PTV Group (2016), el PTV VISSIM es un software que nos permite hacer simulaciones microscópicas y multimodales del tránsito, representa el comportamiento de vehículos privados, públicos, de peatones, además de la interacción entre estos, este software desarrollado por la empresa alemana Planung Transport Verkehr AG, basa su funcionamiento en los modelos de seguimiento vehicular y cambio de carril. entre sus principales funciones están:

- Análisis de capacidad y pruebas de los sistemas de prioridad de tránsito.
- Permite comparar posibles alternativas de solución para el mejoramiento de una intersección o tramo de una vía.
- Permite evaluar el transporte público optimizando tiempos de viajes y demoras
- Simula y analiza cualquier tipo de diseño geométrico en cualquier tipo de semaforización.
- Simula todos los modos de transporte y su interacción dentro de un solo paquete.
- Evalúa la calidad del tráfico en autopistas
- Simula distintas medidas de gestión de tráfico, como límites de velocidad variables, cerrar carriles al tráfico pesado, advertencias de congestión, etc.
- Simulación del transporte público

Figura 9

Simulación de una intersección en el software Vissim



Nota. En la figura se muestra un modelo de simulación de una intersección, realizada en el software Vissim. Adaptado de PTV Group, 2016.

2.7.1.2.Principios del software

La aplicación del software VISSIM en los sistemas de flujo tráfico se basa en principios considerados dentro del mismo software PTV VISSIM, Fellendorf (1994) menciona que estos principios son dos fundamentalmente: el modelo de flujo del tráfico y el modelo de control de señales, los conceptos de cada uno de dichos principios se desarrollan a continuación.

- **Modelo de flujo del tráfico**

El principio que propone el software VISSIM denominado modelo de flujo del tráfico, según Fellendorf (1994), es un modelo se caracteriza por ser un modelo no solo discreto, sino además estocástico, es por ello que se encuentra basado en la forma en cómo transcurre el tiempo y toma en cuenta los vehículos y conductores como unidades individuales. El autor también menciona que el modelo de flujo de tráfico posee internamente un modelo psicofísico que permite evaluar el comportamiento de los vehículos a nivel longitudinal y a través del uso de logaritmos, entre otras herramientas implicadas en las reglas de movimientos laterales.

- **Modelo de control de señales**

Este es el segundo componente de los principios del software VISSIM, Fellendorf (1994) explica que este funciona a través de detectores que son enviados desde la base principal del VISSIM hacia todo el programa, durante el proceso de envío se realiza el control de señales para lograr identificar las características de los vehículos y demás elementos relacionados al sistema de flujo de tráfico, para finalmente decidir cuáles serán utilizados para la construcción final del modelo de tráfico. El autor termina diciendo que una vez identificadas las señales de control, el software VISSIM pasa a efectuar de manera automática el siguiente proceso de flujo de tráfico con todas las interacciones vehiculares que este implique.

2.7.1.3.Construcción del Modelo

Para la construcción final del modelo, Fellendorf (1994) señala que el software VISSIM necesita hacer uso de un mapa de escala que le permita representar un red real, el mapa de escala es insertado en la ventana de VISSIM y luego se procede a determinar las rutas; finalmente se codifica la información registrada de los vehículos, objetos espaciales y objetos específicos.

- **Codificación de la red**

Las redes de carreteras generalmente están representadas por gráficos con conectores ubicados en las intersecciones y enlaces ubicados en las secciones de carreteras; los conectores son necesarios si se combinan dos o más enlaces, los enlaces se cruzan entre sí, un enlace se divide en dos o más enlaces, o las características de un cambio de segmento de carretera; vale la pena mencionar que los conectores están unidos en pares. Por ejemplo, para la fusión de uno a tres enlaces será necesario el uso de tres conectores (Fellendorf & Vortisch, 2010).

- **Rutas de los vehículos**

Las rutas de vehículos utilizados en el software VISSIM se caracterizan por ser de un solo tipo, pero fácilmente combinables entre sí, Fellendorf y Vortisch (2010) así lo mencionan al destacar que los vehículos que transitan en los carriles toman rutas de origen – destino, llamadas también rutas OD; a través de estas rutas los vehículos pueden mezclarse entre sí, cuando esto ocurre a cada vehículo se le asigna un determinado porcentaje y velocidad. Los autores destacan además que dentro de los objetos y elementos empleados en los modelos con VISSIM, se encuentran objetos puntuales y objetos de extensión espacial.

- **Objetos puntuales**

Los objetos puntuales que se pueden encontrar en un modelo donde se emplea el software VISSIM, tienen como característica principal no contar con una longitud en el espacio físico, se ubican más bien dentro de carriles específicos, de tal manera que a cada objeto le corresponda un carril determinado, es por ello que los objetos son copiados en los siguientes carriles a medida que los vehículos se movilizan en la sección transversal; entre los objetos que aparecen en los modelos con VISSIM destacan principalmente las señalizaciones para el límite de velocidad como el alto o stop, semáforos, etc. (Fellendorf & Vortisch, 2010).

- **Objetos espaciales**

En el software VISSIM se emplean objetos espaciales para la construcción de modelos de tráfico, estos se caracterizan por tener una posición inicial en un carril determinado para luego extenderse en longitud hasta el máximo límite permitido por el software y en relación a las especificaciones del modelo; entre los objetos espaciales más recurrentes en los modelos de tráfico encontramos detectores tanto de vehículos como de personas, paraderos peatonales y de tránsito, áreas de velocidad máxima y

mínima según lo permitan las leyes de cada país o zona geográfica (Fellendorf & Vortisch, 2010).

2.7.2. SYNCHRO

SYNCHRO es un programa de computación con aplicación en la planificación, diseño, control y optimización de tiempos de semáforos en intersecciones y arterias viales (SYNCHRO, 2022).

En base a la información registrada en SYNCHRO (2022), se conoce que sus principales funciones son las siguientes:

- Análisis de capacidad en intersecciones sin semáforos siguiendo la metodología del HCM 2010
- Análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas siguiendo la metodología del HCM 2010
- Optimización de longitudes de ciclo y tiempos de fases.
- Coordinación de semáforos generando planes de tiempo optimizando fases, longitud del ciclo y desplazamientos y genera los diagramas de Tiempo – espacio.
- Modelado y simulación microscópica del tráfico de una intersección o de la red y crea una animación del mismo.
- Trabaja con los diferentes tipos de controladores: de tiempo fijo y actuados.

La base de datos de Synchro es compatible con el formato “Universal Traffic Data Format (UTDF)” utilizado por otros programas y por diferentes tipos de controladores y contadores digitales (SYNCHRO, 2022).

2.7.2.1. Ajuste de la demanda

Synchro divide los volúmenes de tráfico entre el FHP para determinar la tasa de flujo durante el periodo de 15 minutos más cargado durante la hora, tal cual es indicado por el HCM (SYNCHRO, 2022).

2.7.2.2. Ajuste de la oferta

Para el cálculo de la tasa de flujo de saturación, Synchro emplea el valor por defecto para la tasa de flujo de saturación ideal de 1900 veh/h/carril y la ajusta automáticamente con los factores correspondientes. No obstante, también es posible emplear un valor de flujo de saturación directo, en caso de que este valor haya sido determinado (SYNCHRO, 2022).

2.7.2.3. Determinación de la capacidad

Para el cálculo de la relación volumen-capacidad (v/c), Synchro incorpora todos los ajustes y estimaciones del HCM 2010, pero adicionalmente provee un método alternativo denominado ICU (Intersection Capacity Utilization) (SYNCHRO, 2022).



CAPITULO III

3. Estudios de Tránsito

3.1. Metodología

La presente investigación tiene como objetivo evaluar los niveles de servicio mediante simulación en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán; para el cumplimiento de los objetivos planteados, la investigación se debe realizar a través de distintas etapas, las cuales se tomarán como referencia a la metodología propuesta por la FHWA, en la guía Traffic Analysis Toolbox Volume III, para el desarrollo de proyectos de simulación microscópica; estas etapas se detallan a continuación:

1era Etapa - Estudios de tránsito:

En esta etapa se identificarán las características geométricas y de señalización existente en el área de estudio. Luego, se procederá a la elaboración de los instrumentos (fichas de registro) y habilitación de herramientas que nos permitirán recolectar y medir los datos necesarios; finalmente se procederá a realizar los aforos.

2da Etapa - Procesamiento de datos:

Una vez recolectados los datos, se realizará el procesamiento de estos, para lo cual se hará uso del software Microsoft Excel; estos datos serán tabulados y presentados en tablas y gráficos. A partir de este procesamiento de datos, se determinará la hora de máxima demanda (HDM).

3era Etapa - Simulación del tránsito:

En esta etapa se procederá a la construcción del modelo de simulación usando los datos recolectados y procesados en el estudio de tránsito (características geométricas y del tránsito). Para el desarrollo del modelo de simulación, se hará uso del software PTV Vissim y el software Synchro Traffic.

4ta Etapa - Análisis de resultados y propuesta de mejora:

Por último, se analizarán los resultados y se desarrollará una propuesta que permita mejorar las condiciones de circulación de los vehículos en este punto de la ciudad. También, se hará una comparación entre los softwares de simulación utilizados en el estudio, a fin de determinar las características, ventajas y/o desventajas que poseen cada uno.

3.2.Características de la Intersección

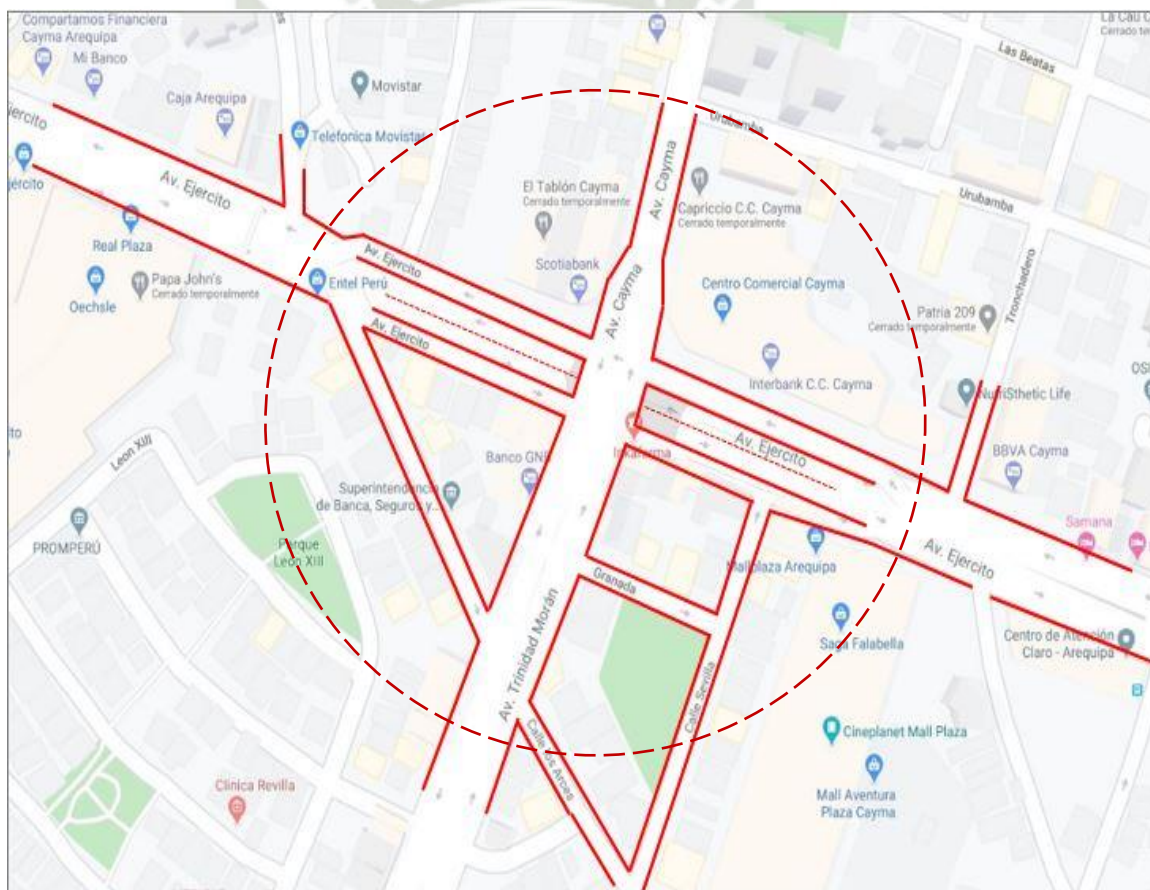
3.2.1. Ubicación.

Se evaluará la intersección comprendida por las vías: Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán, como se puede observar en la Figura N°10 dicha intersección está ubicada en:

Departamento : Arequipa
Provincia : Arequipa
Distrito : Comprende los distritos de Yanahuara y Cayma

Figura 10

Ubicación de la intersección en estudio



Nota. En esta imagen muestra la delimitación del estudio, es una captura de Google Maps. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

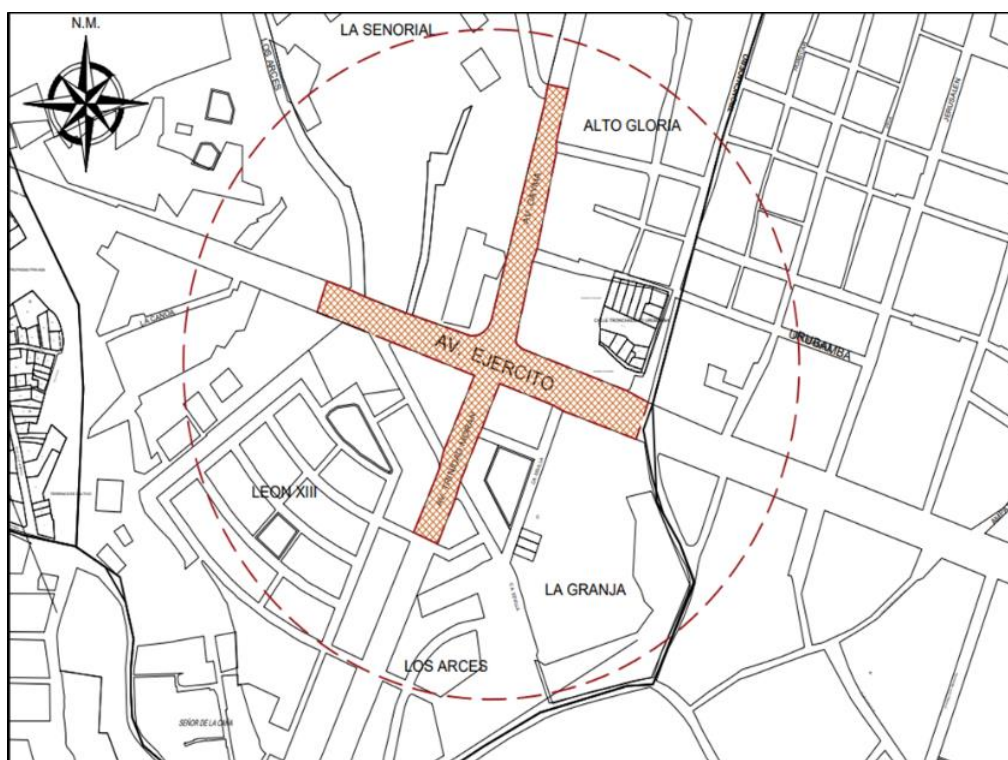
3.2.2. Área de estudio.

El área de estudio se encuentra delimitada por las avenidas y calles mencionadas en la Tabla N°4, en las Figuras 12,13,14,15,16,17 y 18 se pueden ver las intersecciones que conforman el área de estudio.

Tabla 4
Área de Estudio
Tabla 4. Área de Estudio

AVENIDA	ORIENTACIÓN	CALLES COLINDANTES
Av. Trinidad Morán	Noroeste	Los Arces
Av. Cayma	Noroeste	Calle Urubamba
Av. Ejército	Este	Calle Francisco Mostajo
Av. Ejército	Oeste	Calle Los Arces
By Pass Av. Ejército	Este	Calle Francisco Mostajo
By Pass Av. Ejército	Oeste	Calle Los Arces

Nota. En la tabla se muestra el área de estudio, la orientación y calles colindantes. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 11
Delimitación del área de estudio


Nota. En esta imagen se observa la ubicación de la intersección de la materia en estudio. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 12

Intersección N°1: Av. Ejército con Av. Trinidad Morán



Nota. En esta imagen muestra la intersección N°1: Av. Ejército con Av. Trinidad Morán. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 13

Intersección N°1: Av. Ejército con Av. Trinidad Morán



Nota. En esta imagen muestra la intersección N°1: Av. Ejército con Av. Trinidad Morán. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 14

Intersección N°2: Av. Ejército con Av. Cayma



Nota. En esta imagen muestra la intersección N°2 - Av. Ejército con Av. Cayma. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 15

Intersección N°2 - Av. Ejército con Av. Cayma



Nota. En esta imagen muestra la intersección N°2 - Av. Ejército con Av. Cayma. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 16

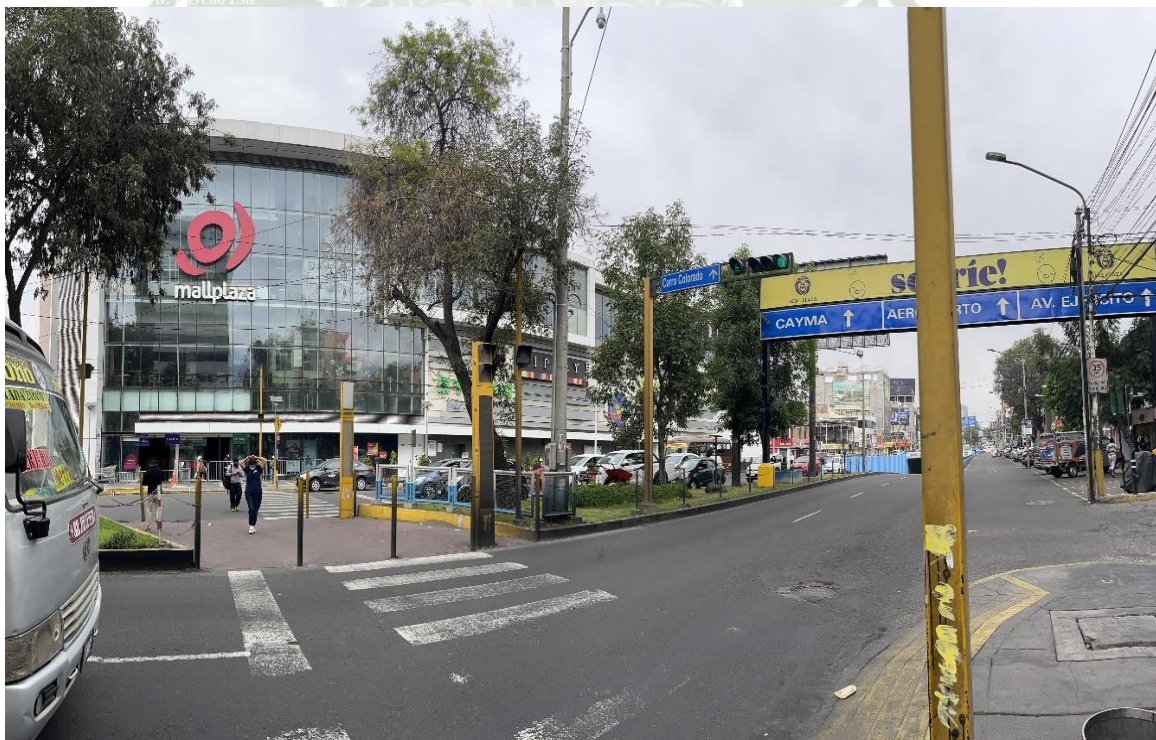
Bypass Av. Ejército Este



Nota. En esta imagen muestra el bypass Av. Ejército Este, es una captura de Google Maps. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 17

Centro comercial Mall Plaza - Av. Ejército Este



Nota. En esta imagen se muestra el centro comercial Mall Plaza ubicado en la Av. Ejército Este. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 18

Bypass Av. Ejército Oeste



Nota. En esta imagen muestra el bypass Av. Ejército Oeste, es una captura de Google Maps. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

Figura 19

Centro Comercial Real Plaza – Av. Ejército Oeste



Nota. En esta imagen se muestra el centro comercial Real Plaza ubicado en la Av. Ejército Oeste. Adaptación propia en base a la investigación realizada, 2022

3.2.3. Análisis de las Avenidas que intervienen en la intersección de estudio

3.2.3.1. Av. Ejército

Es una de las principales avenidas de la ciudad de Arequipa, tiene como principal función conectar el flujo vehicular proveniente de los distritos de Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara, Sachaca y Cercado, se destaca por ser un importante eje comercial; hacia el lado Este está ubicado el centro comercial Mall Plaza Cayma y hacia el lado Oeste el centro comercial Real Plaza en ambos centros comerciales podemos encontrar tiendas por departamento, hipermercados, restaurantes, patio de comidas, salas de cine y áreas de estacionamiento, a su vez en dicha avenida encontramos una zona de bancos entre los que podemos mencionar los siguientes: BCP, Interbank, los cuales generan un gran impacto vehicular al estar ubicados en una zona comercial y estar rodeados por zonas de uso residencial media – alta.

Figura 20

Centro Comercial Mall Plaza – Av. Ejército Este



Nota: Elaboración propia.

Figura 21

Banco de Crédito – Av. Ejército Este



Nota: Elaboración propia.

Figura 22

Banco de Interbank – Av. Ejército Este



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23

Centro Comercial Real Plaza – Av. Ejército Oeste



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.2. Av. Cayma y Av. Trinidad Moràn

En las avenidas Cayma y Trinidad Moràn podemos encontrar un centro financiero y comercial, ya que la mayoría de bancos y centros comerciales tienen su sede en ellas, a su vez podemos encontrar zonas residenciales y urbanizaciones conformadas en su mayoría por edificios multifamiliares y viviendas unifamiliares, las mismas que generan áreas de alta densidad y a su vez suman al tráfico vehicular en horas de máxima demanda. A continuación mencionaremos algunas urbanizaciones cercanas a la intersección en estudio:

- Urb. La Señorial
- Coop. Colegio de Ingenieros
- Quinta Gamero
- Urb. Los Guindos
- Urb. León XIII
- Urb. Señor de la Caña
-

Figura 24

Zona Financiera Av. Cayma



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25

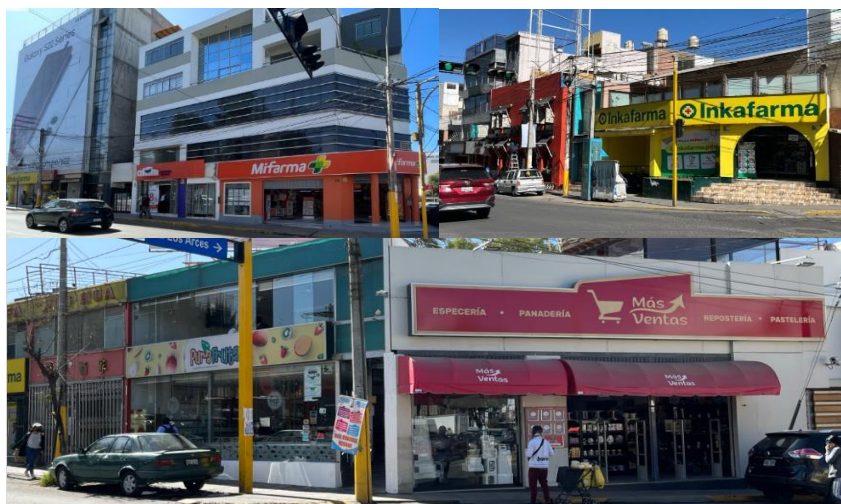
Zona Comercial Av. Cayma



Nota: Elaboración propia.

Figura 26

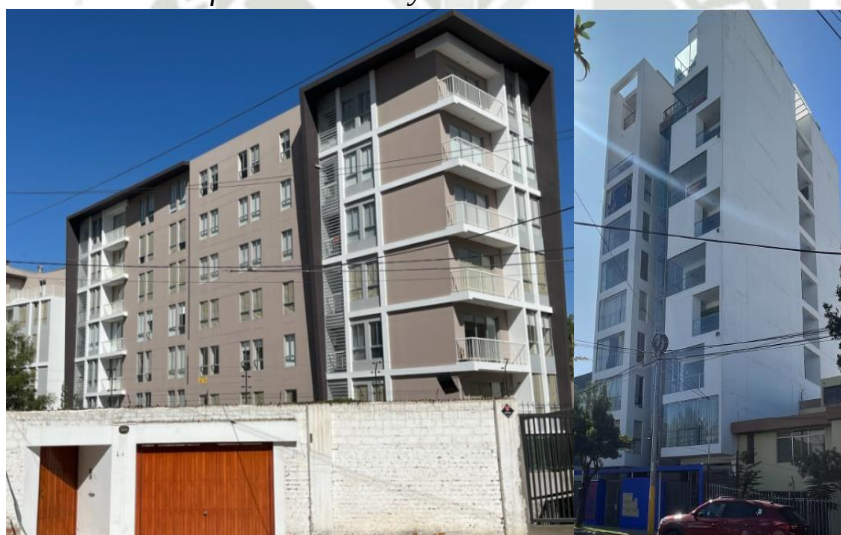
Zona Comercial Av. Trinidad Morán



Nota: Elaboración propia.

Figura 27

Viviendas Multifamiliares – Cayma – Av. Trinidad Morán



Nota: Elaboración propia.

3.3. Análisis del Área de Impacto

De acuerdo al PDM Arequipa 2016 - 2025 la provincia de Arequipa acoge el 75.16% de la población regional, la tendencia a la que se dirige el Área Metropolitana de Arequipa, es a colocarse como la segunda ciudad del país.

La ciudad de Arequipa posee un modelo de ocupación urbana y económica de tipo “Mono céntrico” ya que se concentra en ella la mayor parte de la actividad económica, lo mismo que implica un gran movimiento de la población diariamente desde las zonas periféricas hacia el centro histórico, lo cual se ve reflejado en el constante tráfico vehicular en diversas horas del día.

3.3.1. Zonificación

Como podemos observar en la Figura 28 de acuerdo al PDM Arequipa 2016 – 2025, la intersección en estudio está conformada por un alto porcentaje de área de comercio clasificando a las avenidas que convergen en la avenida Ejército como una zona de Comercio Zonal (CZ) y otra la zona de Comercio Sectorial (CS), el PDM Arequipa 2016 – 2025 define a estas zonas como:

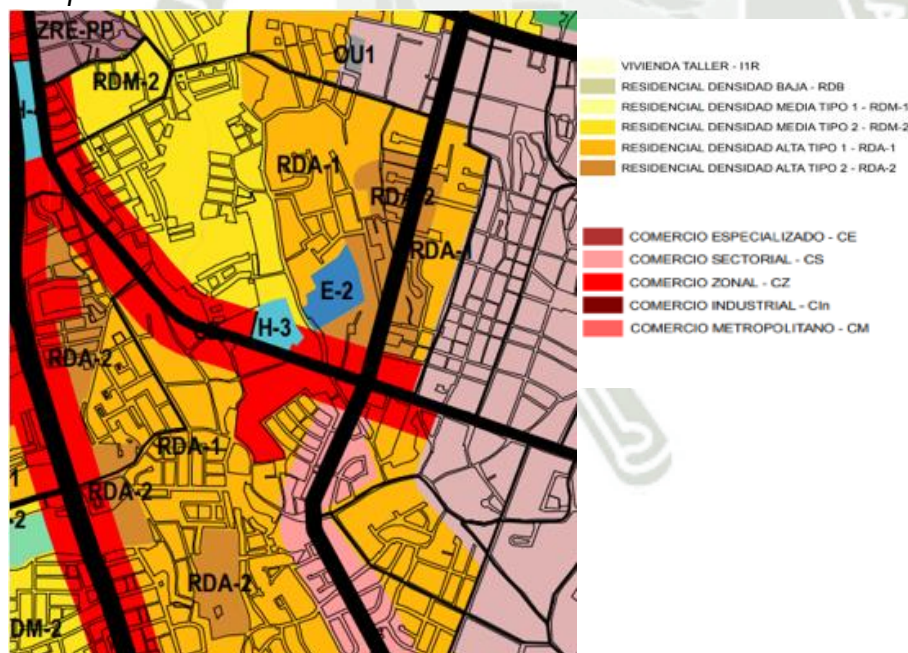
CZ: Es el tipo de comercio que se da por la influencia de las vías de acceso.

CS: Es el tipo de comercio que se dan en la periferia de las zonas comerciales zonales, pero a una escala reducida en cuanto a volumen de ventas y radio de servicio.

Así mismo las zonas que conforman el área de influencia presentan una densidad residencial alta clasificándose como Residencial Densidad Alta de Tipo 1, a la que el PDM Arequipa 2016 – 2025 define a estas zonas como:

RDA-1: Es el uso identificado con las viviendas o residencias tratadas en conjunto que permitan la obtención de una alta concentración poblacional.

Figura 28
Zonificación del área de estudio del área de estudio



Nota. En esta imagen muestra la zonificación del área de estudio. Adaptación propia en base a los planos PDM 2016 – 2025 por el Instituto Nacional de Planeamiento IMPLA, 2022

3.3.2. Clasificación Vial.

La importancia de esta intersección radica en el hecho de que es un punto de conexión que permite el flujo de vehículos que tienen como origen y/o destino los distritos de Cayma, Cerro Colorado, Yanahuara y el centro histórico.

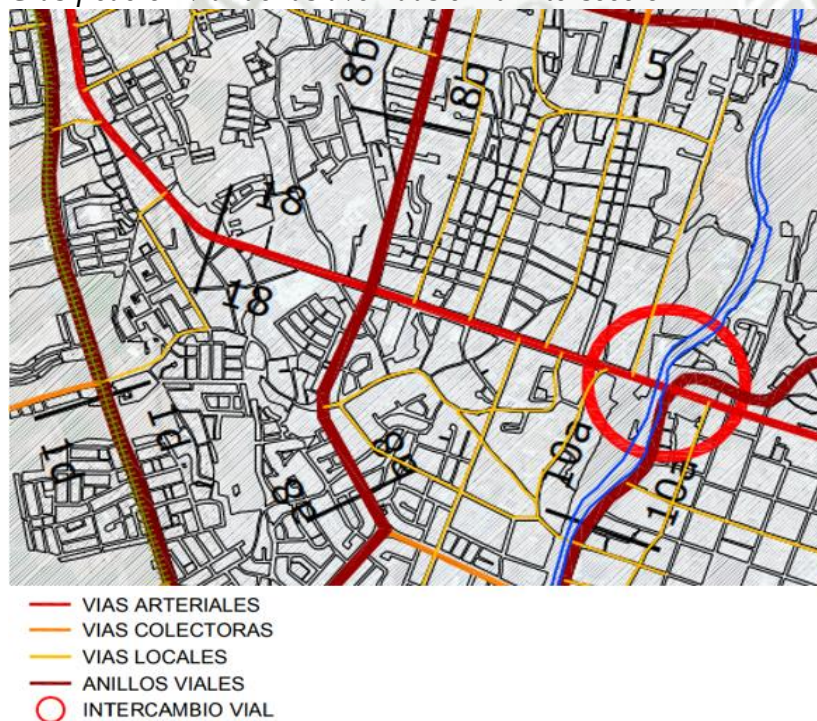
El área de influencia de la intersección comprendida por las vías: Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán, forman parte del segundo anillo vial de la ciudad de Arequipa, cuya característica principal es actuar como un elemento regulador y controlador de los flujos vehiculares ocasionados en el entorno, estos anillos viales se articulan con Vías Arteriales formando una red vial.

El PDM Arequipa 2016 — 2025, define a estas vías de la siguiente manera:

- Vía arterial: Se define como una vía de flujo vehicular en extremo concurrida.
- Anillo vial: Constituye un elemento primordial para la regulación de los flujos vehiculares.

Figura 29

Clasificación vial de las avenidas en la Intersección



Nota. En esta imagen muestra la clasificación vial de las avenidas en la intersección. Adaptación propia en base a los planos PDM 2016 – 2025 por el Instituto Nacional de Planeamiento IMPLA, 2022

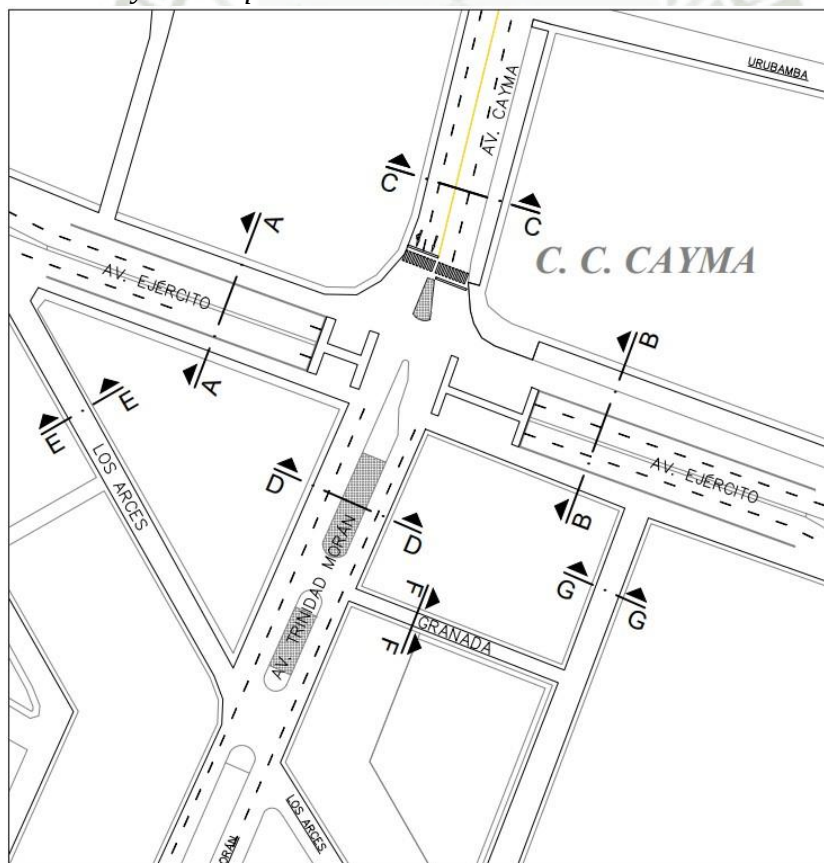
3.3.3. Geometría

La intersección en estudio está conformada por la Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán están clasificadas como la intersección de un Anillo Vial y una Vía Arterial; en la Figura 30 podemos observar la ubicación de las secciones viales que conforman la intersección en estudio.

- Av. Ejército Oeste: Corte A – A
- Av. Ejército Este: Corte B – B
- Av. Cayma: Corte C – C
- Av. Trinidad Morán: Corte D – D
- Calle Los Arces: Corte E – E
- Calle Granada: Corte F – F
- Calle Sevilla: Corte G – G

Figura 30

Avenidas y calles que intervienen en la intersección



Nota. En esta imagen se muestran las Avenidas y calles que intervienen en la intersección. Elaboración propia en base a la necesidad de la investigación realizada, 2022

En las Tablas 5, 6, 7, 8, 9 y 10 así como en las Figuras 31, 32, 33, 34, 35 y 36; se describen los principales parámetros geométricos y se muestran las secciones viales de las avenidas y calles que conforman la intersección las cuales serán utilizadas para realizar el análisis y construcción del modelo de simulación.

Tabla 5

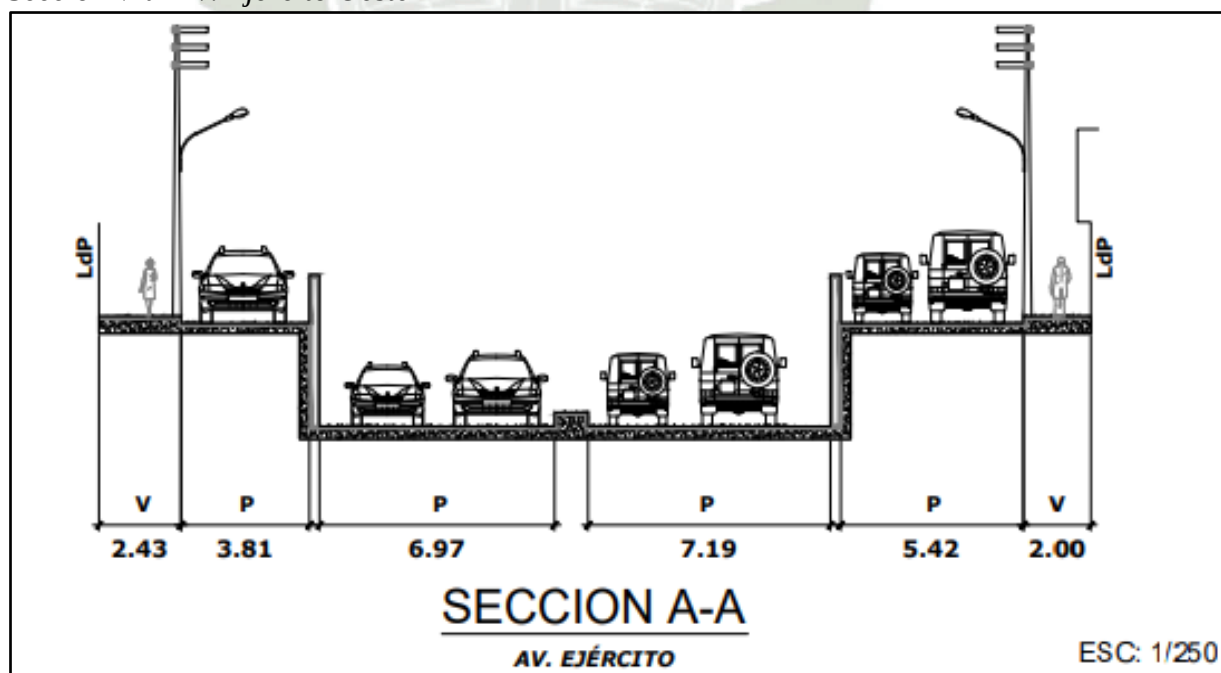
Parámetros Geométricos Av. Ejército Oeste

Parámetros	AV. EJÉRCITO ESTE (By Pass)	AV. EJÉRCITO OESTE (By Pass)	AV. EJÉRCITO ESTE	AV. EJÉRCITO OESTE
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
Nº carriles	2	2	1	2
Ancho carril (C)	3.49	3.60	3.81	2.71
Ancho total de la calzada (P)	6.97	7.19	3.81	5.42
Ancho de jardines (J)	-	-	-	-
Ancho de berma (B)	-	-	-	-
Ancho de veredas (V)	-	-	2.43	2.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura 31

Sección Vial Av. Ejército Oeste



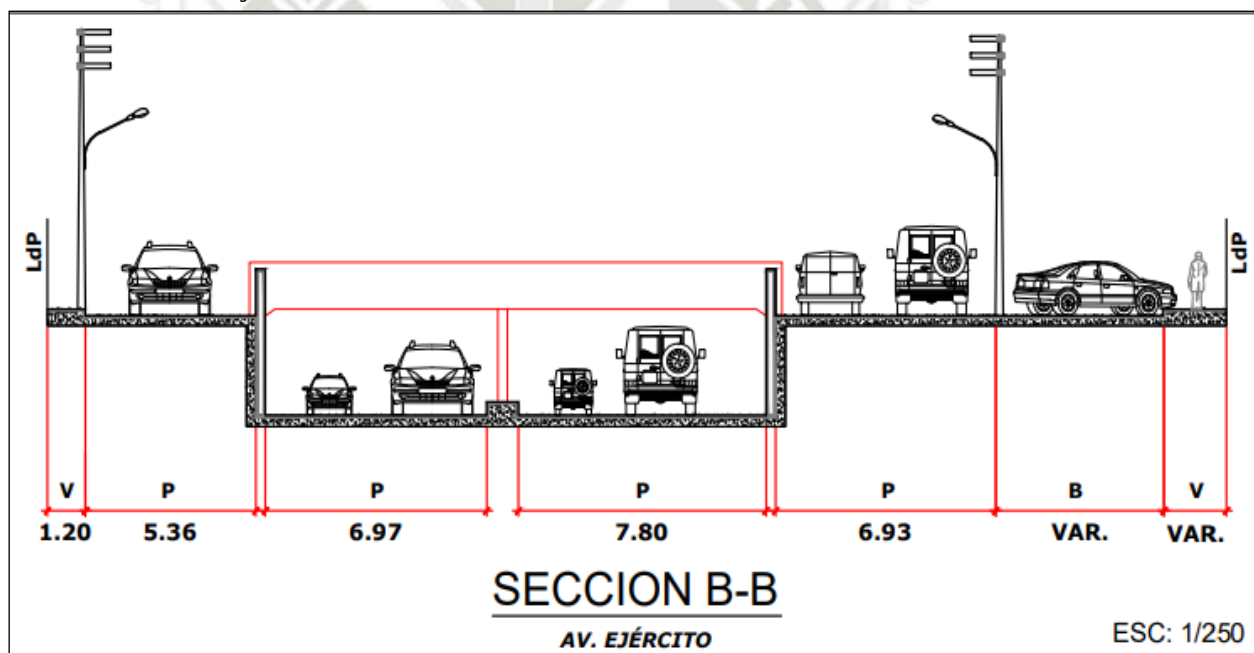
Nota: Elaboración Propia

Tabla 6
Parámetros Geométricos Av. Ejército Este

Parámetros	AV. EJÉRCITO ESTE (By Pass) Derecha	AV. EJÉRCITO OESTE (By Pass) Izquierda	AV. EJÉRCITO ESTE Derecha	AV. EJÉRCITO OESTE Izquierda
N° carriles	2	2	1	2
Ancho carril (C)	3.49	3.60	5.36	3.47
Ancho total de la calzada (P)	6.97	7.19	5.36	6.93
Ancho de jardines (J)	-	-	-	-
Ancho de berma (B)	-	-	-	Variable
Ancho de veredas (V)	-	-	1.20	Variable

Nota: Elaboración Propia

Figura 32
Sección Vial Av. Ejército Este



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7
Parámetros Geométricos Av. Cayma

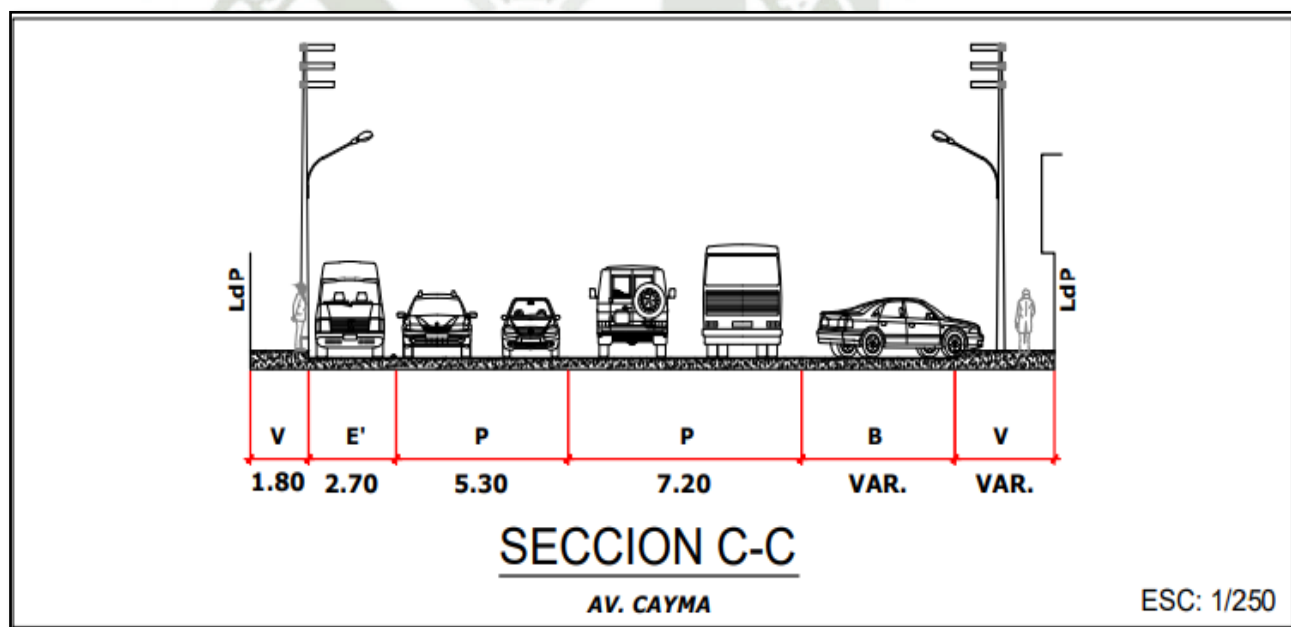
Parámetros	AV. CAYMA	
	FEI	FSI
N° carriles	2	2
Ancho carril (C)	2.65	3.60
Ancho total de la calzada (P)	5.30	7.20
Ancho de Paradero de Buses (E')	2.70	-
Ancho de jardines (J)	-	-
Ancho de berma (B)	-	Variable
Ancho de veredas (V)	1.80	Variable

F.E.I.: Flujo que entra a la intersección

F.S.I.: Flujo que sale de la intersección

Fuente: Elaboración Propia

Figura 33
Sección Vial Av. Cayma



Nota: Elaboración Propia

Tabla 8
Parámetros Geométricos Av. Trinidad Morán

Parámetros	AV. TRINIDAD MORÁN	
	FEI	FSI
Nº carriles	2	2
Ancho carril (C)	3.12	3.00
Ancho total de la calzada (P)	6.23	6.00
Ancho de Paradero de Buses (E')	-	-
Ancho de jardines (J)	6.89	6.89
Ancho de berma (B)	-	3.10
Ancho de veredas (V)	1.20	1.20

F.E.I.: Flujo que entra a la intersección

F.S.I.: Flujo que sale de la intersección

Fuente: Elaboración Propia

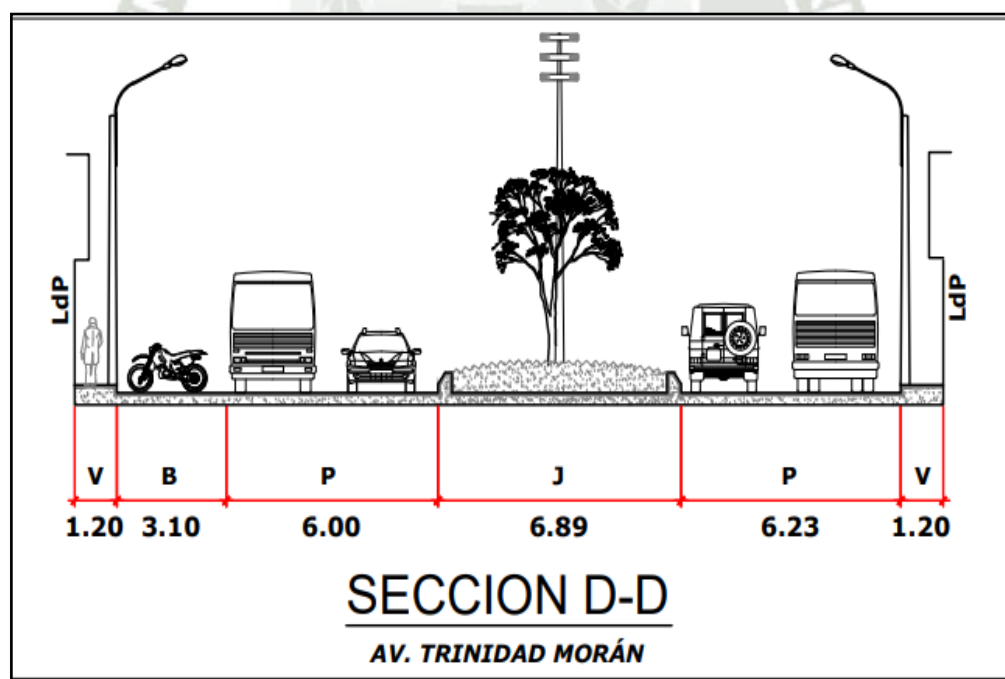
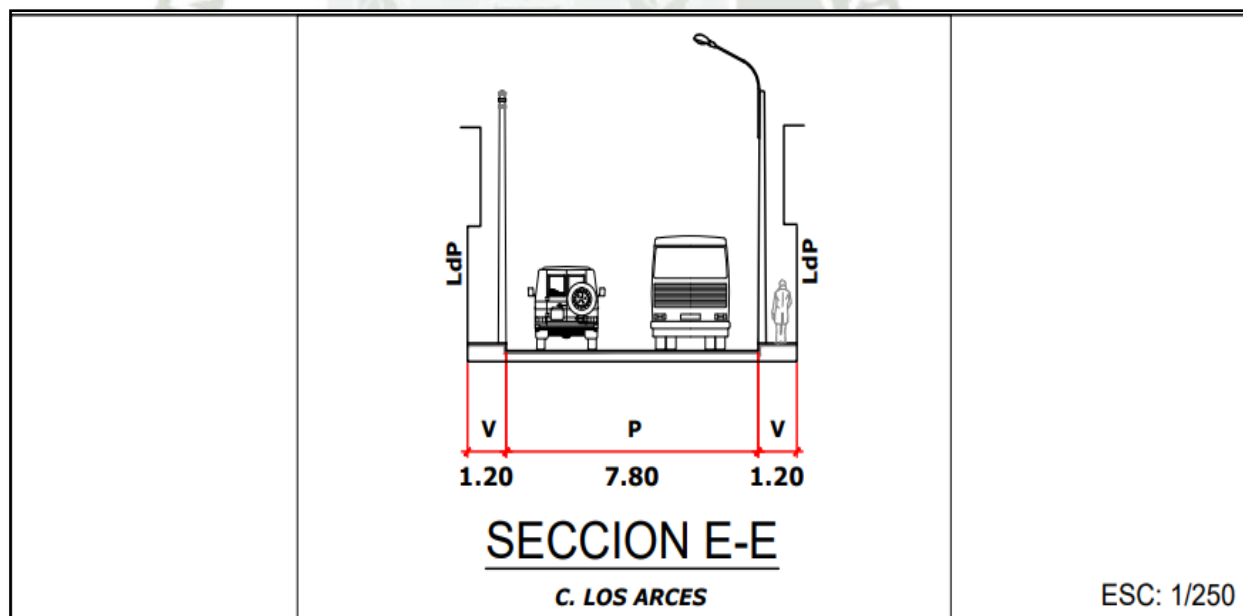
Figura 34
Sección Vial Av. Trinidad Morán

Nota: Elaboración Propia

Tabla 9
Parámetros Geométricos Calle Los Arces

Parámetros	CALLE LOS ARCES
N° carriles	2
Ancho carril (C)	3.90
Ancho total de la calzada (P)	7.80
Ancho de Paradero de Buses (E')	-
Ancho de jardines (J)	-
Ancho de berma (B)	-
Ancho de veredas (V)	1.20

Nota: Elaboración Propia

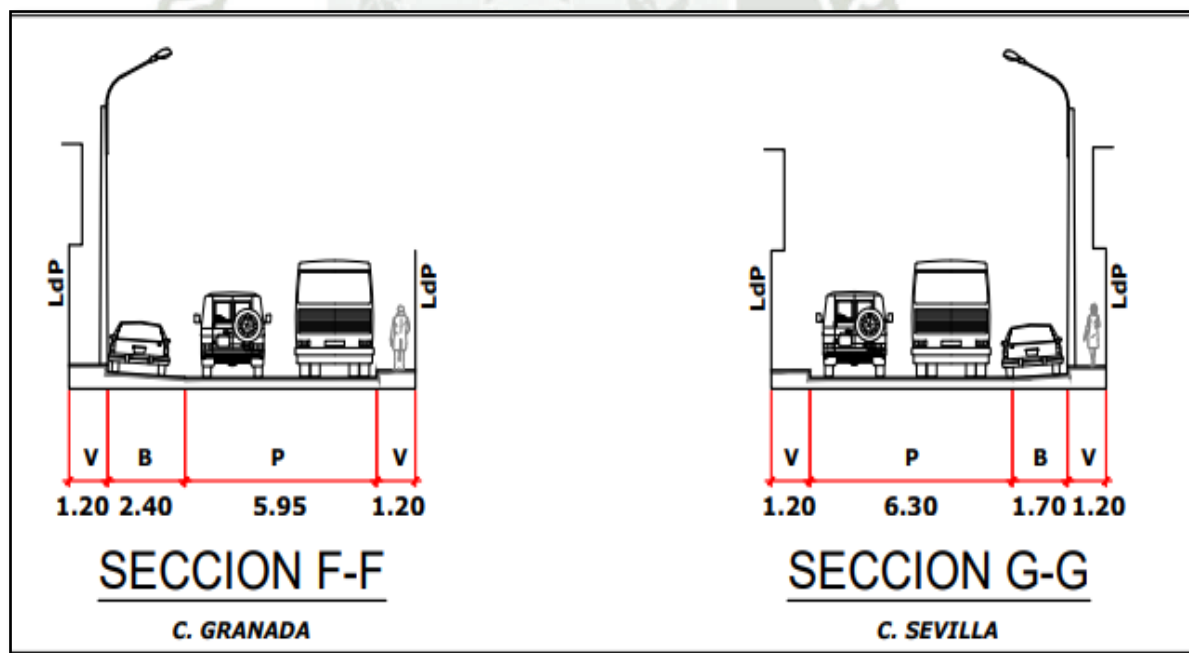
Figura 35
Sección Vial Calle Los Arces



Nota: Elaboración Propia

Tabla 10
Parámetros Geométricos Calle Granada – Calle Sevilla

Parámetros	CALLE GRANADA	CALLE SEVILLA
N° carriles	2	2
Ancho carril (C)	2.98	3.20
Ancho total de la calzada (P)	5.95	6.30
Ancho de Paradero de Buses (E')	-	-
Ancho de jardines (J)	-	-
Ancho de berma (B)	2.40	1.70
Ancho de veredas (V)	1.20	1.20

Nota: Elaboración Propia
Figura 36
Sección Vial Calle Granada – Calle Sevilla

Nota: Elaboración Propia

3.3.4. Señalización.

La señalización vial es importante porque permite organizar y brindar seguridad en las vías. La Tabla 11 y 12 muestra la señalización horizontal y vertical existente dentro del área de estudio.

Tabla 11
Señalización Horizontal

	Señales Horizontales				
	CAY	TM	EJ-E	EJ-O	ARC
Línea Central Continua	X	X	X	X	X
Paso Peatonal	X	X	X	X	X
Flechas Direccionales	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Nota: CAY: Cayma, TM: Trinidad Morán, EJ-E: Ejército Este, EJ-O: Ejército Oeste.

Figura 37
Señales horizontales ubicadas en la intersección en estudio



Nota: Elaboración propia.

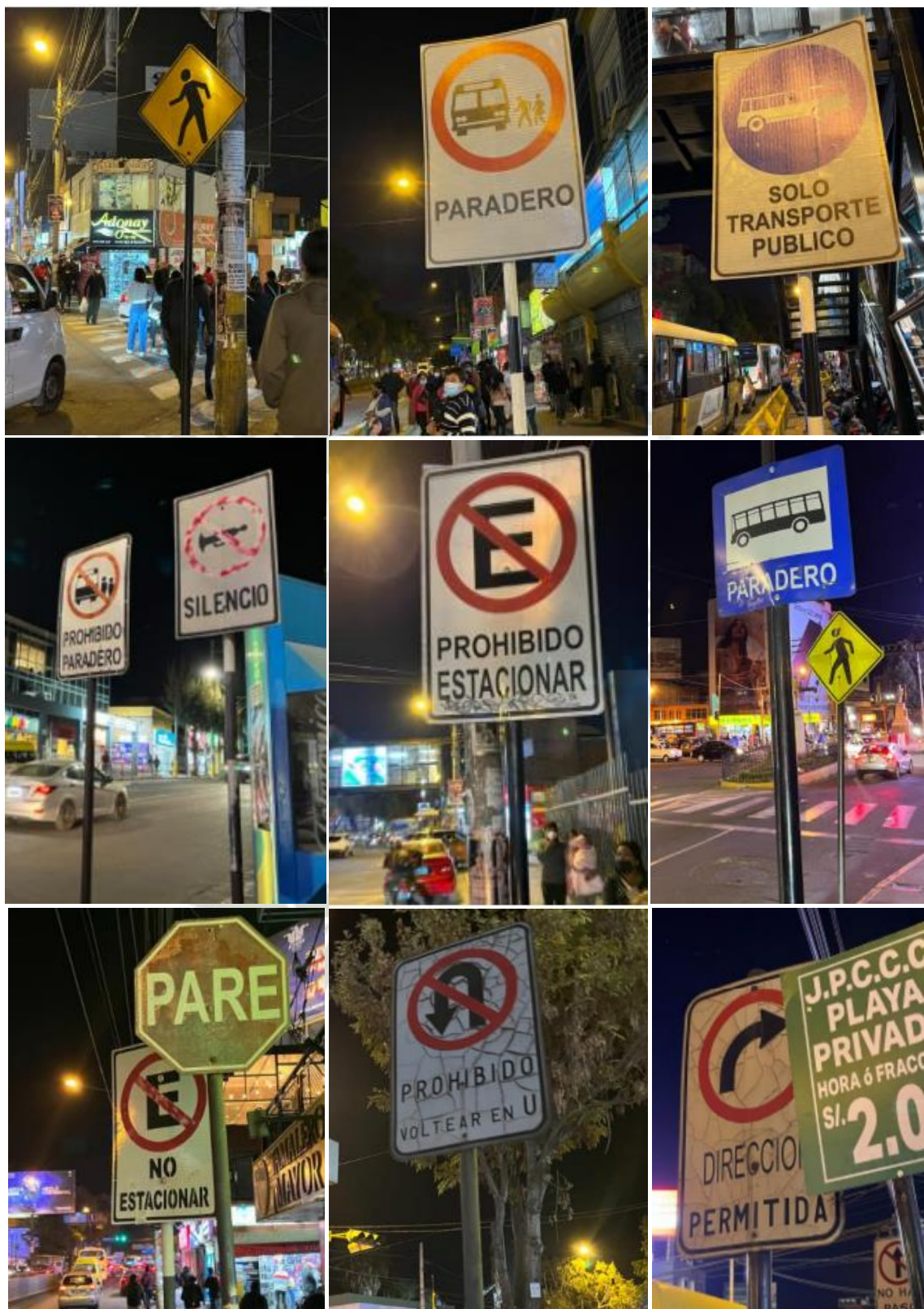
Tabla 12
Señalización vertical ubicadas en la intersección en estudio

SEÑALES VERTICALES					
	CAY	TM	EJ-E	EJ-O	ARC
SEÑALES DE INFORMACIÓN					
Señal solo transporte público				X	
SEÑALES DE OBLIGACIÓN					
Señal de dirección obligada			X		
Señal de giro solamente a la derecha			X		
Señal Paradero	X			X	
SEÑALES DE PRIORIDAD					
Señal de Pare			X		
SEÑALES DE PROHIBICIÓN					
Señal Prohibido voltear en “U”		X			
Señal Prohibido Estacionar			X	X	
Señal Prohibido usar bocina	X				
Señal de Paradero Prohibido	X				
SEÑALES DE RESTRICCIÓN					
Señal velocidad máxima permitida			X		
SEÑALES DE PREVENCIÓN					
Cruce de Peatones	X	X			X

Nota: Elaboración propia.

Figura 38

Señales verticales ubicadas en la intersección en estudio



Nota: Elaboración propia.

3.3.4.1. Estado de la Señalización Existente

Con la información recopilada en campo se pudo determinar la clasificación de las señales horizontales y verticales existentes como se puede ver en las Tablas 11 y 12 respectivamente, a su vez en las Figuras 37 y 38 se puede observar el estado de las mismas; en la Tabla 13 analizamos el estado de conservación de dichas señales existentes.

En cuanto a la señalización horizontal en su mayoría el estado es regular ya que la pintura en el pavimento se observa desgastada debido al flujo vehicular constante en la zona y en cuanto a la señalización vertical el estado de conservación es bueno en la zona cercana a los centros comerciales Mall Plaza y Real Plaza y en la Av. Cayma y Av. Trinidad Morán es regular, se observa la opacidad en la pintura al estar expuesta en la intersección lo cual puede disminuir la retroreflectividad.

Tabla 13
Estado de la Señalización Existente

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL					
	CAY	TM	EJ-E	EJ-O	ARC
BUENO					
REGULAR	X	X	X	X	X
MALO					
SEÑALIZACIÓN VERTICAL					
	CAY	TM	EJ-E	EJ-O	ARC
BUENO			X	X	X
REGULAR	X	X			
MALO					

Nota: Elaboración propia.

3.3.5. Semáforos.

Las Figuras 39, 40, 41 y 42 muestran los semáforos que se encuentran dentro del área de estudio; los ciclos semaforicos de las Tablas 14 y 15 fueron registrados en la hora de máxima demanda.

Semáforo 01.

Tabla 14
Ciclo semaforico 01: Av. Ejército Oeste – Av. Ejército Este

EJ - O	61	03	22
EJ - E	61	03	22

Nota: EJ - O: Av. Ejército Oeste, EJ - E: Av. Ejército Este. Fuente: Elaboración propia.

Figura 39
Semáforo ubicado en Av. Ejército Oeste



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40

Semáforo ubicado en Av. Ejército Este



Nota: Elaboración propia.

Semáforo 02.

Tabla 15

Ciclo semafórico 02: Av. Trinidad Morán (subida) – Calle Los Arces Derecha, Av. Trinidad Morán (bajada) – Calle Los Arces Izquierda

TMS	51	03	43
ARC - D	69	03	25
TMB	51	03	43
ARC - I	69	03	25

Nota: Elaboración propia.

Figura 41

Semáforo ubicado en Av. Trinidad Morán – Calle Los Arces Derecha



Nota: Elaboración propia.

Figura 42

Semáforo ubicado Av. Trinidad Morán (bajada) – Calle los Arces Izquierda



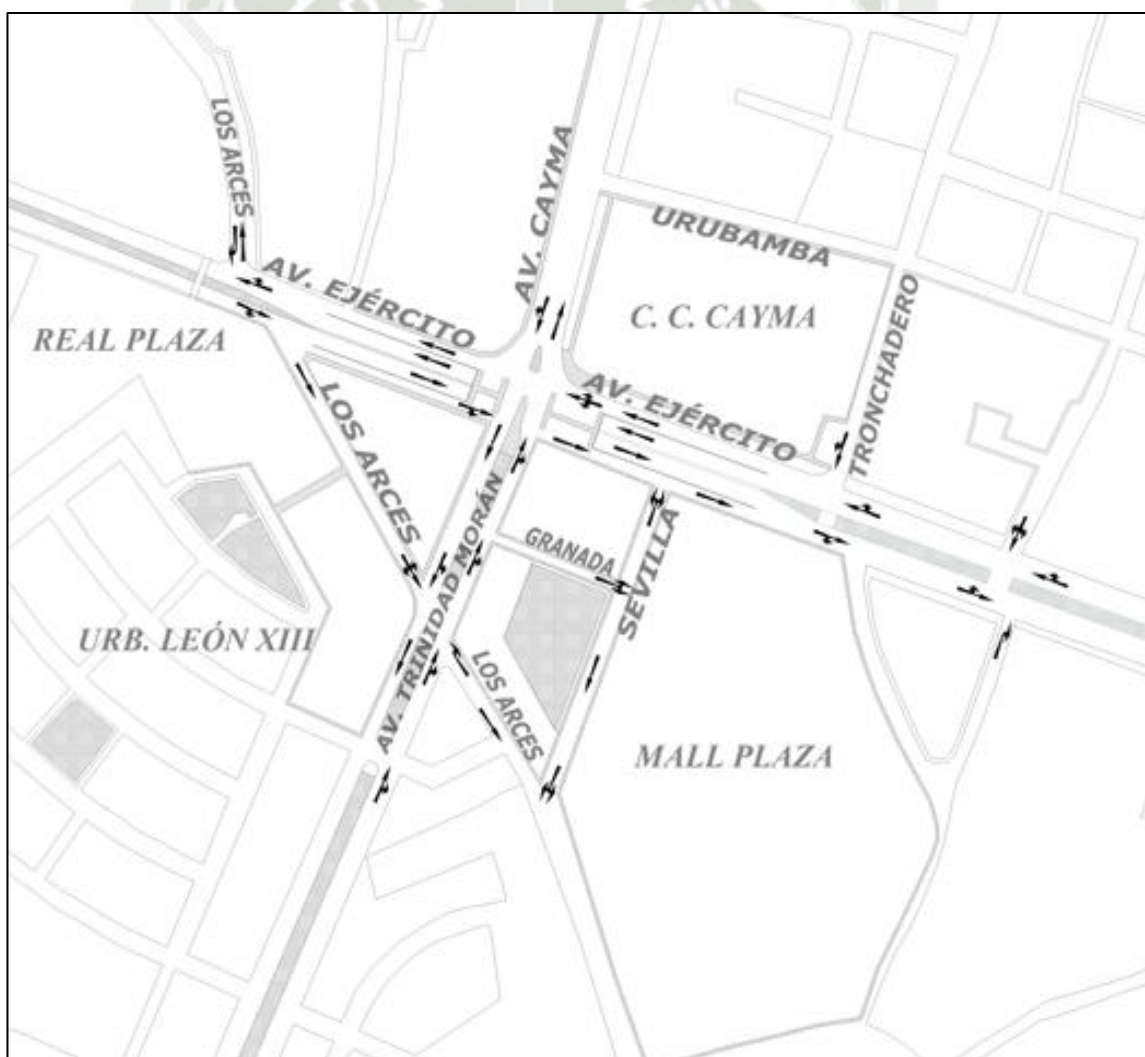
Nota: Elaboración propia.

3.3.6. Circulación

La circulación comprende el conjunto de desplazamientos que realizan los vehículos que transitan por las vías, éstos definen el lugar y sentido de las rutas que tomarán los conductores; es probable que algunos desplazamientos generen congestionamientos en la intersección de estudio es por ello que es importante realizar un estudio de impacto vial.

La intersección en estudio conecta al centro de la ciudad con los distritos de Cayma, Cerro Colorado, Yanahuara y Sachaca, en la Figura N°43 podemos observar los distintos sentidos de circulación que tienen los vehículos al transitar por dicha intersección.

Figura 43
Sentidos de Circulación



Nota: Elaboración propia.

3.3.7. Estudio de Transporte

La intersección en estudio forma parte de la ruta troncal del Sistema Integrado de Transporte de Arequipa (SIT), éste sistema está conformado por una red de buses de 80 rutas compuesta por 2 rutas troncales, 43 rutas alimentadoras y 35 rutas estructurantes las mismas que fueron aprobadas en el Plan Regulador de Rutas Urbanas del SIT 2010 – 2020 bajo Ordenanza Municipal N.º 599, uniendo de cono norte a cono sur los diferentes distritos de la ciudad entre los que podemos mencionar: Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara, José Luis Bustamante y Rivero, Miraflores, Socabaya y el Centro Histórico.

Las rutas troncales son aquellas que operan en ejes viales troncales y que están conformadas por buses de alta capacidad, el SIT reúne a distintos consorcios los cuales tienen bajo su responsabilidad un conjunto de rutas, dichos consorcios están integrados por diferentes empresas asociadas; al realizar el estudio de tránsito se pudo observar que en su mayoría las empresas de transporte público están integradas por vehículos de tipo Coaster éstas tienen una capacidad entre 20 y 30 pasajeros aproximadamente.

Figura 44

Vehículos que conforman las diferentes rutas del SIT



Nota: Elaboración propia.

Así mismo en la Tabla N°16 se pudo identificar algunas empresas que integran los diferentes consorcios del SIT, como también la frecuencia con la que se desplazan por el área de estudio.

Tabla 16
Empresas de transporte público

Empresa	Frecuencia	Vehículo
Cono Norte “Señor de Luren”	10 min.	Coaster
Los Ángeles de Ciudad de Dios S.A.	10 min.	Coaster
CETTAR S.A.	8 min.	Coaster
Los Ruiseñores S.A.	10 min.	Coaster
Gran Poder Monterrey “C”	8 min.	Coaster
Virgencita de Chapi “Gráficos”	10 min.	Coaster
Empresa de Transporte Cotaspa S.A.	6 min.	Coaster
Empresa de Transporte Socabaya S.A.	6 min.	Coaster
Los Canarios de Socabaya	5 min.	Coaster
C.O.T.U.M. S.A.	5 min.	Coaster
Línea 5	5 min.	Coaster
Litoral S.A.	12 min.	Coaster
Santa Clara S.R.L.	7 min.	Coaster
CIMA S.A.	11 min.	Coaster
Ciudad mi Trabajo	12 min.	Coaster
Alto Libertad	6 min.	Coaster
Ciudad Blanca – Av. Jesús	5 min.	Coaster
Señor de la Amargura “P”	5 min.	Coaster
Buss Arequipa S.A.C.	10 min.	Coaster
Los Pioneros S.A.	4 min.	Coaster

Nota: Elaboración propia.

3.4. Recopilación de datos

Para la recopilación de datos se procedió a realizar el aforo del área de influencia y de la intersección en estudio para lo cual se utilizaron cámaras de video ubicadas en diferentes puntos; de esta manera se pudo registrar los datos requeridos. La recopilación de datos se hizo durante 7 días de la semana; revisando bibliografía de diversos autores entre ellos (guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad urbana a nivel de perfil, pág.69) se tomaron en cuenta los tres días más representativos de la semana, para lo cual se consideraron los días de mayor demanda y los periodos en los que se presentaban mayor flujo vehicular; los días considerados fueron lunes, miércoles y viernes en tres horarios establecidos, por la mañana en un periodo de tiempo (8:30 a 10:30 a.m.), por la tarde (1:00 a 3:00p.m.), por la noche (6:30 a 8:30 p.m.) respectivamente.

3.4.1. Aforos vehiculares

Luego de obtener los registros de las videocámaras se realizó el conteo vehicular, para lo cual se determinó el número de accesos que posee la intersección, así como también se identificó previamente el tipo de vehículo que circula por la misma siendo estos clasificados como: motos, autos, taxis, camioneta, coaster, bus, camión, semitrailer, tráiler. Posteriormente para poder realizar el análisis operacional y construcción del modelo de simulación se realizará la conversión en unidades equivalentes tomando en cuenta los valores indicados en la Tabla N°17; luego procederemos a determinar el día con mayor flujo vehicular la hora de mayor demanda vehicular, la composición vehicular que circula por la intersección y finalmente calcularemos el factor horario de máxima demanda (FHMD).

Tabla 17
Equivalencias de vehículos

Tipología Vehicular	UCP
Moto	0.33
Auto / Camioneta	1.0 / 1.25
Van /Coaster / Minibús	2.0
Bus	3.0
Camión	2.5
Semitrailer / Tráiler	3.5 / 5.0

Nota. Adaptado de Highway Capacity Manual, 2016.

CAPITULO IV

4. Resultados

4.1. Tráfico Diario

Se define el volumen de tránsito diario como el número total de vehículos que pasan durante un día; una vez obtenidos los aforos diarios (revisar Anexo 1) se consideran los tres días más representativos de la semana, posteriormente se determinaron los volúmenes de tránsito total para cada día como se puede observar en la Tabla N°18; de ésta manera concluimos que el día con mayor tránsito vehicular fue el día viernes, con un total de 43,576 vehículos; así mismo en la figura N°45 podemos verificar que el día viernes produce mayor tránsito en horas de la noche.

Tabla 18

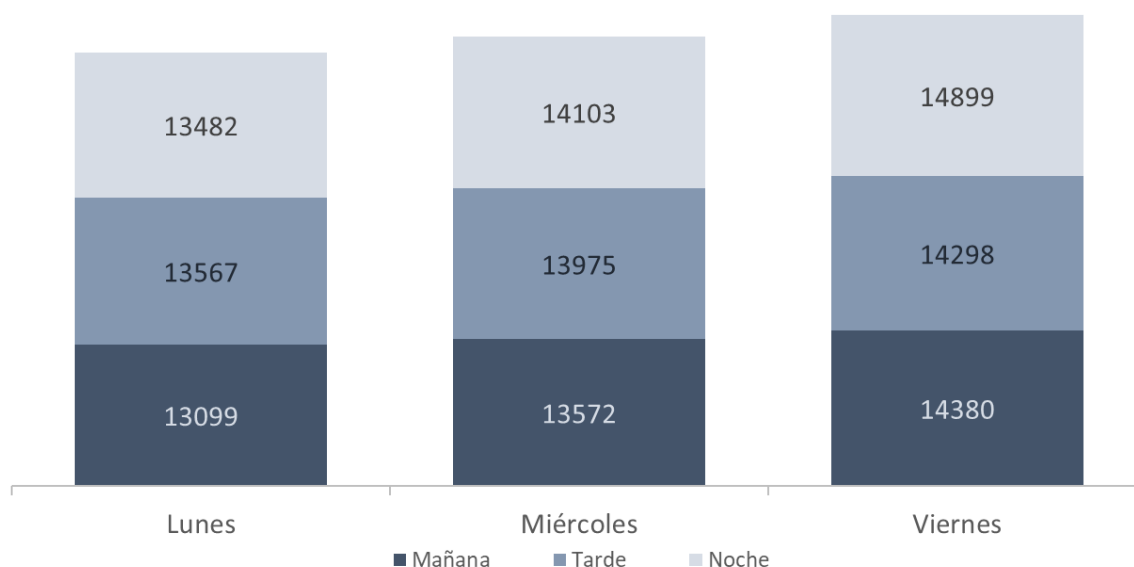
Aforo vehicular por cada día

Aforo	Lunes	Miércoles	Viernes	Total
Mañana	13099	13572	14380	41050
Tarde	13567	13975	14298	41840
Noche	13482	14103	14899	42483
Total	40148	41650	43576	125374

Nota: Elaboración propia

Figura 45

Volúmenes de tránsito promedio diario



Nota: Elaboración propia.

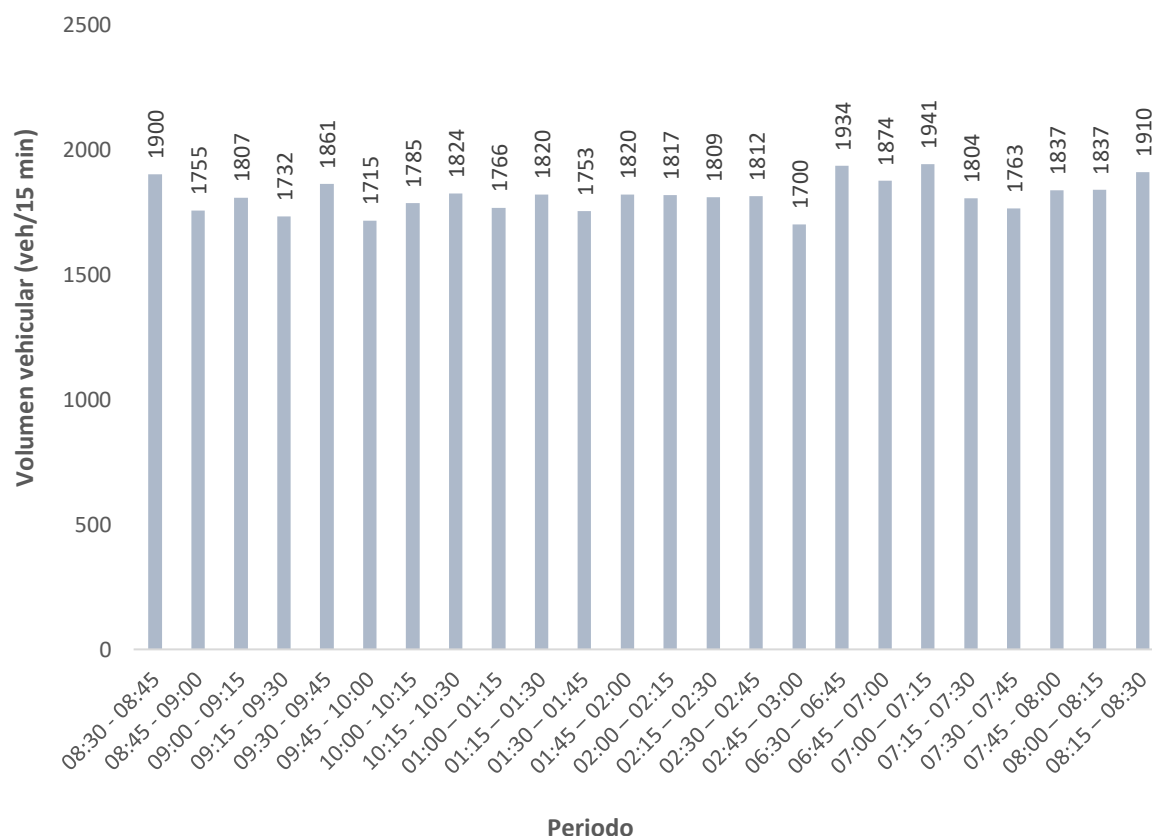
4.2. Tráfico Horario

En el ítem 4.1. determinamos que el día viernes fue el día con mayor afluencia de vehículos, para el análisis del tráfico horario procedemos a analizar la variación horaria para poder observar cómo va cambiando el volumen vehicular en el transcurso del día.

En la Figura N°46 podemos ver que los volúmenes se presentan en periodos de 15 minutos por cada turno, a su vez podemos observar que la variación horaria del tráfico durante el turno mañana, tarde es constante y en el turno noche se presenta una variación del volumen de ésta manera la hora de máxima demanda (HMD) corresponde al periodo comprendido entre las 6:30 p.m. y 7:30 p.m., registrando un total de 7553 unidades vehiculares en dicho periodo, este volumen corresponde al volumen horario de máxima demanda (VHMD); los volúmenes registrados en la Figura N°46 se encuentran expresados en vehículos equivalentes o UCP.

Figura 46

Volúmenes de tránsito horario considerando la conversión a UCP



Nota: Elaboración propia.

4.3. Factor Horario de Máxima Demanda

El factor de la hora de máxima demanda (FHMD) es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Nos muestra la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de una hora. Se conoce como la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD, y el volumen máximo $Q_{\max}$, que se expresa durante un periodo dado dentro de dicha hora.

Las Tablas 19, 20, 21, 22, 23, 24 muestran la cantidad total de unidades en vehículos equivalentes, y el FHMD para cada acceso que conforma la intersección en estudio.

Tabla 19

Factor horario de máxima demanda tramo Av. Ejército Este

Tramo Flujo	EJ - E				Total
	TM	CAY	EJ - O	ARC	
06:30 – 06:45	100	103	286	9	499
06:45 – 07:00	97	113	240	17	467
07:00 – 07:15	91	105	267	16	479
07:15 - 07:30	90	95	265	13	463
Total	377	416	1058	56	1907
Qmax	20%	22%	55%	3%	499
FHMD					0.96

Nota: EJ - E: Av. Ejército Este TM: Trinidad Morán, CAY: Cayma, EJ- O: Av. Ejército Oeste, ARC: Calle Los Arces. Elaboración Propia

Tabla 20

Factor horario de máxima demanda tramo Calle Los Arces

Tramo Flujo	ARC	
	ARC	Total
06:30 – 06:45	26	26
06:45 – 07:00	30	30
07:00 – 07:15	30	30
07:15 - 07:30	32	32
Total	118	118
Qmax	100%	32
FHMD	0.92	

Nota: ARC: Calle Los Arces. Elaboración Propia.

Tabla 21

Factor horario de máxima demanda tramo Av. Ejército Oeste

Tramo Flujo	EJ - O						Total
	ARC	EJ - E	TMB	ARC - TMB	ARC - ARC	ARC - TMS	
06:30 – 06:45	48	262	11	206	21	44	593
06:45 – 07:00	56	245	17	188	18	36	561
07:00 – 07:15	48	280	20	195	29	43	615
07:15 - 07:30	28	309	6	194	23	32	592
Total	181	1095	54	783	92	155	2360
Qmax	8%	707%	2%	33%	4%	7%	615
FHMD							0.96

Nota: ARC: Calle Los Arces, EJ - E: Av. Ejército Este, TMB: Av. Trinidad Morán (bajada), TMS: Av. Trinidad Morán (subida).

Tabla 22

Factor horario de máxima demanda tramo Calle los Arces derecha – Trinidad Morán (subida)

Tramo Flujo	ARCD - TMS	
	ARC - TMS	Total
06:30 – 06:45	37	37
06:45 – 07:00	20	20
07:00 – 07:15	17	17
07:15 - 07:30	29	29
Total	104	104
Qmax	100%	37
FHMD	0.70	

Nota: ARCD: Calle Los Arces Derecha, TMS: Trinidad Morán(subida), ARC: Calle Los Arces.

Tabla 23

Factor horario de máxima demanda tramo Av. Trinidad Morán

Tramo Flujo	TM				Total
	SEV - EJES	EJES	CAY	EJEO	
06:30 – 06:45	29	40	157	122	122
06:45 – 07:00	24	56	157	115	115
07:00 – 07:15	38	48	154	124	124
07:15 - 07:30	31	47	102	115	115
Total	122	191	570	475	475
Qmax	26%	40%	120%	100%	124
FHMD					0.96

Nota: Elaboración Propia TM: Av. Trinidad Morán, SEV: Calle Sevilla, EJ - E: Av. Ejército Este, CAY: Av. Cayma, EJ - O: Av. Ejército Oeste.

Tabla 24

Factor horario de máxima demanda tramo Av. Cayma

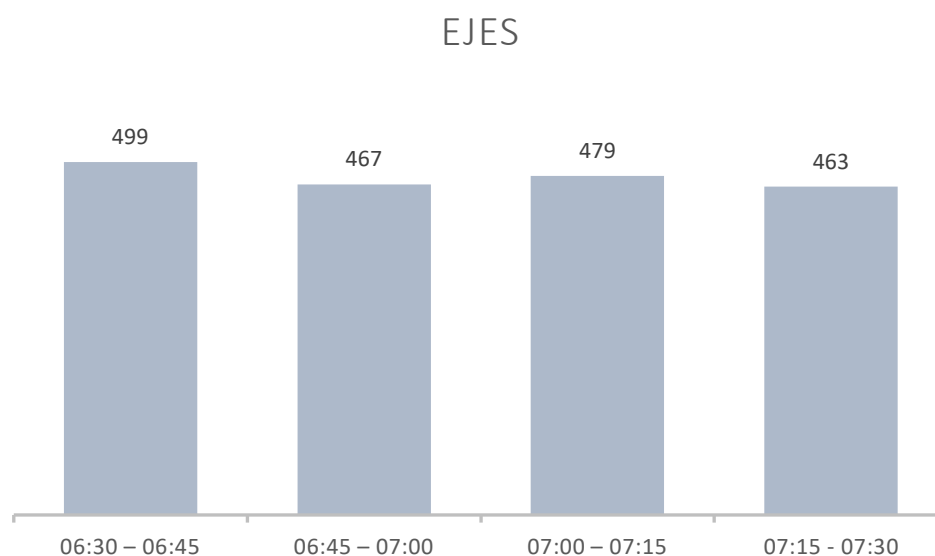
Tramo	CAY				
Flujo	EJEO	TM	SEV	ARC	Total
06:30 – 06:45	35	235	122	40	40
06:45 – 07:00	29	261	112	41	41
07:00 – 07:15	26	252	120	39	39
07:15 - 07:30	28	230	106	29	29
Total	118	979	460	149	149
Qmax	79%	656%	309%	100%	41
FHMD					0.91

Nota: Elaboración Propia CAY: Av. Cayma, EJ - O: Av. Ejército Oeste, TM: Av. Trinidad Morán, SEV: Calle Sevilla, ARC: Calle Los Arces.

Los valores del FHMD: 0.96, 0.92, 0.96, 0.70, 0.96, 0.91 para los accesos Av. Ejército Este, Calle Los Arces, Av. Ejército Oeste, Calle Los Arces – Av. Trinidad Morán(subida), Av. Trinidad Morán, Av. Cayma respectivamente; indican que los flujos de tránsito son relativamente uniformes dentro de la hora de máxima demanda tal como podemos observar en las figuras 47, 48, 49, 50, 51 y 52.

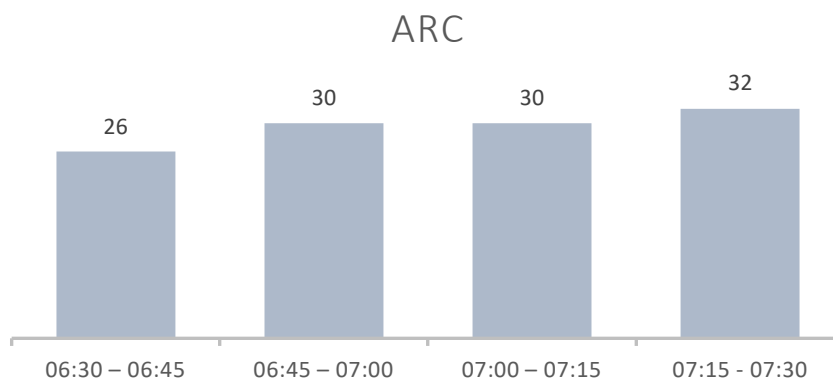
Figura 47

Variación horaria Av. Ejército Este



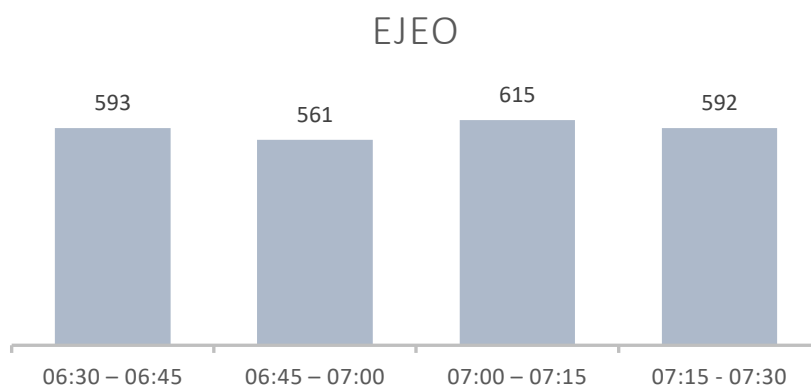
Nota: Elaboración Propia

Figura 48
Variación horaria Calle Los Arces



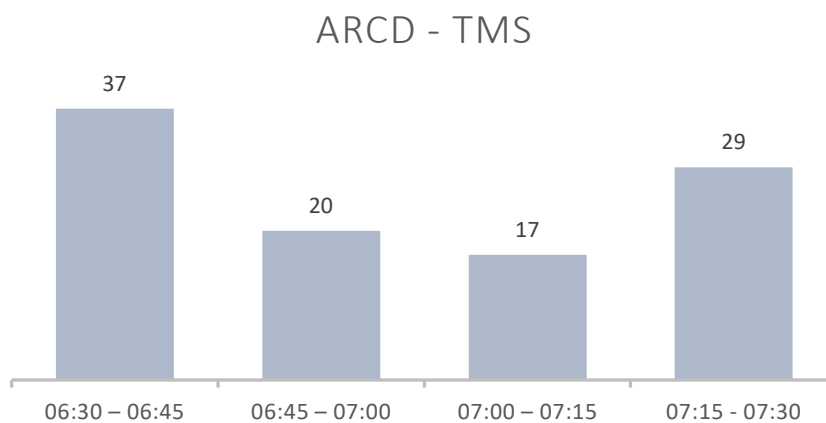
Fuente: Elaboración Propia

Figura 49
Variación horaria Av. Ejército Oeste



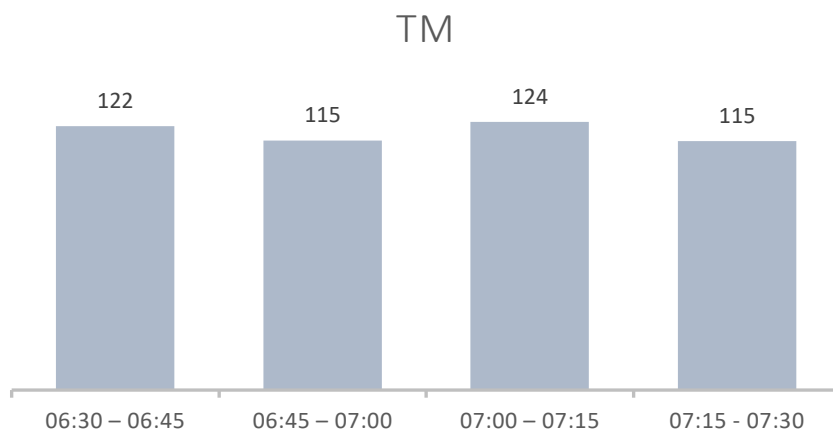
Fuente: Elaboración Propia

Figura 50
Variación horaria Calle Los Arces Derecha – Av. Trinidad Morán(subida)



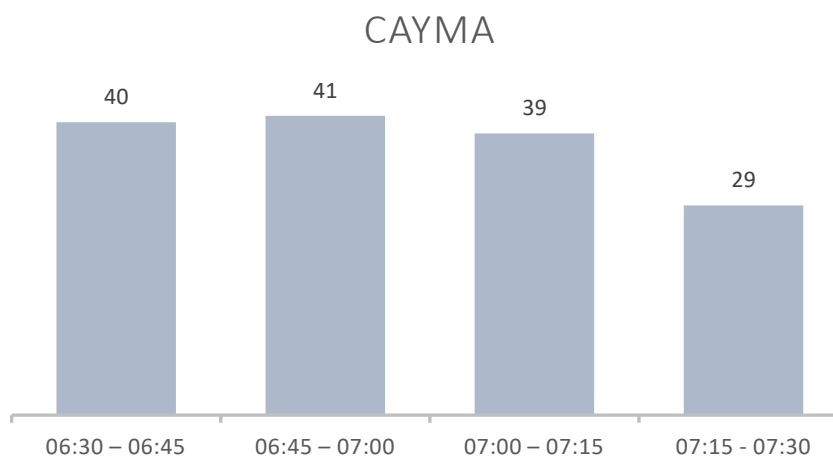
Fuente: Elaboración Propia

Figura 51
Variación horaria Av. Trinidad Morán



Fuente: Elaboración Propia

Figura 52
Variación horaria Av. Cayma

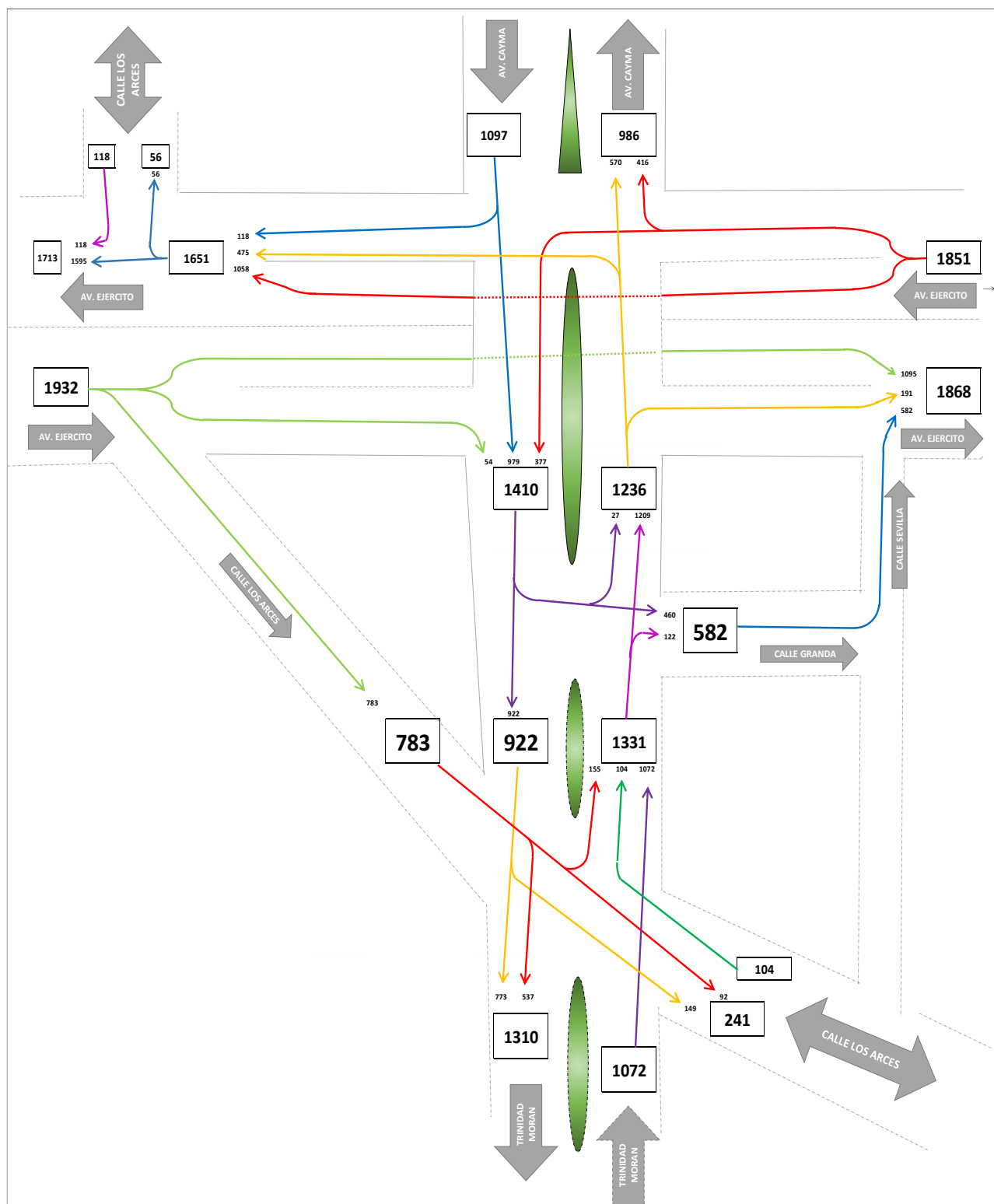


Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente en la Figura N° 53, podemos observar las rutas de los vehículos (mixtos) que ingresan por cada acceso de la intersección en estudio dentro de la hora de máxima demanda; estas rutas nos servirán como parámetros de entrada para el análisis operacional.

Figura 53

Flujograma en el periodo 6:30 p.m. – 7:30 p.m



Fuente: Elaboración Propia

4.4. Composición Vehicular

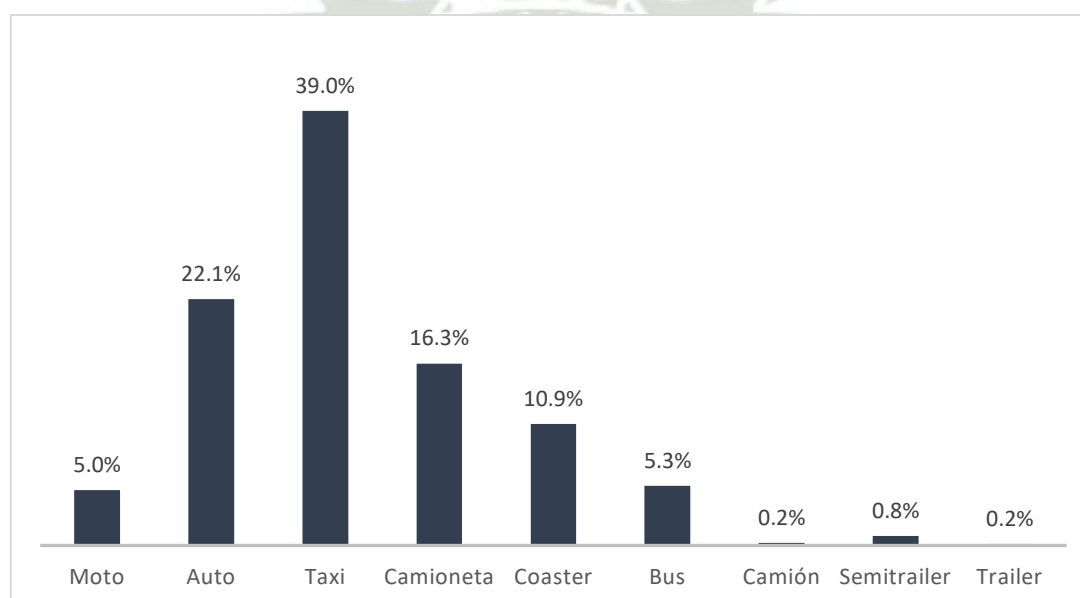
En la tabla N°25 se muestran el total de vehículos mixtos que circulan por la intersección en la hora de máxima demanda siendo éstos un total de 6357, a su vez en la Figura N°54 podemos visualizar la distribución vehicular; predominando la presencia de taxis, autos, camionetas y coaster en un 39%, 22.1%, 16.3%, 10.9% respectivamente; dichos vehículos en conjunto representan el 88.3% del total de vehículos que transitan por la intersección en la hora de máxima demanda.

Tabla 25
Composición vehicular en hora de máxima demanda

Aforo	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer
06:30 – 06:45	75	337	630	291	164	102	5	14	1
06:45 – 07:00	77	351	637	255	172	76	1	16	1
07:00 – 07:15	91	402	612	268	170	87	2	15	4
07:15 - 07:30	74	317	602	225	189	75	6	9	4
Total	317	1407	2481	1039	695	340	14	54	10
Porcentaje	5.0%	22.1%	39.0%	16.3%	10.9%	5.3%	0.2%	0.8%	0.2%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 54
Composición vehicular en hora de máxima demanda



Nota: Elaboración Propia

4.5. Proyección del Tránsito

4.5.1. Tránsito Futuro

Para el análisis de la propuesta de mejora se considerarán los volúmenes vehiculares tomados en el año de estudio es decir en el año 2019 y los volúmenes vehiculares proyectados a 5 años.

Para calcular el tránsito futuro en la intersección de estudio, usaremos la fórmula propuesta en el manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

$$Tn = To(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

Tn = Tránsito proyectado al año “n” en vehículos/día

To = Tránsito actual (año base) en vehículo/día

n = Año futuro de proyección

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito (INEI)

Según el manual el crecimiento vehicular anual es proporcional al crecimiento social económico, de esta manera tenemos que el tránsito futuro en la intersección será:

$$Tn = To(1 + r)^{n-1}$$

$$Tn = 7553 (1 + 0.05)^{5-1}$$

$$Tn = 9181 \frac{\text{vehículos}}{\text{día}}$$

Tabla 26

Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024 – Intersección 1

INTERSECCION 1

DESDE	Av. Ejército Este			Av. Cayma		Av. Ejército Oeste			Av. Trinidad Moran		
HACIA	Av. Cayma	Av. Ejército Oeste	Trinidad Moran Bajada	Av. Ejército Oeste	Trinidad Moran Bajada	Calle Los Arces	Av. Trinidad Morán Bajada	Av. Ejercito Este	Av. Ejercito Este	Av. Cayma	Av. Ejército Oeste
Moto	11	36	19	16	31	56	1	50	14	44	28
Auto	51	106	116	53	250	255	16	183	24	218	115
Taxi	185	384	186	58	446	275	35	383	83	250	193
Camioneta	48	120	80	21	204	130	6	129	11	145	96
Coaster	60	256	25	0	66	79	1	198	54	9	43
Combi	48	65	6	3	54	28	1	75	1	13	15
Bus	0	1	0	0	0	0	0	13	1	0	3
Camión	3	6	0	0	9	19	1	15	0	3	5
Semitrailer	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	6
Trailer	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27

Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024 – Intersección 2

INTERSECCION 2					
DESDE	Av. Trinidad Morán Subida			Av. Trinidad Morán Bajada	
HACIA	Av. Trinidad Morán Baja	Granada	Av. Trinidad Morán Subida	Granada	Av. Trinidad Morán Sube
Moto	23	26	3	3	83
Auto	330	38	15	23	341
Taxi	501	156	10	70	515
Camioneta	241	43	6	28	246
Coaster	26	66	0	13	105
Combi	33	94	0	0	29
Bus	0	0	0	0	4
Camión	10	0	0	0	8
Semitrailer	0	0	0	0	6
Trailer	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28

Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024 – Intersección 3

INTERSECCION 3							
DESDE	Calle Los Arces Izquierda			Av. Trinidad Morán Bajada	Calle Los Arces Derecha	Av. Trinidad Morán Subida	
HACIA	Av. Trinidad Morán Bajada	Calle los Arces Derecha	Av. Trinidad Morán Subida	Av. Trinidad Morán Subida	Trinidad Moran subida	Trinidad Moran subida	Calle Los Arces Derecha
Moto	34	5	18	61	6	14	9
Auto	155	45	55	274	35	271	59
Taxi	171	31	73	489	24	448	54
Camioneta	71	20	39	180	55	198	44
Coaster	79	0	0	118	0	26	0
Combi	23	1	4	25	0	38	5
Bus	0	0	0	4	0	0	0
Camión	15	4	0	8	0	8	3
Semitrailer	1	0	1	5	0	0	0
Trailer	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Elaboración Propia

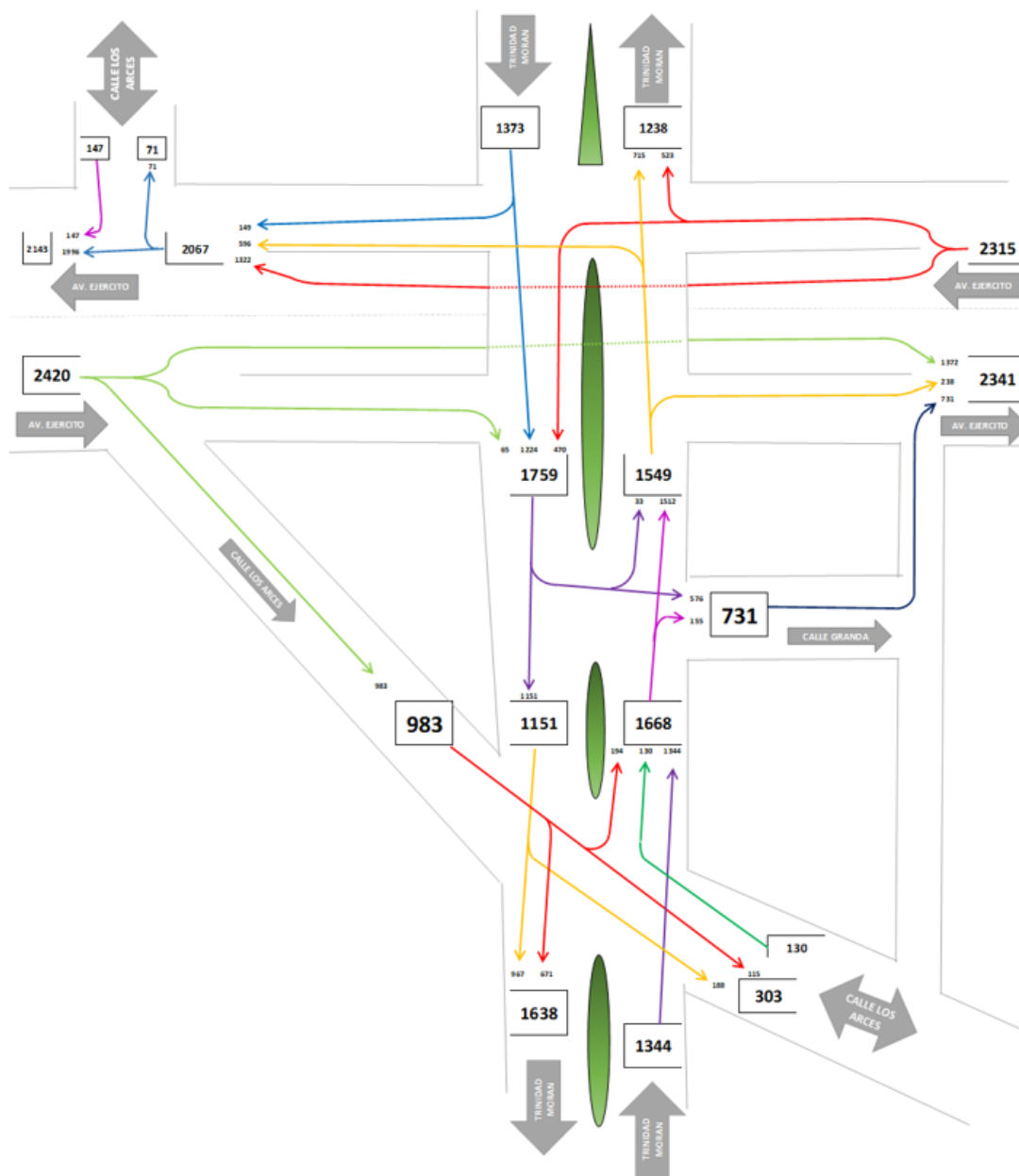
Tabla 29
Volúmenes vehiculares proyectados para el año 2024 – Intersección 4

INTERSECCION 4			
DESDE	Av. Ejército Este	Calle Los Arces	
HACIA	Calle Los Arces	Av. Ejército Oeste	Av. Ejército Oeste
Moto	1	79	9
Auto	9	265	34
Taxi	45	589	59
Camioneta	13	225	29
Coaster	0	299	0
Combi	0	83	6
Bus	0	4	0
Camión	0	11	1
Semitrailer	0	9	0
Trailer	0	0	0

Nota: Elaboración Propia

Figura 55

Flujograma Vehicular Proyectado en el periodo 6:30 p.m. – 7:30 p.m.



Nota: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

5. Simulación

Una vez establecida la hora de máxima demanda, así como los volúmenes vehiculares por cada acceso determinados en los flujogramas de la Figura 53 para el tránsito actual y la Figura 55 para el tránsito proyectado, procedemos a introducir dichos volúmenes en los softwares Synchro y PTV Vissim.

En los flujogramas se pudo analizar que las calles colindantes a la intersección comprendida por las vías Av. Ejército – Av. Cayma – Av. Trinidad Morán, generan nuevas intersecciones por lo que para un mejor análisis se muestran en la Figura 56 agrupándose de la siguiente manera:

- Intersección 1: Av. Ejército – Av. Cayma – Av. Trinidad Morán
- Intersección 2: Av. Trinidad Morán – Calle Granada
- Intersección 3: Av. Trinidad Morán – Calle Los Arces
- Intersección 4: León XIII – Calle Los Arces
- Intersección 5: Calle Los Arces – Calle Sevilla
- Intersección 6: Calle Sevilla – Calle Granada
- Intersección 7: Calle Sevilla – Av. Ejército Este
- Intersección 8: Av. Ejército Este – Calle Tronchadero

Figura 56

Intersecciones colindantes a la zona de estudio



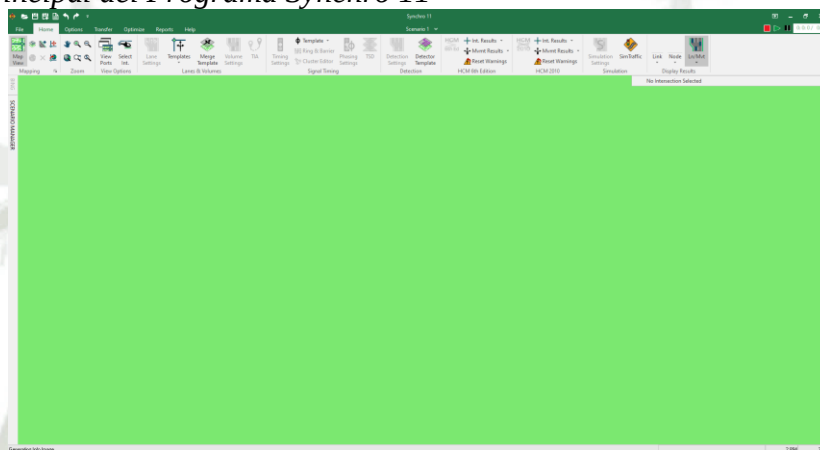
Nota: Elaboración Propia

5.1. Modelamiento y Simulación del Tránsito en Synchro 11

En la parte superior de la Figura 57 podemos observar las herramientas que posee el programa Synchro 11 para generar la red en estudio, así como también visualizar los resultados obtenidos, nos enfocamos en los comandos que se ubican en la parte superior izquierda ya que son los que permitieron introducir la información necesaria para la simulación real.

Figura 57

Pantalla Principal del Programa Synchro 11

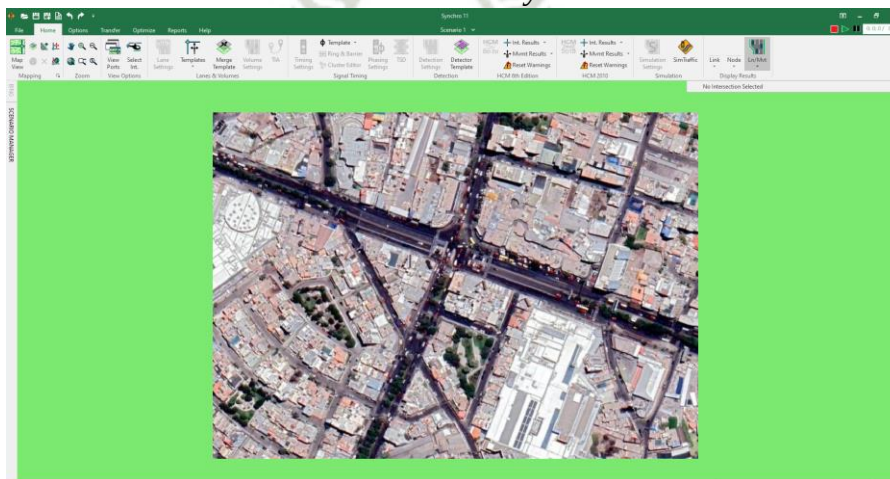


Nota: Elaboración Propia

Para dicho análisis en la Figura 58 podemos observar la imagen satelital de la intersección en estudio y las calles colindantes capturada de Google Maps insertada en el Programa Synchro 11, una vez insertada dicha imagen procedemos con el trazo de las vías, configuración de carriles y ciclos semafóricos existentes que intervienen en la intersección.

Figura 58

Imagen Satelital de la interseccion insertada en Synchro 11



Nota: Elaboración Propia

Posteriormente ingresamos los volúmenes de tráfico por sentido de movimiento en cada acceso de entrada determinados anteriormente en los flujogramas de la Figura 53 y la Figura 55 correspondientes a los valores obtenidos para el análisis de tránsito actual y tránsito proyectado respectivamente.

Figura 59

Grupo de carriles de entrada con respectivos giros y volúmenes que intervienen en la intersección



Nota: Elaboración Propia

Después de definir la red vial con todos los parámetros, podremos visualizar los resultados los mismos que serán expresados en demoras las cuales indican el comportamiento de la vía, las demoras son los tiempos que se registran en dar pase a los movimientos, así como las demoras originadas en las intersecciones semaforizadas.

La relación volumen/ capacidad menor a 1 indica que la vía no se encuentra saturada, mayor a 1 indica que el flujo vehicular es excesivo y el nivel de servicio indica el comportamiento vehicular los cuales pueden ser A, B, C, D, E o F.

5.1.1. Resultados del tránsito actual en Synchro 11

En la Tabla 30 se muestran los resultados obtenidos al realizar la simulación para el tránsito actual con el programa Synchro, se puede observar que la intersección 1 posee nivel de servicio F, este resultado nos indica que existe un alto nivel de congestión vehicular ya que las demoras producidas en dichas intersecciones superan los 70 segundos.

Se confirma que el nivel de servicio actual en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán es un nivel F con demoras de 282.7 segundos lo que nos indica que existe un exceso de demanda vehicular en dicha intersección.

Tabla 30

Resultados de la Simulación en Synchro – Tránsito Actual

RESULTADOS SYNCHRO 11 SIMULACIÓN – TRÁNSITO ACTUAL			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	F	No Semaforizada	82.7 segundos
2	B	No Semaforizada	13.6 segundos
3	E	Semaforizada	66.7 segundos
4	A	No Semaforizada	8.6 segundos
5	A	No Semaforizada	9.9 segundos
6	B	No Semaforizada	11.5 segundos
7	A	No Semaforizada	3.9 segundos
8	E	Semaforizada	68.4 segundos

Nota: Elaboración Propia

Figura 60

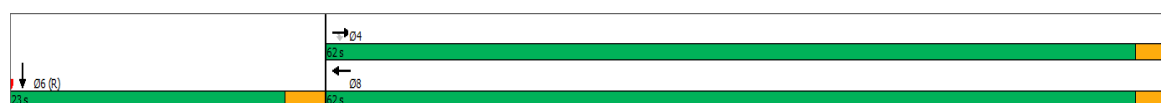
Ciclo Semaforico en intersección 3



Nota: Elaboración Propia

Figura 61

Ciclo Semaforico en intersección 8



Nota: Elaboración Propia

Figura 62
Simulación en Synchro – Tránsito Actual



Nota: Elaboración Propia

5.1.2. Resultados del tránsito proyectado en Synchro 11

En el flujograma de la Figura 55 se muestra el escenario propuesto para el análisis del tránsito proyectado para el año 2024; en la Tabla 31 se muestran los resultados obtenidos al realizar la simulación del tránsito proyectado con el programa Synchro, se puede observar que las intersecciones 1, 2 y 3 poseen niveles de servicio C y E, este resultado nos indica que la solución propuesta para el tránsito actual todavía puede ser válida; pero podemos observar que la intersección 3 posee un nivel de servicio E lo que nos indica que probablemente exista un alto nivel de congestión vehicular pudiendo llegar a un nivel F.

Se puede observar que el nivel de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán es un nivel C con demoras de 35.69 segundos, es necesario analizar alternativas de solución que permitan mejorar los niveles de servicio ya que la intersección 3 puede verse afectada posteriormente.

Tabla 31

Resultados de la Simulación en Synchro – Tránsito Proyectado

RESULTADOS SYNCHRO TRAFFIC 11 SIMULACIÓN - TRÁNSITO PROYECTADO			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	C	No Semaforizada	39.69 segundos
2	C	No Semaforizada	25.44 segundos
3	E	Semaforizada	58 segundos
4	A	No Semaforizada	9.6 segundos
5	B	No Semaforizada	12.2 segundos
6	B	No Semaforizada	14.9 segundos
7	A	No Semaforizada	4.4 segundos
8	B	Semaforizada	16.9 segundos

Nota: Elaboración Propia

Figura 63
Simulación en Synchro – Tránsito Proyectado



Nota: Elaboración Propia

5.2. Modelamiento y Simulación del Tránsito en PTV Vissim

Para la construcción del modelo en PTV Vissim incorporaremos el mapa georeferenciado que viene por defecto en el programa posteriormente los links y conectores nos permitirán representar la intersección en estudio, una vez trazados los links se unirán las calzadas que se cruzan, para ello haremos el uso de conectores los mismos que al momento de la simulación representarán los giros en los carriles de ingreso o salida de la intersección, posteriormente ingresaremos los aforos vehiculares registrados en la hora de máxima demanda, así como también los ciclos semafóricos que posee el área de estudio.

PTV Vissim evalúa las intersecciones a través de la herramienta nodo polígono una vez definidos los nodos a evaluar se procede a simular el modelo; en la Figura 64 podemos observar el diseño de la geometría de la intersección en evaluación.

Figura 64
Geometría de la intersección en Vissim



Nota: Elaboración Propia

Figura 65
Simulación de la intersección en Vissim



Nota: Elaboración Propia

5.2.1. Resultados del tránsito actual en PTV Vissim

En la tabla 32 se muestran los resultados obtenidos al realizar la simulación para el tránsito actual con el programa Vissim, se puede observar que las intersecciones 1, 3 y 8 poseen niveles de servicio F y D respectivamente; este resultado nos indica que existe un alto nivel de congestión vehicular ya que las demoras producidas en dichas intersecciones son de 66.16 segundos, 53.67 segundos y 39.92 segundos.

En la Figura 68 se observan los niveles de servicio por intersección, confirmando que el nivel de servicio actual en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán es un nivel F con demoras de 66.16 segundos.

Tabla 32

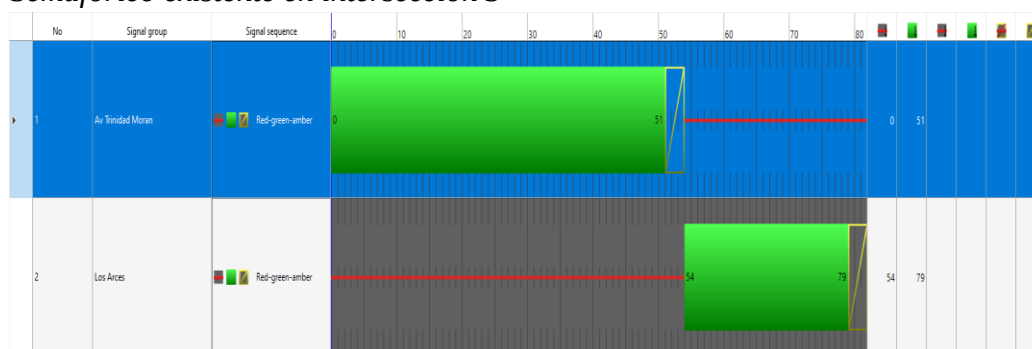
Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Tránsito Actual

RESULTADOS PTV VISSIM SIMULACIÓN - TRÁNSITO ACTUAL			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	F	No Semaforizada	66.16 segundos
2	B	No Semaforizada	12.54 segundos
3	D	Semaforizada	53.67 segundos
4	A	No Semaforizada	0.77 segundos
5	A	No Semaforizada	0.22 segundos
6	A	No Semaforizada	1.03 segundos
7	A	No Semaforizada	4.87 segundos
8	D	Semaforizada	39.92 segundos

Nota. Elaboración propia.

Figura 66

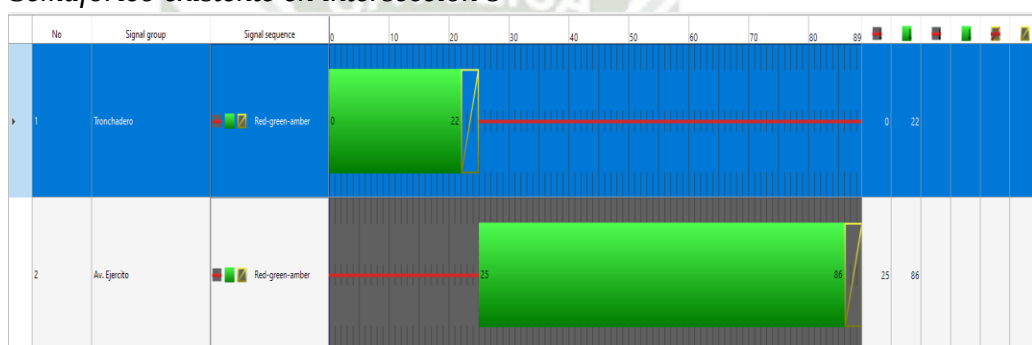
Ciclo Semafórico existente en intersección 3



Nota: Elaboración Propia

Figura 67

Ciclo Semafórico existente en intersección 8



Nota: Elaboración Propia

Figura 68

Niveles de servicio de la Situación Actual - Simulación en PTV Vissim



Nota: Elaboración Propia

5.2.2. Resultados del tránsito proyectado en PTV Vissim

En el flujograma de la figura 55 se muestra el escenario propuesto para el análisis del tránsito proyectado para el año 2024; en la tabla 33 se muestran los resultados obtenidos al realizar la simulación del tránsito proyectado con el programa Vissim, se puede observar que la intersección 3 poseen nivel de servicio E, este resultado nos indica que debido al constante crecimiento del parque automotor seguirá existiendo un alto nivel de congestión vehicular pudiendo llegar a un nivel F ya que las demoras producidas en dicha intersección superan los 65.83 segundos.

Se puede observar que el nivel de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán es un nivel C con demoras de 32.37 segundos lo que nos indica que la solución planteada para el tránsito actual podría seguir siendo óptima pero en la intersección 3 en nivel de servicio es E, por lo que es necesario analizar alternativas de solución que permitan mejorar los niveles de servicio.

Tabla 33

Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Tránsito Proyectado

RESULTADOS PTV VISSIM SIMULACIÓN - TRÁNSITO PROYECTADO			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	C	No Semaforizada	32.37 segundos
2	C	No Semaforizada	15.44 segundos
3	E	Semaforizada	65.83 segundos
4	A	No Semaforizada	2.38 segundos
5	A	No Semaforizada	0.83 segundos
6	A	No Semaforizada	0.67 segundos
7	A	No Semaforizada	3.21 segundos
8	B	Semaforizada	14.86 segundos

Nota. Elaboración propia.

Figura 69*Niveles de servicio de la Situación Proyectada - Simulación en PTV Vissim**Nota:* Elaboración Propia

5.3. Análisis de resultados entre Synchro 11 y Vissim

En las tablas 34 y 35 se pueden identificar los diferentes resultados obtenidos en las demoras por control de todas las intersecciones presentes en el área de estudio al utilizar Synchro 11 y Vissim, se puede visualizar que los valores de las demoras en las intersecciones simuladas con el software Vissim son parecidas a las demoras simuladas con el programa Synchro 11; Synchro 11 calcula los valores de demoras con un bajo nivel de agresividad de los conductores

El programa Vissim analiza el modelo de microsimulación, considerando el comportamiento psicofísico del conductor, lo que hace que la simulación se comporte como en la realidad. Este comportamiento agresivo disminuye los intervalos de tiempo existentes entre vehículo - vehículo y aumenta el número de maniobras de sobrepaso en el modelo de microsimulación. La alteración de maniobras de sobrepaso en el modelo de microsimulación hace que se puedan simular características propias de la zona de estudio las cuales no pueden ser representadas por los modelos en Synchro 11.

Con los valores de las demoras se determinaron los niveles de servicio de todas las intersecciones ubicadas dentro del área de estudio, en las tablas 32, 33, 34 y 35

podemos observar los niveles de servicio que presentan dichas intersecciones; habiendo realizado el análisis con ambos softwares se pudo identificar las ventajas y limitaciones que posee cada programa de simulación las cuales mencionaremos en los puntos 5.3.1 y 5.3.2.

5.3.1. Ventajas y Limitaciones de SYNCHRO 11

Tabla 34

Ventajas y Limitaciones de SYNCHRO 11

VENTAJAS DE SYNCHRO 11	LIMITACIONES DE SYNCHRO 11
• Para el cálculo de demoras por control y niveles de servicio se requiere de una menor cantidad de información de campo comparado con los modelos de micro simulación. • Los cálculos de demoras y niveles de servicio son más rápidos. • Utiliza sus propias fórmulas e indicadores de operación vehicular como para evaluar los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas • Generar el modelo de una red vial en Synchro 11 es sencillo. Se pueden obtener resultados rápidos de todas las intersecciones.	• Synchro 11 no considera la influencia del comportamiento del conductor en los cálculos de demoras y niveles de servicio. • Para el cálculo de las demoras Synchro no considera los tiempos perdidos que se generan por factores independientes al <u>tráfico</u>. • Synchro puede representar dentro del modelo únicamente una composición vehicular formada por vehículos ligeros y pesados. • Synchro considera que todos los vehículos circulan a una velocidad promedio.

Nota. Adaptado de “Evaluación operacional de una red compuesta por 5 intersecciones a través del HCM, Synchro y Vissim” por Manuel Silveria, 2020.

5.3.2. Ventajas y Limitaciones de VISSIM

Tabla 35

Ventajas y Limitaciones de VISSIM

Ventajas	Limitaciones
• Vissim considera dentro de su análisis la influencia del comportamiento psicofísico del conductor en los cálculos de demoras por control y niveles de servicio.	• Al utilizar un modelo Estocástico, los cálculos de demoras por control requieren de una mayor cantidad de información de campo comparado con los modelos de determinísticos.
• La presencia y trayectoria de recorrido de los peatones en intersecciones influye en el cálculo de demoras por control.	• Mientras mayor sea el número de intersecciones presentes en el modelo de Vissim mayor será el tiempo que se necesita para calibrar y validar la microsimulación.
• Para el cálculo de demoras por control Vissim considera los tiempos perdidos generados por las maniobras de adelantamiento de los vehículos.	
• Se puede representar en el modelo de microsimulación diferentes composiciones vehiculares.	

Nota. Adaptado de “Evaluación operacional de una red compuesta por 5 intersecciones a través del HCM, Synchro y Vissim” por Manuel Silveria, 2020.

CAPÍTULO VI

6. Diseño de la Propuesta

6.1. Solución de Bajo Costo

Redireccionar el flujo existente que se muestra en la Figura 70 hacia el flujo que se muestra en la Figura 71 ya que ambos flujos tienen el mismo destino, de esta manera eliminamos puntos de conflicto dentro de la intersección en estudio.

Figura 70

Flujo Vehicular Actual Av. Ejército – Av. Trinidad Morán



Nota. Elaboración propia.

Figura 71

Flujo Vehicular Propuesto Av. Ejército – Av. Trinidad Morán



Nota. Elaboración propia.

Redireccionar los giros a la izquierda existentes que se muestran en las Figuras 72 y 73 hacia la intersección semaforizada que se muestra en la Figura 74 compuesta por Av. Trinidad Morán – Calle Los Arces; de esta manera se elimina el punto de conflicto que generan los giros a la izquierda se consideró esta propuesta ya que los ciclos semafóricos regulan de mejor manera las intersecciones.

Figura 72

Flujo Vehicular Actual Av. Cayma – Calle Granada



Nota. Elaboración propia.

Figura 73

Flujo Vehicular Actual Av. Cayma – Av. Ejército Este



Nota. Elaboración propia.

Figura 74

Flujo Vehicular Propuesto Av. Trinidad Morán – Calle Los Arces



Nota. Elaboración propia.

Unir el flujo vehicular que se muestra en la Figura 75 con el flujo vehicular que se muestra en la Figura 76 ya que ambos flujos tienen el mismo destino, de esta manera eliminamos puntos de conflicto dentro de la intersección en estudio.

Figura 75

Flujo Vehicular Actual Av. Trinidad Morán – Av. Ejército Este



Nota. Elaboración propia.

Figura 76

Flujo Vehicular Propuesto Av. Trinidad Morán – Calle Granada



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 77 podemos observar los flujos vehiculares actuales en la Calle Los Arces y Calle Sevilla; al generar un mayor flujo vehicular, se propone orientar Calle Los Arces y Calle Sevilla en un solo sentido compuestas por dos carriles tal como se muestra en la Figura 78 generando rutas alternas hacia Av. Ejército Este, Yanahuara y centro histórico.

Figura 77

Flujo Vehicular Actual Calle Los Arces – Calle Sevilla



Nota: Elaboración Propia

Figura 78

Flujo Vehicular Propuesto Calle Los Arces – Calle Sevilla

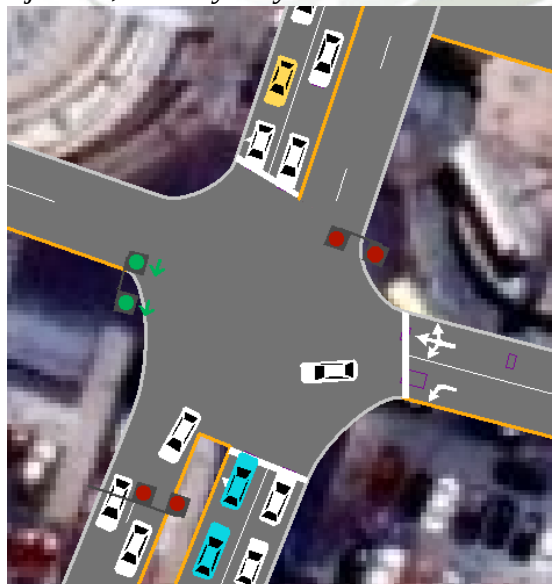


Nota. Elaboración propia.

En la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán existen semáforos que actualmente no se encuentran funcionamiento para lo cual se propone nuevamente hacer uso de los mismos con el fin de regular el funcionamiento de la intersección, en la figura 79 se observa la ubicación de dichos semáforos.

Figura 79

Ubicación de semáforos en la intersección Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán



Nota: Elaboración Propia

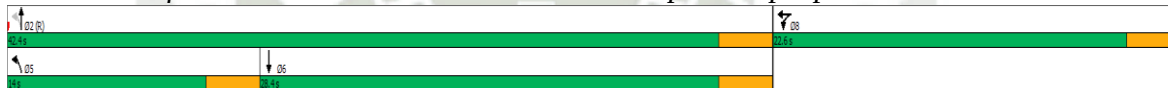
6.2. Simulación de la propuesta de solución en Synchro 11

6.2.1. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito actual en Synchro 11

Considerando las propuestas mencionadas en el punto 7.1., en la Tabla 34 se muestran los resultados luego de realizar la simulación; podemos observar que los niveles de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán pasaron de un nivel de servicio F a un nivel de servicio B esto nos indica que existe una mejor circulación ya que los tiempos de demora se redujeron.

Figura 80

Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados para la propuesta de solución actual



Nota: Elaboración Propia

Figura 81

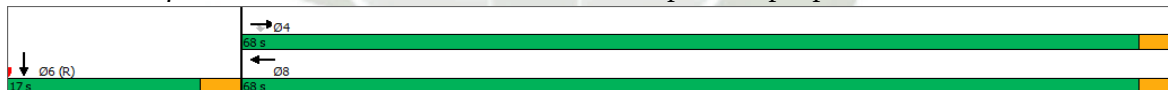
Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados para la propuesta de solución actual



Nota: Elaboración Propia

Figura 82

Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados para la propuesta de solución actual



Nota: Elaboración Propia

Tabla 36

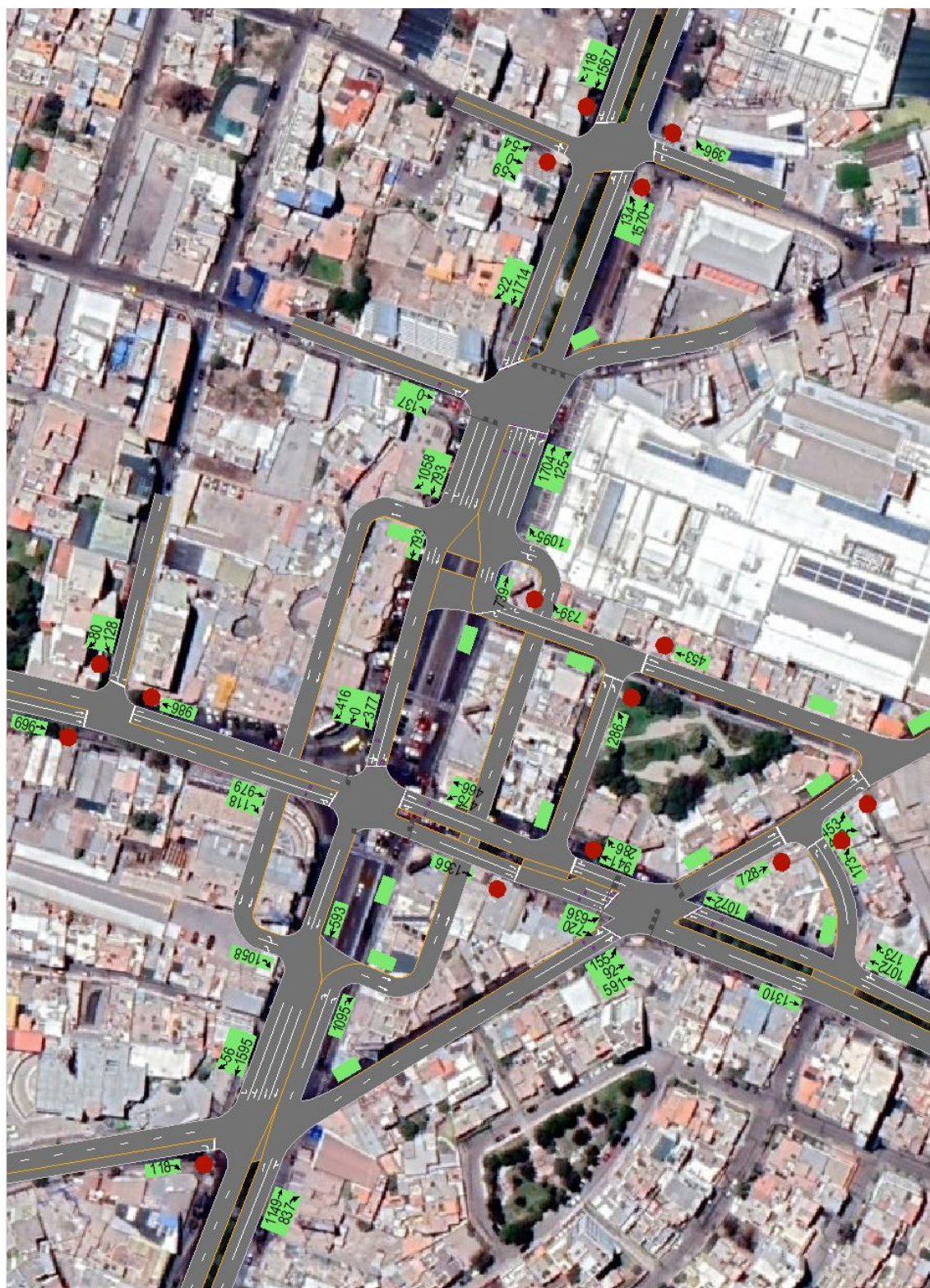
Resultados de la Simulación en Synchro 11 – Propuesta de Solución Tránsito Actual

RESULTADOS SYNCHRO TRAFFIC 11 SIMULACIÓN - PROPUESTA TRÁNSITO ACTUAL			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	B	Semaforizada	19.4 segundos
2	A	No Semaforizada	7.45 segundos
3	E	Semaforizada	78.6 segundos
4	B	No Semaforizada	12.1 segundos
5	C	No Semaforizada	21.4 segundos
6	B	No Semaforizada	10.5 segundos
7	A	No Semaforizada	4.9 segundos
8	A	Semaforizada	6.6 segundos

Nota. Elaboración propia.

Figura 83

Simulación en Synchro 11 – Propuesta de Solución Tránsito Actual



Nota. Elaboración propia.

6.2.2. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito proyectado en Synchro 11

En la tabla 35 se muestran los resultados luego de realizar la simulación; podemos observar que los niveles de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán pasaron de un nivel de servicio F a un nivel de servicio C.

Figura 84

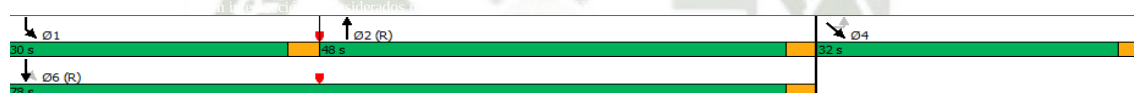
Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados para la propuesta de solución proyectada



Fuente: Elaboración Propia

Figura 85

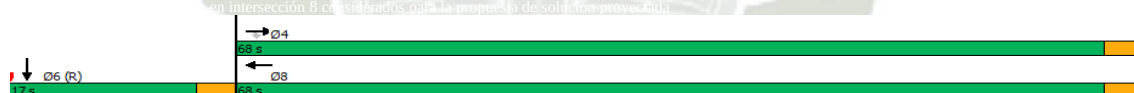
Ciclos Semafóricos en intersección 3 considerados para la propuesta de solución proyectada



Fuente: Elaboración Propia

Figura 86

Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados para la propuesta de solución proyectada



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37

Resultados de la Simulación en Synchro 11 – Propuesta de Solución Tránsito Proyectado

RESULTADOS SYNCHRO TRAFFIC 11 SIMULACIÓN - PROPUESTA TRÁNSITO PROYECTADO			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	C	Semaforizada	34 segundos
2	A	No Semaforizada	8.4 segundos
3	E	Semaforizada	76.1 segundos
4	B	No Semaforizada	13.6 segundos
5	A	No Semaforizada	1.6 segundos
6	B	No Semaforizada	12.8 segundos
7	C	No Semaforizada	33.8 segundos
8	B	Semaforizada	10.5 segundos

Nota. Elaboración propia.

Figura 87
Simulación en Synchro – Propuesta Tránsito Proyectado



Nota. Elaboración propia.

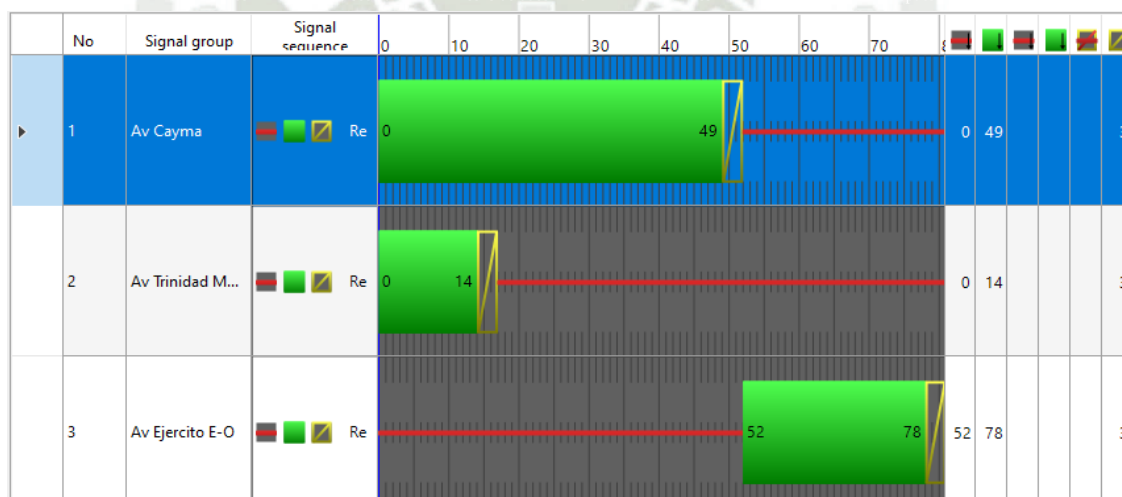
6.3. Simulación de la propuesta de solución en PTV Vissim

6.3.1. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito actual en PTV Vissim

Considerando las propuestas mencionadas en el punto 7.1. en la tabla 36 se muestran los resultados luego de realizar la simulación con el programa Vissim; podemos observar que los niveles de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán pasaron de un nivel de servicio F a un nivel de servicio C.

Figura 88

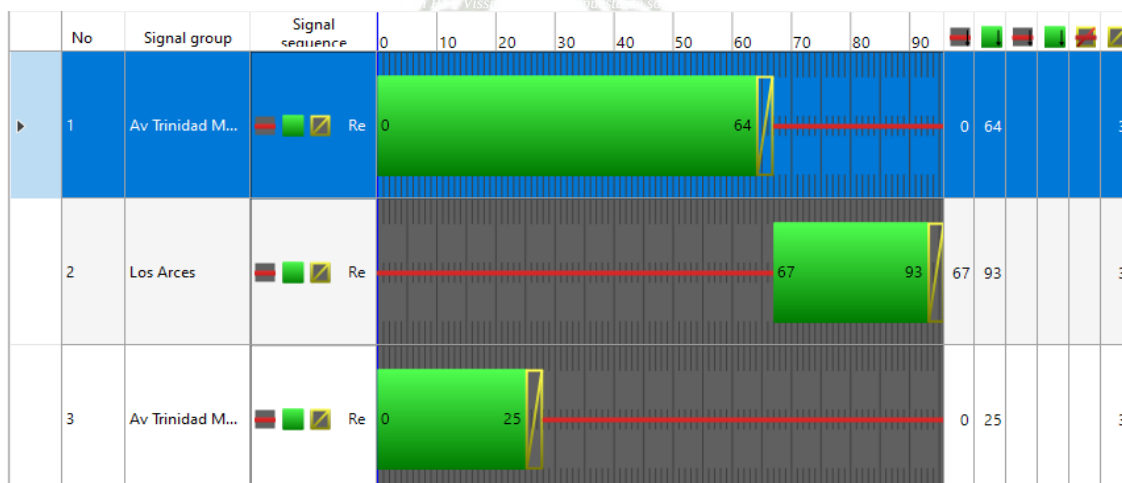
Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución actual



Nota: Elaboración Propia

Figura 89

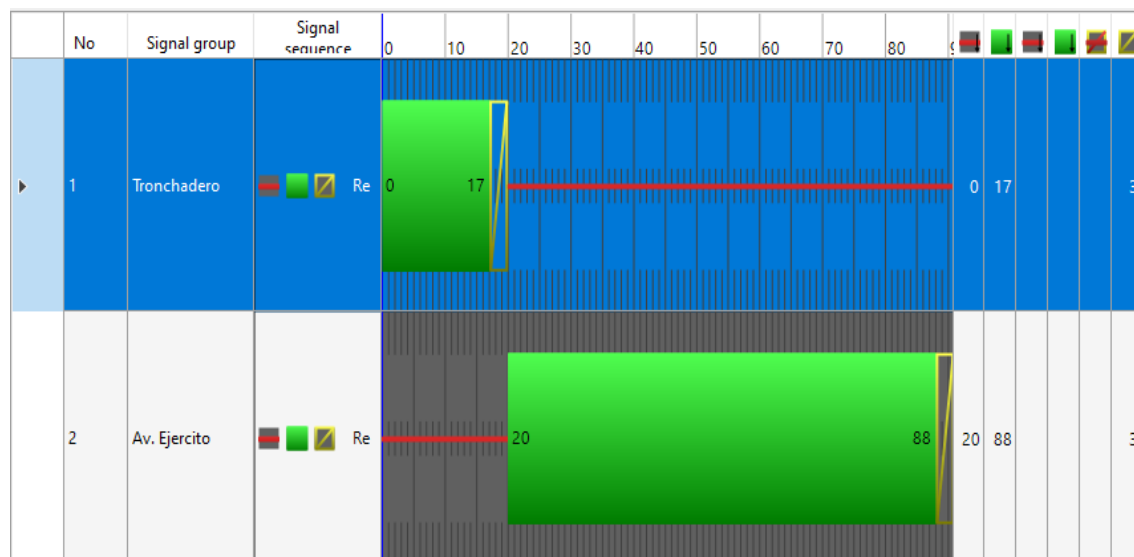
Ciclos Semafóricos en intersección 3 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución actual



Nota:Elaboración Propia

Figura 90

Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución actual



Nota: Elaboración Propia

Tabla 38

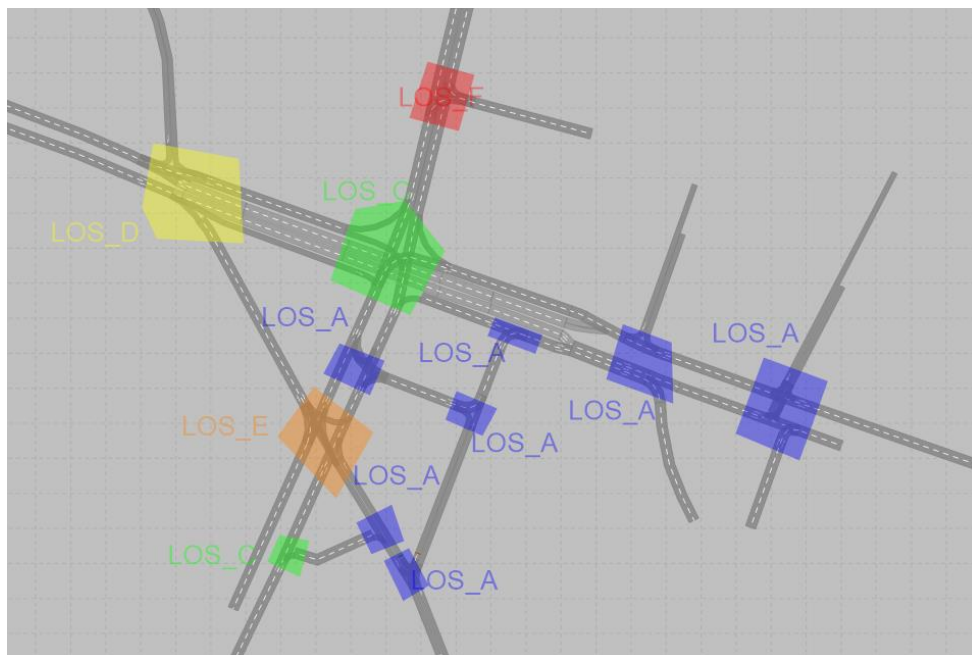
Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Propuesta de Solución Tránsito Actual

RESULTADOS PTV VISSIM			
SIMULACIÓN - PROPUESTA TRÁNSITO ACTUAL			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	C	Semaforizada	20.26 segundos
2	A	No Semaforizada	7.39 segundos
3	E	Semaforizada	55.78 segundos
4	A	No Semaforizada	0.43 segundos
5	A	No Semaforizada	0.24 segundos
6	A	No Semaforizada	0.61 segundos
7	A	No Semaforizada	2.93 segundos
8	A	Semaforizada	7.88 segundos

Nota. Elaboración propia.

Figura 91

Niveles de servicio de la Solución Situación Actual - Simulación en PTV Vissim



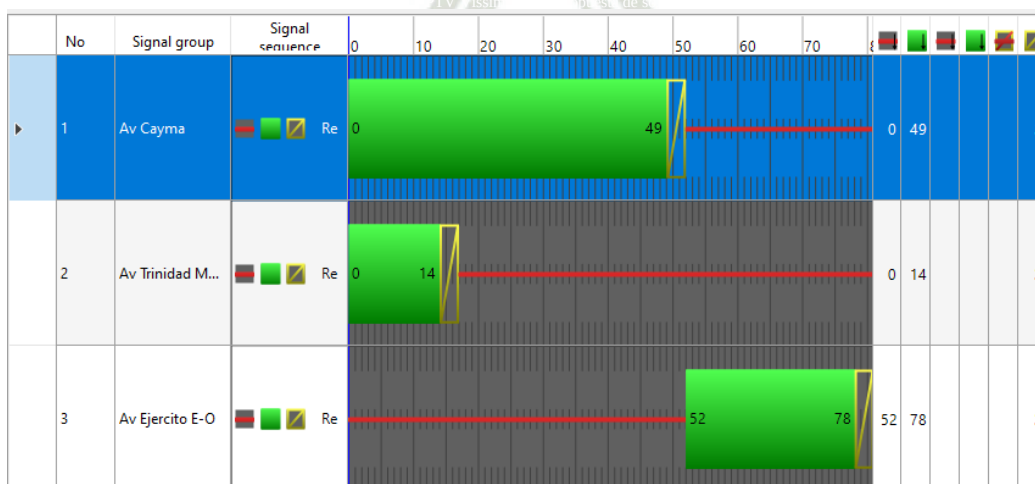
Fuente: Elaboración Propia

6.3.2. Resultados de la propuesta de solución para el tránsito proyectado en PTV Vissim

En la tabla 37 se muestran los resultados luego de realizar la simulación; podemos observar que los niveles de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma y Av. Trinidad Morán pasaron de un nivel de servicio F a un nivel de servicio C.

Figura 92

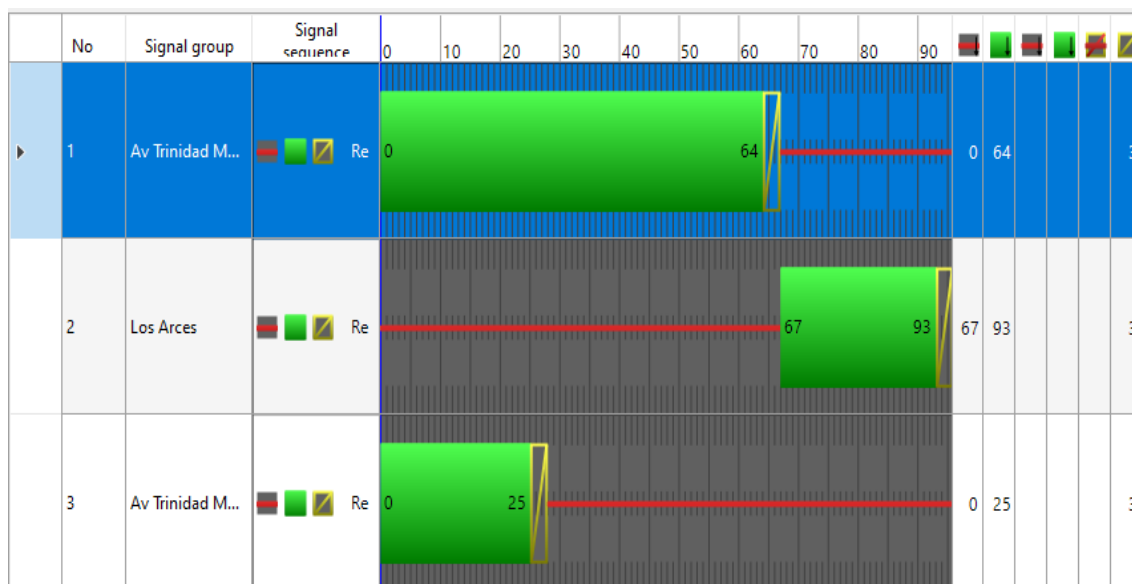
Ciclos Semafóricos en intersección 1 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución proyectado



Nota: Elaboración Propia

Figura 93

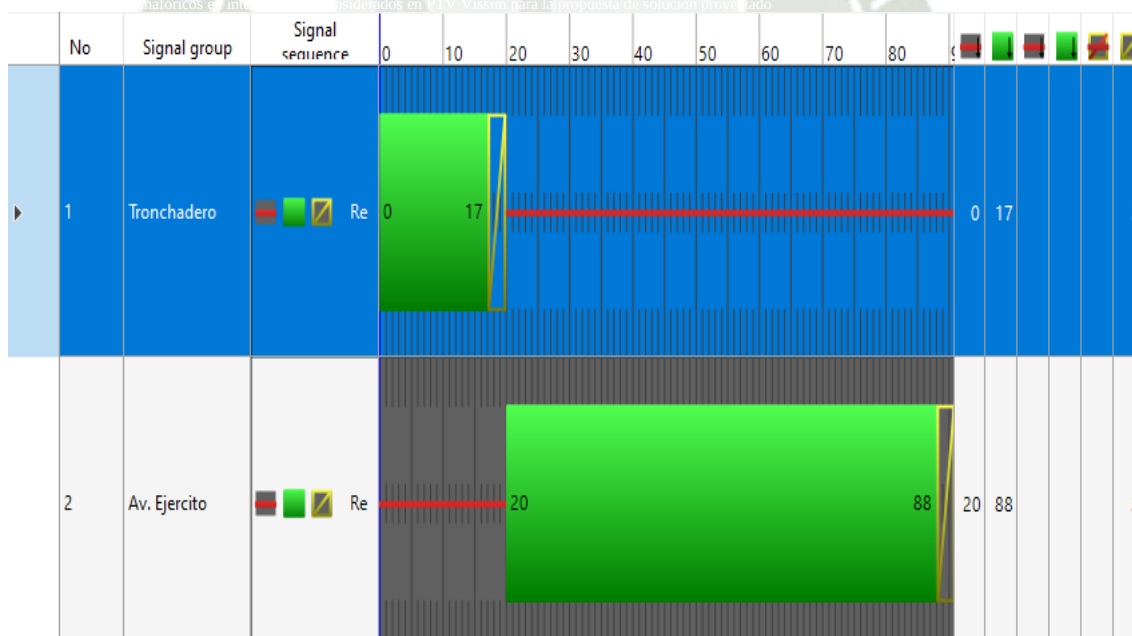
Ciclos Semafóricos en intersección 3 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución proyectado



Fuente: Elaboración Propia

Figura 94

Ciclos Semafóricos en intersección 8 considerados en PTV Vissim para la propuesta de solución proyectado

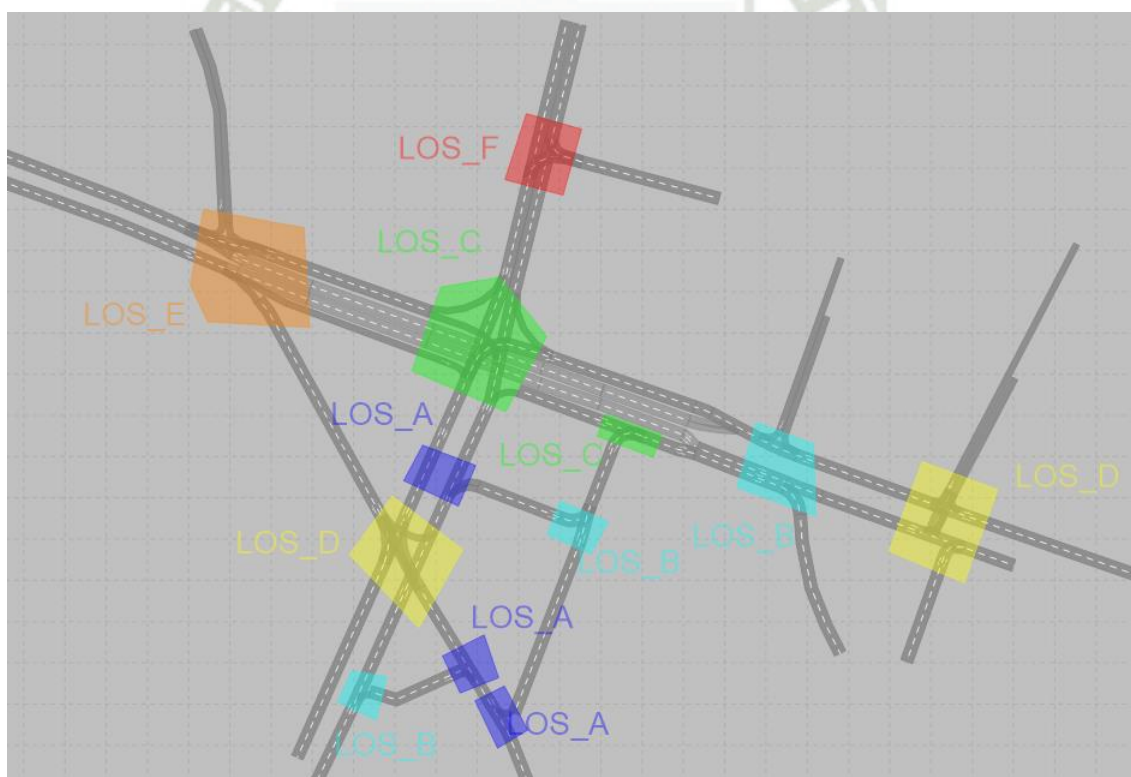


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39
Resultados de la Simulación en PTV Vissim – Propuesta de Solución Tránsito Proyectado

RESULTADOS PTV VISSIM SIMULACIÓN - PROPUESTA TRÁNSITO PROYECTADO			
INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO	TIPO DE CONTROL	DEMORAS
1	C	Semaforizada	21.10 segundos
2	A	No Semaforizada	7.88 segundos
3	D	Semaforizada	46.28 segundos
4	A	No Semaforizada	0.22 segundos
5	A	No Semaforizada	0.6 segundos
6	B	No Semaforizada	11.24 segundos
7	C	No Semaforizada	24.07 segundos
8	B	Semaforizada	12.02 segundos

Nota. Elaboración propia.

Figura 95
Niveles de servicio de la Solución Situación Proyectada - Simulación en PTV Vissim


Nota: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Se evaluó los niveles de servicio, mediante simulación en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma, y Av. Trinidad Morán para dicho análisis se utilizaron los softwares Synchro 11 y PTV Vissim. Al aplicar los softwares se encontraron que los niveles de servicio de la intersección en estudio son “F” con demoras mayores a 82.7 segundos y 66.16 segundos respectivamente lo cual comprueba que nos encontramos en un problema de congestamiento vehicular producido por la alta demanda que posee dicha intersección.
- Se realizó el estudio de tránsito en la intersección comprendida por las vías: Av. Ejército, Av. Cayma, y Av. Trinidad Morán y se determinó que la afluencia de los días más representativos fue: lunes con 40148, miércoles con 41650 y viernes con 43576 vehículos por día, de esta manera identificamos que el día viernes es el que posee mayor afluencia vehicular; a su vez se observó que la hora de máxima demanda corresponde al periodo comprendido entre las 6:30 p.m. y 7:30 p.m. registrando un total de 7553 unidades vehiculares.
- Se modelaron las microsimulaciones correspondientes al tránsito actual y al tránsito proyectado con el software Synchro Traffic y PTV Vissim, los cuales nos ayudaron a analizar los modelos y a determinar con mayor facilidad las demoras (delays) generadas en la intersección en estudio de esta manera se determinaron los niveles de servicio, demostrando que el uso de softwares facilita el cálculo de resultados y los trabajos de ingeniería. Cabe mencionar que generar el modelo de la red vial en estudio es más sencillo en el software Synchro ya que se introducen volúmenes generales por sentido de vía, mientras que modelar en el software PTV Vissim es mas detallado; este software considera los volúmenes por tipo de vehículo.
- Se realizó la evaluación de los niveles de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército – Av. Cayma – Av. Trinidad Morán, para un mejor análisis también fueron analizadas las intersecciones que conforman las calles colindantes a la intersección en estudio estas son: Av. Trinidad Morán – Calle Granada, Av. Trinidad Morán – Calle Los Arces, León XIII – Calle Los Arces, Calle Los Arces – Calle Sevilla, Calle Sevilla – Calle Granada, Calle Sevilla – Av. Ejército Este, Av. Ejército Este – Calle Tronchadero; se pudo determinar

que las intersecciones semaforizadas poseen niveles de servicio “A” y “B” con demoras menores a 20 segundos y las intersecciones no semaforizadas poseen niveles de servicio “F” con demoras mayores a 40 segundos.

- Se realizó la comparación entre los softwares Synchro Traffic y PTV Vissim, identificándose que ambos softwares se complementan el uno con el otro. Ya que PTV Vissim es un software más orientado al análisis de micro simulación en el cual se pueden representar diferentes composiciones vehiculares; mientras que Synchro al utilizar un modelo determinístico requiere menor información para el cálculo de niveles de servicio.
- Se desarrolló una propuesta de mejora, planteando la reducción de giros a la izquierda, creación de rutas alternas y la optimización de los ciclos semafóricos; esta propuesta nos muestra resultados favorables los cuales nos permitieron optimizar los niveles de servicio en la intersección comprendida por las vías Av. Ejército, Av. Cayma, y Av. Trinidad Morán y en las intersecciones ubicadas dentro del área de estudio obteniendo niveles de servicio “B” y “C” para el tránsito proyectado y para el tránsito actual respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar regularmente estudios de seguimiento para la evaluación del tránsito con el fin de controlar el tráfico generado en puntos estratégicos de la ciudad, de esta manera evaluar posibles soluciones que permitan mejorar el congestionamiento vehicular.
- Es recomendable realizar estudios de tránsito para el desarrollo ordenado de la ciudad ya que, al realizar un levantamiento de campo detallado se consideran aspectos importantes tales como la zonificación en la que se encuentra el área de estudio.
- Es recomendable que las universidades empiecen a enseñar este tipo de softwares de micro simulación ya que el uso de dichos programas nos brinda una mejor comprensión de cómo funcionan los sistemas viales, de esta manera las propuestas de mejora planteadas podrían funcionar correctamente.
- Se recomienda evaluar propuestas de mejora a bajo costo ya que se puede hacer uso de elementos ya existentes en la zona de estudio, en este caso al reactivar el sistema de semaforización inoperativo, en la simulación de la intersección se pudo reducir los conflictos entre accesos, a su vez se recomienda restringir los giros a la izquierda proponiendo rutas alternas de esta manera se disminuye la congestión en las vías.

REFERENCIAS

- Alcalá, M. (2016). *Microsimulación del tráfico de la intersección de las avenidas Bolívar, Córdova y calle Andalucía empleando el software Vissim 6.0*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Araujo, D., Jacondino, G., Cybis, H., & Caten, C. (2004). Método de calibração de modelos de micro-simulação de tráfico através de otimização multivariada. *Transportes*, 478-489. doi:<https://doi.org/10.14295/transportes.v12i1.122>
- Bañón, L., & Beviá, J. (2000). *Manual de Carreteras*. Elementos Proyecto.
- Benites, C., & Chávez, T. (2014). El sistema de costo ABx y su incidencia en la rentabilidad de la empresa de calzados Rip Land S.A.C. (*Tesis de grado*). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo. Retrieved 11 17, 2018
- Brackstone, M., & McDonald, M. (1999). Seguimiento de automóviles: una revisión histórica. *Psicología del Tráfico y Comportamiento*, 181-196. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S1369-8478\(00\)00005-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00005-X)
- Cabrera, F. (2016). *Apuntes de clase de gestión del tránsito*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cal y Mayor y Asociados. (2005). *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
- Casares, A., & Galarraga, J. (2005). *Calibración del modelo de seguimiento de Vissim en carreteras multicarriles de Uruguay*. Ouro Preto Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET.
- Ccaccya, D. (2015). *Análisis de rentabilidad de una empresa*. Retrieved 11 17, 2018, from http://aempresarial.com/servicios/revista/341_9_KAQKIKGSKPBXJOWNCBAWUTXOEZPINLAYMRJUCPNMEPJODGCGHC.pdf
- Chandler, R., Herman, R., & Montroll, E. (1958). Dinámica del tráfico: estudios en seguimiento de automóviles. *Investigación de operaciones*, 165-184. doi:<https://doi.org/10.1287/opre.6.2.165>
- Domínguez, P., & Cortínez, V. (2017). *La utilización de modelos matemáticos para el estudio del tráfico urbano y sus consecuencias ambientales*. Universidad Tecnológica Nacional.
- Elefteriadou, L. (2014). *Introducción a la teoría del flujo de tráfico*. Instituto de Investigación Operativa y Ciencias de la Gestión.
- Espinoza Gutierrez, C. L., & Jiménez Boulanger, F. (2007). *Costos Industriales*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Federal Highway Administration FHWA. (2021). *Highway*. Retrieved from <https://highways.dot.gov/>
- Fellendorf, M. (1994). A microscopic Simulation Tool to Evaluate Actuated Signal Control including Bus Priority. *Technical Paper*, 1-9. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Martin-Fellendorf/publication/235358088_VISSIM_A_Microscopic_Simulation_Tool_to_Evaluate_Actuated_Signal_Control_including_Bus_Priority/links/569bfa2708aeeea985a59e74/VISSIM-A-Microscopic-Simulation-Tool-to-Evaluate-Ac
- Fellendorf, M., & Vortisch, P. (2010). *Fundamentals of Traffic Simulation*. Springer.
- Fundación Confemetal. (2017). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Fundación Confemetal.
- Garber, N., & Hoel, L. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras*. Cengage Learning Latin America.

- Guillermo, I. C. (2014). *Análisis de costos y presupuesto en el planeamiento estratégico general*. Bogotá: Instituto Pacífico.
- Inei. (2013). *Características económicas y financieras de las empresas*. Retrieved 11 17, 2018, from https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1301/cap02.pdf
- Jara, C. (2018). Implementación del sistema de costos ABC y su impacto en la rentabilidad 2A. (*Tesis de grado*). Universidad Continental, Huancayo.
- Jiménez, D. (2019). *Análisis de Capacidad y Nivel de Servicio de Segmentos Básicos de Autopistas, Segmentos Trenzados y Rampas de acuerdo al Manual de Capacidad de Carreteras HCM2000 aplicando MathCad*. Universidad de Especialidades Turísticas.
- Kaplan, R., & Cooper, R. (2000). *Coste y Efecto*. Barcelona: Gestión 2000.
- Krajzewicz, D., Hertkorn, G., Rössel, C., & Wagner, P. (2002). *SUMO (Simulation of Urban MObility)-an open-source traffic simulation*. Sharjah.
- López, F. J. (2016). *Costos ABC y Presupuestos - Herramienta para la productividad*. Bogotá: ECOE.
- Matamoras, C. (2018). La implementación del modelo de costos ABC y su influencia en la rentabilidad de la empresa Corporación Central Zuan S:A.C. (*tesis de grado*). Universidad Continental, Huancayo.
- Medina, R. A. (2007). *SISTEMA DE COSTOS - Un proceso para su Implementación*. Manizales - Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Montenegro, J., & Lozano, A. (2013). *Simulación microscópica del tránsito*. Retrieved from <https://silo.tips/download/simulacion-microscopica-del-transito#>
- Morales, M. S. (2003, Junio 23). *Gestiópolis*. Retrieved from El sistema de costeo ABC: <https://www.gestiopolis.com/el-sistema-de-costeo-abc/>
- Mytriplea. (2016). *Rentabilidad financiera y económica*. Retrieved 11 17, 2018, from <https://www.mytriplea.com/blog/rentabilidad-economica-financiera-diferencia/>
- Nitro. (2021). *nitro.pe*. Retrieved from <https://www.nitro.pe/>
- Parra, M., & Almonacid, M. (2007). *Simulación digital de tráfico para intersecciones señalizadas por semáforo, bajo ambiente tridimensional*. Universidad del Bío-Bío. Departamento de Sistemas de Información.
- Perú21. (2022). *Perú21*. Retrieved from <https://peru21.pe/economia/mef-transferencia-de-vehiculos-con-costo-superior-a-una-uit-debera-ser-con-transferencias-bancarias-rmmn-noticia/>
- PTV Group. (2016). *Company PTV Group*. Retrieved from <https://company.ptvgroup.com/en/>
- Radelat, G. (2003). *Principios de Ingeniería de Tránsito*. Institute of Transportation Engineers.
- Ranjitkar, P., Nakatsuji, T., & Kwamura, A. (2005). Análisis Experimental de la Dinámica de Seguimiento de Automóviles y la Estabilidad del Tráfico. *Sistemas de Transporte y Tráfico*, 22-32. doi:<https://doi.org/10.1177/0361198105193400103>
- Real Academia Española RAE. (2022). *rae.es*. Retrieved from <https://www.rae.es/>
- Roca, V. (2009). Análisis operacional de glorietas mediante simulación microscópica. *Revista Andinatraffic*, 28-31. Retrieved from <https://its-colombia.org/revistas/Revista-AT-edicion5.pdf>

- Rojas, P. (2011). *Gloval Value*. Retrieved 11 17, 2018, from Análisis de la rentabilidad: <http://www.globalvalue.cl/sites/default/files/Analisis%20de%20Rentabilidad.pdf>
- Romana, M., Nuñez, M., Martínez, J., & Diez, R. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010*. FC Editorial.
- Saucedo, D., & Oyola, E. (2014). LA administración del capital de trabajo y su influencia en la rentabilidad del club deportivo ABC S.A. (*Tesis de grado*). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo.
- Shaaban, K., & Kim, I. (2015). Comparison of SimTraffic and VISSIM Microscopic Traffic Simulation Tools in Modeling Roundabouts. *Procedia Computer Science*, 43-50. doi:10.1016/j.procs.2015.05.016
- Sierra Bravo, R. (1997). *Técnicas de Investigación Social*. México: Ediciones Paraninfo.
- Suárez, L. (2007). *Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante microsimulación*. Universidad Nacional de Colombia.
- The Institution of Highways & Transportation. (2006). *Traffic micro-simulation modelling*. The Institution of Highways & Transportation.
- Wang, H., Li, J., Chen, Q., & Ni, D. (2009). *Speed-density relationship: From deterministic to stochastic*. Transportation Research Board.
- Wee, B., Annema, J., & Banister, D. (2013). *The Transport System and Transport Policy*. Edward Elgar Publishing Limited.
- Zapata Sánchez, P. (2014). *Contabilidad de costos*. Cali: Segunda edición.
- Zuñiga, V. (2010). *Uso de herramientas de microsimulación para la definición de estrategias de control de tránsito para la ciudad de Santiago*. Universidad de Chile.

ANEXO 1

Aforos Vehiculares

AFORO 01

Aforo: 01 – Viernes – EJES – TM					Origen: Av. Ejército Este				Destino: Trinidad Morán			
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirremolque	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	3	16	30	9	5	0	0	0	0	0	63	68
08:45 - 09:00	3	15	34	4	6	1	0	1	0	0	64	71
09:00 - 09:15	2	13	33	8	5	1	0	1	0	0	63	71
09:15 - 09:30	1	14	29	14	3	0	0	0	0	0	61	67
09:30 - 09:45	7	20	25	26	6	3	1	5	0	0	93	113
09:45 - 10:00	4	17	24	12	7	3	0	3	0	0	70	85
10:00 - 10:15	7	12	27	16	3	0	0	0	1	0	66	71
10:15 - 10:30	2	14	30	9	6	0	0	1	0	0	62	70
01:00 – 01:15	6	16	36	14	5	1	0	4	0	0	82	93
01:15 – 01:30	0	23	35	16	3	1	0	3	0	0	81	94
01:30 – 01:45	4	17	45	13	5	2	1	1	0	0	88	99
01:45 – 02:00	3	11	35	17	6	3	0	0	0	0	75	86
02:00 – 02:15	3	11	50	14	4	1	0	1	0	0	84	92
02:15 – 02:30	3	24	29	25	9	0	0	1	0	0	91	106
02:30 – 02:45	4	24	21	6	5	2	0	0	0	0	62	68
02:45 – 03:00	6	31	40	11	6	0	0	1	0	0	95	101
06:30 – 06:45	2	18	43	21	5	1	0	0	0	0	90	100
06:45 – 07:00	4	29	37	17	4	0	0	0	0	0	91	97
07:00 – 07:15	3	25	33	11	7	2	0	0	0	0	81	91
07:15 - 07:30	6	21	36	15	4	2	0	0	0	0	84	90
07:30 - 07:45	5	25	40	16	4	0	0	0	0	0	90	95
07:45 - 08:00	2	16	40	18	4	2	0	1	0	0	83	94
08:00 – 08:15	1	20	32	18	6	0	0	1	0	0	78	89
08:15 – 08:30	4	20	36	16	5	1	0	0	0	0	82	89
Total	85	452	820	346	123	26	2	24	1	0	1879	2100
Aforo: 02 – viernes – EJES – Cayma					Origen: av. Ejército este				Destino: av. Cayma			

AFORO 02

Aforo: 02 – viernes – EJES – Cayma												
Origen: av. Ejército este						Destino: av. Cayma						
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraíl	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	0	12	16	6	13	16	0	0	0	0	63	94
08:45 - 09:00	0	13	24	7	15	11	0	1	0	0	71	100
09:00 - 09:15	2	7	30	8	19	14	0	0	0	0	80	114
09:15 - 09:30	1	8	32	5	17	18	0	2	0	0	83	122
09:30 - 09:45	3	6	43	12	16	15	0	1	0	0	96	129
09:45 - 10:00	2	7	20	7	14	11	0	0	0	0	61	86
10:00 - 10:15	1	9	25	3	17	15	0	1	0	0	71	105
10:15 - 10:30	2	8	21	8	12	13	0	0	0	0	64	90
01:00 – 01:15	7	17	33	11	16	9	0	2	0	0	95	121
01:15 – 01:30	3	22	36	15	12	10	0	1	0	0	99	124
01:30 – 01:45	2	8	31	13	12	6	0	3	0	0	75	99
01:45 – 02:00	2	11	33	20	15	14	1	1	0	0	97	133
02:00 – 02:15	1	13	26	12	18	12	0	0	0	0	82	114
02:15 – 02:30	0	12	22	9	10	11	0	0	0	0	64	87
02:30 – 02:45	0	15	24	6	7	14	0	1	0	0	67	91
02:45 – 03:00	0	13	15	3	9	14	0	0	0	0	54	78
06:30 – 06:45	1	11	31	10	10	13	0	1	0	0	77	103
06:45 – 07:00	4	9	36	12	16	10	0	0	0	0	87	113
07:00 – 07:15	3	13	44	7	13	6	0	0	0	0	86	105
07:15 - 07:30	1	8	37	9	9	9	0	1	0	0	74	95
07:30 - 07:45	0	12	35	10	15	11	0	0	0	0	83	112
07:45 - 08:00	0	10	33	10	13	9	0	0	0	0	75	100
08:00 – 08:15	2	10	30	14	19	5	0	0	0	0	80	106
08:15 – 08:30	1	9	29	9	15	12	0	0	2	0	77	111
Total	38	263	706	226	332	278	1	15	2	0	1861	2532

AFORO 03

Aforo: 03 – Viernes – TM – EJE0					Origen: Av. Trinidad Morán				Destino: Av. Ejército – Oeste			
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camionet a	Coaster	combi	Bus	Camión	Semirraile r	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	1	27	58	21	11	3	0	4	2	0	127	157
08:45 - 09:00	2	21	51	8	19	3	5	4	0	0	113	152
09:00 - 09:15	5	31	44	12	13	2	0	7	0	0	114	139
09:15 - 09:30	0	24	43	13	8	2	1	5	1	0	97	122
09:30 - 09:45	0	31	52	22	11	2	0	2	1	0	121	145
09:45 - 10:00	1	18	55	24	10	0	1	3	1	0	113	137
10:00 - 10:15	6	23	36	15	15	1	1	4	0	0	101	125
10:15 - 10:30	5	20	52	14	11	1	1	2	0	0	106	123
01:00 – 01:15	8	21	67	17	14	4	2	7	3	0	143	182
01:15 – 01:30	5	23	40	28	7	5	2	1	1	0	112	136
01:30 – 01:45	5	25	50	31	12	4	0	2	1	0	130	156
01:45 – 02:00	4	27	58	31	11	0	2	5	3	0	141	176
02:00 – 02:15	5	21	46	28	11	2	1	1	3	0	118	146
02:15 – 02:30	2	20	52	36	7	3	1	2	2	0	125	153
02:30 – 02:45	3	22	39	22	9	6	3	7	0	0	111	146
02:45 – 03:00	6	15	45	25	14	3	1	3	4	0	116	152
06:30 – 06:45	5	24	35	22	10	4	1	1	0	0	102	122
06:45 – 07:00	6	29	35	14	10	4	0	0	1	0	99	115
07:00 – 07:15	5	27	35	26	6	2	1	2	1	0	105	124
07:15 - 07:30	6	12	49	15	8	2	0	1	3	0	96	115
07:30 - 07:45	5	26	33	19	6	0	0	2	1	0	92	105
07:45 - 08:00	10	32	38	13	14	1	1	1	1	0	111	129
08:00 – 08:15	7	38	35	20	10	2	2	2	0	0	116	135
08:15 – 08:30	5	30	40	26	8	4	2	1	1	0	117	140
Total	107	587	1088	502	255	60	28	69	30	0	2726	3329

AFORO 04

Aforo: 04 – Viernes – TM – CAY

Origen: Av. Trinidad
Morán

Destino: Av. Cayma

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	3	35	62	29	1	3	0	4	0	0	137	152
08:45 - 09:00	10	39	62	27	1	2	1	3	0	0	145	155
09:00 - 09:15	4	33	62	19	2	5	0	2	0	0	127	139
09:15 - 09:30	2	34	62	33	2	5	0	2	0	0	140	157
09:30 - 09:45	11	25	63	27	2	7	0	2	0	0	137	148
09:45 - 10:00	10	26	53	32	1	4	0	4	0	0	130	142
10:00 - 10:15	7	23	65	35	0	3	0	4	0	0	137	150
10:15 - 10:30	9	27	53	27	2	2	0	0	0	0	120	125
01:00 - 01:15	4	25	56	49	1	5	0	1	2	0	143	165
01:15 - 01:30	8	20	62	39	1	5	0	0	0	0	135	145
01:30 - 01:45	6	30	40	37	2	4	0	5	1	0	125	146
01:45 - 02:00	7	32	53	38	2	4	0	5	0	0	141	159
02:00 - 02:15	6	29	45	41	2	1	1	2	0	0	127	141
02:15 - 02:30	9	31	50	57	2	11	1	3	0	0	164	192
02:30 - 02:45	7	37	51	29	2	12	0	3	1	0	142	166
02:45 - 03:00	4	37	55	47	1	7	0	1	0	1	153	176
06:30 - 06:45	9	35	51	41	3	4	0	1	0	0	144	157
06:45 - 07:00	7	52	50	35	1	2	0	1	0	0	148	157
07:00 - 07:15	14	61	52	23	2	2	0	0	0	0	154	154
07:15 - 07:30	5	26	47	17	1	2	0	0	0	0	98	102
07:30 - 07:45	11	29	34	38	2	2	0	1	0	0	117	125
07:45 - 08:00	10	45	42	33	4	3	1	0	0	0	138	149
08:00 - 08:15	10	45	45	32	2	2	0	0	0	0	136	141
08:15 - 08:30	18	40	56	33	0	2	0	0	0	0	149	147
Total	191	816	1271	818	39	99	4	44	4	1	3287	3590

AFORO 05

Aforo: 05 – Viernes – TM – EJES				Origen: Av. Trinidad Morán				Destino: Av. Ejército Este				
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	2	5	40	2	6	0	0	0	0	0	55	60
08:45 - 09:00	3	4	28	4	5	1	0	0	0	0	45	50
09:00 - 09:15	3	2	29	1	2	0	0	0	0	0	37	37
09:15 - 09:30	2	3	22	3	1	0	0	0	0	0	31	31
09:30 - 09:45	3	3	26	9	2	0	0	0	0	0	43	45
09:45 - 10:00	1	5	38	1	1	1	0	0	0	0	47	49
10:00 - 10:15	4	1	34	7	1	0	0	0	0	0	47	47
10:15 - 10:30	0	3	44	3	4	1	0	0	0	0	55	61
01:00 - 01:15	4	7	18	5	5	2	0	0	0	0	41	47
01:15 - 01:30	2	7	39	10	1	1	0	0	0	0	60	63
01:30 - 01:45	3	8	30	5	2	1	0	0	0	0	49	51
01:45 - 02:00	2	5	40	6	2	0	0	0	0	0	55	57
02:00 - 02:15	3	7	34	6	3	0	0	0	0	0	53	55
02:15 - 02:30	2	7	40	9	1	0	0	0	0	0	59	61
02:30 - 02:45	2	6	23	3	2	0	0	0	0	0	36	37
02:45 - 03:00	1	4	27	5	2	0	1	0	0	0	40	45
06:30 - 06:45	2	1	16	2	9	1	0	0	0	0	31	40
06:45 - 07:00	2	7	18	2	14	0	0	0	0	0	43	56
07:00 - 07:15	4	8	20	2	8	0	0	0	0	0	42	48
07:15 - 07:30	3	3	12	3	12	0	1	0	0	0	34	47
07:30 - 07:45	1	2	11	3	9	0	1	0	0	0	27	38
07:45 - 08:00	1	4	14	2	10	0	0	0	0	0	31	41
08:00 - 08:15	2	9	28	1	6	0	0	0	0	0	46	51
08:15 - 08:30	1	5	31	4	11	1	0	0	0	0	53	65
Total	53	116	662	98	119	9	3	0	0	0	1060	1183

AFORO 06

Aforo: **06 – Viernes – TM – SEV –
EJES**

Origen : Av. Trinidad
Morán

Destino: Calle Sevilla –
Av. Ejército Este

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camionet a	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitraile r	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	3	2	11	1	6	2	0	1	0	0	26	34
08:45 - 09:00	1	3	6	2	3	0	0	0	0	0	15	18
09:00 - 09:15	0	3	3	4	2	0	0	0	0	0	12	15
09:15 - 09:30	0	4	12	2	4	2	0	0	0	0	24	31
09:30 - 09:45	0	1	10	2	3	0	0	0	0	0	16	20
09:45 - 10:00	0	10	9	3	4	1	0	0	0	0	27	33
10:00 - 10:15	2	7	6	7	5	1	0	1	0	0	29	37
10:15 - 10:30	1	1	4	6	4	1	0	2	0	0	19	28
01:00 – 01:15	3	9	11	4	2	1	0	0	0	0	30	32
01:15 – 01:30	1	4	16	9	3	1	0	0	0	0	34	40
01:30 – 01:45	1	5	8	1	3	0	0	0	0	0	18	21
01:45 – 02:00	0	5	8	4	1	1	0	0	0	0	19	22
02:00 – 02:15	2	4	11	2	3	2	0	0	0	0	24	28
02:15 – 02:30	0	1	12	4	2	3	0	0	0	0	22	28
02:30 – 02:45	2	2	15	5	4	1	0	0	0	0	29	34
02:45 – 03:00	0	3	8	3	3	0	0	0	0	0	17	21
06:30 – 06:45	0	5	12	5	3	0	0	0	0	0	25	29
06:45 – 07:00	0	5	12	4	1	0	0	0	0	0	22	24
07:00 – 07:15	1	5	17	8	3	0	0	0	0	0	34	38
07:15 - 07:30	1	3	15	5	3	0	0	0	0	0	27	31
07:30 - 07:45	2	7	15	5	1	0	0	0	0	0	30	31
07:45 - 08:00	0	6	18	2	1	0	0	0	0	0	27	29
08:00 – 08:15	1	5	15	5	4	0	0	0	0	0	30	35
08:15 – 08:30	0	6	13	3	3	0	0	0	0	0	25	29
Total	21	106	267	96	71	16	0	4	0	0	581	684

AFORO 07

Aforo: 07 – Viernes – CAY – EJEO

Origen: Av. Cayma

Destino: Av. Ejército
Oeste

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	1	4	16	3	0	2	0	2	0	0	28	33
08:45 - 09:00	0	1	18	5	0	1	0	0	0	0	25	27
09:00 - 09:15	3	5	21	7	0	0	0	1	0	0	37	38
09:15 - 09:30	1	5	20	6	0	0	0	0	0	0	32	33
09:30 - 09:45	2	5	11	3	0	2	0	4	0	0	27	34
09:45 - 10:00	1	7	22	3	1	0	0	2	0	0	36	40
10:00 - 10:15	4	5	21	2	0	1	0	0	0	0	33	32
10:15 - 10:30	0	2	12	2	0	0	0	1	0	0	17	19
01:00 - 01:15	3	5	14	5	0	2	0	0	0	0	29	30
01:15 - 01:30	3	5	9	9	0	2	0	0	0	0	28	30
01:30 - 01:45	1	6	25	2	0	2	0	0	0	0	36	38
01:45 - 02:00	0	4	28	5	0	0	0	0	0	0	37	38
02:00 - 02:15	3	6	15	9	0	2	0	0	0	0	35	37
02:15 - 02:30	1	3	14	8	0	0	0	0	0	0	26	27
02:30 - 02:45	1	1	27	3	0	2	0	0	0	0	34	36
02:45 - 03:00	2	7	13	4	0	1	0	0	0	0	27	28
06:30 - 06:45	1	15	11	5	0	1	0	0	0	0	33	35
06:45 - 07:00	6	8	15	2	0	1	0	0	0	0	32	29
07:00 - 07:15	3	6	10	7	0	0	0	0	0	0	26	26
07:15 - 07:30	3	13	10	3	0	0	0	0	0	0	29	28
07:30 - 07:45	3	9	10	8	0	1	0	1	0	0	32	34
07:45 - 08:00	2	11	16	4	0	1	0	0	0	0	34	35
08:00 - 08:15	2	7	19	8	0	0	0	0	0	0	36	37
08:15 - 08:30	2	5	16	6	0	0	0	0	0	0	29	29
Total	48	145	393	119	1	21	0	11	0	0	738	774

AFORO 08

Aforo: 08 – Viernes – EJE0 – ARC

Origen: Av. Ejército
Oeste

Destino: Calle los Arces

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	0	2	5	6	0	0	0	0	0	0	13	15
08:45 - 09:00	0	2	8	5	0	0	0	0	0	0	15	16
09:00 - 09:15	0	0	12	6	0	2	0	0	0	0	20	24
09:15 - 09:30	0	1	9	10	0	0	0	0	0	0	20	23
09:30 - 09:45	0	0	13	6	0	2	0	0	0	0	21	25
09:45 - 10:00	0	0	10	4	0	3	0	0	0	0	17	21
10:00 - 10:15	0	0	14	8	0	0	0	0	0	0	22	24
10:15 - 10:30	1	7	17	4	0	0	0	1	0	0	30	32
01:00 - 01:15	0	14	18	8	0	2	1	0	0	0	43	49
01:15 - 01:30	1	26	21	8	0	2	0	1	0	0	59	64
01:30 - 01:45	3	19	25	3	0	4	0	0	0	0	54	57
01:45 - 02:00	2	14	20	10	0	1	0	0	0	0	47	49
02:00 - 02:15	1	19	24	13	0	3	0	0	0	0	60	66
02:15 - 02:30	3	19	21	13	0	3	0	0	0	0	59	63
02:30 - 02:45	3	14	15	10	0	3	0	0	0	0	45	48
02:45 - 03:00	2	10	17	5	0	0	0	0	0	0	34	34
06:30 - 06:45	2	12	24	6	0	2	0	0	0	0	46	48
06:45 - 07:00	3	18	29	5	0	1	0	0	0	0	56	56
07:00 - 07:15	1	13	16	12	0	2	0	0	0	0	44	48
07:15 - 07:30	3	6	14	4	0	1	0	0	0	0	28	28
07:30 - 07:45	6	15	34	10	0	4	0	0	0	0	69	71
07:45 - 08:00	4	17	26	8	1	0	0	0	0	0	56	56
08:00 - 08:15	9	11	7	15	0	1	0	0	0	0	43	42
08:15 - 08:30	9	10	17	8	0	1	0	0	0	0	45	42
Total	53	249	416	187	1	37	1	2	0	0	946	1000

AFORO 09

Aforo: 09 – Viernes – CAY – TM

Origen: Av. Cayma

Destino: Av. Trinidad
Morán

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	6	59	129	43	18	25	0	2	0	0	282	335
08:45 - 09:00	16	58	111	42	13	18	0	4	1	0	263	302
09:00 - 09:15	4	51	125	56	12	19	0	5	0	0	272	322
09:15 - 09:30	5	47	110	48	10	13	0	5	0	0	238	277
09:30 - 09:45	4	49	103	45	19	15	0	3	0	0	238	285
09:45 - 10:00	12	49	95	31	16	13	0	5	0	0	221	257
10:00 - 10:15	14	50	97	46	12	14	0	2	0	0	235	266
10:15 - 10:30	7	45	104	52	14	15	0	2	0	0	239	279
01:00 - 01:15	10	39	90	31	17	9	0	4	0	0	200	233
01:15 - 01:30	12	34	105	34	9	10	2	0	0	0	206	229
01:30 - 01:45	7	43	89	33	9	12	0	1	0	0	194	220
01:45 - 02:00	12	52	97	22	11	13	0	2	0	0	209	233
02:00 - 02:15	6	50	86	22	13	11	2	1	0	0	191	222
02:15 - 02:30	7	45	90	43	13	12	2	3	0	0	215	255
02:30 - 02:45	5	50	83	46	16	17	0	3	0	0	220	266
02:45 - 03:00	2	45	79	30	7	10	0	1	0	0	174	199
06:30 - 06:45	8	44	92	40	10	12	0	1	0	0	207	235
06:45 - 07:00	6	47	111	40	13	9	0	3	0	0	229	261
07:00 - 07:15	6	59	86	40	15	10	0	2	0	0	218	252
07:15 - 07:30	5	50	68	43	15	12	0	1	0	0	194	230
07:30 - 07:45	5	43	63	37	17	12	0	0	0	0	177	212
07:45 - 08:00	6	46	68	36	17	11	0	2	0	0	186	222
08:00 - 08:15	9	47	73	35	11	7	0	3	0	0	185	210
08:15 - 08:30	9	49	74	30	13	11	0	0	0	0	186	211
Total	183	1151	2228	925	320	310	6	55	1	0	5179	6015

AFORO 10

Aforo: 10 – Viernes – CAY – SEV				Origen: Av. Cayma				Destino: Calle Sevilla				
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraile	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	1	5	17	6	15	12	0	1	0	0	57	86
08:45 - 09:00	4	6	18	6	14	9	0	0	0	0	57	79
09:00 - 09:15	1	10	19	4	13	10	0	0	0	0	57	80
09:15 - 09:30	6	10	23	3	10	12	0	0	0	0	64	83
09:30 - 09:45	2	5	25	7	17	12	0	0	0	0	68	97
09:45 - 10:00	4	6	21	3	14	11	0	0	0	0	59	82
10:00 - 10:15	3	7	17	5	13	7	0	0	0	0	52	71
10:15 - 10:30	3	10	22	8	11	11	0	0	0	0	65	87
01:00 – 01:15	1	5	26	3	14	9	0	0	0	0	58	81
01:15 – 01:30	1	5	28	5	9	10	0	0	0	0	58	78
01:30 – 01:45	1	4	24	7	9	12	0	0	0	0	57	79
01:45 – 02:00	6	9	31	5	11	13	0	1	0	0	76	99
02:00 – 02:15	4	7	34	4	13	11	0	2	0	0	75	100
02:15 – 02:30	1	4	29	8	13	12	0	0	0	0	67	93
02:30 – 02:45	1	6	38	3	16	17	0	0	0	0	81	114
02:45 – 03:00	2	1	32	7	7	10	0	0	0	0	59	76
06:30 – 06:45	5	9	35	5	10	25	0	0	0	0	89	122
06:45 – 07:00	3	7	31	9	13	18	0	0	0	0	81	112
07:00 – 07:15	8	6	27	13	15	19	0	0	0	0	88	120
07:15 - 07:30	5	8	32	7	15	13	0	0	0	0	80	106
07:30 - 07:45	3	9	27	8	17	15	0	0	0	0	79	111
07:45 - 08:00	3	7	38	8	17	13	0	0	0	0	86	116
08:00 – 08:15	3	4	29	4	11	14	0	0	0	0	65	89
08:15 – 08:30	2	3	25	4	13	15	0	0	0	0	62	90
Total	73	153	648	142	310	310	0	4	0	0	1640	2253

AFORO 11

Aforo: 11 – Viernes – EJES – EJEO					Origen: Av. Ejército Este				Destino Av. Ejército Oeste			
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraíl	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	5	42	60	28	70	6	6	3	0	0	220	316
08:45 - 09:00	10	24	52	31	73	4	1	4	1	0	200	289
09:00 - 09:15	6	29	57	30	55	2	3	5	0	0	187	261
09:15 - 09:30	12	21	67	23	56	9	3	2	0	0	193	265
09:30 - 09:45	5	23	58	39	61	6	1	7	0	0	200	286
09:45 - 10:00	3	27	52	28	51	5	0	2	0	0	168	232
10:00 - 10:15	7	29	67	27	49	8	0	5	1	0	193	262
10:15 - 10:30	14	36	67	40	73	6	0	7	1	0	244	337
01:00 - 01:15	6	16	67	24	44	3	0	2	0	0	162	214
01:15 - 01:30	7	35	55	38	49	6	1	5	0	0	196	265
01:30 - 01:45	4	34	61	24	41	6	0	4	1	0	175	234
01:45 - 02:00	6	40	61	20	41	6	2	1	0	0	177	230
02:00 - 02:15	8	29	66	23	41	3	0	5	2	0	177	234
02:15 - 02:30	6	28	41	27	50	8	0	2	0	0	162	226
02:30 - 02:45	8	31	64	32	49	7	1	7	2	0	201	277
02:45 - 03:00	6	29	65	29	43	7	0	7	0	0	186	250
06:30 - 06:45	7	22	87	27	54	12	1	1	1	0	212	286
06:45 - 07:00	10	18	66	17	49	14	0	2	0	0	176	240
07:00 - 07:15	8	18	79	30	51	14	0	0	0	0	200	267
07:15 - 07:30	4	27	75	22	51	12	0	2	1	0	194	265
07:30 - 07:45	7	27	75	23	51	16	0	0	0	0	199	267
07:45 - 08:00	4	39	68	30	48	8	0	0	0	0	197	258
08:00 - 08:15	5	35	67	32	59	21	0	3	0	0	222	311
08:15 - 08:30	6	44	94	29	53	26	0	4	0	0	256	344
Total	164	703	1571	673	1262	215	19	80	10	0	4697	6415

AFORO 12

Aforo: 12 – Viernes – EJES – ARC				Origen: Av. Ejército Este (By Pass)				Destino: Calle Los Arces				
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	11	11
08:45 - 09:00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	4
09:00 - 09:15	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10	10
09:15 - 09:30	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	11	12
09:30 - 09:45	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	11	12
09:45 - 10:00	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	11	11
10:00 - 10:15	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	7	7
10:15 - 10:30	0	1	7	1	0	0	0	0	0	0	9	9
01:00 – 01:15	0	2	9	0	0	0	0	1	0	0	12	14
01:15 – 01:30	0	1	6	1	0	1	0	0	0	0	9	10
01:30 – 01:45	0	4	12	5	0	0	0	0	0	0	21	22
01:45 – 02:00	1	0	4	5	0	2	0	0	0	0	12	15
02:00 – 02:15	0	5	9	4	0	0	0	0	0	0	18	19
02:15 – 02:30	1	7	9	5	0	0	0	0	0	0	22	23
02:30 – 02:45	1	1	5	4	0	0	0	0	0	0	11	11
02:45 – 03:00	0	7	9	2	0	0	0	1	0	0	19	21
06:30 – 06:45	0	1	7	1	0	0	0	0	0	0	9	9
06:45 – 07:00	1	3	9	4	0	0	0	0	0	0	17	17
07:00 – 07:15	0	1	10	4	0	0	0	0	0	0	15	16
07:15 – 07:30	0	2	10	1	0	0	0	0	0	0	13	13
07:30 – 07:45	0	2	10	4	0	0	0	0	0	0	16	17
07:45 – 08:00	0	7	5	11	0	0	0	0	0	0	23	26
08:00 – 08:15	1	3	6	2	0	0	0	0	0	0	12	12
08:15 – 08:30	0	5	4	3	0	0	0	0	0	0	12	13
Total	5	56	183	66	0	3	0	2	0	0	315	334

AFORO 13

Aforo: 13 – Viernes – ARC – EJEO

Origen: Calle Los Arces

Destino: Av. Ejército
Oeste

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraíl	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	7	8
08:45 - 09:00	0	0	7	2	0	1	0	0	0	0	10	12
09:00 - 09:15	0	0	6	0	0	0	0	1	0	0	7	9
09:15 - 09:30	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	7	7
09:30 - 09:45	0	3	4	2	0	0	0	0	0	0	9	10
09:45 - 10:00	0	0	5	2	0	1	0	0	0	0	8	10
10:00 - 10:15	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	8	8
10:15 - 10:30	0	5	11	0	0	0	0	0	0	0	16	16
01:00 - 01:15	1	10	20	6	0	0	0	3	0	0	40	45
01:15 - 01:30	3	8	18	7	0	0	0	0	0	0	36	36
01:30 - 01:45	2	4	14	8	0	0	0	0	0	0	28	29
01:45 - 02:00	3	9	19	6	0	0	0	0	0	0	37	36
02:00 - 02:15	1	10	12	8	0	0	0	1	0	0	32	35
02:15 - 02:30	3	10	18	3	0	0	0	0	0	0	34	33
02:30 - 02:45	3	7	11	4	0	0	0	0	0	0	25	24
02:45 - 03:00	4	11	14	3	0	0	0	0	0	0	32	30
06:30 - 06:45	4	6	12	5	0	0	0	0	0	0	27	26
06:45 - 07:00	1	5	15	6	0	1	0	0	0	0	28	30
07:00 - 07:15	1	7	10	7	0	2	0	0	0	0	27	30
07:15 - 07:30	1	9	10	5	0	2	0	1	0	0	28	32
07:30 - 07:45	6	12	13	3	0	1	0	0	0	0	35	33
07:45 - 08:00	4	10	12	6	0	1	0	0	0	0	33	33
08:00 - 08:15	3	10	16	4	0	1	0	0	0	0	34	34
08:15 - 08:30	7	9	2	7	0	1	0	0	0	0	26	24
Total	47	148	265	97	0	11	0	6	0	0	574	587

AFORO 14

Aforo: 14 – Viernes – EJE O – EJES					Origen: Av. Ejército Oeste				Destino: Av. Ejército Este			
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semitrailer	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	12	44	48	36	66	7	2	12	0	0	227	323
08:45 - 09:00	8	39	37	25	52	5	1	8	0	0	175	247
09:00 - 09:15	5	31	62	36	62	10	0	3	0	0	209	291
09:15 - 09:30	7	21	49	30	63	10	0	3	0	0	183	263
09:30 - 09:45	7	25	49	22	59	8	1	4	0	0	175	251
09:45 - 10:00	12	39	48	28	60	5	0	11	0	0	203	283
10:00 - 10:15	6	33	56	31	65	11	0	0	0	0	202	282
10:15 - 10:30	5	28	44	38	67	10	1	2	0	0	195	283
01:00 – 01:15	5	25	42	18	35	3	1	2	0	0	131	175
01:15 – 01:30	6	21	42	15	40	5	0	5	1	0	135	190
01:30 – 01:45	8	28	44	22	36	2	1	3	0	0	144	189
01:45 – 02:00	10	32	42	13	40	4	0	2	2	0	145	194
02:00 – 02:15	6	24	60	16	43	6	0	4	0	0	159	214
02:15 – 02:30	10	28	56	3	33	6	1	2	0	0	139	177
02:30 – 02:45	5	30	50	23	41	8	0	3	0	0	160	216
02:45 – 03:00	6	26	36	23	43	5	0	2	0	0	141	194
06:30 – 06:45	11	34	70	28	36	14	3	4	0	0	200	262
06:45 – 07:00	6	37	73	21	35	9	1	4	0	1	187	245
07:00 – 07:15	12	40	76	30	34	22	1	3	0	0	218	280
07:15 - 07:30	11	35	87	24	53	15	5	1	0	0	231	309
07:30 - 07:45	1	28	57	14	25	18	1	1	0	0	145	194
07:45 - 08:00	5	29	64	18	31	18	4	0	1	0	170	231
08:00 – 08:15	7	23	58	28	29	27	0	0	0	0	172	230
08:15 – 08:30	8	32	60	30	31	27	2	4	0	0	194	264
Total	179	732	1310	572	1079	255	25	83	4	1	4240	5786

AFORO 15

Aforo: 15 – Viernes – EJE – TMB

Origen: Av. Ejército
Oeste

Destino: Av. Trinidad
Morán

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraíl	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	2	1	9	1	0	0	0	0	0	0	13	12
08:45 - 09:00	1	2	9	0	0	0	0	0	0	0	12	11
09:00 - 09:15	1	4	9	2	0	0	0	0	0	0	16	16
09:15 - 09:30	1	1	11	1	0	0	0	0	0	0	14	14
09:30 - 09:45	1	1	14	0	0	0	0	0	0	0	16	15
09:45 - 10:00	1	4	15	0	0	1	0	0	0	0	21	21
10:00 - 10:15	3	3	13	2	1	1	0	0	0	0	23	23
10:15 - 10:30	0	0	11	3	0	0	0	0	0	0	14	15
01:00 - 01:15	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	11	11
01:15 - 01:30	1	1	16	1	0	0	0	0	0	0	19	19
01:30 - 01:45	2	5	5	0	0	0	0	0	0	0	12	11
01:45 - 02:00	3	2	14	1	0	0	0	0	0	0	20	18
02:00 - 02:15	0	0	14	1	0	0	0	0	0	0	15	15
02:15 - 02:30	0	1	20	1	0	1	0	0	0	0	23	24
02:30 - 02:45	2	0	7	2	0	0	0	0	0	0	11	10
02:45 - 03:00	2	2	13	3	0	0	0	0	0	0	20	19
06:30 - 06:45	0	3	5	1	1	0	0	0	0	0	10	11
06:45 - 07:00	0	3	7	4	0	1	0	0	0	0	15	17
07:00 - 07:15	0	5	12	0	0	0	0	1	0	0	18	20
07:15 - 07:30	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	7	6
07:30 - 07:45	1	2	9	1	0	0	0	0	0	0	13	13
07:45 - 08:00	0	1	16	1	0	0	0	0	0	0	18	18
08:00 - 08:15	0	1	16	0	0	0	0	0	0	0	17	17
08:15 - 08:30	1	1	10	1	0	0	0	0	0	0	13	13
Total	23	46	269	26	2	4	0	1	0	0	371	370

AFORO 16

Aforo: 16 – Viernes – EJEO – ARC –
TMB

Origen: Av. Ejército
Oeste – Calle Los Arces

Destino: Av. Trinidad
Morán

Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraíl	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	3	25	47	15	16	3	0	7	0	0	116	147
08:45 - 09:00	8	23	40	15	20	6	0	4	0	0	116	146
09:00 - 09:15	9	26	50	15	21	4	0	2	0	0	127	153
09:15 - 09:30	5	24	49	18	19	6	0	4	0	0	125	157
09:30 - 09:45	5	22	52	12	22	5	1	8	0	0	127	168
09:45 - 10:00	7	35	51	16	19	8	0	1	0	0	137	165
10:00 - 10:15	9	34	63	27	18	7	0	2	0	0	160	189
10:15 - 10:30	14	36	64	22	18	3	1	3	0	0	161	185
01:00 - 01:15	8	35	58	23	18	4	1	6	1	0	154	190
01:15 - 01:30	9	45	56	28	19	4	1	3	0	0	165	195
01:30 - 01:45	6	45	62	32	17	5	2	7	0	0	176	216
01:45 - 02:00	8	33	68	25	15	3	0	5	0	0	157	183
02:00 - 02:15	11	36	70	27	19	6	0	3	1	0	173	204
02:15 - 02:30	5	28	62	22	16	7	0	3	0	0	143	173
02:30 - 02:45	8	36	53	20	17	7	0	0	0	0	141	165
02:45 - 03:00	9	42	62	22	17	5	4	4	2	0	167	207
06:30 - 06:45	7	50	52	33	13	11	0	5	0	0	171	206
06:45 - 07:00	8	41	52	34	16	4	0	4	0	0	159	188
07:00 - 07:15	18	55	50	22	16	4	0	4	2	0	171	195
07:15 - 07:30	12	58	66	15	18	3	0	2	0	0	174	194
07:30 - 07:45	14	35	65	16	14	7	0	1	0	0	152	169
07:45 - 08:00	8	45	78	33	12	1	0	1	0	0	178	195
08:00 - 08:15	20	37	64	28	11	1	1	1	0	0	163	172
08:15 - 08:30	16	52	69	34	11	3	1	0	0	0	186	200
Total	227	898	1403	554	402	117	12	80	6	0	3699	4363

AFORO 17

Aforo: 17 – Viernes – EJEO – ARC – ARC				Origen: Av. Ejército Oeste – Calle Los Arces				Destino: Calle Los Arces				
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraile	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	6	6
08:45 - 09:00	0	4	4	3	0	1	0	0	0	0	12	14
09:00 - 09:15	2	4	5	4	0	0	0	0	0	0	15	15
09:15 - 09:30	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	7	8
09:30 - 09:45	0	4	5	3	0	0	0	0	0	0	12	13
09:45 - 10:00	2	5	0	2	0	1	0	0	0	0	10	10
10:00 - 10:15	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	5	6
10:15 - 10:30	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	5	6
01:00 – 01:15	0	2	7	5	0	0	0	0	0	0	14	15
01:15 – 01:30	3	4	4	5	0	0	0	0	0	0	16	15
01:30 – 01:45	0	2	2	3	0	1	0	1	0	0	9	12
01:45 – 02:00	1	5	1	3	0	0	0	0	0	0	10	10
02:00 – 02:15	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	8	10
02:15 – 02:30	1	5	1	2	0	1	0	1	0	0	11	13
02:30 – 02:45	2	5	4	4	0	1	0	0	0	0	16	17
02:45 – 03:00	4	7	2	1	0	0	0	0	0	0	14	12
06:30 – 06:45	0	7	8	5	0	0	0	0	0	0	20	21
06:45 – 07:00	2	7	7	1	0	0	0	1	0	0	18	18
07:00 – 07:15	1	10	4	6	0	1	0	2	0	0	24	29
07:15 - 07:30	1	12	6	4	0	0	0	0	0	0	23	23
07:30 - 07:45	2	10	6	8	0	0	0	0	0	0	26	27
07:45 - 08:00	1	5	6	6	0	0	0	0	0	0	18	19
08:00 – 08:15	0	7	3	4	0	0	0	0	0	0	14	15
08:15 – 08:30	2	8	6	6	0	0	0	0	0	0	22	22
Total	25	117	91	91	0	6	0	5	0	0	335	355

AFORO 18

Aforo: 18 – Viernes – EJEO – ARC – TMS				Origen: Av. Ejército Oeste – Calle Los Arces				Destino: Av. Trinidad Morán Subida				
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraile	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	0	6	9	1	0	1	0	0	0	0	17	18
08:45 - 09:00	2	2	15	2	0	0	0	2	0	0	23	25
09:00 - 09:15	1	7	13	13	0	1	0	1	0	0	36	41
09:15 - 09:30	6	9	10	3	0	2	0	0	0	0	30	29
09:30 - 09:45	3	1	16	5	0	1	0	0	0	0	26	26
09:45 - 10:00	2	8	10	3	0	0	0	0	0	0	23	22
10:00 - 10:15	1	8	13	7	0	1	0	2	0	0	32	37
10:15 - 10:30	0	8	15	5	0	1	0	2	0	0	31	36
01:00 – 01:15	1	9	13	8	0	0	0	0	0	0	31	32
01:15 – 01:30	3	12	7	16	0	0	0	1	0	0	39	42
01:30 – 01:45	0	8	18	4	0	1	0	1	0	0	32	36
01:45 – 02:00	3	5	13	4	0	1	0	0	0	0	26	26
02:00 – 02:15	1	5	21	9	0	1	0	0	0	0	37	40
02:15 – 02:30	2	18	16	10	0	0	0	0	0	0	46	47
02:30 – 02:45	2	9	21	4	0	0	0	0	0	0	36	36
02:45 – 03:00	4	10	14	4	0	0	0	2	0	0	34	35
06:30 – 06:45	9	12	15	10	0	1	0	0	0	0	47	44
06:45 – 07:00	1	10	17	7	0	0	0	0	0	0	35	36
07:00 – 07:15	1	16	14	7	0	0	0	0	1	0	39	43
07:15 – 07:30	3	6	12	7	0	2	0	0	0	0	30	32
07:30 – 07:45	4	14	26	6	0	2	0	1	0	0	53	55
07:45 – 08:00	5	7	23	5	0	0	0	0	0	0	40	38
08:00 – 08:15	2	14	17	14	0	1	0	0	0	0	48	51
08:15 – 08:30	2	7	15	6	0	0	0	1	0	0	31	33
Total	58	211	363	160	0	16	0	13	1	0	822	861

AFORO 19

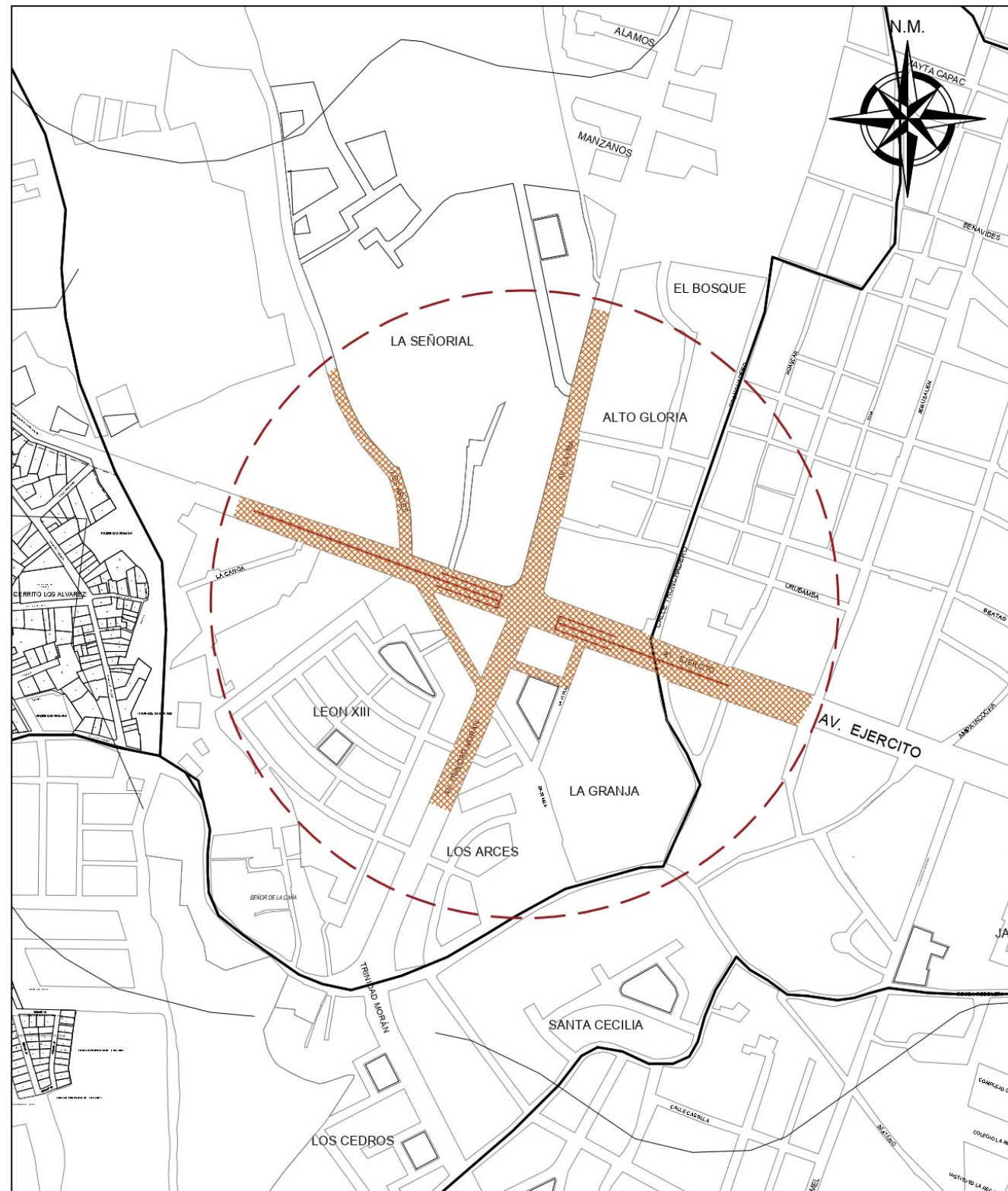
Aforo: 19 – Viernes – CAY – ARC				Origen: Av. Cayma				Destino: Calle Los Arces				
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraíl	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	1	9	7	8	0	0	0	0	0	0	25	26
08:45 - 09:00	2	5	10	13	0	1	0	1	0	0	32	36
09:00 - 09:15	1	9	12	8	0	1	0	0	0	0	31	33
09:15 - 09:30	1	9	10	9	0	1	0	0	0	0	30	33
09:30 - 09:45	1	7	11	9	0	2	0	0	0	0	30	34
09:45 - 10:00	0	5	9	6	0	1	0	0	0	0	21	24
10:00 - 10:15	1	9	11	13	0	2	0	0	0	0	36	41
10:15 - 10:30	1	6	8	5	0	0	0	0	0	0	20	21
01:00 - 01:15	1	8	1	8	0	0	0	0	0	0	18	19
01:15 - 01:30	2	7	9	14	0	0	0	0	0	0	32	34
01:30 - 01:45	3	6	12	11	0	0	0	0	0	0	32	33
01:45 - 02:00	2	11	9	7	0	3	0	0	0	0	32	35
02:00 - 02:15	1	8	12	1	0	2	0	0	0	0	24	26
02:15 - 02:30	0	6	11	0	0	0	0	0	0	0	17	17
02:30 - 02:45	2	10	14	12	0	2	0	0	0	0	40	44
02:45 - 03:00	2	5	7	4	0	0	0	0	0	0	18	18
06:30 - 06:45	1	15	13	8	0	1	0	0	0	0	38	40
06:45 - 07:00	5	8	10	12	0	2	0	1	0	0	38	41
07:00 - 07:15	0	17	11	5	0	1	0	1	0	0	35	39
07:15 - 07:30	1	7	9	10	0	0	0	0	0	0	27	29
07:30 - 07:45	1	11	9	12	0	0	0	0	0	0	33	35
07:45 - 08:00	0	8	3	9	0	1	0	0	0	0	21	24
08:00 - 08:15	0	8	7	13	0	0	0	0	0	0	28	31
08:15 - 08:30	1	8	4	9	0	0	0	0	0	0	22	24
Total	30	202	219	206	0	20	0	3	0	0	680	736

AFORO 20

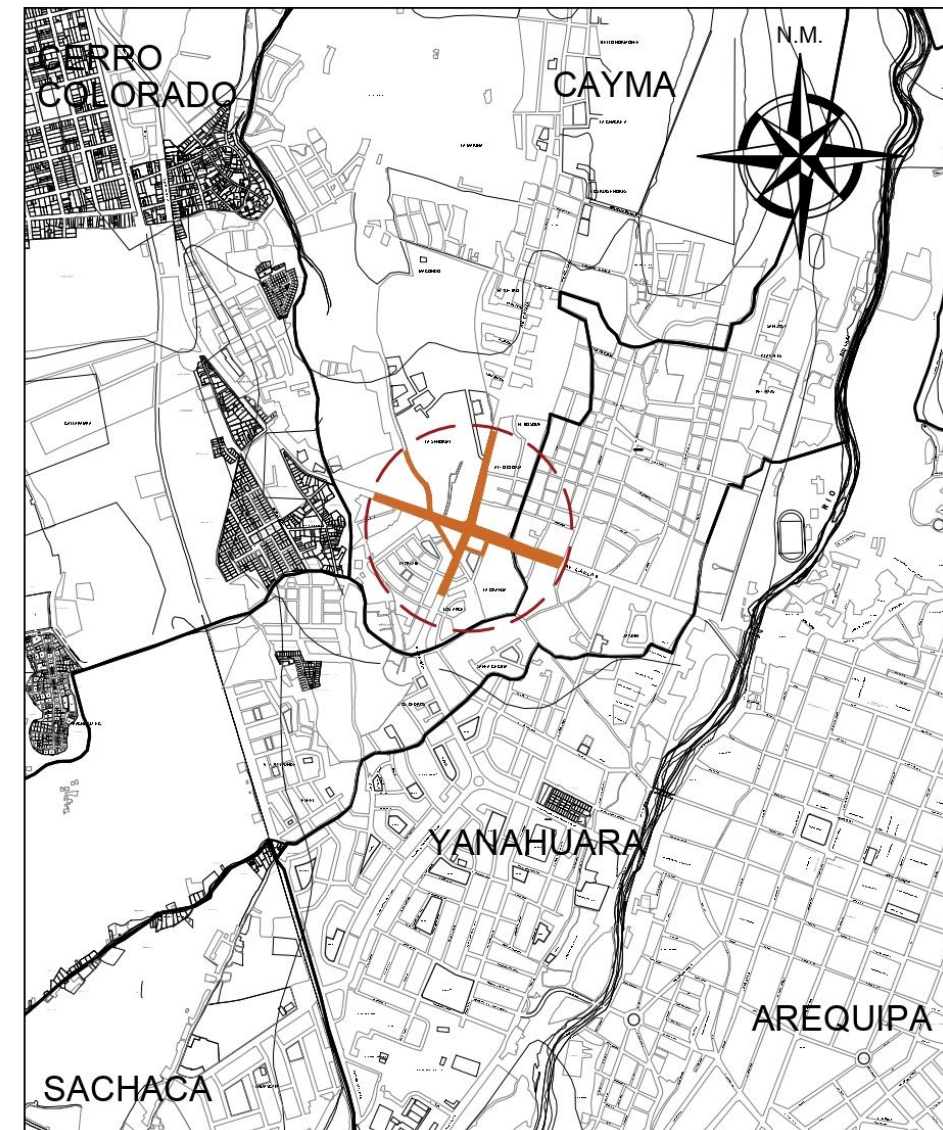
Aforo: 20 – Viernes – ARC – TM				Origen: Calle Los Arces				Destino: Av. Trinidad Morán				
Hora	Moto	Auto	Taxi	Camioneta	Coaster	Combi	Bus	Camión	Semirraíl	Trailer	Mixto	AJU
08:30 - 08:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:45 - 09:00	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
09:00 - 09:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:15 - 09:30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
09:30 - 09:45	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5	6
09:45 - 10:00	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	4
10:00 - 10:15	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	3
10:15 - 10:30	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3
01:00 – 01:15	0	3	3	9	0	0	0	0	0	0	15	17
01:15 – 01:30	1	1	3	5	0	0	0	0	0	0	10	11
01:30 – 01:45	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	6	6
01:45 – 02:00	0	5	3	8	0	0	0	0	0	0	16	18
02:00 – 02:15	2	4	2	10	0	0	0	0	0	0	18	19
02:15 – 02:30	1	0	0	9	0	0	0	0	0	0	10	12
02:30 – 02:45	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	6	7
02:45 – 03:00	2	0	1	3	0	0	0	0	0	0	6	5
06:30 – 06:45	1	9	9	15	0	0	0	0	0	0	34	37
06:45 – 07:00	2	7	4	7	0	0	0	0	0	0	20	20
07:00 – 07:15	1	5	3	7	0	0	0	0	0	0	16	17
07:15 - 07:30	1	7	3	15	0	0	0	0	0	0	26	29
07:30 - 07:45	4	8	5	4	0	0	0	0	0	0	21	19
07:45 - 08:00	2	10	7	7	0	0	0	0	0	0	26	26
08:00 – 08:15	0	15	6	6	0	0	0	0	0	0	27	29
08:15 – 08:30	0	9	5	5	0	0	0	0	0	0	19	20
Total	20	91	61	121	0	0	0	0	0	0	293	310

ANEXO 2

Planos



ESC: 1/5,000



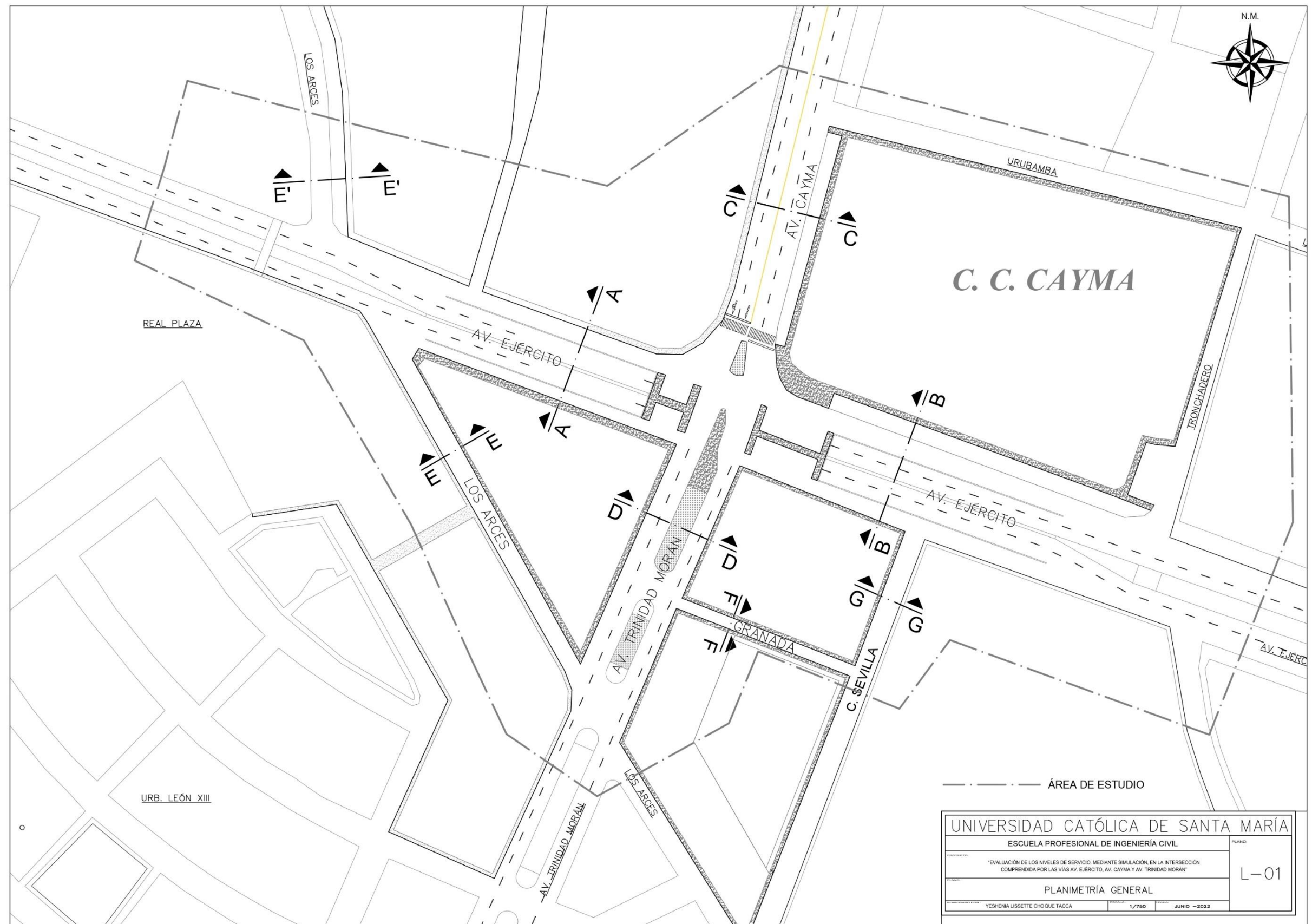
ESC: 1/20,000

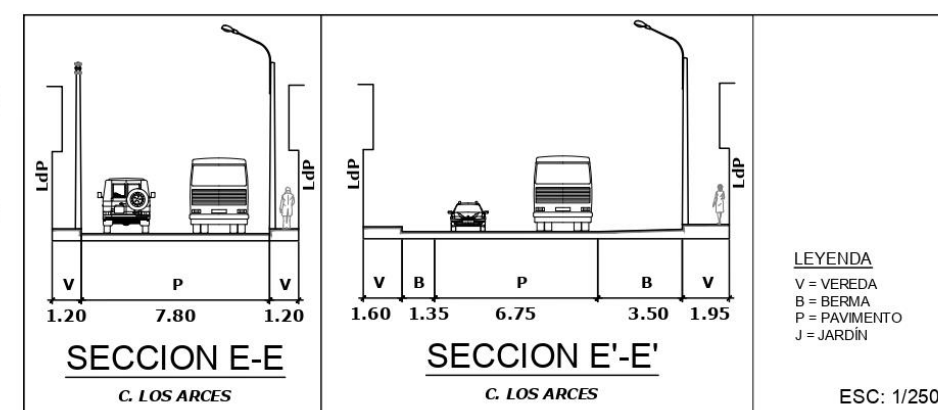
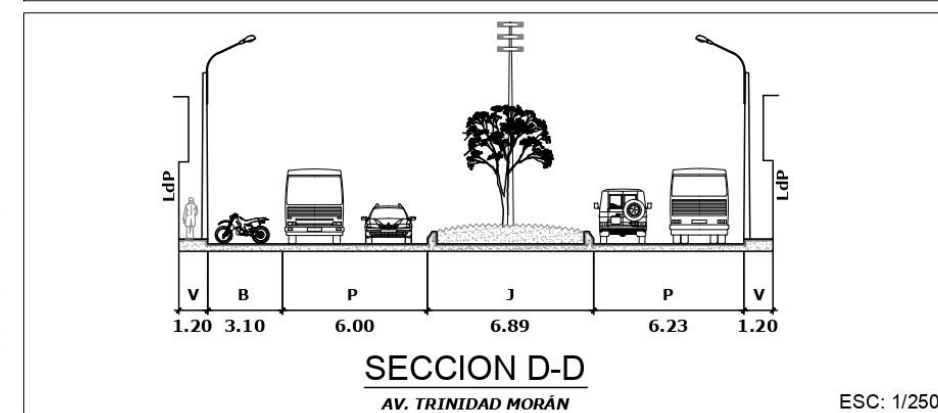
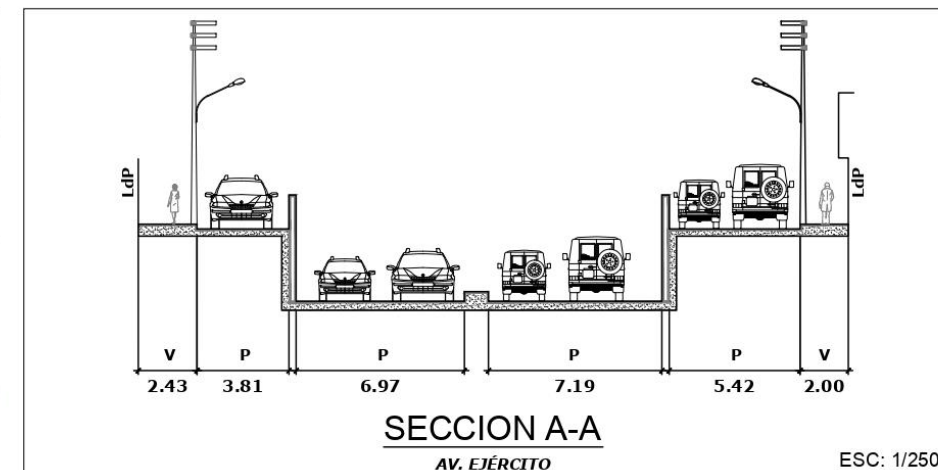
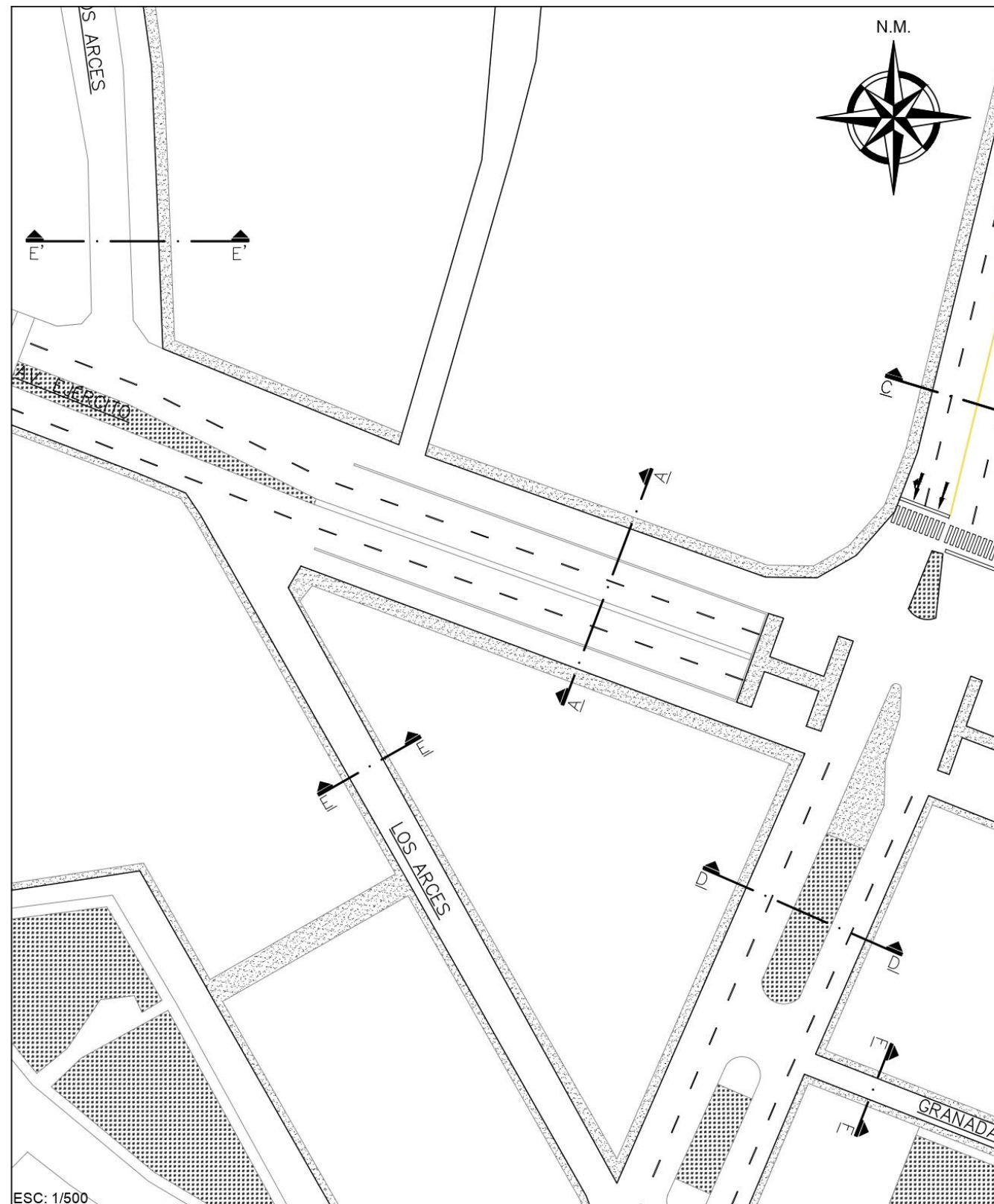
LEYENDA

	LÍMITE DISTRITAL
	UBICACIÓN DEL PROYECTO
	ÁREA DE ESTUDIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

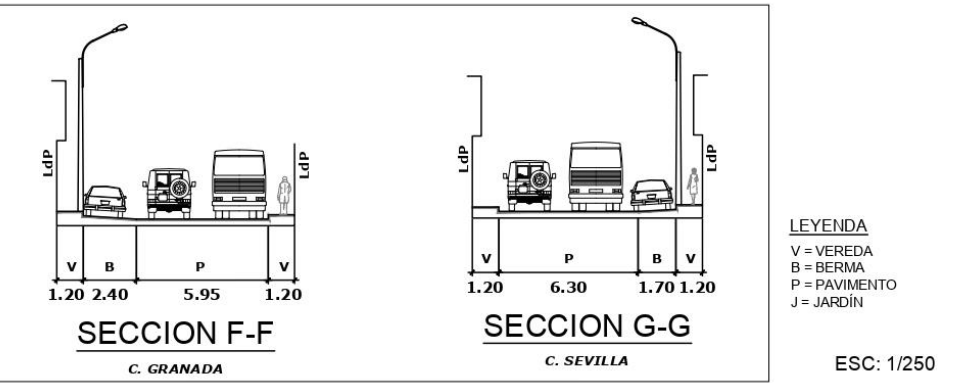
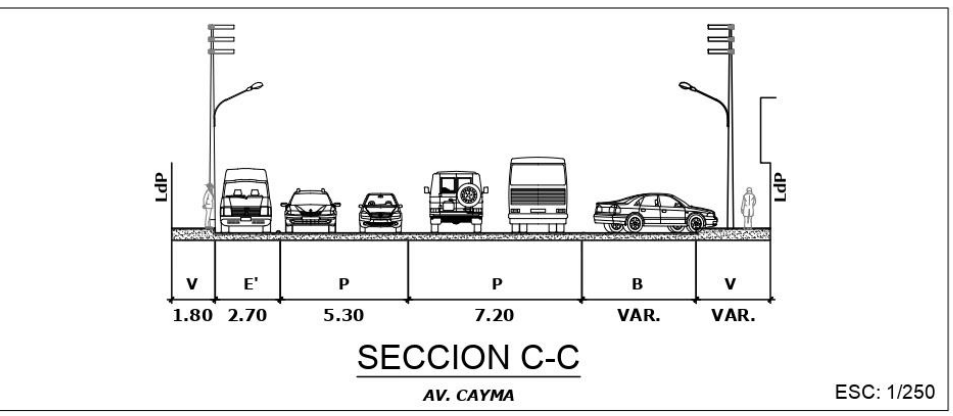
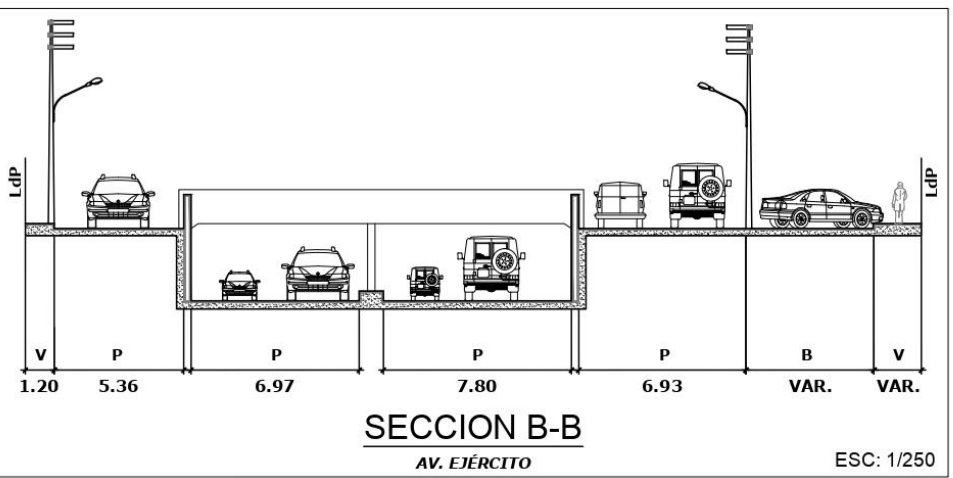
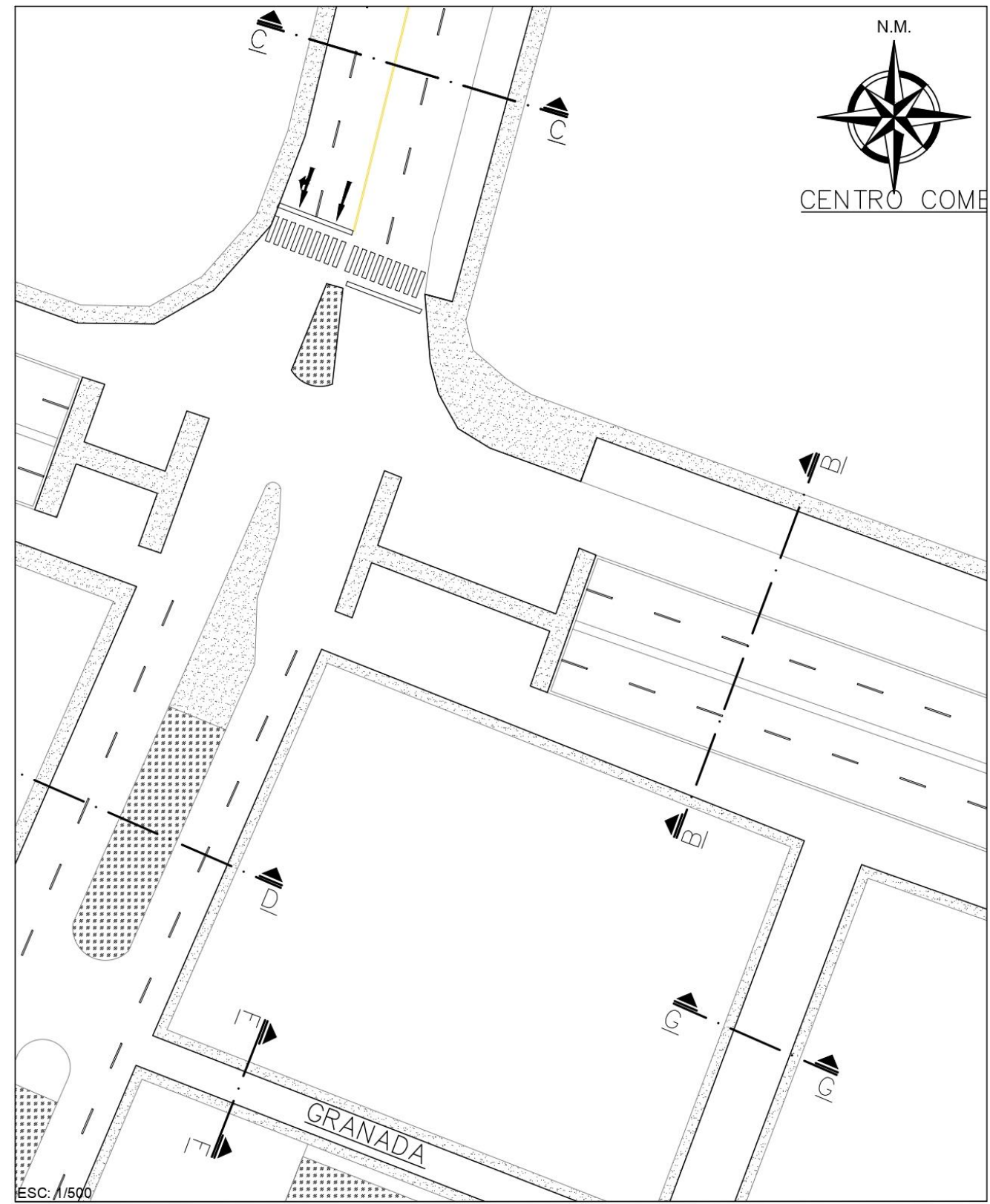
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			PLANO: U—01
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO, MEDIANTE SIMULACIÓN, EN LA INTERSECCIÓN COMPRENDIDA POR LAS VÍAS AV. EJÉRCITO, AV. CAYMA Y AV. TRINIDAD MORÁN"			
PLANO: UBICACIÓN – INTERSECCIÓN CAYMA			
ELABORADO POR: YESHENIA LISSETTE CHOQUE TACCA	ESCALA: INDICADA	FECHA: JUNIO –2022	





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO, MEDIANTE SIMULACIÓN, EN LA INTERSECCIÓN COMPRENDIDA POR LAS VÍAS AV. EJÉRCITO, AV. CAYMA Y AV. TRINIDAD MORÁN"	
PLANO:	SECCIONES DE VÍAS	
ELABORADO POR:	INDICADA	FECHA: JUNIO -2022

PLANO: L-02



LEYENDA
V = VEREDA
B = BERMA
P = PAVIMENTO
J = JARDÍN

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO, MEDIANTE SIMULACIÓN, EN LA INTERSECCIÓN COMPRENDIDA POR LAS VÍAS AV. EJÉRCITO, AV. CAYMA Y AV. TRINIDAD MORÁN"	
PLANO:	SECCIONES DE VÍAS	
ELABORADO POR:	YESHENIA LISSETTE CHOQUE TACCA	INDICADA: JUNIO -2022

PLANO:
L-03

