UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Diagnóstico y una propuesta para reducir las demoras por control en la
intersección del Jirón Tarma y Jirón Junín de la ciudad de La Merced,
empleando la microsimulación del tránsito

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Torre Sanchez, Orlando William (0000-0001-9184-7095)

Venegas Chise, Tyno David (0000-0002-1409-308X)

ASESOR

Silvera Lima, Manuel Elías (0000-0002-8265-9495)

Lima, 31 de Julio del 2020

DEDICATORIA

A mis padres, Faustino Venegas Medina y María del Carmen Chise Alegría, pilares fundamentales e incondicionales en mi formación personal y profesional gracias por enseñarme a ser una persona persistente en sus anhelos. A mi hijo Evans Fausto, por estar siempre conmigo brindándome apoyo y paciencia en todo momento.

TYNO VENEGAS

A mi madre, Teodora Antonia Sanchez Ramírez Vda. De Torre, mujer fuerte y valiente para sacar adelante a todos mis hermanos, a mi padre, Lorenzo Torre Ramírez, quien en vida siempre nos inculco el respeto por la familia, a mis hermanos por su apoyo y a mis profesores por sus enseñanzas.

ORLANDO TORRE

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarnos en la senda del buen camino y darnos fortaleza en momentos de dificultad, por bendecirnos con cada día y brindarnos la oportunidad de culminar la carrera profesional y la presente tesis de investigación.

A nuestros padres, por su sacrificio y trabajo en guiarnos en el camino correcto y convertirnos en mejores personas, nuestra eterna gratitud.

A nuestro asesor de tesis, Ing. Manuel Elías Silvera Lima por aceptar ser guía en este proceso de elaboración de tesis de investigación, por su confianza y su capacidad para encaminar las ideas plasmadas. Al Ing. Diego Larrea Quina por su apoyo incondicional en la orientación y dirección, ha sido un apoyo esencial.

RESUMEN

En la presente tesis se realizó el estudio de microsimulación de tráfico de una intersección semaforizada, mediante el empleo del software Vissim 9.0. El cual contiene parámetros físicos de una serie de vehículos predeterminados e introduciendo el comportamiento operacional de un vehículo atípico como las mototaxis. Se identificó esta intersección debido a que la circulación de vehículos y mototaxis es de gran cantidad a lo largo del día.

La evaluación se realizó bajo un enfoque microscópico. Los datos fueron obtenidos mediante Cámaras de vigilancia y visitas de campo, donde se evidenció deficiencias de flujo de tráfico que generan demoras vehiculares, longitud de colas por demoras por control, conflicto peatón - vehículo y maniobras temerarias por parte de los conductores de vehículos de mototaxis al momento de embarque y desembarque de pasajeros, zona de parqueo no autorizado, específicamente en horarios de alta demanda.

Con la obtención de datos se genera la construcción de un modelo de microsimulación con Vissim 9.0. El modelo tiene como principal objetivo representar la problemática en la zona de estudio. Para ello se modelaron las rutas vehiculares y peatonales, el parqueo no autorizado, los principales puntos de conflicto. Se midieron valores en campo como tiempos de viajes de vehículos mixtos (25 mediciones), velocidad de los peatones en accesos (20 mediciones).

Se procede a calibrar y validar el modelo para obtener un soporte claro de que los parámetros obtenidos son aplicables. Se utilizó la prueba de Randomization Test mediante el uso de la herramienta Statkey, con la que se calibró y validó el modelo con un grado de efectividad del 95%.

Finalmente, se obtuvo una reducción de 65.50% en la demora vehicular y disminución del 43.00% en la longitud de cola vehicular, con la propuesta de mejora planteada. Un comportamiento operacional similar de los mototaxis al de los automóviles, redistribuyendo y generando paraderos autorizados en los perímetros de la intersección, añadiendo la fase de ámbar al ciclo semafórico actual vehicular y peatonal, disminuyendo significativamente las demoras por control.

Palabras clave: Microsimulación; Paraderos, Calibración; Validación; Sincronizar, Demoras por Control, Vehículos Atípicos.

ABSTRACT

In this thesis, the traffic microsimulation study of a traffic light intersection was carried out, using the Vissim 9.0 software. Which contains physical parameters of a series of predetermined vehicles and introducing the operational behavior of an atypical vehicle such as motorcycle taxis. This intersection was identified because the circulation of vehicles and motorcycle taxis is large throughout the day.

The evaluation was carried out under a microscopic approach. The data was obtained by surveillance cameras and field visits, where it was evident deficiencies in traffic flow that generate vehicle delays, queue length due to control delays, pedestrian-vehicle conflict and reckless maneuvers by mototaxis vehicle drivers. At the time of boarding and disembarking of passengers, unauthorized parking area, specifically during times of high demand.

With the obtaining of data, the construction of a microsimulation model with Vissim 9.0, is generated, the model's main objective is to represent the problem in the study area, for which the vehicular routes were modeled it is and pedestrian, unauthorized parking, the main points of conflict. Field values such as travel times of mixed vehicles (25 measurements), pedestrian speed at the entrances (20 measurements).

were measured. With these values, the model is calibrated to obtain a clear support that the parameters obtained are applicable. The Randomization Test was used through the use of the Statkey tool, with a degree of effectiveness of 95%.

Finally, a 65.50% reduction in vehicle delay and a 43.00% decrease in vehicle tail length were obtained, with the proposed improvement proposed. Operational behavior similar to motorcycle taxis to that of automobiles, redistributing and generating authorized stops at the intersection perimeters, adding the amber phase to the current traffic and pedestrian traffic light cycle, significantly reducing control delays.

Keywords: Microsimulation, Whereabouts, Calibration, Validation, Synchronize, Control delays, Atypical Vehicles.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
TABLA DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
CAPITULO I: GENERALIDADES	15
1.1 INTRODUCCIÓN.....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.3 ESTADO DEL ARTE.....	18
1.4 HIPÓTESIS.....	21
1.5 OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.7 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1 SEGURIDAD VIAL	23
2.2 VEHÍCULOS ATÍPICOS – MOTOTAXIS.....	23
2.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.	24
2.1.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.	25
2.3 ESTUDIO DE TRÁFICO.....	27
2.3.1. ESTUDIO DE VOLÚMENES.	27
2.3.2. CAPACIDAD VIAL	27
2.3.3. DEMORA POR CONTROL	27
2.3.4. COLAS.....	29
2.3.5. NIVEL DE SERVICIO	30
2.4 ESCALAS DE MODELACIÓN DE TRÁFICO.....	32
2.4.1. MODELOS MACROSCÓPICOS	33
2.4.2. MODELOS MESOSCÓPICOS	34
2.4.3. MODELOS MICROSCÓPICOS	35

2.5	PRINCIPALES SOFTWARES DE MODELACIÓN DE MICRO	
	SIMULACIÓN.....	38
2.5.1.	AIMSUN.....	38
2.5.2.	CORSIM.....	39
2.5.3.	VISSIM.....	39
2.6	MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR (CAR FOLLOWING).	40
2.6.1.	MODELO DE LA GENERAL MOTOR.....	40
2.6.2.	MODELO DE GIPPS (DISTANCIA SEGURA).....	41
2.6.3.	MODELO DE WIEDEMANN 1974.....	42
2.6.4.	TEORÍA DE ADELANTAMIENTO O DE CAMBIO DE CARRIL	44
2.7	FUNDAMENTOS DE LA MICROSIMULACIÓN.....	45
2.7.1.	PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE MICROSIMULACIÓN.....	45
2.7.2.	NIVEL DE ALEATORIEDAD EN EL FLUJO DE TRÁFICO.	47
2.7.3.	NÚMERO DE SEMILLAS.	47
2.7.4.	NÚMERO DE CORRIDAS.....	47
2.7.5.	TIEMPO DE ESTABILIDAD (WARM UP).....	50
2.7.6.	INTERACCIÓN VEHICULAR.	51
2.7.7.	CALIBRACIÓN DEL MODELO.	51
2.7.8.	VALIDACIÓN DEL MODELO.....	52
	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	53
3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	53
3.1.1.	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.2	GEOMETRÍA DE LA INTERSECCIÓN	55
3.3	RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO	56
3.3.1.	AFORO VEHICULAR	56
3.3.2.	AFORO PEATONAL	57
3.3.3.	CICLO SEMAFÓRICO ACTUAL	59
3.4	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE MICROSIMULACION	62
3.4.1.	BACKGROUND / FONDO DE REFERENCIA	62
3.4.2.	LINK Y CONECTORES	62
3.4.3.	COMPOSICIÓN VEHICULAR / VEHICLE COMPOSITION.....	63
3.4.4.	AFORO Y RUTAS VEHICULARES	64

3.4.5.	AFOROS PEATONALES Y RUTAS DE DESTINO	65
3.4.6.	ESTACIONAMIENTO VEHICULAR.....	65
3.4.7.	TIEMPOS Y DEMORAS POR CONTROL	66
3.4.8.	NODOS / NODES	67
3.5	PROCESAMIENTOS DE DATOS DE CAMPO	68
3.5.1.	FLUJOGRAMA DE TRÁFICO	68
3.5.2.	MICROSIMULACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	69
3.5.3.	CÁLCULO DE VOLUMEN DE MÁXIMA DEMANDA.....	77
3.5.4.	GRÁFICOS DE VELOCIDADES.....	82
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS		89
4.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DE LAS DEMORAS POR CONTROL	89
4.2	MODELO DE MICROSIMULACIÓN CALIBRADO Y VALIDADO INCLUYENDO EL COMPORTAMIENTO OPERACIONAL DE LAS MOTOTAXIS, UTILIZANDO COMO PARÁMETRO DE EFICIENCIA LOS TIEMPOS DE VIAJE DE LOS VEHÍCULOS.....	90
4.2.1.	CALIBRACIÓN DEL MODELO.	92
4.2.2.	VALIDACIÓN DEL MODELO.....	99
4.3	PROPUESTA DE MEJORA DE LA INTERSECCIÓN	106
4.3.1.	PRINCIPALES PROPUESTAS DE MEJORA	106
4.3.2.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DEMORAS POR CONTROL.....	107
4.3.3.	MICROSIMULACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA	109
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		118
5.1	CONCLUSIONES	118
5.2	RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFIA.....		120
ANEXOS		124
7.1	ANEXO 1	124
7.2	ANEXO 2	128
7.3	ANEXO 3	130
7.4	ANEXO 4	131

7.5	ANEXO 5	132
7.6	ANEXO 6	136
7.7	ANEXO 7	138
7.8	ANEXO 8	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ficha Técnica de Vehículo Atípico - Mototaxi</i>	26
Tabla 2. <i>Detalle de Niveles de Servicio</i>	31
Tabla 3. <i>Softwares para Macrosimulación del tránsito</i>	34
Tabla 4. <i>Softwares para Meso simulación del tránsito</i>	35
Tabla 5. <i>Softwares para Microsimulación del tránsito (a)</i>	36
Tabla 6. <i>Softwares para Microsimulación del tránsito (b)</i>	37
Tabla 7. <i>Situaciones (áreas) empleadas en el modelo de Wiedemann</i>	43
Tabla 8. <i>Total del aforo vehicular del Jr. Junín</i>	57
Tabla 9. <i>Total del aforo vehicular del Jr. Tarma</i>	57
Tabla 10. <i>Aforo peatonal Jirón Tarma</i>	58
Tabla 11. <i>Aforo peatonal Jirón Junín</i>	58
Tabla 12. <i>Determinación de hora pico</i>	78
Tabla 13. <i>Proporción vehicular en la hora pico</i>	81
Tabla 14. <i>Recopilación de tiempos de viaje vehiculares en zona 1 – Jr. Tarma.</i>	84
Tabla 15. <i>Numero de muestra mínima Zona 1</i>	85
Tabla 16. <i>Datos importantes de la recopilación de tiempos de viaje</i>	85
Tabla 17. <i>Tabla de distribución de frecuencias de Zona 1</i>	86
Tabla 18. <i>Recopilación de tiempos de viaje peatonales en zona 1</i>	87
Tabla 19. <i>Resultados de demoras vehiculares del Vissim</i>	93
Tabla 20. <i>Número mínimo de corridas vehiculares en zona 1 – Jirón Tarma</i>	94
Tabla 21. <i>Tiempos de viaje peatonales en zonas con mayor densidad peatonal</i>	96
Tabla 22. <i>Número mínimo de corridas peatonales en zona 1</i>	97
Tabla 23. <i>Número mínimo de corridas para peatones en la zona 1</i>	97
Tabla 24. <i>Segundo Aforo vehicular Jr. Tarma</i>	99
Tabla 25. <i>Segundo aforo vehicular Jr. Junín</i>	99
Tabla 26. <i>Segundo aforo peatonal</i>	99
Tabla 27. <i>Segunda recopilación de demoras vehiculares Jr. Tarma</i>	100
Tabla 28. <i>Segundo resultado de demoras vehiculares</i>	101
Tabla 29. <i>Segunda recopilación de tiempos de viaje peatonales en zona 1 Jr. Tarma</i>	103
Tabla 30. <i>Resultados de tiempos de viaje</i>	104
Tabla 31. <i>Cuadro Comparativo de Demoras por control</i>	107
Tabla 32. <i>Resultados de Comparativo de Demoras por control</i>	108

<i>Tabla 33.</i> <i>Nivel de Servicio en la Intersección – Propuesta de Mejora</i>	117
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zona de Estudio en la Ciudad de La Merced, Chanchamayo, Junín	18
Figura 2. Dimensiones de Vehículos Atípicos - Mototaxis.....	24
Figura 3. Demoras en un corredor con intersecciones semaforizadas.....	28
Figura 4. Tipos de colas	30
Figura 5. Interpretación gráfica de los niveles de servicio en una vía	31
Figura 6. Tipos de Modelos.....	33
Figura 7. Tipos de Simulación del Tráfico	38
Figura 8. Modelo Gipps.....	41
Figura 9. Modelo de la lógica de seguimiento vehicular de Wiedemann	44
Figura 10. Teoría de Adelantamiento de Carril.....	45
Figura 11. Desarrollo del modelo de microsimulación y proceso de aplicación.....	46
Figura 12. Procedimiento para determinar el número de corridas	50
Figura 13. Ejemplo del tiempo de estabilización del modelo “warm up”	51
Figura 14. Geometría de la red vial del Jr. Junín y del Jr. Tarma	55
Figura 15. Rutas vehiculares de la zona de estudio.....	56
Figura 16. Rutas tomadas por los peatones en la intersección estudiada.	59
Figura 17. Ciclo semafórico Vehicular del Jr. Junín	60
Figura 18. Ciclo semafórico Vehicular del Jr. Tarma	60
Figura 19. Ciclo semafórico Peatonal del Jr. Junín.	61
Figura 20. Ciclo semafórico Peatonal del Jr. Tarma.	61
<i>Figura 21. Links y conectores del modelo</i>	<i>63</i>
<i>Figura 22. Composición vehicular del Jr. Tarma.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 23. Aforo vehicular de los jirones Tarma y Junín</i>	<i>64</i>
<i>Figura 24. Rutas vehiculares en el jirón Junín.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 25. Aforo peatonal</i>	<i>65</i>
<i>Figura 26. Estacionamiento Prohibido en Jr. Junín</i>	<i>66</i>
<i>Figura 27. Tiempos de viaje vehiculares en Jr. Tarma y Jr. Junín</i>	<i>66</i>
<i>Figura 28. Mediciones de demoras vehiculares en Jr. Tarma y Jr. Junín</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29. Nudo en la intersección</i>	<i>67</i>
Figura 30. Flujograma vehicular (vehículos/hora)	68
Figura 31. Imagen de fondo (Alternados de mapas de fondo)	69
Figura 32. Links del Jirón Tarma.	70

Figura 33. Conector del Jirón Tarma.....	70
Figura 34. Datos de Entrada Vehiculares Jr. Junín / Jr. Tarma.....	71
Figura 35. Transporte Publico Jr. Tarma.....	72
Figura 36. 3D Paradero Prohibido Transporte Publico Jr. Tarma.....	72
Figura 37. Transporte Publico Jr. Junín	73
Figura 38. 3D Paradero Prohibido Transporte Publico Jr. Junín.....	73
Figura 39. Entrada Peatones Jr. Junín / Jr. Tarma	74
Figura 40. Ruta 1-1 Jr. Junín	75
Figura 41. Ruta 2-1 Jr. Tarma.....	75
Figura 42. Ruta 1-1, 1-2 / Jr. Tarma	76
Figura 43. Ruta 2-1, 2-2, 2-3 / Jr. Junín	77
Figura 44. Volumen total de vehículos mixtos del Jr. Junín.....	79
Figura 45. Volumen vehicular total acumulado del Jr. Junín.....	80
Figura 46. Proporción Vehicular en Jirón Junín.....	81
Figura 47. Proporción Vehicular en Jirón Tarma.....	82
Figura 48. Zona 1 Jr. Tarma de recopilación de datos de tiempos de viaje	83
Figura 49. Distribución de velocidad de la zona 1 vehicular	86
Figura 50. Distribución de velocidad en zona 1 peatonal.	88
Figura 51. Identificación de Principales Problemas en la Intersección.	89
Figura 52. Comportamiento Operacional de las Mototaxis en Jirón Tarma – Situación real	90
Figura 53. Comportamiento Operacional de las Mototaxis en Jirón Tarma – Simulación.....	91
Figura 54. Comportamiento Operacional de las Mototaxis en la intersección Jirón Tarma y Jirón Junín – Simulación	91
Figura 55. Longitud de cola en el Jirón Tarma – Calibración.	94
Figura 56. Parámetros de Wiedemann	95
Figura 57. Prueba de diferencia de medias en el Jr. Tarma	95
Figura 58. Resultados de los parámetros de fuerza social.....	98
Figura 59. Diferencia medias de tiempos de viajes peatones en zona peatonal 1	98
Figura 60. Longitud de cola en el Jirón Tarma – Validación.	102
Figura 61. Prueba de diferencia de medias de demoras vehiculares en Jr. Tarma.	102
Figura 62. Diferencia de medias de tiempos de viaje peatonales en zona 1 Jr. Tarma..	105
Figura 63. Propuesta de Mejora de la Intersección Semaforizada	110

Figura 64. Barreras peatonales de seguridad.	111
Figura 65. Señalización Vertical – Jirón Junín.....	112
Figura 66. Señalización Vertical de la Intersección – Jr. Junín / Jr. Tarma	112
Figura 67. Paradero Autorizado en Jr. Junín (Autos Colectivos y Mototaxis)	113
Figura 68. Paradero Autorizado en Jr. Tarma (Autos Colectivos y Mototaxis)	113
Figura 69. Longitud de Cola Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.....	114
Figura 70. 3D de Longitud de Cola Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.	114
Figura 71. Ciclo Semafórico Vehicular de Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.	115
Figura 72. Ciclo Semafórico Vehicular de Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.	116
Figura 73. Ciclo Semafórico Vehicular y Peatonal – Propuesta de Mejora.....	116

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

En las grandes ciudades del mundo, los tiempos empleados en viajes generalmente son altos y van en continuo aumento, esto ocurre debido a que el número de vehículos crece de manera acelerada, en conjunto con la población, la ampliación de la riqueza y el mayor auge comercial. Por ejemplo, en la ciudad de Río de Janeiro el tiempo de viaje promedio es de noventa minutos, y en Bogotá el movimiento de los ciudadanos puede durar un total de sesenta minutos (Gakenheimer, 1998).

Perú, no es la excepción, ya que su parque automotor ha aumentado de manera exponencial. En los últimos 10 años su crecimiento fue del 58%, mientras que en el año 2018 fue del 23% en relación con el año anterior 2017. El INEI conjuntamente con PROVIAS NACIONAL, generaron el informe técnico denominado “Flujo Vehicular por Unidad de Peaje”, a marzo del 2018, determinando que el flujo vehicular actual en el Perú alcanza los 6.295.917 (Motta, 2018).

Dentro de las principales ciudades del Perú como Arequipa, Iquitos, Trujillo, Lima las vías urbanas e interurbanas se ven superadas en su capacidad, ya sea durante todo el día o solo en horas punta, generando congestionamiento. Esto se debe en gran medida al crecimiento del parque automotor, al crecimiento del área urbana-comercial y a las malas condiciones de regulación y control del transporte.

En esta problemática, el incremento del flujo vehicular, se encuentra en la ciudad de La Merced, Provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín; donde se originan dificultades de circulación al momento de transportarse por las importantes avenidas, donde los usuarios de la red vial, tienen que lidiar con la congestión vehicular día a día. A esto se suma una deficiente infraestructura vial relacionada con su diseño, señalización y control del tráfico; teniendo como posible solución a la problemática planteada la elaboración de una propuesta para reducir las demoras por control en la intersección semaforizada del Jirón Tarma y Jirón Junín de la ciudad de La Merced, validada con un modelo de microsimulación.

Actualmente existen varios programas que permiten representar el real comportamiento operacional del flujo vehicular; los principales, pueden categorizarse de acuerdo al modelo de tráfico donde se apliquen. Estos modelos se distinguen en macroscópicos, mesoscópicos

o microscópicos, basados en la escala de tráfico que se presente. En este caso se utilizará un programa de simulación microscópico, donde se consideran interacciones entre los vehículos, y, entre las personas que utilizan la vía; tipificando cada uno de ellos para poder implementar medidas de solución ante los diferentes problemas presentes en la zona de estudio.

Por las particularidades del tráfico en la ciudad de La Merced, la microsimulación permite representar la circulación de los vehículos, tomando en cuenta el estilo agresivo manejo de los conductores. El modelo desarrollado para representar las características operacionales de la zona de estudio pasara por las etapas de calibración y validación a través de una prueba estadística de diferencias de medias de tiempos de viaje.

Para esta investigación se utiliza como herramienta el software Vissim 9 para el análisis de las intersecciones semaforizadas del Jirón Tarma y Jirón Junín de la ciudad de La Merced.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto está orientado a la aplicación del mejoramiento integral del tránsito en la intersección semaforizada entre los Jirones Tarma y Junín de la Ciudad de La Merced, empleando una herramienta de microsimulación de tráfico para poder analizar las condiciones existentes y presentar propuestas de mejora que incluyen diferentes escenarios como se muestra en la **figura 1**. Este interés surge a partir de haber observado las deficiencias en el flujo de tráfico que genera las demoras por control, congestión vehicular y riesgo de accidentes en la intersección estudiada. Específicamente en horarios de alta demanda, de 8:00 am a 9:00 am.

La Merced, es una ciudad que históricamente ha desarrollado su economía basada en la agricultura, entre los productos que destacan se encuentra el café, la palta y los cítricos. Esta actividad comercial representa una problemática social a partir de la migración de agricultores a la Ciudad de Merced lo que ha permitido el crecimiento de la ciudad, sin planificación urbana y plan de desarrollo vial. Es por ello que la mayoría de los jirones, avenidas, calles en el centro de la ciudad no cumplen con las dimensiones mínimas requeridas para una adecuada afluencia del transporte.

De acuerdo a los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el parque automotor en el Perú, desde el año 2004, ha tenido una tasa de crecimiento exponencial. Este incremento se evidencia con el gran número de vehículos livianos y pesados, públicos y privados que están en el ámbito de la provincia de Chanchamayo y transitan en los diferentes jirones, avenidas, calles y carreteras rurales y del país. (Motta, 2018).

Figura 1. Zona de Estudio en la Ciudad de La Merced, Chanchamayo, Junín

Fuente: Adaptado de Google Earth, 2020.

Esta investigación pretende emplear el modelo de microsimulación Wiedemann 74, para analizar y evaluar la situación actual del tránsito en la intersección semaforizada.

1.3 ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presenta la reseña de algunos estudios que guardan relación con el tema de tesis. Para respaldar el presente proyecto se consultaron diversas investigaciones de microsimulación de tráfico en donde se evalúan las condiciones reales de operación de vías y se analizan los diferentes problemas de tráfico.

Reyna, P (2015), con su trabajo de grado titulado “Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones”, propone aumentar el tiempo de verde del semáforo en 5 segundos, y así mejorar el nivel de servicio de F a E. Este cambio en 5 segundos resultó ser insignificante, debido a que el desplazamiento de los vehículos en un óvalo toma más tiempo que en una intersección común. (Reyna, 2015).

También Chuquihuaccha & Galván (2016), con su trabajo de grado, denominado “Propuesta de mejora de congestión vehicular usando metodología del HCM 2010 en las intersecciones de la Av. 26 de noviembre, entre la Av. Pachacútec y la Av. Salvador Allende en el distrito de V.M.T.”, tiene como objetivo general diseñar una propuesta de solución para mitigar la congestión vehicular de las intersecciones de la Av. 26 de Noviembre, entre la Av.

Pachacútec y la Av. Salvador Allende, considerando los niveles de servicio existentes en la actualidad.

Para darle cumplimiento al logro de los objetivos, se consideraron muestras representativas para analizar el comportamiento vehicular y plantear una propuesta de solución para mitigar la congestión vehicular. El rediseño del semáforo de la primera intersección logró mejorar el nivel de servicio “D” hasta el nivel de servicio “B” manipulando 02 fases con un ciclo de 52 segundos. De igual manera, con relaciona la geometría del sistema vial, se logró mejorar el nivel de servicio “F” hasta un nivel de servicio “C” considerando el incremento de un carril en los accesos Norte y Sur. Otras consideraciones geométricas no implicarían una mejora del nivel de servicio, ya que la metodología utilizada en el HCM 2010 no considera estas características. (Chuquihuaccha, M. & Galván, C., 2016).

Otros autores considerados, fueron Rivera, G. & Velásquez, L. (2019), con su tesis “Determinación de ciclos semafóricos optimizados con Synchro 10.0 aplicados y evaluados en intersecciones de gran congestión vehicular con el software PTV Vissim 9.0.”, El propósito de esta investigación es implementar un sistema de semaforización inteligente para mejorar los niveles de servicio y reducir la congestión del tráfico. Se utilizó un sistema de semaforización inteligente a través de la simulación mejoró el nivel de servicio de las intersecciones, de “E” cambió a “D”. En la intersección de la Av. Javier Prado y Ca. Las Flores, las demoras disminuyeron en un 14%, mientras que en la Av. Javier Prado y Ca. Las Palmeras se redujo en 24%. Por ello, concluyeron que el sistema de semaforización inteligente disminuye la congestión vehicular, mejora el nivel de servicio y reduce las demoras. Asimismo, se muestra que el sistema propuesto obtiene mejoras a pesar del aumento del tránsito vehicular proyectado a 5 años (Rivera, G. & Velásquez, L., 2019).

El artículo de investigación de Kinjal, B, Bhargab, M. & Manfred, B. (2020), “Calibración de los parámetros del modelo de microsimulación para el tráfico heterogéneo utilizando una medida de rendimiento específica del modo”, se propone utilizar la metodología del simulador Vissim, siendo un requisito importante la calibración para obtener las evaluaciones de diferentes escenarios utilizando modelos de microsimulación de tráfico. Estos autores obtienen como resultados: que la calibración es un requisito previo esencial para las evaluaciones de escenarios utilizando modelos de microsimulación de tráfico (TMM). Asimismo, la metodología se aplicó con éxito a un estudio para un escenario urbano típico en la ciudad de Kolkata, India. (Kinjal, B, Bhargab, M. & Manfred, B., 2020)

El artículo de investigación “Enfoque de microsimulación para la evaluación de la operación de carriles reversibles en carreteras urbanas no divididos en tráfico mixto”, presentado por Punith & Gowri (2019). Desarrolla un modelo de simulación de tráfico de microsimulación para carreteras urbanas no divididas en tráfico mixto, obteniendo la conclusión que el desarrollo del modelo consta de tres características: generación de vehículos, posición de vehículos y movimiento de vehículos.

El objetivo de esta investigación es evaluar la operación de carril reversible (flujo de marea) utilizando un modelo de simulación microscópica desarrollado específicamente para carreteras urbanas no divididas en tráfico mixto. El concepto de área de influencia se introduce en el modelo para identificar el vehículo líder más influyente. El impacto de la operación de carril reversible, en la capacidad del camino se estudia utilizando diferentes composiciones vehiculares comúnmente observadas en arterias urbanas en ciudades indias. Los resultados demuestran que hubo una mejora en la capacidad vehicular durante las horas pico después de implementar el uso de carriles reversibles (Punith, K. & Gowri, A., 2019).

El artículo de investigación titulado, “Modelado de microsimulación para la seguridad del tráfico: una revisión y posible aplicación al entorno de tráfico heterogéneo”, de Soheli, M.; Ferreira, Hoque & Tavassoli (2018). Este artículo revisa críticamente las aplicaciones de modelado de microsimulación para la evaluación de la seguridad del tráfico con respecto al uso de diferentes herramientas de simulación, la aplicación de indicadores de seguridad sustitutos en diferentes aspectos de los entornos de la carretera y las consideraciones de choque. Las variables de entrada generales utilizadas para desarrollar los modelos; son: parámetros clave para la predicción de choques; enfoques de calibración y validación.

También se señalan las fortalezas y debilidades de los paquetes de simulación utilizados para la evaluación de seguridad vial. Además, se analizan los avances recientes en el desarrollo y aplicación del modelo de microsimulación de seguridad vial para su evaluación. Estos autores concluyen que, a pesar de contar con una serie de estudios, aún existe un vacío significativo en el desarrollo y aplicación del modelo de simulación para evaluar la seguridad del tráfico, en entornos de tráfico heterogéneos no fundados en carriles predominantes, en muchos países en desarrollo. El estudio valoró la posible aplicación del modelo de microsimulación de seguridad vial en ambientes de tráfico heterogéneos (Soheli, M.; Ferreira, L.; Hoque, S. & Tavassoli, A., 2018).

1.4 HIPÓTESIS

La simulación microscópica a través de los parámetros de Wiedemann 74 permite evaluar con mayor precisión el comportamiento operacional de todos vehículos, incluso de las mototaxis presentes en la intersección del Jirón Tarma y Jirón Junín de la ciudad de La Merced. Esta simulación calibrada y validada permitirá reducir las demoras por control.

1.5 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico y una propuesta para reducir las demoras por control en la intersección del Jirón Tarma y Jirón Junín de la ciudad de La Merced, empleando la microsimulación del tránsito.

Objetivos Específicos

- Identificar los principales problemas que generan congestión en la intersección a través de las demoras por control.
- Generar un modelo de microsimulación actual calibrado y validado que incluya el comportamiento operacional de los mototaxis, utilizando como parámetro de eficiencia los tiempos de viaje de los vehículos.
- Diseñar una propuesta de solución vial para reducir las demoras por control y los tiempos de viaje de los vehículos.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de la presente investigación se basa en un análisis a nivel microscópico. En este sentido solo se considera como área de estudio la intersección semaforizada de los Jirones Tarma y Junín de la Ciudad de La Merced, Chanchamayo. La influencia de las intersecciones cercanas podría abarcar un tema más amplio para futuras investigaciones.

Los datos de aforo vehicular se obtuvieron de la Municipalidad Provincial de Chanchamayo realizado en la intersección de análisis. La información obtenida se ha procesado basándose en los parámetros de Wiedeman 74. Asimismo, se está usando como herramienta el software Vissim 9.0 que ayudara a la evaluación del proyecto de investigación.

En el procesamiento de datos no se tomarán en cuenta la interacción de los peatones. Por ende, para validar el diseño geométrico propuesto bastará con la interacción vehicular y de mototaxis.

Finalmente, se propondrá una solución que esté acorde a la realidad de la intersección semaforizada desde el punto de vista técnico.

1.7 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

La construcción del modelo consiste en 5 capítulos:

El Capítulo 1, presenta la formulación y justificación de la problemática, antecedentes de la investigación, definir la hipótesis y alcance del desarrollo, el norte a seguir en soporte a un objetivo general y específicos. En el Capítulo 2, abarca lo concerniente al marco teórico, que precisa los antecedentes, en este aspecto referido a la revisión de documentación e información bibliográfica relacionada con la seguridad vial, estudio de tráfico, escalas de modelación de tráfico, principales softwares de modelación de microsimulación, modelos de seguimiento vehicular (Car Following) y fundamentos de la microsimulación.

En el Capítulo 3, se desarrolla la metodología de la investigación, lo cual abarca características de la zona de estudio, geometría de la intersección, recolección de datos de campo, construcción del modelo de microsimulación (Situación actual), procesamiento de datos de campo y modelo de microsimulación de propuesta de mejora.

Capítulo 4, se realiza todo el proceso de la evaluación y análisis de resultados, identificando los principales problemas de las demoras por control, elaborando el modelo de microsimulación calibrado y validado incluyendo el comportamiento operacional de las mototaxis utilizando como parámetros de eficiencia de tiempos de viaje de los vehículos, propuesta de mejora de la intersección. Finalmente, Capítulo 5, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 SEGURIDAD VIAL

Según el Manual de Seguridad Vial, Resolución Directoral N° 05- 2017-MTC/14, la seguridad vial es el conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad (MTC, 2017). Por lo tanto, la Seguridad Vial exige una respuesta coordinada y multisectorial de todos los factores de seguridad vial (factor humano, factor vehículo y factor institucional (MTC, 2017). Adicionalmente, hace referencia al comportamiento de las personas que deben de tener al desplazarse por la vía pública, ya sea como peatones, conductores o pasajeros (Talla, 2017).

Los factores de la seguridad vial se pueden agrupar en las siguientes categorías: acciones del conductor, condiciones mecánicas del vehículo, características geométricas de la vía y el medio ambiente físico o climático en el que opera el vehículo (MTC, 2017).

El caótico tránsito vehicular que se observa en la ciudad de Lima obliga, prácticamente, a los ciudadanos a tener buenas prácticas en materia de seguridad vial con la finalidad de evitar accidentes de tránsito tanto para peatones como conductores (Anaconda, 2014). Este tránsito también se ve reflejado en las provincias, distritos, anexos de nuestra población peruana y enfocarlo al ámbito ingenieril de acuerdo a nuestra realidad.

2.2 VEHÍCULOS ATÍPICOS – MOTOTAXIS

En el año 1870 en Japón, el vehículo era impulsado por personas y los pasajeros eran trasladados en carretas (Rahman et al, 2009).

Sin embargo, a inicios del año 1970 en Nigeria aparece como vehículo urbano motorizado, como una respuesta a los problemas de transporte urbano y deficiencia en las redes viales (Díaz, et al, 2011).

“Los mototaxis destacan por su versatilidad en el manejo, su rapidez en viajes de distancias cortas y la facilidad con la que se traslada en situaciones de congestión vehicular, evitando las zonas de congestión que pueda encontrar en su trayecto.”

Además, fue concebido como un medio de transporte público alternativo a los ya convencionales (buses, taxis, coasters, entre otros), cuyo objetivo, desde un inicio, fue ser un complemento para los demás sistemas de transporte de tal manera que sea una alternativa rápida y más económica en el traslado de los usuarios al momento de realizar sus quehaceres diarios, como viajes a centros de estudio o traslado de víveres, entre otros (Díaz, et al, 2011). Este vehículo es conocido en diferentes países del mundo por prestar un servicio de puerta a puerta, que facilita el traslado de las personas en tramos cortos dentro de una ciudad, lo que contribuye a reducir el uso de vehículos privados (Akshay et al., 2012).

En el presente estudio es necesario comprender el comportamiento operacional de estos vehículos atípicos, para ello es importante conocer sus características geométricas y técnicas. A continuación, se hace mención esto nos permitirán entender mejor su operatividad y funcionamiento.

2.1.1. Características Generales.

Este vehículo cuenta con dos ambientes claramente diferenciados. La parte delantera consta de una cabina simple, destinada para el conductor. En ella podemos encontrar el timón, el tablero para el tacómetro y el indicador de combustible, el pedal de frenado y un asiento bastante sencillo. En la parte posterior, podemos encontrar una cabina para los pasajeros, que cuenta solo con un asiento simple donde pueden entrar sentados un máximo de 3 personas adultas.

Figura 2. Dimensiones de Vehículos Atípicos - Mototaxis

Fuente. Bajaj, 2015.

Una de sus características principales es el número de llantas por eje, en el eje delantero solo cuenta con una llanta, mientras que en el eje posterior cuenta con dos, dando la impresión de tratarse de un triciclo. Esta característica asimétrica que posee este tipo de vehículos les ha hecho acreedor a muchas críticas por tener cierta inestabilidad en los giros bruscos y frente a imperfecciones en la vía. Debido a esto, y sumado al comportamiento de los conductores, hay quienes los consideran como un medio de transporte inseguro, aunque, de acuerdo a un estudio realizado en el 2012 (Akshay et al, 2012), estos vehículos podrían ser considerados como seguros por su bajo peso y baja velocidad de circulación.

2.1.2. Características Técnicas.

En la **Tabla 1**, se puede apreciar algunas de las características técnicas más comunes en este tipo de vehículos. Se puede notar que el vehículo es impulsado por un motor de un cilindro de cerca de 200cc, funciona con una caja de 4 velocidades; adicionalmente, se puede agregar la opción de marcha en retroceso; logra alcanzar una velocidad máxima de 65 km/h y opera con una potencia de aproximadamente 9 HP a 5200 RPM. En sus versiones más recientes puede alcanzar los 11 HP a 5000RPM (Bajaj, 2015).

Tabla 1. Ficha Técnica de Vehículo Atípico - Mototaxi

Fuente: Adaptado de Autodiza, 2012

INFORMACIÓN DEL MOTOR	
Motor:	4 tiempos enfriado por aire forzado (turbina)
Potencia:	8.72 HP @ 5200 rpm
Cilindros:	Un cilindro (198.75 cc)
Lubricación:	Positiva con cárter húmedo
Sistema de encendido:	Electrónica variable (CDI) 12v
Velocidad máxima:	65 km/h
PRESENTACIÓN DE VENTA	
Fórmula rodante:	3×2
Pesos:	Bruto: 670 kg / Neto: 356 kg / Carga: 314 kg
Nº de asientos:	03 (tres)
SEGURIDAD TÉCNICA	
Sistema de arranque:	Eléctrico y manual por palanca.
Sistema de embrague:	Multidisco en baño de aceite.
Sistema de transmisión:	4 velocidades / Retroceso (Opcional)
Sistema de frenos:	Delantero: Hidráulico de tambor.
	Posterior: Hidráulico de tambor.
	Parqueo: Mecánico en ruedas posterior
Nº de ruedas:	Tres (con 02 ejes)
	Delantero: 4.00×8. 4/6 PR
	Posterior: 4.00×8. 4/6 PR
Sistema de suspensión:	Delantero: Sistema tipo McPherson independiente
	Posterior: Amortiguador y resorte

2.3 ESTUDIO DE TRÁFICO.

2.3.1. Estudio de Volúmenes.

El volumen de tránsito es el número de vehículos que pasa a través de una sección fija de una vía por unidad de tiempo.

Ecuación 01:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q = Vehículos que pasa por unidad de tiempo (veh/h, veh/día).

N = Número total de vehículos que pasa por una sección fija.

T = Periodo determinado (año, mes, día).

El volumen medio diario anual (IMDA) es el número de vehículos que pasan por una sección durante un año dividido entre 365 días.

2.3.2. Capacidad Vial

De acuerdo al Highway Capacity Manual (2010), la capacidad vehicular es la máxima cantidad de vehículos que pasa por unidad de tiempo por una o más secciones de una infraestructura vial considerando las condiciones de tránsito y características del elemento. Cada elemento de infraestructura vial tiene un máximo que depende del tipo de elemento que sea unidireccional o bidireccional, velocidad de diseño, ancho de calzada, características geométricas.

2.3.3. Demora por Control

El retraso es una medida de desempeño crítico sobre el flujo interrumpido. Hay varios tipos de control de demoras, pero en esta tesis, la demora de control es la medida principal de servicio para la evaluación en las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas. (Highway Capacity Manual 2000), la demora es un parámetro que nos permite determinar cuán eficiente es una intersección ya que mientras menor sean los tiempos, menor será la congestión en dicha intersección. Las demoras pueden producirse debido a señales de control, la generación de colas a lo largo de una vía, o cuellos de botella.

En la **Figura 3**, se ilustra las demoras que se producen en una avenida con intersecciones semaforizadas.

Figura 3. Demoras en un corredor con intersecciones semaforizadas

Fuente. Valencia

De acuerdo a (Papacostas), la demora se dividirá en dos componentes por cada uno de los carriles o líneas. Las demoras uniformes (d_1) y demoras de sobre flujo (d_2), las cuales se calculan de la siguiente manera:

Ecuación 02:

$$d_1 = 0.38C \frac{\left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)X}$$

Ecuación 03:

$$d_2 = 173X^2 \left[X - 1 + \sqrt{(X - 1)^2 + 16 \frac{X}{C}} \right]$$

Ecuación 04:

$$TD_i = PF_i(d_{1i} + d_{2i})$$

Dónde:

TD_i: Demora de pare total del grupo de acercamiento “i”

PF_i: Factor de progresión para el acercamiento “i” que refleja la condición de llegada de vehículos. Si los vehículos llegan cuando está en rojo, $PF > 1$. Llegadas aleatorias = 1.0.

Llegadas en verde **PF < 1.0**

d1: Demora uniforme, llegadas uniformes de vehículos

d2: Demora de sobre flujo, llegadas aleatorias de vehículos.

2.3.4. Colas

Las colas son un buen indicador de la eficiencia de una vía ya que su presencia supone congestión vehicular, la cual surge cuando la demanda supera la capacidad de una intersección. A pesar que el flujo se ha detenido, algunos vehículos continúan ingresando a la intersección, lo que hace que sea poco probable que puedan cruzar.

De acuerdo a (Fernández, 2011), se especifica que cada cola tiene características distintas que están definidas por tres criterios. El primero, es el proceso de llegada, donde se detallan los intervalos de llegada **t** de cada cliente, ya sean constantes o aleatorios. El segundo, es el mecanismo de atención, donde se determina el número de colas presentes y la cantidad de tiempo que se demora un cliente en salir de ella. La tasa de servicio o atención se expresa como **μ**. Por último, se encuentra la disciplina en la cola, que define los patrones de selección para el siguiente cliente. Por ejemplo, **First in First out** que atiende por orden de llegada, **Last in First out** donde se atiende primero al último que llega y prioritario, en donde se atiende primero al de mayor prioridad.

En la **figura 4**, se muestran algunos tipos de colas presentados en el libro Ingeniería de Trafico (Cal et al, 1994), donde se puede apreciar que se pueden formar varias colas en una vía y que cada conductor es libre de colocarse en donde le parezca más conveniente.

Figura 4. Tipos de colas

Fuente: (Cal y Mayor et al, 1994)

2.3.5. Nivel de Servicio

Los niveles de servicio son indicadores de las diferentes condiciones de operación que presenta un carril, son medidas cualitativas que describen las condiciones de operación de un flujo vehicular, estos dependen de la calidad de los factores que afectan el tránsito en la vía, tales como la interrupción de tránsito o restricciones, velocidad y tiempo de recorrido, libertad para maniobrar, mantenimiento de velocidad de operación, seguridad entre otros (Moreno, 2013).

El HCM define seis Niveles de Servicio, que van desde la A hasta la F, para cada medida de servicio, o para el resultado de un modelo matemático basado en múltiples medidas de servicio (Sabando, 2014).

Para determinar los niveles de servicio, según el HCM se deben tomar en cuenta factores como la libertad de maniobra del conductor y la proximidad de otros vehículos, estas características se relacionan con la densidad de tráfico, por ello se utiliza la **Tabla 2.** para determinar la demora de los niveles de servicio.

Tabla 2. Detalle de Niveles de Servicio

Fuente: Adaptado del HCM 2010

NIVEL DE SERVICIO (NDS)	DEMORA (seg)
A	10
B	10 - 20
C	20 - 35
D	35 - 55
E	55 - 80
F	>80

A continuación, la **figura 5.** muestra la representación gráfica de los niveles de servicio de una vía.

Figura 5. Interpretación gráfica de los niveles de servicio en una vía

Fuente: Gestión y Operación de Vías Urbanas y Carreteras, Ing. Manuel Silvera.

2.4 ESCALAS DE MODELACIÓN DE TRÁFICO.

Los simuladores de tránsito son usados desde hace más de 50 años, pues tuvo sus comienzos en el Reino Unido, donde se desarrollaron las primeras simulaciones de tránsito en ciertas intersecciones, esto fue posible gracias al Laboratorio de Investigación de Transporte y Carreteras (TRRL) (Valladares, 2016).

Los simuladores de tránsito, proyectan el flujo de vehículos en las vías con modelos que permiten idear diferentes escenarios, donde se pueden realizar comparaciones con la realidad y obtener resultados de la solución del problema.

El flujo puede ocasionar potencialmente la congestión vehicular, el cual se puede corregir mediante el uso de semáforos o señales de reglas de prioridad (Campoverde, 2017). Por ello, corresponde a la ingeniería de tránsito, abordar los problemas generados por el tráfico mediante buen diseño que mejoren el desplazamiento de las personas por el espacio público, tratando en lo posible de reducir la congestión vehicular, riesgo de accidentes, ruido, segregación del entorno, intimidación para usar el espacio público e instrucción visual por vehículos o infraestructuras de transporte (Fernández, 2018).

La **Figura 6**, muestra los principales tipos de modelos que se abarcan en este trabajo. Como se puede observar, en el lado izquierdo se presenta la clasificación debido a su naturaleza, en la parte central se clasifica según el nivel de detalle y, por último, en el lado derecho se clasifica según el nivel de aleatoriedad (dependencia al tiempo y probabilidad).

Figura 6. Tipos de Modelos

Fuente: Adaptado de Tesis Evaluación y mejora de tres intersecciones de la avenida Canadá utilizando herramienta de microsimulación de tráfico (Sanchez, 2019)

2.4.1. Modelos Macroscópicos

La principal característica de estos modelos es la representación continua del flujo de tránsito, se refiere a medidas generales como la relación entre flujo, velocidad y densidad del flujo vehicular en forma genérica (Suárez, 2007). Si bien es cierto que en este tipo de modelo el nivel de detalle no es muy profundo, pero gana en habilidad para tratar los problemas de gran magnitud en cuanto a eficiencia, ya que implica un menor tiempo de análisis. La **Tabla 3**, nos muestra los principales softwares de macrosimulación.

Tabla 3. Softwares para Macrosimulación del tránsito

Fuente: Valladares (2016)

Simulador	País de origen	Aplicación
AUTOS	Georgía Tech Research Institute, EEUU	Autopistas
TRAF/CORFLO	FHWA, EEUU (contiene NETFLO y FREFLO)	Integrado
EMME 4.2	Transportation Association of Canada, Canada	Integrado
FREFLO	FHWA, EEUU	Autopistas
FREQ	Universidad de California, EEUU	Integrado
KRONOS	Universidad de Minnesota, EEUU	Autopistas
METACOR	Centro de Ingeniería de Tráfico y Simulación de Tráfico, Suecia	Integrado
METANET	Universidad Técnica de Munich, Alemania	Autopistas
NETFLO	FHWA, EEUU	Redes señalizadas
NETVACI	Instituto de Tecnología de Massachusetts, EEUU	Redes señalizadas
PASSER	Instituto de Transporte de Texas, EEUU	Redes señalizadas
TRANSYT-7F	FHWA, EEUU	Redes señalizadas
TRANS 15.1	TRL, Reino Unido	Integrado
TRANSCAD	Corporación Caliper, EEUU	Integrado
TEXAS	Universidad de Texas, EEUU	Redes señalizadas
VISUM 15	Universidad de Karlsruhe, Alemania	Integrado

2.4.2. Modelos Mesoscópicos

Los modelos de simulación mesoscópicos son principales entre los niveles macroscópico y microscópico. Estos modelos no detallan la actuación individual de los vehículos, sin embargo, se pueden realizar análisis y compilar datos de las intersecciones señalizadas. (Valladares, 2016). Entre los ejemplos de aplicaciones potenciales del modelo mesoscópico se incluyen la especificación de frecuencia, la evaluación de las estrategias de control en tiempo real para el mantenimiento del horario, la restauración de interrupciones importantes y la evaluación de los efectos de la programación del vehículo en el nivel del servicio (Toledo, 2010). Para la construcción de los modelos mesoscópicos existen diversos programas, de los cuales la **Tabla 4**, nos muestra los principales softwares de macrosimulación se muestran 7:

Tabla 4. *Softwares para Meso simulación del tránsito*

Fuente: Valladares (2016)

Simulador	País de origen	Aplicación
DYNAMIT	Instituto de Tecnología de Massachusetts, EEUU	Integrado
DYNEMO	Conceptos Innovativos, EEUU	Integrado
DYNASMART	Universidad de Austin, EEUU	Integrado
INTEGRATION	Universidad de Queens, Canadá	Integrado
METROPOLIS	Suecia	Integrado
TRANSMODELER	Corporación Caliper, EEUU	Integrado
VISSIM 8	Universidad de Karlsruhe, Alemania	Integrado

2.4.3. Modelos Microscópicos

El modelo microscópico analiza el comportamiento de cada vehículo y conductor de manera individual, integrando los datos de cada vehículo, se puede obtener información del tráfico de las vías en su totalidad (Holgado, 2012). Este modelo sigue la metodología que se basa en la teoría de seguimiento vehicular bajo una distancia segura deseada y cambio de carril que describe el comportamiento del vehículo con respecto a la conducta del tránsito lateral. Estos modelos son de clasificación estocástica por naturaleza, por ello representan la conducta del conductor en condiciones de tránsito real. Por lo tanto, permiten simular operaciones de tránsito con gran exactitud pero que requieren entradas y tiempos de ejecución extensos para su aplicación (Suárez, 2007).

Los microsimuladores construyen modelos con una alta especificación a diferencia de los otros modelos, pues imitan el comportamiento individual de los peatones y vehículos. (Valladares, 2006). Para la realización de los modelos microscópicos existen en la actualidad diversos programas.

En la **Tabla 5 y Tabla 6**, se muestra el ejemplo de estrategias de simulación del tráfico, se observa gráficamente las diferencias entre los modelos microscópicos, mesoscópicos y macroscópicos.

Tabla 5. Softwares para Microsimulación del tránsito (a)

Fuente: Valladares (2016)

Simulador	País de origen	Aplicación
AIMSUN	Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España	Integrado
ARCADY	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
AUTOBAHN	Benz Consult-GMBH, Francia	Redes señalizadas
AVENUE	Universidad Metropolitana de Tokio, Japón	Redes señalizadas
CASIMIR	Instituto Nacional de Investigación de Transportes y Seguridad, Francia	Redes señalizadas
CARSIM	Universidad de Michigan	Redes señalizadas
CONTRAM	TRL y Mott McDonal, Reino Unido	Integrado
TSIS /CORSIM	FHWA, EEUU(contiene NETSIM y FRESIM)	Integrado
Dynameq 3.0	INRO, Canadá	Redes señalizadas
DRACULA	Instituto de Estudios de Transporte, Universidad de Leeds, Reino Unido	Integrado
FLEXYT	Ministerio de Transporte, Países Bajos	Redes señalizadas
FOSIM	Ministerio de Transporte, Países Bajos	Autopistas
FREEVU	Universidad de Waterloo, Canadá	Autopistas
FRESIM	FHWA, EEUU	Autopistas
HUTSIM	Universidad Tecnológica de Helsinki, Finlandia	Redes señalizadas
ICARUS	Compañía Elsevier, Amsterdam	Integrado
INTEGRATION	Universidad de Queens, Canadá	Integrado
INTRAS	FHWA, EEUU	Redes señalizadas
Junctions 9	TRL, Reino Unido	Glorietas e intersecciones a prioridad
MELROSE	Corporación Electrónica Mitsubishi, Japón	Integrado
METROPOLIS	Universidad de Cergy-Pontoise, Francia	Autopistas
MICROSIM	Universidad de Cologne, Alemania	Redes señalizadas
MICSTRAN	Instituto Nacional de Investigación de Ciencias Policiales, Japón	Redes señalizadas
MIMIC	Automotive Automation Limited, Reino Unido	Seguridad
MITSIM	Instituto de Tecnología de Massachusetts, EEUU	Integrado
MIXIC	Organización Neerlandesa para la aplicación científica, Países Bajos.	Autopistas
MOVA	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
NEMIS	Mizar Automatización, Italia	Integrado
NETSIM	FHWA, EEUU	Intersecciones señalizadas
OLSIM	Universidad de Duisberg, Alemania	Autopistas
OSCADY PRO	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
PADSIM	Nottingham Trent University, Reino Unido	Autopistas

Tabla 6. Softwares para Microsimulación del tránsito (b)

Fuente: Valladares (2016)

Simulador	País de origen	Aplicación
PARAMICS	The Edinburgh Parallel Computing Centre and Quadstone Ltd., Reino Unido	Integrado
PELOPS	Institut für Kraftfahrwesen Aachen, Alemania	Integrado
PHAROS	Instituto de Simulación y Entrenamiento, EEUU	Redes señalizadas
PLANSIM-T	Universidad de la Colonia, Alemania	Autopistas
PICADY	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
ROADSIM	FHWA, EEUU	Rural
SATURN	TRL y Universidad de Leeds, Reino Unido	Integrado
SIGSIM	Universidad de Newcastle, Reino Unido	Redes señalizadas
SIMCO2	Universidad Técnica de Aachen, Alemania	Autopistas
SIMDAC	ONERA, Francia	Autopistas
SIMNET	Universidad Técnica de Berlín, Alemania	Autopistas
SIMTRAFFIC	Compañía de Software para señales de tráfico, EEUU	Redes señalizadas
SISTM	TRL, Reino Unido	Autopistas
SITRA-B+	ONERA, Francia	Integrado
SITRAS	Universidad de Nueva Gales del Sur, Gales	Integrado
SMARTPATH	Universidad de California Berkley, EEUU	Autopistas
SOUND	Universidad de Tokio, Japón	Integrado
SPEACS	Programa Protetheus, Reino Unido	Autopistas
STEER	Grupo de Control de Redes de la Universidad de York, Reino Unido	Autopistas
TEXAS	Universidad de Texas, EEUU	Redes señalizadas
TEXSIM	Instituto de Transporte de Texas, EEUU	Redes señalizadas
TRAFFICQ	Administración de Vehículos Motorizados (MVA), EEUU	Redes señalizadas
TRANSIMS	Laboratorio Nacional Los Alamos, EEUU	Autopistas
TRANSMODELER	Corporación Caliper, EEUU	Integrado
THOREAU	Corporación MITRE, EEUU	Autopistas
VENDES	Tecnología AEA, EEUU	Redes señalizadas
VISSIM 7	Universidad de Karlsruhe, Alemania	Integrado
WATSIM	Asociación KLD, EEUU	Integrado
WEAVSIM	FHWA, EEUU	Integrado

Una de las razones más importantes del estudio fue el uso de la microsimulación para estudiar e idear las formas más flexibles de las variables y de los participantes del conflicto de manera detallada.

En la siguiente **Figura 7**, se muestra los tipos de simulación del tráfico que se genera en el Jr. Tarma.

Figura 7. Tipos de Simulación del Tráfico

Fuente: Elaboración propia

2.5 PRINCIPALES SOFTWARES DE MODELACIÓN DE MICRO SIMULACIÓN

2.5.1. AIMSUN

El AIMSUN, destaca por la aceleración magnífico de sus simulaciones y por la mezcla de la modelización de la demanda y la retribución estática y dinámica de travesía con simulaciones mesoscópicas, microscópicas e híbridas microscópica-mesoscópica en una misma tenacidad de programa:

- ✓ Creación de modelos, simulación y análisis de resultados en un único entorno
- ✓ Permite generar una interfaz de usuario intuitiva, muy visual y adaptada al uso del ratón
- ✓ Vistas simultáneas en 2D y 3D (sólo en micro simulación)
- ✓ Resultados gráficos fáciles de visualizar

Sin embargo, este software define una tabla de movimiento de giro para cada periodo de tiempo, lo que puede resultar inconveniente, según Salgado et al. (2016), al navegar entre diferentes periodos de tiempo para cambiar los valores numéricos. Asimismo, los mapas de fondo no están integrados en el software, lo que implica que

el usuario deba elegir manualmente el mapa almacenado para un área específica cada vez que abra el proyecto AIMSUN.

2.5.2. CORSIM

Es un modelo de simulación microscópica diseñado para el análisis de autopistas, calles urbanas y corredores o redes. Las capacidades de CORSIM incluyen simular diferentes controles de intersección (por ejemplo, señales activadas y previas); casi cualquier geometría de superficie. “Se ejecuta dentro de un entorno de software denominado Traffic Software Integrated System (TSIS), que proporciona una interfaz y un entorno integrados basados en Windows para ejecutar el modelo” (Bloomberg & Dale, pp. 3, 2000).

2.5.3. VISSIM

En la actualidad es denominada como la solución de software que ayuda a simular y controlar el tránsito vehicular de forma inteligente. Es una herramienta de simulación para modelos de tránsito multimodal y proporciona las condiciones ideales para probar diferentes escenarios de tránsito de una forma más realista y detallada. “En un solo modelo, permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones. PTV Vissim es una herramienta potente para evaluar y planificar la infraestructura vial tanto urbana como interurbana” (PTV Group, 2018). Es utilizado en la actualidad en entidades públicas y privadas. Un gran complemento de este software es el Viswalk, pues hace partícipe las necesidades de los peatones, esto ayuda a que la planificación del transporte sea aún más integrada.

De igual modo, Salgado et al. (2016) hace mención al poderoso modelo de decisión de enrutamiento de vehículos de este software, el cual permitiría ingresar fácilmente gran cantidad de datos de conteo de movimiento de giro. Es así que, si el usuario tiene los datos listos en una hoja de cálculo de Excel, los mismos pueden ser copiados y pegados fácilmente en VISSIM.

El modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann 74 y el modelo de fuerza social para peatones, aseguran la representación más realista de todos los agentes dentro de la infraestructura existente y de propuesta. (PTV Group, 2018).

Asimismo, la principal ventaja de VISSIM es que el usuario puede cambiar fácilmente los conjuntos de comportamiento de conducción para cada enlace, ya que

un comportamiento más agresivo no está relacionado con las otras partes de la red, solo los enlaces cercanos a la zona en estudio. Entonces, el comportamiento de conducción se puede modelar por separado para cada enlace en el modelo, lo que permitiría modelar un comportamiento de conducción más agresivo cerca de las estaciones de inspección donde se producen altos tiempos de espera. Los conductores que experimentan condiciones de tráfico congestionado son propensos a maniobras de cambio de carril más agresivas. La simulación no puede replicar ese tipo de comportamiento con sus parámetros predeterminados. (Salgado et al., 2016).

2.6 MODELOS DE SEGUIMIENTO VEHICULAR (CAR FOLLOWING)

Este modelo se basa en la influencia que tiene la interacción entre el vehículo líder y el seguidor, el vehículo que va adelante se le considera “líder”, mientras que al que transita detrás se considera “seguidor”. Para el desarrollo de esta teoría, se han tomado en cuenta diversos modelos que tienen un enfoque en la dependencia entre dos vehículos. A continuación, se nombra algunos de estos modelos: Modelo de General Motor, Modelo de Gipps (distancia segura) y Modelo de Wiedemann 1974.

2.6.1. Modelo de la General Motor

Este modelo considera que el movimiento de un vehículo se rige por una ecuación análoga a la Ley de Movimiento de Newton. En la mecánica newtoniana, la aceleración puede considerarse como la respuesta a un estímulo que recibe en forma de fuerza que incluye tanto la fuerza externa como las que surgen de la interacción con otros vehículos dentro del flujo vehicular. Por lo tanto, la filosofía de este modelo se resume en la siguiente relación (Mathew & Krishna, 2018).

Ecuación 05: Respuesta del Vehículo Seguidor

$$R(t + T) = S(t) * \beta$$

Donde:

R: Respuesta del vehículo seguidor

S: Estímulo

β : Función de sensibilidad

t: Tiempo de reacción

Los estímulos pueden ser por ejemplo un cambio de velocidad o distancia con respecto al vehículo que antecede. La sensibilidad se entiende como el tiempo de reacción o percepción del vehículo que sigue. Finalmente, la reacción, es la variación en la tasa de aceleración o desaceleración (Zúñiga, 2010).

2.6.2. Modelo de Gipps (Distancia Segura)

El modelo Gipps, fue desarrollado en Australia en el año 1981, este modelo adopta un criterio de seguridad para evitar una colisión entre dos vehículos (líder y seguidor), de modo que estos vehículos especifican una distancia de seguridad en función al diferencial de velocidades y tiempo que le toma reaccionar al vehículo “seguidor” (Zúñiga, 2010). Gipps (1981) Desarrolló un modelo que consta de dos componentes (aceleración y desaceleración), utilizando variables que se relacionan directamente con el comportamiento del conductor y vehículo. Se asume que, si el vehículo “seguidor” no se ve afectado por el vehículo “líder”, la aceleración debería aumentar a partir del incremento de la velocidad y luego disminuir a cero a medida que el vehículo se acerca a la velocidad deseada. La limitación de la velocidad deseada a partir de los datos de campos se presenta en la siguiente expresión (Zheng et al., 2018).

Figura 8. Modelo Gipps

Fuente: Nerem, 2013

Ecuación 06: Conducción libre

$$vna(t + T) = vn(t) + 2.5anT(1 - vn(t)vn)\sqrt{0.025} + vn(t)vn$$

La limitación de velocidad que puede evitar la colisión, cuando el vehículo “líder” frene y reduzca de velocidad, se deriva en la siguiente ecuación de movimiento.

Ecuación 07: Seguimiento vehicular

$$v_{nb}(t + T) = b_n(T) + \sqrt{b_n^2 T^2 - b_n[2[X_{n-1}(t) - S_{n-1} - X_n(t)] - v_n(t)T - v_n - 1t^2b]}$$

Combinando la Ecuación 5 y la Ecuación 6, la velocidad de vehículo “n” en un tiempo (t+T) esta expresado por:

Ecuación 08: Velocidad deseada final

$$v_n(t + T) = \min\{v_{na}(t + T), v_{nb}(t + T)\}$$

Donde:

T: Tiempo de reacción.

a_n: Máxima aceleración del vehículo “n”.

b_n: Máxima deceleración del vehículo “n”.

v_n: La velocidad deseada del vehículo “n”.

b: La más severa deceleración del vehículo “n-1” según lo estimado por el vehículo “n”.

S_{n-1}: Representa al tamaño efectivo del vehículo “n-1” (incluye la longitud física del vehículo “n-1” y un margen de seguridad, donde el conductor del vehículo “n” no está dispuesto a involucrarse incluso estando en reposo).

X_n(t): Ubicación de la parte delantera del vehículo “n” en el momento t.

v_n(t): Velocidad del vehículo “n” en el tiempo t.

2.6.3. Modelo de Wiedemann 1974

El modelo de Wiedemann 74, se basa en la reacción y percepción de los conductores ante las distintas situaciones de tráfico. Cada conductor se relaciona con su propio vehículo, es decir, es modelado por separado. El modelo representa la percepción humana, sobre los vehículos, principalmente la percepción de distancias como también las diferencias de velocidad. Este modela como los conductores reaccionan a una situación específica cambiando su propio comportamiento de conducción. El modelo de Wiedemann se apoya en mediciones e investigaciones de la conducción humana.

El comportamiento humano sigue una distribución natural, ya que cada conductor tiene diferentes habilidades de percepción y estimación, distancias de seguridad, velocidad deseada, y en la aceptación de las aceleraciones y deceleraciones máximas; estos valores indican el nivel de agresividad del conductor. La percepción y reacción están representadas por un conjunto de umbrales y distancias deseadas, estos umbrales representan diferentes áreas que están conectadas a diferentes situaciones de la interacción del vehículo “líder” y “seguidor”.

A continuación **Tabla 7**, se describen brevemente las áreas empleadas por Wiedemann:

Tabla 7. *Situaciones (áreas) empleadas en el modelo de Wiedemann*

Fuente: Adaptado de Fellendorf & Peter, 2010

ÁREA	DESCRIPCIÓN
Conducción libre	El conductor busca adquirir y mantener una cierta velocidad, en otras palabras, su velocidad deseada. En esta fase, no existe interacción entre el vehículo "líder" y "seguidor".
Aproximación	El conductor del vehículo "seguidor" trata de adaptar su velocidad a la velocidad más baja del vehículo "líder". Se produce una deceleración del vehículo "seguidor" de tal manera, que la diferencial de velocidades sea cero, al alcanzar la distancia de seguridad deseada.
Seguimiento	El conductor escolta al vehículo antecesor sin ninguna muestra de aceleración o deceleración que sea perezosa. El conductor del vehículo "seguidor" mantiene una distancia de seguridad deseada que tiende a ser constante.
Frenado o Deceleración	Al aplicarse una deceleración considerable, se verifica si la distancia está por debajo de la distancia de seguridad deseada. Esto puede suceder en caso el vehículo que precede cambie su velocidad de manera brusca o si un tercer vehículo cambia de carril en frente del conductor analizado.

Por lo tanto, el proceso de conducción se asocia a las diferentes áreas de acuerdo a las condiciones dadas. Ver la **Figura 9**.

Figura 9. Modelo de la lógica de seguimiento vehicular de Wiedemann

Fuente: Adaptado del Manual de Vissim PTV América, 2017

2.6.4. Teoría de Adelantamiento o de Cambio de Carril

En la **Figura 10**, se puede apreciar un vehículo sujeto que desea cambiar de carril. A su vez, se presenta un vehículo frontal como en la teoría de seguimiento vehicular. Sin embargo, se toma en consideración dos vehículos adicionales: un vehículo líder y un vehículo lento. Además, de la gráfica se observan dos brechas adicionales: brecha líder y brecha lenta.

Esta teoría presenta dos tipos de cambios entre carriles. La primera se denomina Cambio de Carril Obligado (CCO), ya que el vehículo sujeto desea cambiar de carril rápidamente, de lo contrario no alcanzaría su destino. La segunda se denomina Cambio de Carril Discreto (CCD), en la cual el vehículo sujeto desea tener unas mejores condiciones de tráfico, por ejemplo, para adelantar un vehículo frontal, ya que este no presenta una velocidad adecuada para el vehículo sujeto.

Esta teoría sigue una serie de patrones para determinar el comportamiento operacional de un vehículo. Primero, se reparte los vehículos en varios carriles, tal como se observa en la **Figura 10**. Segundo, se trata de evitar posibles impactos o condiciones de tráfico no deseados, con la finalidad de llegar al destino de forma

segura. Por último, se representan las condiciones reales de los movimientos vehiculares.

Figura 10. Teoría de Adelantamiento de Carril

Fuente: Adaptado de Iftekhar, 1999

2.7 FUNDAMENTOS DE LA MICROSIMULACIÓN.

Para poder modelar el tráfico de manera microscópica es necesario conocer sus conceptos fundamentales para llegar al objetivo exitosamente, estos conceptos son la aleatoriedad del modelo, tiempo de estabilidad (Warm up), la interacción vehicular, la calibración y la validación.

2.7.1. Proceso para la construcción de un modelo de Microsimulación

La **Figura 11**, nos muestra el desarrollo del modelo de microsimulación y proceso de aplicación para el desarrollo de la investigación.

Figura 11. Desarrollo del modelo de microsimulación y proceso de aplicación.

Fuente: Adaptado de FHWA, 2014.

Desarrollado por el Equipo de herramientas de análisis de tráfico de FHWA y luego adaptado del Manual de capacitación avanzada de Corsim, Short, Elliott, Hendrickson, Inc., Departamento de transporte de Minnesota, septiembre de 2003.

2.7.2. Nivel de Aleatoriedad en el Flujo de Tráfico.

El nivel de aleatoriedad en un flujo de tráfico se relaciona directamente con sus parámetros, debido a que refleja el comportamiento y funcionamiento del tránsito que se estudia. Esta aleatoriedad se presenta en forma estocástica y determinística (Álvarez, 2017). Entre las manifestaciones estocásticas y determinísticas existe una diferencia bien delimitada, el primero, asigna una determinada característica propia en referencia al tipo de manejo de los conductores y vehículos en base a distribuciones estadísticas. Por el contrario, en el segundo no se presenta variación en las características de los conductores ni en los vehículos (estilo de manejo de los conductores o la misma longitud que cuentan los vehículos).

2.7.3. Número de Semillas.

Para el análisis de los modelos de simulación se debe utilizar números aleatorios que se generen a partir de un valor inicial único, conocido como “semilla” dentro de cada análisis con la finalidad de reducir al máximo los errores en la simulación aleatoria (Weinstein et al., 2003). Este número aleatorio será representado mediante el tipo de vehículo (camionetas, buses, camión, etc.) y comportamiento de los conductores (agresivo, amable, etc.) con una determinada característica. Cuando se modifique el número denominado “semilla aleatoria”, donde en el programa Vissim se identifica como “Random Seed”, estos parámetros podrán variar generando diferentes patrones de comportamiento y flujo vehicular, esto se refleja en la secuencia de decisiones frente a situaciones específicas.

2.7.4. Número de Corridas.

Con el número semilla asignado, se realizará la evaluación y el análisis del modelo microscópico, por ello, el número de semillas está directamente relacionado con el número de corridas; ya que este se encarga de que cada corrida realizada varíe de cualquier otra que se haya realizado. En cada análisis del modelo microscópico, los resultados normalmente se encuentran en un rango cercano al promedio de las

respuestas alcanzadas en las corridas. Debido a que, cada corrida es distinta, se deberá validar los resultados por medio un número mínimo de corridas (Fellendorf & Peter, 2010). Se deberá hacer un estudio estadístico, para ello se toma una parte representativa de la población que es conocida como “muestra”, esta debe ser heterogénea y sin tendencias de ninguna clase; de tal forma que, mientras mejor represente la muestra a la población, los resultados serán mejores a la hora de extrapolarlos a la población total. Un tamaño de muestra demasiado grande representa un desperdicio de recursos (material y humano), por lo contrario, un tamaño de muestra demasiado pequeño es un desperdicio de esfuerzo, pues esta, no detecta un efecto significativo o tiene menor probabilidad de hacerlo (Valdivieso et al., 2011).

Por último, para realizar un análisis estadístico de acuerdo a un nivel de confiabilidad y margen de error, se requiere de las siguientes ecuaciones.

Ecuación 09: Desviación Estándar de Muestra

$$S^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}$$

Donde:

S: Desviación estándar

x: Resultado del parámetro de eficiencia en una corrida específica

$\bar{x}$: Media del parámetro en todas las corridas

N: Número de corridas

La entidad norteamericana Federal Highway Administration (FHWA) recomienda emplear la distribución “T student” con la finalidad de obtener el mínimo número de corridas, para ello, es necesario la aplicación de las siguientes expresiones:

Ecuación 10: Intervalo de Confianza

$$CI_{(1-\alpha\%)} = 2 * t_{(\frac{\alpha}{2}), N - 1} * \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

CI: Desviación estándar

S: Desviación estándar

N: Número de corridas

$t(\alpha/2)$: t-student con N-1 grados de libertad

De acuerdo a estudios realizados por la FHWA (2004), el número de corridas se calcula con la siguiente expresión:

Ecuación 11: Número Mínimo de Corridas

$$N = \left(t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * \frac{S}{e} \right)^2$$

Donde:

N: Número mínimo de corridas

S: Desviación estándar

e: Margen de error

$t(\alpha/2)$: t-student con N-1 grados de libertad

La FHWA sugiere seguir el este proceso de análisis para determinar el número mínimo de corridas: Primero, se debe evaluar el modelo escogido bajo un número mínimo de 4 corridas. Posteriormente, se obtiene los parámetros estadísticos de los resultados (desviación estándar, la media, etc.). De la misma manera, es importante establecer el margen de error y nivel de confiabilidad. Después de establecer estos detalles, la Ecuación 11 es utilizada para determinar el número mínimo de corridas. El proceso culmina con el cálculo de las repeticiones mínimas utilizando la Ecuación 11, que luego se compara con el numero ce corridas del modelo. De esta surgen dos posibles alternativas: 1) si el número de corridas ejecutadas es superior al mínimo, esta es suficiente. 2) Contrariamente, se volverá a repetir el proceso y volver a medir los parámetros estadísticos de la nueva muestra, este procedimiento se continúa hasta obtener un número de corridas mayor al mínimo.

A continuación, en la **Figura 12** se presenta un esquema para facilitar la comprensión de proceso desarrollado.

Figura 12. Procedimiento para determinar el número de corridas

Fuente: Adaptado de FHWA, 2004

2.7.5. Tiempo de Estabilidad (Warm Up).

El tiempo de estabilidad (Warm up) es el tiempo en el cual, el flujo de tráfico de la simulación alcanza un equilibrio, ya que, al empezar a correr el modelo, todavía no hay ningún vehículo en la vía; el número de vehículos va aumentando hasta llegar a la estabilidad. A partir, de ese momento, es posible la recolección de datos estadísticos del modelo. Los resultados de los parámetros de eficiencia serán analizados, por ejemplo, la longitud de colas, tiempo de viaje, demora, etc. (Dowling et al., 2004).

La **Figura 13**, muestra un ejemplo del tiempo de estabilización del modelo, se observa el incremento de la entrada vehicular en relación al paso del tiempo hasta el instante de equilibrio, en la cual, la curva de incremento tiende a ser una constante. El tiempo necesario para lograr esta estabilidad, será el valor numérico del Warm up.

Figura 13. Ejemplo del tiempo de estabilización del modelo “warm up”

Fuente: Adaptado de FHWA, 2004

La FHWA ha realizado estudios con los cuales concluyó que el tiempo de estabilización (Warm up) para los modelos debe ser de 10 minutos de simulación como mínimo.

2.7.6. Interacción Vehicular.

La interacción entre vehículos dentro de la red de flujo vehicular es una característica esencial de los modelos microscópicos. Se realiza mediante los modelos de seguimiento vehicular y cambio de carril (Fellendorf & Peter, 2010). Para el primer modelo (seguimiento vehicular), se considera varios parámetros como la distancia segura, la velocidad, aceleración y deceleración, entre otros. Por otra parte, el segundo modelo (cambio de carril) domina la necesidad propia de realizar el cambio de carril. Este acto, se da por el comportamiento del conductor que se refleja en el estilo de manejo o por el deseo de adelantar a un vehículo más lento (PTV GROUP, 2017).

2.7.7. Calibración del Modelo.

La calibración es un proceso iterativo, donde los parámetros del modelo son ajustados con la finalidad de asegurar la correcta modelación y que este refleje adecuadamente la realidad modelada (Siddharth & Gitakrishnan, 2013). La calibración se realiza a través de análisis comparativo de los parámetros de eficiencia que se obtiene del software y los valores obtenidos en campo.

Los parámetros que pueden ser calibrados son la longitud de colas, velocidad, tiempo de viaje, demoras por control. (Dowling et al., 2004).

2.7.8. Validación del Modelo

El proceso de validación consiste en verificar si el modelo efectuado, tiene los requerimientos suficientes para considerar valido la evaluación de resultados. La calibración del modelo se logra ingresando nuevos datos de entrada (volumen, composición vehicular, etc.) de campo (Siddharth & Gitakrishnan, 2013). Finalmente, para considerar que el modelo esta validado, los valores entre el software y resultados de campo deberán ser semejantes (Benekohal, 1991).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El nivel de investigación es explicativo, debido a que se buscan las causas del problema, y con los datos obtenidos se buscan generar relaciones causa-efecto para generar resultados que solucionen dicho conflicto.

En el presente estudio se realizará el modelamiento de una red vehicular que consta principalmente de vehículos mixtos donde predominan en mayor cantidad los mototaxis. La interacción entre los vehículos y los diferentes comportamientos presentados por cada conductor hace necesario emplear un modelo de carácter microscópico, ya que será necesario analizar al vehículo y su conductor.

Además, la dimensión de la red de estudio permite adoptar este modelo, debido a que, al ser una red de área pequeña, permite estudiar cada vehículo presente en el análisis.

Para poder analizar la interacción entre los vehículos es necesario escoger una zona donde su presencia sea permanente. Sin embargo, en la red de estudio escogida, existen vehículos de transporte público y privado.

Es necesario realizar los estudios de campo en una hora en la que se pueda representar el flujo real de la red de estudio. Por este motivo, se ha elegido el día miércoles 06 de mayo, entre las 7am y 9pm, para la recolección de datos puesto que la zona de estudio se encuentra muy cerca de la Municipalidad Provincial de Chanchamayo y Plaza principal de la ciudad en esas horas la zona se vuelve muy concurrida y fluida a la vez.

3.1.1. Procedimiento de recolección de datos

Los procedimientos de recolección de datos para el desarrollo de la investigación fueron los siguientes:

- ✓ Se realizaron visitas a campo para tomar datos de aforo tanto vehiculares y peatonales.
- ✓ Se identificó la problemática en la intersección semaforizada de los jirones Tarma y Junín. Las cuales fueron demoras vehiculares, conflicto peaton – vehículo,

longitud de colas por demoras por control, maniobras temerarias por parte de los conductores de mototaxis al embarque y desembarque de pasajeros.

- ✓ Se investigó información relevante a la problemática planteada en nuestra tesis.
- ✓ Se realizaron visitas a campo para verificar los tiempos de los ciclos semafóricos.
- ✓ Mediante video proporcionado por la Municipalidad Provincial de Chanchamayo se realizó la recopilación de datos de vehículos durante de 14 horas continuas.
- ✓ En cuanto a vehículos, se tomaron tiempos de viaje en un determinado espacio, se midieron las longitudes de colas generadas por las demoras por control.
- ✓ Se reflejó la problemática y comportamiento operacional de los conductores de mototaxis con un modelo de microsimulación del estado actual.
- ✓ En la calibración se busca modificar las variables del modelo de Wiedemann 74, ax, bx, abx, dentro del modelo de microsimulación.
- ✓ Una vez obtenidos los datos que toman las variables en mención, se procede a validar el modelo.
- ✓ La validación se realiza con los datos de un segundo conteo (13 de mayo). Dicho conteo se realizó una semana después, un día igual que el primer conteo.
- ✓ Se ingresan los nuevos datos y luego se corre el modelo sobre los datos de las variables obtenidas en la calibración para reflejar el comportamiento real de la intersección.
- ✓ Luego se procede a hacer una prueba T student después de calibrar y validar, para comprobar si efectivamente cumple, es decir, de que el nivel de significancia sea mayor a 0,05 en ambos casos.
- ✓ Se redistribuye y optimizan los paraderos no autorizados para disminuir las demoras por control, para así, dar fluidez a la intersección.
- ✓ Se añadió la fase ámbar a los ciclos semafóricos actuales tanto vehicular y peatonal.

3.2 GEOMETRÍA DE LA INTERSECCIÓN

La geometría de la red vial de la intersección permite elaborar el siguiente plano **Figura 14**, donde se puede apreciar, las medidas de las calzadas, veredas, cruces peatonales y el sentido vehicular del tráfico en las calles correspondientes, se ve la ubicación de los semáforos y el número de carriles.

Figura 14. Geometría de la red vial del Jr. Junín y del Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

En geometría de la red vial se pueden observar las medidas de las calzadas que son variables para ambos, en el Jr. Junín con medidas de 3.95 metros y ancho de veredas de 1.87 y 1.85 metros respectivamente. Para el Jr. Tarma con medidas de 4.10 metros y ancho de veredas de 1.85 metros.

3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO

3.3.1. Aforo Vehicular

El aforo vehicular se obtuvo mediante la observación de las videgrabaciones de cámaras de seguridad. Se realizó la toma de datos durante 14 horas continuas en intervalos de 15 minutos, iniciando a las 7:00 am y culminando a las 9:00 pm. Se registraron todos los movimientos de: Autos, Camioneta Rural, Mototaxi y Moto Lineal. Asimismo, se tomaron las rutas de cada uno de los vehículos, en el Jr. Junín son: 1-11 y 1-12; y, del Jr. Tarma son: 2-21 y 2-23. En la **Figura 15** se muestran los movimientos que realizan los vehículos.

Figura 15. Rutas vehiculares de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 8**, se aprecia el total del aforo vehicular del Jr. Junín de las 14 horas continuas.

Tabla 8. Total del aforo vehicular del Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

AFORO DEL JR. JUNÍN		
VEHÍCULOS	HORARIO 8am - 9am	HORARIO 7am - 9pm
AUTO	50	528
CAMIONETA RURAL	86	1,033
MOTOTAXIS	820	5,778
MOTO LINEAL	116	1,484
TOTAL	1,072	8,823

En la **Tabla 9**, se aprecia el total del aforo vehicular del Jr. Tarma de las 14 horas continuas.

Tabla 9. Total del aforo vehicular del Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

AFORO DEL JR. TARMA		
VEHÍCULOS	HORARIO 8am-9am	HORARIO 7am - 9pm
AUTO	40	449
CAMIONETA RURAL	80	923
MOTOTAXIS	792	5,487
MOTO LINEAL	114	1,465
TOTAL	1,026	8,324

3.3.2. Aforo Peatonal

El aforo peatonal, se obtuvo mediante la observación de las videograbaciones de cámaras de seguridad. Se recolectó la información en la hora punta en intervalos de 15 minutos, considerando que muestra gran densidad peatonal. Asimismo, se tomaron las rutas transitadas, la misma que detallamos a continuación.

En la **Tabla 10**, se aprecia el total del aforo peatonal del Jr. Tarma, donde se puede apreciar el total por rutas y distribución por género.

Tabla 10. Aforo peatonal Jirón Tarma

Fuente: Elaboración propia

	Jiron Tarma (BCP) - Hora: 8:00 am a 9:00 am								
	Jiron Tarma				Jiron Junin				
	Unidad	Genero	Ruta 1.1	Ruta 1.2	Unidad	Genero	Ruta 2.1	Ruta 2.2	Ruta 2.3
Total	108		70.00	38.00	224		154.00	14.00	56.00
Total de Varones	70	65%			138	62%			
Total de Mujeres	38	35%			86	38%			

En la **Tabla 11**, se aprecia el total del aforo peatonal del Jr. Junín, donde se puede apreciar el total por rutas y distribución por género.

Tabla 11. Aforo peatonal Jirón Junín

Fuente: Elaboración propia

	Junin (TIENDA BATA) Hora: 8:00 am a 9:00 am									
	Jiron Junin					Jiron Tarma				
	Unidad	Genero	Ruta 3.1	Ruta 3.2	Ruta 3.3	Unidad	Genero	Ruta 4.1	Ruta 4.2	Ruta 4.3
Total	158		36.00	58.00	64.00	170		26.00	96.00	48.00
Total de Varones	102	65%				96	56%			
Total de Mujeres	56	35%				74	44%			

En la **Figura 16**, se puede apreciar las rutas adoptadas por los peatones en la intersección de la zona de estudio.

Figura 16. Rutas tomadas por los peatones en la intersección estudiada.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Ciclo Semafórico Actual

El ciclo semafórico de la intersección estudiada posee dos semáforos para el tránsito de los vehículos; está ubicado en la misma intersección del Jr. Tarma y en el Jr. Junín. Los semáforos poseen un sistema de cronometro digital, el cual indica el tiempo de cambio de cada fase (rojo y verde), con tiempo de verde 20 y de rojo de 20 segundos y ello facilito al aforador para un mejor registro. En la intersección, también existen semáforos peatonales tanto para Jr. Tarma y Jr. Junín, con tiempo de verde 20 y de rojo de 20 segundos.

En la **Figura 17**, se puede apreciar el ciclo semafórico vehicular del Jr. Junín, con un tiempo de verde 20 segundos y rojo de 20 segundos, sin periodo de ámbar.

Figura 17. Ciclo semafórico Vehicular del Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 18**, se puede apreciar el ciclo semafórico vehicular del Jr. Tarma, con un tiempo de verde 20 segundos y rojo de 20 segundos, sin periodo de ámbar.

Figura 18. Ciclo semafórico Vehicular del Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 19**, se puede apreciar el ciclo semafórico peatonal del Jr. Junín, con un tiempo de verde 20 segundos y rojo de 20 segundos, sin periodo de ámbar.

Figura 19. Ciclo semafórico Peatonal del Jr. Junín.

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 20**, se puede apreciar el ciclo semafórico peatonal del Jr. Tarma, con un tiempo de verde 20 segundos y rojo de 20 segundos, sin periodo de ámbar.

Figura 20. Ciclo semafórico Peatonal del Jr. Tarma.

Fuente: Elaboración propia

3.4 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE MICROSIMULACION

3.4.1. Background / Fondo de referencia

Es un software basado en un modelo de microsimulación que se desarrolló con la finalidad de modelar el tránsito urbano y operaciones del transporte público, Vissim contempla es su análisis la configuración de carriles, composición del tránsito, semaforización, reglas de prioridad, etc. Convirtiéndose en una herramienta potencial para la evaluación de alternativas basadas en el diseño y planificación del tránsito y transporte (Fontalvo, 2013).

Este programa permite representar la interacción de todos los usuarios de la vía pública. Entre ellos se encuentran los vehículos, ciclistas, peatones, entre otros. Para ello, se realizan asignaciones individuales de cada uno de ellos para hacer una modelación de la realidad.

Término proveniente de la frase alemana “Verkehr in Städten - Simulation”, que traducido representa “Simulación del tránsito en las ciudades”. Este modelo fue desarrollado por la Universidad de Karlsruhe en Alemania en los años 70. En 1973 se empieza a comercializar y a distribuir por PTV American Inc. En 1995 se aplicó por primera vez en Norte América en Eugene, Oregon (Suárez, 2007). Actualmente, la empresa PTV Group dispone de la versión 9.0. Además, en algunos países, se tiene la última versión 10.0 que es una versión mucho más completa y en la actualidad ya lidera el mercado en cuanto a programas de microsimulaciones para estudios del tránsito.

3.4.2. Link y conectores

La red vial se conforma de los links y conectores, estos elementos representan a los carriles y resultan esenciales para el desarrollo del modelo. El diseño vial está compuesto de estos comandos, que generalmente tiene con nodos ubicados en secciones interrelacionadas y links ubicados a lo largo de los tramos viales (Fellendorf & Peter, 2010). Las situaciones en las que es indispensable el uso de estos elementos pueden ser. 1) Cuando se desea fusionar dos o más links, asimismo cuando se requiera hacer un cruce en el modelo, 2) cuando un link se divide entre dos o más en el seguimiento de su ruta y se desea juntarlos (uso del conector) y en la presencia

de una variación de las características de un tramo de la carretera como la reducción de números de carriles, ancho de carril, etc. (Alcalá, 2016).

Figura 21. Links y conectores del modelo

Fuente: Adaptado de PTV Vissim first step tutorial ,2017

3.4.3. Composición vehicular / Vehicle Composition

Para la construcción del modelo se tuvo en consideración los tipos de vehículos que circulaban por la intersección.

Count	4	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100:	Car	30: 30 km/h	40.000
2	630:	Cam	30: 30 km/h	80.000
3	640:	Mot	30: 30 km/h	114.000
4	650:	Mot	25: 25 km/h	792.000

Figura 22. Composición vehicular del Jr. Tarma.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la **Figura 22** se tienen 4 tipos de vehículo, siendo los mototaxis las que más abundan dentro de la zona de estudio.

3.4.4. Aforo y rutas vehiculares

Los aforos vehiculares se insertaron por acceso a través del comando “vehicle inputs” como se muestra en la **Figura 23**.

Count	No	Name	Link	Volume(0)	VehComp(0)
1	1	Jiron Junin	2: Jiron Junin	962.0	3: Jiron Junin
2	2	Jiron Tarma	1: Jiron Tarma	1016.0	2: Jiron Tarma

Figura 23. Aforo vehicular de los jirones Tarma y Junín

Fuente: Elaboración propia

La intersección consta de 2 accesos, y los vehículos toman 2 rutas por cada acceso, esta fue una de las consideraciones para ingresar datos al software vissim a través del comando “vehicle routing decisions” como se muestra en **Figura 24**.

Coun	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	Count	VehRoutDec	No	Name	DestLink	DestPos	RelFlow(0)
1	1	Jiron Tarma	1: Jiron Tarma	51.475	☒		1	2: Jiron Junin	1		12: Jr. Jun	35.655	367.000
2	2	Jiron Junin	2: Jiron Junin	15.139	☒		2	2: Jiron Junin	2		1: Jiron Ta	100.311	595.000

Figura 24. Rutas vehiculares en el jirón Junín

Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Aforos peatonales y rutas de destino

Se tomaron en consideración 9 áreas cercanas a la intersección como puntos de salida de los peatones. Estas áreas se muestran en la **Figura 25** (Aforo Peatonal). Se insertaron los aforos peatonales a través del comando “pedestrian inputs” como se muestra en la siguiente figura.

Count: 9	No	Name	Area	Volume(0)	PedComp(0)
1	1		28	108.0	22: Jiron Tarma 1
2	2		20	224.0	23: Jiron Junin 1
3	3		21	158.0	25: Jiron Junin 2
4	4		22	170.0	24: Jiron Tarma 2
5	5		23	52.0	1: Pedestrians
6	6		24	42.0	1: Pedestrians
7	7		16	21.0	1: Pedestrians
8	8		27	19.0	1: Pedestrians
9	9		25	27.0	1: Pedestrians

Figura 25. Aforo peatonal

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 25** se puede observar que se realizó una composición peatonal para 4 áreas específicas, esto debido a que presentan una mayor densidad peatonal a diferencias de las otras 5. En el Jr. Junín se presenta mayor densidad peatonal debido a que se encuentran gran cantidad de negocios a lo largo de esa calle.

Además, las trayectorias de los peatones dentro de la zona de estudio modelaron a través de comando “pedestrian routes” teniendo como punto de partidas las áreas mostradas en la figura anterior.

3.4.6. Estacionamiento Vehicular

Tanto en el Jr. Tarma como en el Jr. Junín se observaron vehículos estacionados de forma irregular, ya que está prohibido estacionarse en la calle a los alrededores de la plaza. Este comportamiento vehicular fue modelado a través del comando “parking lots”.

Figura 26. Estacionamiento Prohibido en Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

Para el Jr. Junín se modeló la zona de estacionamiento prohibido en el carril izquierdo antes del cruce con el Jr. Tarma, donde se estacionan autos, camionetas y motos lineales.

3.4.7. Tiempos y Demoras por Control

Se crearon 2 áreas para medir las demoras por vehiculares. Una zona de 58 m de longitud en el Jr. Tarma y otra 60 m en el Jr. Junín. Estas zonas fueron ambientadas a través del comando “Vehicle travel time”

Coun	No	Name	StartLink	StartPos	EndLink	EndPos	Dist
1	1	punto 01 tarma	1: Jiron Tarma	10.123	1: Jiron Tarma	68.123	58.00
2	2	punto 02 junin	2: Jiron Junin	3.024	12: Jr. Junin	2.134	60.00

Figura 27. Tiempos de viaje vehiculares en Jr. Tarma y Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

Luego ambas zonas fueron activadas para tener obtener tiempos de demora a través del comando “delay measurements”.

Delay Measurements			
Select layout...
Coun	No	Name	VehTravTmMeas
1	1	Jr. Tarma	1
2	2	Jr. Junin	2

Figura 28. Mediciones de demoras vehiculares en Jr. Tarma y Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

3.4.8. Nodos / Nodes

Se creó un nudo para medir el nivel de servicio de la intersección. Este resultado se basa en el tiempo que se demoran en transitar los vehículos por la intersección.

Figura 29. Nudo en la intersección

Fuente: Elaboración propia

Los niveles de servicio pueden variar desde el nivel A, que es un nivel óptimo, hasta el nivel F, el cual representa un tiempo de demora extenso.

3.5 PROCESAMIENTOS DE DATOS DE CAMPO

3.5.1. Flujograma de tráfico

El flujograma de tráfico, se obtiene mediante el aforo vehicular del volumen horario de máxima demanda (la hora de mayor flujo vehicular), considerando las rutas vehiculares en el Jirón Junín y Jirón Tarma. Este horario fue desde las 8am a 9am. En la **Figura 30**, se detalla el flujograma de tráfico de la zona de estudio.

Figura 30. Flujograma vehicular (vehículos/hora)

Fuente: Elaboración propia

En el flujograma vehicular, se puede apreciar que para el Jirón Junín tenemos un flujo vehicular en el volumen de máxima demanda de 1072 vehículos mixtos, lo cual para la ruta 1-1 tenemos 421 vehículos y para la ruta 1-2 tenemos 660 vehículos. Para el Jirón Tarma tenemos un flujo vehicular en el volumen de máxima demanda de 1026 vehículos mixtos, lo cual para la ruta 2-1 tenemos 382 vehículos y para la ruta 2-3 tenemos 644 vehículos.

3.5.2. Microsimulación de la situación actual

La microsimulación de la situación actual, como parte de la metodología se continúa con la etapa de la construcción del modelo. Los datos obtenidos en campo sirven como información de entrada para la microsimulación que se desarrolla mediante el software Vissim 9. En este sentido, se procede a presentar los pasos más importantes para la creación del modelo.

➤ Imagen de fondo:

Se utiliza como guía la opción de mapas de fondo del vissim 9, para identificar la zona de estudio de la intersección, el cual nos sirve de referencia para la creación de la red vial.

Figura 31. Imagen de fondo (Alternados de mapas de fondo)

Fuente: Elaboración propia

En la imagen de alternado de mapas de fondo que por defecto nos direcciona e vissim 9, se puede observar la intersección de la zona de estudio, que cuenta con una intersección semaforizada y dos jirones. El Jr. Tarma y Jr. Junín.

➤ **Link y conectores:**

Estas herramientas del software representan las vías diseñadas dentro del sistema, los cuales serán definidos por los números de carriles, distancia entre carriles, la dirección de viaje permitido, entre otros. Por el contrario, los conectores sirven para poder unir los links de cada carril y brindarle dirección de giro.

Figura 32. Links del Jirón Tarma.

Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Conector del Jirón Tarma.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Datos de entrada**

✓ **Entrada de vehículos (vehicle inputs)**

En este punto se ingresa los aforos vehiculares que circulan por una vía determinada; es decir el volumen horario de máxima demanda registrada. Para el Jirón Junín tenemos un flujo vehicular en el volumen de máxima demanda de 1072 vehículos mixtos, lo cual para la ruta 1-1 tenemos 421 vehículos y para la ruta 1-2 tenemos 660 vehículos. Para el Jirón Tarma tenemos un flujo vehicular en el volumen de máxima demanda de 1026 vehículos mixtos, lo cual para la ruta 2-1 tenemos 382 vehículos y para la ruta 2-3 tenemos 644 vehículos.

Figura 34. Datos de Entrada Vehiculares Jr. Junín / Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

En los datos de entrada de aforos vehiculares, el Jirón Tarma tenemos un flujo vehicular en el volumen de máxima demanda de 1026 vehículos mixtos, como se puede observar en la imagen de entrada solo hay 1016 vehículos. En la **Figura 35**, se ha generado una línea de transporte público (autos colectivos) con 10 vehículos que generan embarque y desembarque de pasajeros en ese sector.

Figura 35. Transporte Publico Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

Figura 36. 3D Paradero Prohibido Transporte Publico Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

Para el Jirón Junín tenemos un flujo vehicular en el volumen de máxima demanda de 1072 vehículos mixtos, como se puede observar en la imagen de entrada solo hay 962 vehículos. En la **Figura 37**, se ha generado una línea

de transporte público (autos colectivos y mototaxis en ambas rutas del Jirón Junín), autos colectivos 10 vehículos, Mototaxis en la ruta 1-1 con 35 vehículos y Mototaxis en la ruta 1-2 con 65 vehículos que generan embarque y desembarque de pasajeros en ese sector.

Figura 37. Transporte Publico Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

Figura 38. 3D Paradero Prohibido Transporte Publico Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

✓ **Entrada de Peatones (Pedestrian inputs)**

En este punto se ingresa los aforos peatonales que circulan por un área determinada; es decir el volumen horario de demanda. Para el Jirón Tarma (BCP) tenemos un flujo peatonal de 108 peatones, para el Jirón Junín (BCP) tenemos un flujo peatonal de 224 peatones. Para el Jirón Junín (Tienda Bata) tenemos un flujo peatonal de 158 peatones, para el Jirón Tarma (Tienda Bata) tenemos un flujo peatonal de 170 peatones.

Figura 39. Entrada Peatones Jr. Junín / Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

✓ **Asignación de rutas vehiculares (vehicle routes –static)**

La asignación de rutas vehiculares En este acápite, se distribuye el flujo vehicular de una vía entre las posibles rutas que puede seguir los vehículos. En el ejemplo de la intersección semaforizada, se muestran las rutas vehiculares del Jr. Junín y Jr. Tarma. Los vehículos en la ruta 1-1 con un 38%, en la ruta 1-2 con un 62%. En la ruta 2-1 con un 37% y en la ruta 2-3 con un 63%, cuya representación se hace mención en las **Figura 40, Figura 41**.

Figura 40. Ruta 1-1 Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

Figura 41. Ruta 2-1 Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

✓ **Asignación de rutas peatonales (Pedestrian routes –static)**

La asignación de rutas Peatonales En este acápite, se distribuye el flujo peatonal de una vía entre las posibles rutas que puede seguir los peatones. En el ejemplo de la intersección semaforizada, se muestran las rutas peatonales del Jr. Junín y Jr. Tarma. En el Jirón Tarma (BCP), la ruta 1-1 con un 65%, en la ruta 1-2 con un 35%, en el Jirón Junín (BCP), ruta 2-1 con un 69%, en la ruta 2-2 con un 6%, en la ruta 2-3 con un 25%. En el Jirón Junín (Tienda Bata), ruta 3-1 con un 23%, en la ruta 3-2 con un 37%, en la ruta 3-3 con un 41%, en el Jirón Junín (Tienda Bata), ruta 4-1 con un 15%, en la ruta 4-2 con un 56%, en la ruta 4-3 con un 28%, cuya representación se hace mención en las **Figura 42, Figura 43**, respectivamente.

Figura 42. Ruta 1-1, 1-2 / Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Ruta 2-1, 2-2, 2-3 / Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Cálculo de volumen de máxima demanda.

Para determinar el cálculo de volumen de máxima demanda se realizó el aforo de todos los vehículos que transitan por la intersección durante todo el día, iniciando desde las 7:00 hasta las 19:00 horas.

Ecuación 12:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{max})}$$

VHMD: Volumen Horario de Máxima Demanda

FHMD: Flujo Horario de Máxima Demanda

q_{max} : Cantidad de vehículos en intervalo

N: Número de intervalos por cada hora

Tabla 12. *Determinación de hora pico*

Fuente: Elaboración propia

FLUJO VEHÍCULAR		
PARÁMETROS	JR. JUNÍN	JR. TARMA
Intervalo	08:00 - 09:00	08:00 - 09:00
VHMD	1,072.00	1,026.00
q máx	294.00	294.00
N	4.00	4.00
FHMD	0.91	0.87

En la **Figura 44**, se puede observar la cantidad total de vehículos que transitan por la intersección. El total de vehículos están clasificados en mototaxis, moto lineal, camioneta rural y autos, siendo el primero de mayor volumen vehicular.

En la **Figura 45**, se ilustra la cantidad total de vehículos acumulados por hora concurrentes en la intersección. Como se aprecia en la misma figura y, en comparación de los volúmenes de las 14 horas, la hora pico o volumen horario de máxima demanda (VHMD) se genera entre las 8:00 a 9:00 horas

Figura 44. Volumen total de vehículos mixtos del Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

Figura 45. Volumen vehicular total acumulado del Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 13**, se puede observar la proporción vehicular en la hora pico. Asimismo, se puede identificar que el tipo de vehículo de mayor volumen, en el siguiente cuadro:

Tabla 13. *Proporción vehicular en la hora pico*

Fuente: Elaboración propia

CATEGORÍA	JR. JUNÍN		JR. TARMA	
	TOTAL VEH.	TOTAL %	TOTAL VEH.	TOTAL %
AUTO	50	5%	40	4%
CAMIONETA RURAL	86	8%	80	8%
MOTOTAXIS	820	76%	792	77%
MOTO LINEAL	116	11%	114	11%
TOTAL	1,072	100%	1,026	100%

En la **Figura 46**, se ilustra el porcentaje de vehículos mixtos que transitan en la hora de máxima demanda por la intersección. En el Jirón Junín las mototaxis predominan con un 76% de representatividad, las motos lineales con un 11%, las camionetas rurales con un 8% y por último los autos con un 5%.

Figura 46. *Proporción Vehicular en Jirón Junín*

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 47**, se ilustra el porcentaje de vehículos mixtos que transitan en la hora de máxima demanda por la intersección. En el Jirón Tarma las mototaxis predominan

con un 77% de representatividad, las motos lineales con un 11%, las camionetas rurales con un 8% y por último los autos con un 4%.

Figura 47. *Proporción Vehicular en Jirón Tarma*

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Gráficos de velocidades

Los gráficos de velocidad se obtienen a partir de tomar en consideración estadística básica. En primer lugar, se toman datos tiempos de viaje en zonas seleccionadas para vehículos y peatones. Para la recopilación de tiempos de viajes vehiculares se tomaron en cuenta 2 zonas, las cuales se encuentran ubicadas en los jirones Junín y Tarma.

Figura 48. Zona 1 Jr. Tarma de recopilación de datos de tiempos de viaje

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la **Figura 48**, la zona 1 seleccionada tiene una longitud de 58m. Esta se encuentra inmediatamente antes de la intersección con el Jr. Junín. La zona 2, que se encuentra en el Jr. Junín, tiene de 60m de longitud. De igual forma que la zona 1, está ubicada en antes de la intersección y se puede observar en el **Anexo 5**.

Se recopilaban datos de velocidad en ambas zonas mencionadas de forma aleatoria, esto quiere decir que se tomaron en consideración los vehículos que transitaban en el área de estudio sin clasificar la toma de datos por cada tipo de vehículo.

Tabla 14. Recopilación de tiempos de viaje vehiculares en zona 1 – Jr. Tarma.

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma Hora: 08:00 - 09:00 am / L= 58.00 mts						
Unidad	L (Mts.)	L (Km.)	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (km/Hr)
1	58.00	0.058	30.87	1.88	0.0086	6.76
2	58.00	0.058	26.15	2.22	0.0073	7.98
3	58.00	0.058	27.38	2.12	0.0076	7.63
4	58.00	0.058	21.91	2.65	0.0061	9.53
5	58.00	0.058	31.69	1.83	0.0088	6.59
6	58.00	0.058	24.45	2.37	0.0068	8.54
7	58.00	0.058	21.16	2.74	0.0059	9.87
8	58.00	0.058	18.04	3.22	0.0050	11.57
9	58.00	0.058	34.11	1.70	0.0095	6.12
10	58.00	0.058	31.33	1.85	0.0087	6.66
11	58.00	0.058	20.73	2.80	0.0058	10.07
12	58.00	0.058	33.46	1.73	0.0093	6.24
13	58.00	0.058	27.98	2.07	0.0078	7.46
14	58.00	0.058	25.36	2.29	0.0070	8.23
15	58.00	0.058	24.23	2.39	0.0067	8.62
16	58.00	0.058	32.58	1.78	0.0091	6.41
17	58.00	0.058	27.81	2.09	0.0077	7.51
18	58.00	0.058	33.30	1.74	0.0093	6.27
19	58.00	0.058	24.03	2.41	0.0067	8.69
20	58.00	0.058	31.09	1.87	0.0086	6.72
21	58.00	0.058	19.57	2.96	0.0054	10.67
22	58.00	0.058	20.49	2.83	0.0057	10.19
23	58.00	0.058	23.35	2.48	0.0065	8.94
24	58.00	0.058	25.92	2.24	0.0072	8.06
25	58.00	0.058	25.94	2.24	0.0072	8.05
			26.52	Promedio		8.14

En segundo lugar, para corroborar si el número de datos recopilados es suficiente como muestra representativa, se usará la siguiente ecuación:

Ecuación 13:

$$N = \left(t_{0.025, N-1} * \frac{s}{e} \right)^2$$

Donde:

e: margen de error

$t_{0.025, N-1}$: t de Student para un error de 2.5% por cara, con n-1 grados de libertad

S : desviación estándar para el promedio de la medida de eficacia seleccionada

N : número necesario de corridas

Teniendo en cuenta estos datos, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 15. Numero de muestra mínima Zona 1

Fuente: Elaboración propia

Numero de muestra minima Jiron Tarma	
Promedio	26.52
Desv. Estandar	4.79021444
Grados Libertad	24
T, 0,025	2.064
error	2
N	24.4382051

Según el resultado de la **Tabla 15** el número de muestra **se acepta**.

En tercer lugar, se obtienen datos importantes como el promedio, máximo, mínimo, entre otros, a con ayuda de los 25 datos obtenidos de tiempo de viaje luego (s) convertidos a velocidad (km/m) teniendo en cuenta la longitud de cada zona.

Tabla 16. Datos importantes de la recopilación de tiempos de viaje

Fuente: Elaboración propia

JIRON TARMA	
Promedio	8.14 km/h
Maximo	11.57 km/h
Minimo	6.12 km/h
Desv. Estan.	1.53067334
Dif (max-min)	5.45
Rango de interv.	1 km/h
Numero de intervalos	6

Teniendo en cuenta los datos de la **Tabla 16** se construye una **Tabla 17** de distribución de frecuencia que consta de 6 intervalos para la zona 1, la cual pertenece al Jr. Tarma.

Tabla 17. *Tabla de distribución de frecuencias de Zona 1*

Fuente: Elaboración propia

Intervalos		f	F	h	H
6	7	8	8	0.32	0.32
7	8	4	12	0.16	0.48
8	9	7	19	0.28	0.76
9	10	2	21	0.08	0.84
10	11	3	24	0.12	0.96
11	12	1	25	0.04	1
		25			

Con los datos de la **Tabla 17** se construyó la gráfica de velocidad que corresponde a la zona 1 como se muestra en la **Figura 49**.

Figura 49. *Distribución de velocidad de la zona 1 vehicular*

Fuente: Elaboración propia

De igual forma se construyeron la gráfica para la zona 2 que se ubica en el Jr. Junín. Para los peatones se tomó en cuenta una muestra inicial de 20 peatones en 4 zonas. 2 zonas en Jr. Tarma y 2 zonas en Jr. Junín.

Tabla 18. Recopilación de tiempos de viaje peatonales en zona 1

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma							
Unidad	Genero	L (Mts.)	L (KM.)	Tiempo (Seg.)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (Km/Hr)
1	M	58.00	0.058	34.40	1.69	0.0096	6.07
2	V	58.00	0.058	36.20	1.60	0.0101	5.77
3	V	58.00	0.058	43.70	1.33	0.0121	4.78
4	M	58.00	0.058	30.50	1.90	0.0085	6.85
5	V	58.00	0.058	30.10	1.93	0.0084	6.94
6	V	58.00	0.058	32.80	1.77	0.0091	6.37
7	M	58.00	0.058	28.31	2.05	0.0079	7.38
8	M	58.00	0.058	34.59	1.68	0.0096	6.04
9	M	58.00	0.058	32.28	1.80	0.0090	6.47
10	M	58.00	0.058	35.47	1.64	0.0099	5.89
11	V	58.00	0.058	29.66	1.96	0.0082	7.04
12	V	58.00	0.058	33.20	1.75	0.0092	6.29
13	M	58.00	0.058	33.70	1.72	0.0094	6.20
14	V	58.00	0.058	32.82	1.77	0.0091	6.36
15	M	58.00	0.058	36.32	1.60	0.0101	5.75
16	V	58.00	0.058	40.09	1.45	0.0111	5.21
17	M	58.00	0.058	29.69	1.95	0.0082	7.03
18	M	58.00	0.058	27.48	2.11	0.0076	7.60
19	V	58.00	0.058	28.96	2.00	0.0080	7.21
20	V	58.00	0.058	27.21	2.13	0.0076	7.67
				32.87	Promedio		6.44

Se comprobó que el número de datos recopilados fue el adecuado.

Siguiendo el mismo procedimiento de las zonas vehiculares se obtuvieron las gráficas de velocidades para las zonas peatonales.

Figura 50. Distribución de velocidad en zona 1 peatonal.

Fuente: Elaboración propia

Las gráficas obtenidas fueron construidas en el software Vissim teniendo en cuenta las tablas de distribución de frecuencias de cada zona, para vehículos y peatones.

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DE LAS DEMORAS POR CONTROL

La identificación de los principales problemas de demoras por control, fueron a medida que se hizo la construcción del modelo de simulación, a continuación, se menciona los principales problemas identificados en la intersección semaforizada de la zona de estudio:

- El estacionamiento vehicular en paraderos no autorizados, generando que las demoras vehiculares sean demasiadas altas en la intersección del Jirón Tarma y Jirón Junín.
- Los peatones que invaden la calzada y provocan que los vehículos hagan maniobras temerarias al momento de embarque y desembarque de pasajeros en zonas no autorizadas.
- El comportamiento agresivo de los conductores del transporte público, ocasionando cambios bruscos de carril, la cual genera que los vehículos que ingresan a la intersección se detengan y formen colas extensas cuando el semáforo y el ciclo semafórico esta en verde.
- No existe señalización informativa, preventiva ni reglamentaria, para la circulación vehicular y peatonal en la intersección, lo cual genera conflictos vehiculares y peatonales.

Figura 51. Identificación de Principales Problemas en la Intersección.

Fuente: Elaboración propia

4.2 MODELO DE MICROSIMULACIÓN CALIBRADO Y VALIDADO INCLUYENDO EL COMPORTAMIENTO OPERACIONAL DE LAS MOTOTAXIS, UTILIZANDO COMO PARÁMETRO DE EFICIENCIA LOS TIEMPOS DE VIAJE DE LOS VEHÍCULOS.

El modelo de microsimulación tiene contemplado la composición vehicular antes mostrada, en la cual predominan las mototaxis con un porcentaje mayor al 75%. El comportamiento operacional de las mototaxis en ese lugar no es igual al comportamiento que tienen los buses de transporte público, debido a su capacidad, dimensiones y velocidad de viaje.

La norma americana HCM 2010 no contempla la influencia de este tipo de vehículos menores en el sistema vial. Las mototaxis abundan en este escenario pues es una forma económica de traslado de pasajeros en distancias cortas. Estas tienen un comportamiento agresivo ya que por sus dimensiones tienen la capacidad de invadir espacios pequeños y generar mayor tráfico vehicular al embarque y desembarque de pasajeros. Dentro de la calibración y validación del modelo se recopilieron datos de velocidad y comportamiento operacional de este tipo de vehículos para generar un modelo semejante a la realidad. En la **Figura 52**, se ilustra el comportamiento operacional de las mototaxis en el Jirón Tarma en situación real.

Figura 52. Comportamiento Operacional de las Mototaxis en Jirón Tarma – Situación real

Fuente: Elaboración propia

Figura 53. Comportamiento Operacional de las Mototaxis en Jirón Tarma – Simulación

Fuente: Elaboración propia

Figura 54. Comportamiento Operacional de las Mototaxis en la intersección Jirón Tarma y Jirón Junín – Simulación

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Calibración del Modelo.

Para la calibración vehicular, se obtuvieron 25 mediciones vehiculares aleatoriamente en campo, las cuales fueron 5 mediciones de autos, 5 mediciones de camionetas, 10 mediciones de mototaxis y 5 mediciones de moto lineal. Con estos datos, se construye el modelo de calibración simulando el comportamiento operacional de las mototaxis. Asimismo, se realizaron 25 corridas del modelo de microsimulación, es decir un número igual al de la muestra donde se recopilaban tiempos de viaje. Los resultados que se obtuvieron de la calibración fueron las demoras vehiculares en las 2 zonas delimitadas que se muestra en la **Tabla 19** (Tiempos de viaje vehiculares).

Tabla 19. Resultados de demoras vehiculares del Vissim

Fuente: Elaboración propia

DEMORAS VEHICULARES		
Calles	TARMA	JUNIN
Distancia (m)	58	60
1	28.80	25.45
2	33.00	23.11
3	32.38	22.66
4	22.35	22.43
5	24.50	27.56
6	29.12	33.67
7	22.92	22.43
8	26.43	32.22
9	25.06	22.86
10	26.90	25.14
11	20.55	22.22
12	29.54	24.12
13	31.34	24.62
14	27.73	30.93
15	33.67	29.77
16	21.52	27.04
17	27.14	20.33
18	28.57	29.58
19	29.04	23.25
20	23.83	27.22
21	24.69	30.34
22	17.89	22.44
23	24.29	27.23
24	27.58	17.68
25	27.04	23.64
Promedio	26.63	25.52
Desv. Estand.	3.94	3.93
Minimo	17.89	17.68
Maximo	33.67	33.67

Se comprobó el número de corridas mínimo de un modelo de microsimulación, el cual debe ser de 4 como mínimo (FHWA, 2004).

Tabla 20. Número mínimo de corridas vehiculares en zona 1 – Jirón Tarma

Fuente: Elaboración propia

Numero de minimo de corridas Jiron Tarma	
Promedio	26.634667 s
Desv. Estandar	3.940056
Grados Libertad	24
T, 0,025	2.064
error	2 s
N	16.5334765 CUMPLE

Teniendo en cuenta un error menor al 10 % del promedio de demoras vehiculares del Jr. Tarma, el número de corridas es el óptimo por ser menor al número de corridas iniciales.

También se obtuvieron datos de longitud de cola vehicular generada por las demoras por control como se vio en la **Tabla 19**. A continuación, la **Figura 55** muestra la Longitud de cola en el Jirón Tarma en el modelo de calibración.

Figura 55. Longitud de cola en el Jirón Tarma – Calibración.

Fuente: Elaboración propia

La longitud de cola vehicular obtenida en el Jirón Tarma fue de 28.80 metros, en la calibración del modelo de microsimulación.

Los parámetros de Wiedemann para calibrar el modelo fueron los siguientes:

Car following model	
Wiedemann 74	
Model parameters	
Average standstill distance:	0.80 m
Additive part of safety distance:	3.15
Multiplic. part of safety distance:	2.90

Figura 56. *Parámetros de Wiedemann*

Fuente: Elaboración propia

Estos valores se obtuvieron después de 20 iteraciones, siendo el “average standstill distance” (ax) el parámetro que más influenció en el modelo. Esto debido a que la distancia de separación entre vehículos cuando están detenidos es menor a un metro.

Dentro de esta parte de la calibración del modelo, se espera que el modelo de microsimulación tenga un comportamiento vehicular cercano a la realidad.

Los resultados de demoras por control de las 25 corridas del software vissim fueron comparados con los datos de campos a través de una prueba de diferencia de medias con un intervalo de confianza del 95%. Para ello se utilizó el programa estadístico en línea “Statkey”.

Figura 57. *Prueba de diferencia de medias en el Jr. Tarma*

Fuente: Elaboración propia

La diferencia de medias fue de -0,12, por lo cual se encuentra dentro del intervalo de confianza y se aceptan los resultados de la calibración vehicular del Jr Tarma. Se realizó el mismo procedimiento para calibrar el Jr. Junín y los resultados fueron aceptados como se muestra en el **anexo 6**.

Para la calibración peatonal se calibraron los tiempos de viaje peatonales para las 4 zonas peatonales que presentaban mayor densidad peatonal. Se realizaron 20 corridas debido a que se tomó en consideración el número de muestra de peatones. En la **Tabla 21** se muestran los resultados de lo tiempo de viaje obtenidos del software Vissim.

Tabla 21. *Tiempos de viaje peatonales en zonas con mayor densidad peatonal*

Fuente: Elaboración propia

Count	Junin 1	Tarma 1	Junin 2	Tarma 2
1	33.83	32.03	31.36	24.08
2	33.58	33.01	30.36	23.98
3	33.98	32.55	31.40	23.90
4	34.85	32.81	30.12	24.16
5	33.11	32.69	30.84	24.29
6	33.86	32.09	30.30	24.13
7	34.63	33.48	30.92	24.17
8	34.16	32.74	30.97	24.18
9	34.35	31.09	30.76	23.62
10	35.54	32.27	31.28	23.88
11	34.56	33.03	30.67	24.18
12	34.23	32.60	30.45	24.42
13	35.00	32.00	30.08	23.74
14	35.03	32.45	30.32	24.24
15	33.45	32.57	30.77	24.33
16	35.20	32.95	30.94	23.49
17	34.31	32.08	31.04	24.18
18	35.49	31.88	30.57	24.28
19	34.14	32.53	30.89	23.78
20	33.80	33.04	30.57	23.36
Promedio	34.35	32.49	30.73	24.02
Desv. Estand.	0.68	0.53	0.39	0.29
Minimo	33.11	31.09	30.08	23.36
Maximo	35.54	33.48	31.40	24.42

Se comprobó el número de corridas mínimo de un modelo de microsimulación, el cual debe ser de 4 como mínimo (FHWA, 2004).

Tabla 22. Número mínimo de corridas peatonales en zona 1

Fuente: Elaboración propia

Numero minimo de corridas Jiron Tarma 1	
Promedio	32.493861
Desv. Estandar	0.534558
Grados Libertad	19
T, 0,025	2.093
error	3 s
N	0.1390867 CUMPLE

Teniendo en cuenta un error menor al 10 % del promedio de tiempos de viaje peatonales de la zona 1, el número de corridas es el óptimo por ser menor al número de corridas iniciales.

Se comprobó si el número de corridas tomadas en cuenta cumplía con el mínimo de corridas que plantea la FHWA (FHWA, 2004).

Tabla 23. Número mínimo de corridas para peatones en la zona 1

Fuente: Elaboración propia

Numero minimo de corridas Jiron Tarma 1	
Promedio	32.493861
Desv. Estandar	0.534558
Grados Libertad	19
T, 0,025	2.093
error	3 s
N	0.1390867 Cumple

Se consideró un error menor al 10 % del promedio de los 20 resultados, es decir 9 %. Los resultados muestran que se necesita 1 corrida, por lo tanto, el número de corridas utilizadas para calibrar el comportamiento peatonal cumple. Los mismo se realizó para las 3 zonas restantes se aceptó el número de corridas.

Dentro de esta parte de la calibración del modelo, se espera que el modelo de microsimulación tenga un comportamiento peatonal cercano a la realidad.

Los parámetros de fuerza para calibrar el modelo fueron los siguientes:

Walking Behaviors												
Select layout...												
Coun	No	Name	Tau	ReactToN	ASocIso	BSocIso	Lambda	ASocMean	BSocMean	VD	Noise	SidePref
1	1	Default	0.120	8	2.720	0.200	0.150	0.400	2.800	3.000	1.200	None
2	2	Elevator (In Cab)	0.400	8	2.720	0.200	0.176	0.400	2.800	3.000	0.300	None
3	3	Elevator (Alighting)	0.200	8	2.040	0.300	0.176	0.400	2.800	3.000	1.200	None

Figura 58. Resultados de los parámetros de fuerza social

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de fuerza social que influyen en el comportamiento peatonal son: tau = 0.12, lambda = 0.15, noise = 1.20. Estos resultados permitieron generar un comportamiento peatonal similar a la realidad.

Los resultados de tiempos de viaje peatonal fueron comparados con los datos obtenidos en campo, de igual forma que las demoras vehiculares, a través de una prueba de diferencia de medias.

Figura 59. Diferencia medias de tiempos de viajes peatones en zona peatonal 1

Fuente: Elaboración propia

La diferencia de medias entre los datos de campo y los resultados del software es de 0.38, este resultado se encuentra dentro del intervalo de confianza, por este motivo esta zona fue calibrada. El mismo procedimiento se realizó para las 3 zonas restantes y se aceptaron los resultados.

4.2.2. Validación del Modelo

Para la validación del modelo de micro simulación se realizó un segundo aforo peatonal y vehicular en la zona en de estudio. Esta segunda recopilación de datos se realizó el día 13 de mayo.

En la **Tabla 24** y **Tabla 25** se muestra un ligero incremento del aforo vehicular con respecto a la primera de recopilación de datos de aforo.

Tabla 24. Segundo Aforo vehicular Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

Aforo vehicular Jr. Tarma	
total de autos	46
total de camioneta rural	85
total de Mototaxis	798
total de Moto lineal	125

Tabla 25. Segundo aforo vehicular Jr. Junín

Fuente: Elaboración propia

Aforo vehicular Jr. Junin	
total de autos	64
total de camioneta rural	96
total de Mototaxis	840
total de Moto lineal	120

En la **Tabla 26**, se muestra el aforo peatonal con respecto a la primera de recopilación de datos de aforo.

Tabla 26. Segundo aforo peatonal

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma (BCP) - Hora: 8:00 am a 9:00 am									
	Jiron Tarma				Jiron Junin				
	Unidad	Genero	Ruta 1.1	Ruta 1.2	Unidad	Genero	Ruta 2.1	Ruta 2.2	Ruta 2.3
Total de Personas	108				224				
Total de Varones	70	65%			138	62%			
Total de Mujeres	38	35%			86	38%			

Junin (TIENDA BATA) Hora: 8:00 am a 9:00 am									
	Jiron Junin					Jiron Tarma			
	Unidad	Genero	Ruta 3.1	Ruta 3.2	Ruta 3.3	Unidad	Genero	Ruta 4.1	Ruta 4.2
Total de Personas	158					170			
Total de Varones	102	65%				96	56%		
Total de Mujeres	56	35%				74	44%		

Estos aforos fueron insertados dentro del software y se tuvieron las mismas condiciones de modelamiento al igual que para la calibración.

Se midieron por segunda vez las demoras vehiculares en las mismas zonas al igual que en la primera medición.

Tabla 27. Segunda recopilación de demoras vehiculares Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma Hora: 08:00 - 09:00 am / L= 58.00 mts						
Unidad	L (Mts.)	L (Km.)	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (km/Hr)
1	58.00	0.058	31.59	1.84	0.0088	6.61
2	58.00	0.058	29.42	1.97	0.0082	7.10
3	58.00	0.058	31.36	1.85	0.0087	6.66
4	58.00	0.058	23.56	2.46	0.0065	8.86
5	58.00	0.058	31.98	1.81	0.0089	6.53
6	58.00	0.058	25.15	2.31	0.0070	8.30
7	58.00	0.058	21.02	2.76	0.0058	9.93
8	58.00	0.058	19.54	2.97	0.0054	10.69
9	58.00	0.058	31.11	1.86	0.0086	6.71
10	58.00	0.058	28.33	2.05	0.0079	7.37
11	58.00	0.058	21.53	2.69	0.0060	9.70
12	58.00	0.058	34.09	1.70	0.0095	6.12
13	58.00	0.058	28.05	2.07	0.0078	7.44
14	58.00	0.058	24.74	2.34	0.0069	8.44
15	58.00	0.058	25.93	2.24	0.0072	8.05
16	58.00	0.058	33.97	1.71	0.0094	6.15
17	58.00	0.058	29.81	1.95	0.0083	7.00
18	58.00	0.058	32.56	1.78	0.0090	6.41
19	58.00	0.058	24.41	2.38	0.0068	8.55
20	58.00	0.058	30.09	1.93	0.0084	6.94
21	58.00	0.058	21.56	2.69	0.0060	9.68
22	58.00	0.058	19.85	2.92	0.0055	10.52
23	58.00	0.058	23.35	2.48	0.0065	8.94
24	58.00	0.058	18.40	3.15	0.0051	11.35
25	58.00	0.058	27.13	2.14	0.0075	7.70
			26.74	Promedio		8.07

Se realizaron nuevamente 25 corridas para validar el comportamiento vehicular dentro del modelo de micro simulación teniendo en cuenta los mismos valores de los parámetros de Wiedemann que se usaron para calibrar el modelo.

Tabla 28. Segundo resultado de demoras vehiculares

Fuente: Elaboración propia

DEMORAS VEHICULARES		
Calles	TARMA	JUNIN
Distancia (m)	58	60
1	26.13	26.00
2	34.38	28.78
3	32.39	26.28
4	24.58	30.52
5	26.52	29.04
6	26.74	40.59
7	21.15	22.42
8	33.36	36.13
9	21.48	29.62
10	28.45	19.30
11	20.19	25.96
12	25.45	28.80
13	28.91	32.64
14	27.23	21.33
15	31.48	36.29
16	21.88	24.45
17	29.68	26.17
18	27.12	32.04
19	24.06	22.19
20	31.94	29.32
21	23.38	36.17
22	19.12	25.59
23	25.07	28.19
24	28.59	23.09
25	28.31	29.58
Promedio	26.70	28.42
Desv. Estand.	4.17	5.21
Mínimo	19.12	19.30
Máximo	34.38	40.59

Con la obtención de datos de demoras vehiculares en el modelo de validación, también se genera longitud de cola vehicular generada por las mismas. A continuación, la **Figura 60** muestra la Longitud de cola en el Jirón Tarma en el modelo de validación.

Figura 60. Longitud de cola en el Jirón Tarma – Validación.

Fuente: Elaboración propia

La longitud de cola vehicular obtenida en el Jirón Tarma fue de 32.10 metros, en la validación del modelo de microsimulación.

Los resultados de la **Tabla 28**, Segundo resultado de demoras vehiculares fueron comparados a través del software en línea Statkey, mediante una prueba de diferencia de medias con un intervalo de confianza del 95%.

Figura 61. Prueba de diferencia de medias de demoras vehiculares en Jr. Tarma.

Fuente: Elaboración propia

La diferencia de medias fue de 0.04, este resultado se encuentra dentro del intervalo de confianza. Por esta razón, el comportamiento vehicular de esta zona fue validado. El mismo procedimiento se utilizó para validar las demoras del Jr. Junín y se aceptaron los resultados, **anexo 7**.

Para la validación del comportamiento peatonal se realizó el mismo procedimiento que para la calibración peatonal. Se recopilaron 20 datos de velocidad peatonal.

Tabla 29. Segunda recopilación de tiempos de viaje peatonales en zona 1 Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma 1							
Unidad	Genero	L (Mts.)	L (KM.)	Tiempo (Seg.)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (Km/Hr)
1	V	58.00	0.058	29.41	1.97	0.0082	7.10
2	V	58.00	0.058	28.15	2.06	0.0078	7.42
3	M	58.00	0.058	31.51	1.84	0.0088	6.63
4	M	58.00	0.058	30.47	1.90	0.0085	6.85
5	V	58.00	0.058	30.62	1.89	0.0085	6.82
6	V	58.00	0.058	31.82	1.82	0.0088	6.56
7	V	58.00	0.058	28.19	2.06	0.0078	7.41
8	M	58.00	0.058	29.43	1.97	0.0082	7.09
9	M	58.00	0.058	30.55	1.90	0.0085	6.83
10	V	58.00	0.058	33.18	1.75	0.0092	6.29
11	M	58.00	0.058	31.59	1.84	0.0088	6.61
12	V	58.00	0.058	34.67	1.67	0.0096	6.02
13	M	58.00	0.058	32.16	1.80	0.0089	6.49
14	V	58.00	0.058	33.43	1.73	0.0093	6.25
15	M	58.00	0.058	32.22	1.80	0.0090	6.48
16	M	58.00	0.058	32.45	1.79	0.0090	6.43
17	V	58.00	0.058	33.87	1.71	0.0094	6.16
18	M	58.00	0.058	30.84	1.88	0.0086	6.77
19	V	58.00	0.058	32.66	1.78	0.0091	6.39
20	M	58.00	0.058	31.94	1.82	0.0089	6.54
				31.46	Promedio		6.66

Se tomaron en cuenta los mismos valores de los parámetros de fuerza social utilizados y se realizaron 20 corridas del modelo y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 30. Resultados de tiempos de viaje

Fuente: Elaboración propia

Conteo	Junin 1	Tarma 1	Junin 2	Tarma 2
1	30.43	31.67	30.71	25.32
2	30.22	32.37	30.33	25.17
3	30.45	32.1	30.83	25.03
4	29.78	32.12	30.07	25.52
5	30.06	32.04	30.54	25.33
6	30.14	31.58	30.36	25.24
7	30.2	32.6	30.69	25.37
8	29.87	32.07	30.51	25.47
9	29.95	30.9	30.51	24.74
10	30.15	31.98	30.85	25.14
11	29.78	32.06	30.55	25.37
12	30.02	32.07	30.31	25.72
13	30.28	31.63	30.16	24.88
14	29.94	31.95	30.39	25.48
15	29.85	32.23	30.53	25.56
16	30.58	32.13	30.69	24.47
17	29.94	31.72	30.64	25.43
18	30.65	31.54	30.31	25.31
19	31.12	31.87	30.62	24.93
20	30.72	32.32	30.35	24.62
Promedio	30.21	31.95	30.5	25.21
Desv. Estand.	0.36	0.37	0.21	0.33
Minimo	29.78	30.9	30.07	24.47
Maximo	31.12	32.6	30.85	25.72

Estos resultados se compararon con los datos obtenidos en campo a través de una prueba de diferencia de medias y se muestra la siguiente figura:

Figura 62. Diferencia de medias de tiempos de viaje peatonales en zona 1 Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

La diferencia de medias fue de 0.49, este resultado se encuentra dentro del intervalo de confianza, por ellos esta zona peatonal fue validada.

El mismo procedimiento se realizó para las 3 zonas peatonales restantes y los resultados fueron validados.

La validación del modelo de micro simulación hace referencia a que el modelo es dinámico, es decir es válido utilizarlo para cualquier escenario dentro de la zona estudio.

4.3 PROPUESTA DE MEJORA DE LA INTERSECCIÓN

4.3.1. Principales propuestas de mejora

A continuación, se mencionan las principales propuestas de mejora para la intersección de la zona de estudio:

- Redistribución de paraderos tanto antes en el Jr. Junín (60m.), como después en el Jr. Tarma (58m.).
- Canalización de rutas peatonales con barreras de seguridad
- Señalización vial, tanto como informativas, preventivas y reglamentarias, para vehículos privados, públicos y peatones.
- Se añade la fase ámbar al ciclo semafórico actual.
- Reducción de Longitud de Colas en ambos Jirones de la intersección en estudio.
- Se mejora la calidad del Nivel de servicio.

Mediante estas propuestas de mejora, se reduce significativamente las Longitudes de colas vehiculares, lo cual brindan fluidez a los Jirones Junín y Tarma, brindando seguridad vial y calidad de servicio al peatón.

4.3.2. Análisis comparativo de las Demoras por Control

El análisis comparativo de las demoras por control se ven reflejados en la siguiente **Tabla 31**, donde se muestra una diferencia significativa de las demoras vehiculares del modelo de validación frente a la propuesta de mejora analizada en la intersección semaforizada.

Tabla 31. Cuadro Comparativo de Demoras por control

Fuente: Elaboración propia

Validación			Propuesta de Mejora		
DEMORAS VEHICULARES			DEMORAS VEHICULARES		
Calles	TARMA	JUNÍN	Calles	TARMA	JUNÍN
Distancia (m)	58	60	Distancia (m)	58	60
1	26.13	26.00	1	8.79	10.35
2	34.38	28.78	2	9.70	10.04
3	32.39	26.28	3	8.98	9.81
4	24.58	30.52	4	9.00	9.94
5	26.52	29.04	5	9.33	9.83
6	26.74	40.59	6	9.40	9.63
7	21.15	22.42	7	9.45	9.41
8	33.36	36.13	8	9.02	10.14
9	21.48	29.62	9	8.97	10.15
10	28.45	19.30	10	8.60	9.70
11	20.19	25.96	11	9.43	9.34
12	25.45	28.80	12	9.21	10.26
13	28.91	32.64	13	8.64	10.00
14	27.23	21.33	14	9.36	9.76
15	31.48	36.29	15	9.10	9.06
16	21.88	24.45	16	9.89	9.79
17	29.68	26.17	17	9.14	10.21
18	27.12	32.04	18	9.56	9.86
19	24.06	22.19	19	9.25	10.28
20	31.94	29.32	20	9.03	10.09
21	23.38	36.17	21	8.29	9.65
22	19.12	25.59	22	9.03	9.98
23	25.07	28.19	23	9.55	10.14
24	28.59	23.09	24	9.21	9.02
25	28.31	29.58	25	9.51	9.33
Promedio	26.70	28.42	Promedio	9.18	9.83
Desv. Estand.	4.17	5.21	Desv. Estand.	0.36	0.37
Minimo	19.12	19.30	Mínimo	8.29	9.02
Maximo	34.38	40.59	Maximo	9.89	10.35

Tabla 32. Resultados de Comparativo de Demoras por control

Fuente: Elaboración propia

VALIDACION			PROPUESTA DE MEJORA		
DEMORAS VEHICULARES			DEMORAS VEHICULARES		
	TARMA	JUNIN		TARMA	JUNIN
Demoras	26.70	28.42	Demoras	9.18	9.83
Promedio	27.56 Seg.		Promedio	9.51 Seg.	

Como se muestra en la **Tabla 32**, se obtiene una reducción de demoras vehiculares de **65.53%** comparando la propuesta de mejora frente a la validación del modelo de simulación.

4.3.3. Microsimulación de la Propuesta de Mejora

La microsimulación de la propuesta de mejora, se realiza teniendo en cuenta la problemática identificada en la intersección como demoras vehiculares, conflicto peaton – vehículo, longitud de cola por demoras por control, maniobras temerarias de los conductores de las mototaxis al embarque y desembarque de pasajeros. Lo cual, aquí se contempla la redistribución de paraderos en puntos estratégicos que no genere conflicto vehicular ni peatonal, se añade la fase de ámbar al ciclo semafórico existente, señalización informativa, preventiva y reglamentaria, de tal manera que se brinde seguridad vehicular y calidad de servicio al peatón.

Los nuevos paraderos serán ubicados tanto antes como después de la intersección de la zona de estudio, exactamente 60m antes del Jirón Junín y 58m después del Jirón Tarma. La distribución será por Jirones, lo cual tienen distintas capacidades de servicios.

Se obtuvo datos sobre los servicios que brindan las rutas que circulan en la intersección, es decir, en el Jirón Tarma y Jirón Junín.

Se registró un total de 14 rutas de transporte público que circulan en dichos Jirones. En el Jirón Junín 07 rutas de autos colectivos, 03 rutas de mototaxis y en el Jirón Tarma 01 ruta de autos colectivos, 03 rutas de mototaxis. Las cuales circulan con frecuencia por los mismos jirones antes mencionados.

Se propone colocar barreras peatonales para no generar conflicto peatón – vehículo en ambos jirones de la zona de estudio, para brindar una canalización peatonal y así mejorar la seguridad vial de la zona de estudio.

Se propone colocar señalización de paraderos autorizados para no generar demoras por control en la intersección de estudio, tanto en Jirón Junín y Jirón Tarma. También se coloca señalizaciones informativas en las zonas de estacionamiento no autorizado, para no seguir generando problemas en la intersección semaforizada.

La **Figura 63**, muestra la propuesta de mejora de la intersección semaforizada.

Figura 63. Propuesta de Mejora de la Intersección Semaforizada

Fuente: Elaboración propia

➤ **Barreras peatonales:**

Desde el punto de vista de seguridad peatonal y siendo un participante activo de los conflictos peatón-vehículo, se busca prevalecer su integridad física. Para ello se propone colocar barreras peatonales de acero de 1.40 metros de altura en las veredas aledañas a los Jirones tanto en Junín y Tarma, de tal manera que los peatones no circulen al ras de la calzada de forma temeraria y evitando el contacto. Asimismo, con estas barreras peatonales de seguridad se busca también que los vehículos privados y de transporte público dejen y recojan a sus pasajeros y/o parientes en los paraderos autorizados por la entidad municipal.

Las barreras serán colocadas a lo largo del Jirón Junín, desde la parte de influencia hasta tanto después de la intersección. Para el Jirón Tarma será del mismo modo, se colocaran en toda la parte de influencia hasta después de la intersección, teniendo como referencia el ancho del cruce peatonal. Solo quedan abierto los espacios necesarios para embarque y desembarque de pasajeros tanto del sector privado y público, además el espacio necesario para cruzar teniendo en cuenta los anchos de los cruces peatonales. De esta manera se logra generar más orden y se reducirán los conflictos peatón-vehículo.

Figura 64. Barreras peatonales de seguridad.

Fuente: Elaboración propia

➤ Señalización:

Las señales de tráfico o de tránsito son los signos usados en la vía pública para impartir la información y para la cultura vial de un lugar, necesariamente a los usuarios que transitan por una avenida, carretera, jirón o calle , en especial los conductores de vehículos privados, públicos y peatones.

El objetivo de permitir una operación fluida por parte de los vehículos, además, los paraderos serán reubicados aguas arriba de la intersección con la finalidad de darle mayor fluidez a la intersección y no generar demoras en la intersección.

Dar mantenimiento de repintado a los cruces peatonales ya que en la actualidad se encuentran parcial o totalmente desgastados; estos deberán estar correctamente alineados con las rampas peatonales y de discapacitados.

Figura 65. Señalización Vertical – Jirón Junín

Fuente: Elaboración propia

Figura 66. Señalización Vertical de la Intersección – Jr. Junín / Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

➤ **Redistribución de paraderos:**

En el sentido de circulación de Jirón Junín se crea 1 paradero autorizado, exactamente 60m antes de llegar a la intersección en estudio. Para el Jirón Tarma se crea 1 paradero autorizado después de la intersección semaforizada a 58m. Con la finalidad de no generar demoras y dar mayor fluidez vehicular en ese sector, y así, no se genera conflicto peatón – vehículo en la intersección de estudio.

Figura 67. Paradero Autorizado en Jr. Junín (Autos Colectivos y Mototaxis)
Fuente: Elaboración propia

Figura 68. Paradero Autorizado en Jr. Tarma (Autos Colectivos y Mototaxis)
Fuente: Elaboración propia

➤ **Longitud de Cola:**

La obtención de Longitud de cola del modelo de la Propuesta de mejora se ve reflejado en la siguiente **Figura 69**. Lo cual, se ve reflejado una mejor fluidez de la intersección con las mejoras planteadas en los puntos anteriores.

Figura 69. Longitud de Cola Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.

Fuente: Elaboración propia

Figura 70. 3D de Longitud de Cola Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Ciclo Semafórico:**

El ciclo semafórico, como parte de la propuesta de solución busca mejorar y sincronizar los ciclos semafóricos actuales que se encuentran en la intersección. El ciclo semafórico vehicular y peatonal actual en la intersección del Jirón Tarma y Jirón Junín es de 80 segundos. En este proyecto de investigación se propone ampliar el tiempo del ciclo semafórico vehicular y peatonal de la intersección a 86 segundos, añadiendo la fase de luz ámbar de 3 segundos al ciclo semafórico vehicular y peatonal; y; que los 2 semáforos se encuentren sincronizados. Los tiempos serán distribuidos según la cantidad vehículos y la densidad peatonal de la intersección.

Se propone una distribución de tiempo para vehículos en el ciclo semafórico del Jirón Tarma de 20 segundos de verde, 3 segundos de ámbar y 20 segundos de rojo. En cuanto a peatones se tendrá 20 segundos de rojo, 3 segundos de ámbar y 20 segundos de verde. De tal manera que, el peatón al ingresar al cruce tenga la seguridad al cruzar sin que se suscite un conflicto peatón-vehículo.

Figura 71. Ciclo Semafórico Vehicular de Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.

Fuente: Elaboración propia

Figura 72. Ciclo Semafórico Vehicular de Jr. Tarma – Propuesta de Mejora.

Fuente: Elaboración propia

Figura 73. Ciclo Semafórico Vehicular y Peatonal – Propuesta de Mejora.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la intersección estudiada, se puede mencionar que al tener una similitud de aforo vehicular y peatonal, es por ello que tendrán la misma fase de

tiempo en el ciclo semafórico de propuesta de mejora tanto en el vehicular como en el ciclo peatonal.

➤ **Nivel de Servicio:**

El nivel de servicio en la propuesta de mejora, tiene una mejoría frente a la validación mostrada en el modelo de microsimulación. En la **Tabla 33**. Se evidencia el nivel de servicio de propuesta de mejora.

Tabla 33. Nivel de Servicio en la Intersección – Propuesta de Mejora.

Fuente: Elaboración propia

MOVEMENT EVALUATION: SIMRUN	TIMEINT	MOVEMENT	LOS (ALL)
1	900-4500	1-1: Jiron Tarma @44.7-1: Jiron Tarma @98.1	LOS_A
1	900-4500	1-1: Jiron Tarma @44.7-12: Jr. Junin@36.7	LOS_A
1	900-4500	1-11: Jr. Junin @16.9-1: Jiron Tarma @98.1	LOS_B
1	900-4500	1-11: Jr. Junin @16.9-12: Jr. Junin@36.7	LOS_B
1	900-4500	1	LOS_B
2	900-4500	1	LOS_B
3	900-4500	1	LOS_A
4	900-4500	1	LOS_B
5	900-4500	1	LOS_B
6	900-4500	1	LOS_B
7	900-4500	1	LOS_A
8	900-4500	1	LOS_B
9	900-4500	1	LOS_B
10	900-4500	1	LOS_A
11	900-4500	1	LOS_A
12	900-4500	1	LOS_B
13	900-4500	1	LOS_A
14	900-4500	1	LOS_B
15	900-4500	1	LOS_A
16	900-4500	1	LOS_B
17	900-4500	1	LOS_B
18	900-4500	1	LOS_B
19	900-4500	1	LOS_B
20	900-4500	1	LOS_B
21	900-4500	1	LOS_A
22	900-4500	1	LOS_B
23	900-4500	1	LOS_B
24	900-4500	1	LOS_A
25	900-4500	1	LOS_A

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De la presente tesis se obtuvieron una serie de conclusiones y recomendaciones que serán presentadas en este capítulo. De la misma manera, se dará respuesta a la hipótesis planteada al inicio de la investigación.

- A partir del primer objetivo, el software Vissim calculó un valor de demora por control promedio de la intersección de 26.08 segundos en el modelo calibrado, este resultado genera una cola vehicular de 35.60 metros en el acceso del Jirón Junín. En el modelo validado en el software Vissim se calcula una demora por control promedio de 27.56 segundos, este valor genera una cola vehicular de 39.30 metros en el acceso del Jirón Junín. Con estos resultados se puede demostrar que el principal problema se encuentra localizado en el Jirón Junín y que las acciones de mejora deben estar orientadas a disminuir la longitud de cola en este acceso.
- De acuerdo al segundo objetivo específico se generó un modelo de microsimulación actual, tomando como parámetro de eficiencia los tiempos de viaje de los vehículos. Con ello se obtuvieron los parámetros de Wiedemann 74 tanto para calibración y validación de: $a_x = 0.80$, $b_x = 3.15$, $abx = 2.90$. Estos valores representan el comportamiento del flujo vehicular de la intersección donde se encuentran presentes las mototaxis.
- Dentro de las propuestas de mejora, en el área de estudio se planteó el rediseño la geometría de la intersección, la redistribución de paraderos autorizados, la sincronización de la fase ámbar de 3 segundos en el ciclo semafórico existente, la implementación de barreras de seguridad peatonal a lo largo de cada jirón de la intersección, la colocación de señales preventivas, informativas y reglamentarias. Todas estas propuestas obtuvieron resultados significativos en las demoras por control reduciendo su valor de 27.56 segundos a 9.51 segundos.
- Acerca a las mejoras presentadas en las longitudes colas estas experimentaron una reducción de 39.30 metros a 18.20 metros en el acceso del Jirón Junín.
- Finalmente, con las propuestas implementadas en el modelo de microsimulación orientadas a mejorar el comportamiento de los vehículos y peatones en la zona de estudio, se puede apreciar una mejora en los niveles de servicio pasando de C a A.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se sugiere realizar el estudio de las cuatro (4) intersecciones de la Plaza Principal de la Ciudad La Merced, Provincia de Chanchamayo, Región Junín. Debido a que estas pueden influir en el comportamiento de la intersección estudiada.
- La presente investigación recomienda el uso del Software Vissim para el estudio del comportamiento operacional de las intersecciones en el Perú. Esto debido a las herramientas que presenta para modelar un sistema vial que cuenta con una composición vehicular de gran diversidad. Para nuestro caso de estudio se tuvo que modelar una mototaxi considerada en el Perú como sistema de transporte lo cual no es común en otros países.
- Es importante precisar la ventaja de poder obtener parámetros de estudio que permitan analizar el comportamiento vehicular como son: Demoras por control tiempos de viaje, longitudes de cola, ciclos semafóricos, niveles de servicios, etc.

BIBLIOGRAFIA

- Akshay, et al. (2012). Sustainable Urban Transport in India: Role of the Auto-rickshaw Sector. Washington, USA.
- Alcalá, R. M. (2016). Microsimulación de Tráfico de la Intersección de las Avenidas Bolívar, Córdova y Calle Andalucía Empleando el Software Vissim 6. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú
- Alcalde & Larrea, (2020), Redistribución de las funciones de accesibilidad y movilidad para reducir los conflictos peatón-vehículo en los alrededores de la estación Naranjal del Metropolitano (Tesis de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú)
- Álvarez, J. (2017). Micro-simulación intermodal en la ciudad del cusco empleando los software vissim 8 y viswalk 8. repositorio digital de tesis pucp. Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8642>
- Anaconda, I. (2014). Propuesta educative sobre seguridad vial y prevención ambiental en la comunidad educative Escuela Integral Indígena. (Tesis de licenciatura, Universidad del Valle, Instituto de Educación y Pedagogía. Santiago de Cali, Colombia)
- Benekohal, R. (1991). Procedure for Validation of Microscopic Traffic Flow Simulation Models. Transportation Research Record n.
- Bloomberg, L.c&cDale, J. (2000). A comparison of the Vissim and Corsin traffic simulation models. Oakland: Institute of Transportation Engineers Annual Meeting.
- Cal y Mayor, et al. (1994). Ingenieria de Tráfico (7 ed.). Mexico, D.F.
- Campoverde, B. I. (2017). Modelado de Tráfico Vehicular en Avenidas a Partir de Datos Estadísticos. Cuenca , Ecuador: Universidad Politécnica SALESIANA.
- Chuquihuaccha, M. & Galván, C. (2016). Propuesta de mejora de congestión vehicular usando metodología del HCM 2010 en las intersecciones de la Av. 26 de Noviembre, entre la Av. Pachacutec y la Av. Salvador Allende, en el distrito de V.M.T. (Tesis de Grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de file:///D:/Downloads/Chuquihuaccha_mm.pdf
- Díaz, et al. (2011). Un transporte urbano no convencional en África Subsahariana: el mototaxi. VIAL.
- Dowling, R., Skabardonis, A., Halkias, J., McHale, G., & Zammit, G. (2004). Guidelines for Calibration of Microsimulation models. Wasington, United State: Journal of the Transportation Research Board.
- Fellendorf, P. (2010). Microscopic traffic flow simulation Vissim. Alemania: International Series in Operation Research and Management Sciencie.

- Fernández, A. R. (25 de Octubre de 2018). Temas de Ingeniería y Gestión de Tránsito. Obtenido de <file:///C:/Users/LuisAlberto/Downloads/Fernandez-2014-Temasingenieriaygestiontransito-TAPA.pdf>
- Fernandez, G. (2016). Modelos matemáticos de asignación de. Mexico. (Tesis de Maestria). Universidad Autónoma de Metropolitana. Mexico. Obtenido de <http://mat.izt.uam.mx/mcmai/documentos/tesis/Gen.10-O/Fer.>
- Fernández, R. (2011). Elementos de la teoría del tráfico vehicular. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- FHWA. (2004). Traffic analysis toolbox Volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software. Washington: FHWA-HRT-04-040.
- Fontalvo, A. K. (2013). Modelación del Tránsito Vehicular con el Software PTV Vissim Tramo Bomba el Gallo - Bomba el Amparo. Cartagena, Colombia: Universidad de Cartagena
- Gakenheimer, R. (1998). Los problemas de la movilidad en el mundo en desarrollo. Santiago: EURE. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71611998007200002>.
- Holgado, R. E. (2012). Estudio de Regulación del Tránsito de Vehículos y Peatones en los Alrededores de la Avenida Portugal de Salamanca. Salamanca, España: Ingeniería en Organización Industrial.
- Huanca & Rojas, (2019), Propuesta de mejora del diseño vial del óvalo La Curva de Chorrillos validado con el software Vissim 9.0. (Tesis de Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú)
- Iftekhar, A. K. (1991). Modeling Driver's Acceleration and Lane Changing Behavior. Massachusetts Institute of Technology.
- Kinjal, B, Bhargab, M. & Manfred, B. (2020). Calibración de los parámetros del modelo de microsimulación para el tráfico heterogéneo utilizando una medida de rendimiento específica del modo. Obtenido de <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198119900130>.
- Lazo & Araujo, (2017), Micro-simulación de vehículos atípicos: el caso de las moto-taxis en villa maría del triunfo (Tesis de Grado, Universidad Catolica del Perú, Lima, Perú)
- Mathew, T. V., & Krishna, R. (29 de Octubre de 2018). Microscopic Traffic Flow Modeling. Obtenido de <https://nptel.ac.in/courses/105101087/downloads/Lec-34.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2017). Manual de Seguridad ial. Lima: MTC. Recuperado de <http://www.osterlingfirm.com/documentos/webma/normas/R-5-2017-MTC-14.pdf>
- Moloche, G. (25 de abril de 2016). Un Problema con solución ¿Deberíamos aplicar tarifas de Congestión?. El Comercio. Obtenido de <https://elcomercio.pe/opinion/colaboradores/problema-solucion-guillermo-moloche-193364-noticia/>.

- Moreno, C. (2013). Estudio y Diseño Vial d la Av. 15 de Noviembre (Etapa III de 1.71 Km de Longitud), Cantón Tena, Provincia de Napo. Quito: Facultad de Ingeniería.
- Motta, D. (2018). Flujo Vehicular por Unidad de Peaje. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI y PROVIAS Nacional. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI y PROVIAS Nacional.
- Nerem, S. (2013). Vehicle weight in Gipps'car - Following Model. Noruega: Norwegian University of Science of Technology.
- Planning Transport Verkehr (PTV) (2012). VISSIM. Recuperado de <http://visiontraffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/> [Consulta: 18 de setiembre de 2018]
- PTV-GROUP. (29 de Octubre de 2017). Welcome to PTV GROUP. Obtenido de <https://www.ptvgroup.com/en/>
- Punith, K. & Gowri, A. (2019). Enfoque de microsimulación para la evaluación de la operación de carriles reversibles en carreteras urbanas indivisas en tráfico mixto. . Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23249935.2019.1632387>
- Rahman, M., D'Este, G., & Bunker, J. (2009). Non-motorized public transpor development: present scenario and future approach in developing cities. Queensland University of Technology.
- Reyna, P. (2015). Propuesta de mejora de niveles de servicio en dos intersecciones. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581516/REYNA_PP.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Rivera, G. & Velásquez, L. (2019). Determinación de ciclos semafóricos optimizados con Synchro 10.0 aplicados y evaluados en intersecciones de gran congestión vehicular con el software PTV Vissim 9.0. (Tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626178/RiveraS_G.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- Sabando, S. I. (2014). Determinación del Nivel de Servicio en Calles Urbanas. Valparaiso: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Salgado, D., Jolovic, D., Martin, P. & Aldrete, R. (2016). Traffic Microsimulation ModelsAssessment – A Case Study of International Land Port of Entry. Procedia Computer Science. 83 (2016), pp. 441 – 448. Doi: 10.1016/j.procs.2016.04.207
- Sanchez, (2019), Evaluación y mejora de tres intersecciones de la avenida Canadá utilizando herramienta de microsimulación de tráfico (Tesis de Grado, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú)
- Siddharth, S., & Gitakrishnan, R. (2013). Calibration of Vissim for Indian Heterogeneous Traffic Conditions. Departament of Civil Engineering: Chennai.

- Sohel, M.; Ferreira, L.; Hoque, S. & Tavassoli, A. (2018). Modelado de microsimulación para la seguridad del tráfico: una revisión y posible aplicación al entorno de tráfico heterogéneo. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/327300406_Micro-simulation_modelling_for_traffic_safety_A_review_and_potential_application_to_heterogeneous_traffic_environment.
- Suárez, C. L. (2007). Análisis y Evaluación Operacional de Intersecciones Urbanas Mediante Microsimulación. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Talla, D. (2017). Efectos del programa Seguridad por Seguridad para la práctica de la seguridad vial en estudiantes del Instituto de Formación Bancaria Certus-Norte 2016. (Tesis de maestría, Universidad César Vallejo. Lima, Perú)
- Valdivieso, T. C., Valdivieso, R., & Valdivieso, O. (2011). Determinación del Tamaño Muestral Mediante el uso de Árboles de Decisión. Bolivia: Universidad Privada Boliviana.
- Weinstein, M. C., Bernie, O., John, H., Josep, J., Magnus, J., Chris, M., & Bryan R., L. (2003). Principles of Good Practice for Decision Analytic Modeling in Health-Care Evaluation. United States: ISPOR
- Zheng, J., Suzuki, Koji, & Fujita, M. (30 de Octubre de 2018). Evaluation of Car-Following Models Using Trajectory Data from Real Traffic. Obtenido de https://ac.els-cdn.com/S1877042812009901/1-s2.0-S1877042812009901-main.pdf?_tid=6edf408c-81ed-48bf-aff3-7cc1307e01cf&acdnat=1540927931_df35b75feae7d70adbaa8ad5feb4e87f
- Zúñiga, A. V. (2010). Uso de Herramientas de Microsimulación para la Definición de Estrategias de Control de Tránsito para la Ciudad de Santiago. Santiago de Chile.

ANEXOS

7.1 Anexo 1

Aforo vehicular del Jr. Tarma -Calibración

Fuente: Elaboración propia

HORARIO		AUTO				CAMIONETA RURAL				MOTOTAXIS				MOTO LINEAL			
		21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24
07:00	07:15	2		2		4		2		16		24		2		12	
07:15	07:30	2		4		4		4		24		18		4		6	
07:30	07:45	4		8		2		2		38		40		8		14	
07:45	08:00	2		8		12		2		56		54		10		2	
08:00	08:15	2		6		10		12		70		90		8		6	
08:15	08:30	2		6		8		16		78		152		10		22	
08:30	08:45	2		10		6		14		72		136		14		20	
08:45	09:00	4		8		4		10		76		118		16		18	
09:00	09:15	2		2		4		12		62		42		12		2	
09:15	09:30	4		2		2		6		50		50		8		8	
09:30	09:45	2		2		6		2		54		54		10		10	
09:45	10:00	2		4		4		8		58		70		10		4	
10:00	10:15	2		3		2		4		38		44		10		2	
10:15	10:30	2		5		2		12		68		52		16		8	
10:30	10:45	4		5		4		14		50		54		6		14	
10:45	11:00	2		6		10		16		46		68		14		6	
11:00	11:15	2		6		8		8		76		108		20		16	
11:15	11:30	2		4		10		6		62		112		16		12	
11:30	11:45	2		2		8		4		74		102		18		14	
11:45	12:00	2		4		4		2		68		108		20		16	
12:00	12:15	6		2		18		6		70		116		22		14	
12:15	12:30	3		4		14		2		56		110		16		10	
12:30	12:45	4		2		10		2		60		124		20		18	
12:45	13:00	2		1		12		6		46		104		10		18	
13:00	13:15	3		2		8		10		34		110		10		24	
13:15	13:30	1		2		6		10		38		114		12		28	
13:30	13:45	4		3		6		8		30		102		14		22	
13:45	14:00	1		4		2		12		36		92		18		20	
14:00	14:15	6		4		14		18		64		116		22		34	
14:15	14:30	2		2		12		14		54		122		24		24	
14:30	14:45	4		2		10		10		56		118		18		24	
14:45	15:00	4		4		12		12		48		110		16		18	
15:00	15:15	6		6		8		16		42		80		22		16	
15:15	15:30	5		4		10		10		38		74		16		20	
15:30	15:45	8		6		4		12		30		64		18		14	
15:45	16:00	6		2		8		8		24		56		22		16	
16:00	16:15	8		6		10		8		22		22		20		10	
16:15	16:30	8		8		14		6		30		34		24		8	
16:30	16:45	10		4		16		10		28		30		24		12	
16:45	17:00	6		4		16		12		20		22		20		10	
17:00	17:15	4		8		20		16		10		25		16		10	
17:15	17:30	2		10		10		14		8		15		16		8	
17:30	17:45	1		6		16		10		6		14		20		12	
17:45	18:00	2		2		12		6		4		8		14		14	
18:00	18:15	6		8		8		10		12		10		6		8	
18:15	18:30	4		4		4		6		9		14		8		12	
18:30	18:45	2		4		6		4		8		11		9		14	
18:45	19:00	2		6		10		4		8		8		6		8	
19:00	19:15	6		8		6		8		10		12		8		6	
19:15	19:30	6		6		4		7		12		11		8		9	
19:30	19:45	4		4		2		6		8		12		6		8	
19:45	20:00	4		4		4		4		4		6		8		12	
20:00	20:15	2		6		8		8		8		10		6		8	
20:15	20:30	1		4		4		6		10		8		2		9	
20:30	20:45	2		2		6		10		6		12		4		8	
20:45	21:00	3		2		6		6		4		6		4		6	
TOTAL		196	0	253	0	450	0	473	0	2,089	0	3,398	0	741	0	724	0
VHMD		10	0	30	0	28	0	52	0	296	0	496	0	48	0	66	0

Total de vehículos mixtos	1,026
total de autos	40
total de camioneta rural	80
total de Mototaxis	792
total de Moto lineal	114
% de autos	4%
% de camioneta rural	8%
% de mototaxis	77%
% de moto lineal	11%

Mov	VHMD (Veh Mixtos/h)
21	382
22	0
23	644
24	0

Aforo vehicular del Jr. Junín -Calibración

Fuente: Elaboración propia

HORARIO		AUTO				CAMIONETA RURAL				MOTOTAXIS				MOTO LINEAL			
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
07:00	07:15	1	4			6	2			24	30			4	10		
07:15	07:30	3	4			4	1			30	22			6	8		
07:30	07:45	2	6			2	2			38	34			10	14		
07:45	08:00	2	8			8	4			46	60			8	6		
08:00	08:15	4	6			12	16			70	98			10	14		
08:15	08:30	2	8			6	14			72	132			12	18		
08:30	08:45	4	12			10	10			82	148			12	16		
08:45	09:00	4	10			8	10			88	130			16	18		
09:00	09:15	4	4			6	16			70	38			14	4		
09:15	09:30	4	2			6	6			50	58			10	2		
09:30	09:45	4	2			2	4			52	62			8	2		
09:45	10:00	2	6			0	4			62	74			8	8		
10:00	10:15	2	2			6	4			46	50			6	4		
10:15	10:30	2	3			4	16			64	66			12	10		
10:30	10:45	3	4			10	10			58	56			10	12		
10:45	11:00	2	2			8	14			54	62			12	8		
11:00	11:15	4	8			6	10			74	102			16	14		
11:15	11:30	4	6			8	10			54	122			18	14		
11:30	11:45	2	2			10	6			82	110			16	18		
11:45	12:00	2	6			4	4			76	118			16	10		
12:00	12:15	6	4			18	8			70	122			26	12		
12:15	12:30	2	6			18	4			54	118			14	14		
12:30	12:45	2	4			12	4			66	126			22	20		
12:45	13:00	2	2			14	4			58	112			14	22		
13:00	13:15	2	2			10	12			38	118			12	26		
13:15	13:30	2	2			6	14			30	116			14	24		
13:30	13:45	2	3			6	10			34	110			16	18		
13:45	14:00	2	1			4	14			36	90			18	16		
14:00	14:15	6	6			16	22			68	106			18	42		
14:15	14:30	4	4			16	12			56	98			22	30		
14:30	14:45	6	4			10	16			54	126			20	26		
14:45	15:00	4	2			12	14			52	90			18	22		
15:00	15:15	8	8			8	18			52	90			24	22		
15:15	15:30	4	8			6	12			48	74			14	18		
15:30	15:45	6	10			12	14			38	70			18	16		
15:45	16:00	8	6			10	6			22	54			18	14		
16:00	16:15	6	8			12	12			34	42			20	12		
16:15	16:30	10	10			14	6			38	34			18	10		
16:30	16:45	12	6			16	8			32	34			16	14		
16:45	17:00	10	4			16	10			22	26			12	12		
17:00	17:15	4	10			20	22			16	12			18	8		
17:15	17:30	4	8			12	16			8	14			20	10		
17:30	17:45	2	6			10	14			8	14			16	18		
17:45	18:00	4	4			6	6			6	10			10	14		
18:00	18:15	8	10			10	12			18	14			8	8		
18:15	18:30	4	10			4	8			12	12			10	14		
18:30	18:45	4	6			8	6			14	12			10	8		
18:45	19:00	6	6			10	6			12	10			6	10		
19:00	19:15	4	10			8	10			12	14			10	8		
19:15	19:30	6	8			6	10			14	12			12	12		
19:30	19:45	2	4			4	4			8	14			8	6		
19:45	20:00	4	4			6	6			6	10			10	10		
20:00	20:15	2	4			10	12			10	12			6	10		
20:15	20:30	4	4			6	12			8	14			4	2		
20:30	20:45	2	4			4	10			6	12			2	10		
20:45	21:00	2	2			2	8			4	8			2	6		
TOTAL		223	305	0	0	488	545	0	0	2,256	3,522	0	0	730	754	0	0
VHMD		14	36	0	0	36	50	0	0	312	508	0	0	50	66	0	0

Total de vehículos mixtos	1,072
total de autos	50
total de camioneta rural	86
total de Mototaxis	820
total de Moto lineal	116
% de autos	5%
% de camioneta rural	8%
% de mototaxis	76%
% de moto lineal	11%

Mov	VHMD (Veh Mixtos/h)
11	412
12	660
13	0
14	0

Aforo vehicular del Jr. Tarma -Validación

Fuente: Elaboración propia

HORARIO		AUTO				CAMIONETA RURAL				MOTOTAXIS				MOTO LINEAL			
		21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24
07:00	07:15																
07:15	07:30																
07:30	07:45																
07:45	08:00																
08:00	08:15	4		7		11		11		73		91		11		9	
08:15	08:30	3		5		9		15		77		155		11		21	
08:30	08:45	1		13		5		16		73		132		17		23	
08:45	09:00	5		8		6		12		75		122		16		17	
09:00	09:15																
09:15	09:30																
09:30	09:45																
09:45	10:00																
10:00	10:15																
10:15	10:30																
10:30	10:45																
10:45	11:00																
11:00	11:15																
11:15	11:30																
11:30	11:45																
11:45	12:00																
12:00	12:15																
12:15	12:30																
12:30	12:45																
12:45	13:00																
13:00	13:15																
13:15	13:30																
13:30	13:45																
13:45	14:00																
14:00	14:15																
14:15	14:30																
14:30	14:45																
14:45	15:00																
15:00	15:15																
15:15	15:30																
15:30	15:45																
15:45	16:00																
16:00	16:15																
16:15	16:30																
16:30	16:45																
16:45	17:00																
17:00	17:15																
17:15	17:30																
17:30	17:45																
17:45	18:00																
18:00	18:15																
18:15	18:30																
18:30	18:45																
18:45	19:00																
19:00	19:15																
19:15	19:30																
19:30	19:45																
19:45	20:00																
20:00	20:15																
20:15	20:30																
20:30	20:45																
20:45	21:00																
TOTAL		13	0	33	0	31	0	54	0	298	0	500	0	55	0	70	0
VHMD		13	0	33	0	31	0	54	0	298	0	500	0	55	0	70	0

Total de vehículos mixtos	1,054
total de autos	46
total de camioneta rural	85
total de Mototaxis	798
total de Moto lineal	125
% de autos	4%
% de camioneta rural	8%
% de mototaxis	76%
% de moto lineal	12%

Mov	VHMD (Veh Mixtos/h)
21	397
22	
23	657
24	

Aforo vehicular del Jr. Junín - Validación

Fuente: Elaboración propia

HORARIO		AUTO				CAMIONETA RURAL				MOTOTAXIS				MOTO LINEAL			
		11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14	11	12	13	14
07:00	07:15																
07:15	07:30																
07:30	07:45																
07:45	08:00																
08:00	08:15	5	8			13	19			71	115			11	16		
08:15	08:30	3	8			9	14			79	127			11	17		
08:30	08:45	6	13			10	13			83	135			14	19		
08:45	09:00	9	12			7	11			89	141			15	17		
09:00	09:15																
09:15	09:30																
09:30	09:45																
09:45	10:00																
10:00	10:15																
10:15	10:30																
10:30	10:45																
10:45	11:00																
11:00	11:15																
11:15	11:30																
11:30	11:45																
11:45	12:00																
12:00	12:15																
12:15	12:30																
12:30	12:45																
12:45	13:00																
13:00	13:15																
13:15	13:30																
13:30	13:45																
13:45	14:00																
14:00	14:15																
14:15	14:30																
14:30	14:45																
14:45	15:00																
15:00	15:15																
15:15	15:30																
15:30	15:45																
15:45	16:00																
16:00	16:15																
16:15	16:30																
16:30	16:45																
16:45	17:00																
17:00	17:15																
17:15	17:30																
17:30	17:45																
17:45	18:00																
18:00	18:15																
18:15	18:30																
18:30	18:45																
18:45	19:00																
19:00	19:15																
19:15	19:30																
19:30	19:45																
19:45	20:00																
20:00	20:15																
20:15	20:30																
20:30	20:45																
20:45	21:00																
TOTAL		23	41	0	0	39	57	0	0	322	518	0	0	51	69	0	0
VHMD		23	41	0	0	39	57	0	0	322	518	0	0	51	69	0	0

Total de vehículos mixtos	1,120
total de autos	64
total de camioneta rural	96
total de Mototaxis	840
total de Moto lineal	120
% de autos	6%
% de camioneta rural	9%
% de mototaxis	75%
% de moto lineal	11%

Mov	VHMD (Veh Mixtos/h)
11	435
12	685
13	
14	

7.2 Anexo 2

Aforo Peatonal del Jr. Junín y Jr. Tarma -Calibración

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma (BCP) - Hora: 8:00 am a 9:00 am							
Jiron Tarma				Jiron Junin			
Unidad	Genero	Ruta 1.1	Ruta 1.2	Unidad	Genero	Ruta 2.1	Ruta 2.2
1	M	1.00		1	M	1.00	
2	V	1.00		2	V	1.00	
3	V	1.00		3	V	1.00	
4	V	1.00		4	V	1.00	
5	M		1.00	5	M	1.00	
6	M		1.00	6	V	1.00	
7	V		1.00	7	M	1.00	
8	V	1.00		8	M	1.00	
9	V	1.00		9	M	1.00	
10	V	1.00		10	V	1.00	
11	V	1.00		11	V	1.00	
12	M	1.00		12	V	1.00	
13	V	1.00		13	V	1.00	
14	V	1.00		14	M	1.00	
15	V	1.00		15	M	1.00	
16	M		1.00	16	V	1.00	
17	M		1.00	17	V		1.00
18	V		1.00	18	V		1.00
19	V	1.00		19	V		1.00
20	V	1.00		20	M		1.00
21	V	1.00		21	V		1.00
22	V	1.00		22	V		1.00
				23	V		1.00
				24	M		1.00
				25	M	1.00	
				26	V	1.00	
				27	V	1.00	
				28	V	1.00	
				29	M	1.00	
				30	V	1.00	
				31	M	1.00	
				32	M	1.00	
				33	M	1.00	
				34	V	1.00	
				35	V	1.00	
				36	V	1.00	
				37	V	1.00	
				38	M	1.00	
				39	M	1.00	
				40	V	1.00	
				41	V		1.00
				42	V		1.00
				43	V		1.00
				44	M		1.00
				45	V		1.00
				46	V		1.00
				47	V		1.00
				48	M		1.00

Junin (TIENDA BATA) Hora: 8:00 am a 9:00 am							
Jiron Junin				Jiron Tarma			
Unidad	Genero	Ruta 3.1	Ruta 3.2	Unidad	Genero	Ruta 4.1	Ruta 4.2
1	V		1.00	1	M		1.00
2	V		1.00	2	V		1.00
3	M		1.00	3	M		1.00
4	V		1.00	4	V		1.00
5	M		1.00	5	V		1.00
6	V		1.00	6	V		1.00
7	M		1.00	7	M		1.00
8	M	1.00		8	V		1.00
9	V	1.00		9	V		1.00
10	M	1.00		10	M		1.00
11	M		1.00	11	M		1.00
12	V		1.00	12	M		1.00
13	V		1.00	13	V		1.00
14	V		1.00	14	V		1.00
15	V		1.00	15	M		1.00
16	V		1.00	16	M		1.00
17	V		1.00	17	M		1.00
18	M		1.00	18	V		1.00
19	V		1.00	19	V		1.00
20	V		1.00	20	V		1.00
21	V		1.00	21	V		1.00
22	M		1.00	22	V		1.00
23	M		1.00	23	V		1.00
24	V		1.00	24	V		1.00
25	M		1.00	25	M		1.00
26	V		1.00	26	V		1.00
27	M		1.00	27	M		1.00
28	M	1.00		28	V		1.00
29	V	1.00		29	V		1.00
30	M	1.00		30	V		1.00
31	M		1.00	31	M		1.00
32	V		1.00	32	V		1.00
33	V		1.00	33	V		1.00
34	V		1.00	34	M		1.00
35	V		1.00	35	M		1.00
36	V		1.00	36	M		1.00
				37	V		1.00
				38	V		1.00
				39	M		1.00
				40	M		1.00
				41	M		1.00
				42	V		1.00

Total	108	70.00	38.00	224	154.00	14.00	56.00
		65%	35%		69%	6%	25%

158	36.00	58.00	64.00	170	26.00	96.00	48.00
	23%	37%	41%		15%	56%	28%

EN ACCESOS					
Total de Personas	108		224		
Total de Varones	70	65%	138	62%	
Total de Mujeres	38	35%	86	38%	

158		170	
102	65%	96	56%
56	35%	74	44%

Fuente: Elaboración propia

[illegible]

EN ACCESOS							
Total de Personas	108	224		158		170	
Total de Varones	70 65%	138 62%		102 65%		96 56%	
Total de Mujeres	38 35%	86 38%		56 35%		74 44%	

7.3 Anexo 3

Rutas Vehiculares del Jr. Junín y Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

Flujograma Vehicular del Jr. Junín y Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

7.4 Anexo 4

Rutas Peatonales del Jr. Junín y Jr. Tarma

Fuente: Elaboración propia

7.5 Anexo 5

Demoras Vehiculares del Jr. Tarma - Calibración

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma Hora: 08:00 - 09:00 am / L= 58.00 mts						
Unidad	L (Mts.)	L (Km.)	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (km/Hr)
1	58.00	0.058	30.87	1.88	0.0086	6.76
2	58.00	0.058	26.15	2.22	0.0073	7.98
3	58.00	0.058	27.38	2.12	0.0076	7.63
4	58.00	0.058	21.91	2.65	0.0061	9.53
5	58.00	0.058	31.69	1.83	0.0088	6.59
6	58.00	0.058	24.45	2.37	0.0068	8.54
7	58.00	0.058	21.16	2.74	0.0059	9.87
8	58.00	0.058	18.04	3.22	0.0050	11.57
9	58.00	0.058	34.11	1.70	0.0095	6.12
10	58.00	0.058	31.33	1.85	0.0087	6.66
11	58.00	0.058	20.73	2.80	0.0058	10.07
12	58.00	0.058	33.46	1.73	0.0093	6.24
13	58.00	0.058	27.98	2.07	0.0078	7.46
14	58.00	0.058	25.36	2.29	0.0070	8.23
15	58.00	0.058	24.23	2.39	0.0067	8.62
16	58.00	0.058	32.58	1.78	0.0091	6.41
17	58.00	0.058	27.81	2.09	0.0077	7.51
18	58.00	0.058	33.30	1.74	0.0093	6.27
19	58.00	0.058	24.03	2.41	0.0067	8.69
20	58.00	0.058	31.09	1.87	0.0086	6.72
21	58.00	0.058	19.57	2.96	0.0054	10.67
22	58.00	0.058	20.49	2.83	0.0057	10.19
23	58.00	0.058	23.35	2.48	0.0065	8.94
24	58.00	0.058	25.92	2.24	0.0072	8.06
25	58.00	0.058	25.94	2.24	0.0072	8.05
			26.52	Promedio		8.14

Demoras Vehiculares del Jr. Junín - Calibración

Fuente: Elaboración propia

Jiron Junin Hora: 08:00 - 09:00 am / L= 60.00 mts						
Unidad	L (Mts.)	L (Km.)	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (km/Hr)
1	60.00	0.060	28.31	2.12	0.00786	7.63
2	60.00	0.060	36.54	1.64	0.01015	5.91
3	60.00	0.060	19.64	3.05	0.00546	11.00
4	60.00	0.060	30.07	2.00	0.00835	7.18
5	60.00	0.060	32.95	1.82	0.00915	6.56
6	60.00	0.060	21.45	2.80	0.00596	10.07
7	60.00	0.060	21.16	2.84	0.00588	10.21
8	60.00	0.060	24.04	2.50	0.00668	8.99
9	60.00	0.060	22.11	2.71	0.00614	9.77
10	60.00	0.060	25.33	2.37	0.00704	8.53
11	60.00	0.060	28.73	2.09	0.00798	7.52
12	60.00	0.060	18.47	3.25	0.00513	11.69
13	60.00	0.060	26.08	2.30	0.00724	8.28
14	60.00	0.060	25.36	2.37	0.00704	8.52
15	60.00	0.060	29.23	2.05	0.00812	7.39
16	60.00	0.060	31.58	1.90	0.00877	6.84
17	60.00	0.060	29.81	2.01	0.00828	7.25
18	60.00	0.060	26.30	2.28	0.00731	8.21
19	60.00	0.060	26.93	2.23	0.00748	8.02
20	60.00	0.060	19.78	3.03	0.00549	10.92
21	60.00	0.060	24.59	2.44	0.00683	8.78
22	60.00	0.060	26.94	2.23	0.00748	8.02
23	60.00	0.060	22.31	2.69	0.00620	9.68
24	60.00	0.060	21.40	2.80	0.00594	10.09
25	60.00	0.060	26.87	2.23	0.00746	8.04
			25.84	Promedio		8.60

Demoras Vehiculares del Jr. Tarma - Validación

Fuente: Elaboración propia

Jiron Tarma Hora: 08:00 - 09:00 am / L= 58.00 mts						
Unidad	L (Mts.)	L (Km.)	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (km/Hr)
1	58.00	0.058	31.59	1.84	0.0088	6.61
2	58.00	0.058	29.42	1.97	0.0082	7.10
3	58.00	0.058	31.36	1.85	0.0087	6.66
4	58.00	0.058	23.56	2.46	0.0065	8.86
5	58.00	0.058	31.98	1.81	0.0089	6.53
6	58.00	0.058	25.15	2.31	0.0070	8.30
7	58.00	0.058	21.02	2.76	0.0058	9.93
8	58.00	0.058	19.54	2.97	0.0054	10.69
9	58.00	0.058	31.11	1.86	0.0086	6.71
10	58.00	0.058	28.33	2.05	0.0079	7.37
11	58.00	0.058	21.53	2.69	0.0060	9.70
12	58.00	0.058	34.09	1.70	0.0095	6.12
13	58.00	0.058	28.05	2.07	0.0078	7.44
14	58.00	0.058	24.74	2.34	0.0069	8.44
15	58.00	0.058	25.93	2.24	0.0072	8.05
16	58.00	0.058	33.97	1.71	0.0094	6.15
17	58.00	0.058	29.81	1.95	0.0083	7.00
18	58.00	0.058	32.56	1.78	0.0090	6.41
19	58.00	0.058	24.41	2.38	0.0068	8.55
20	58.00	0.058	30.09	1.93	0.0084	6.94
21	58.00	0.058	21.56	2.69	0.0060	9.68
22	58.00	0.058	19.85	2.92	0.0055	10.52
23	58.00	0.058	23.35	2.48	0.0065	8.94
24	58.00	0.058	18.40	3.15	0.0051	11.35
25	58.00	0.058	27.13	2.14	0.0075	7.70
			26.74	Promedio	8.07	

Demoras Vehiculares del Jr. Junín - Validación

Fuente: Elaboración propia

Jiron Junin Hora: 08:00 - 09:00 am / L= 60.00 mts						
Unidad	L (Mts.)	L (Km.)	Tiempo (Seg)	Velocidad (m/s)	Tiempo (Hr.)	Velocidad (km/Hr)
1	60.00	0.060	29.11	2.06	0.00809	7.42
2	60.00	0.060	27.40	2.19	0.00761	7.88
3	60.00	0.060	19.31	3.11	0.00536	11.19
4	60.00	0.060	27.67	2.17	0.00769	7.81
5	60.00	0.060	34.50	1.74	0.00958	6.26
6	60.00	0.060	28.51	2.10	0.00792	7.58
7	60.00	0.060	19.15	3.13	0.00532	11.28
8	60.00	0.060	32.40	1.85	0.00900	6.67
9	60.00	0.060	24.14	2.49	0.00671	8.95
10	60.00	0.060	21.56	2.78	0.00599	10.02
11	60.00	0.060	27.78	2.16	0.00772	7.78
12	60.00	0.060	31.47	1.91	0.00874	6.86
13	60.00	0.060	28.08	2.14	0.00780	7.69
14	60.00	0.060	26.21	2.29	0.00728	8.24
15	60.00	0.060	28.96	2.07	0.00804	7.46
16	60.00	0.060	36.80	1.63	0.01022	5.87
17	60.00	0.060	31.21	1.92	0.00867	6.92
18	60.00	0.060	28.41	2.11	0.00789	7.60
19	60.00	0.060	27.33	2.20	0.00759	7.90
20	60.00	0.060	19.82	3.03	0.00551	10.90
21	60.00	0.060	34.52	1.74	0.00959	6.26
22	60.00	0.060	19.56	3.07	0.00543	11.04
23	60.00	0.060	26.73	2.24	0.00743	8.08
24	60.00	0.060	25.87	2.32	0.00719	8.35
25	60.00	0.060	29.39	2.04	0.00816	7.35
			27.44	Promedio		8.13

7.6 Anexo 6

Statkey Peatonal del Jr. Tarma - Calibración

Fuente: Elaboración propia

Statkey Peatonal del Jr. Junín - Calibración

Fuente: Elaboración propia

Statkey Vehicular del Jr. Tarma - Calibración

Fuente: Elaboración propia

Statkey Vehicular del Jr. Junín - Calibración

Fuente: Elaboración propia

7.7 Anexo 7

Statkey Peatonal del Jr. Tarma - Validación

Fuente: Elaboración propia

Statkey Peatonal del Jr. Junín - Validación

Fuente: Elaboración propia

Statkey Vehicular del Jr. Tarma - Validación

Fuente: Elaboración propia

Statkey Vehicular del Jr. Junín - Validación

Fuente: Elaboración propia

7.8 Anexo 8

Cuadro Comparativo de Demoras por control

Fuente: Elaboración propia

Validación		
DEMORAS VEHICULARES		
Calles	TARMA	JUNÍN
Distancia (m)	58	60
1	26.13	26.00
2	34.38	28.78
3	32.39	26.28
4	24.58	30.52
5	26.52	29.04
6	26.74	40.59
7	21.15	22.42
8	33.36	36.13
9	21.48	29.62
10	28.45	19.30
11	20.19	25.96
12	25.45	28.80
13	28.91	32.64
14	27.23	21.33
15	31.48	36.29
16	21.88	24.45
17	29.68	26.17
18	27.12	32.04
19	24.06	22.19
20	31.94	29.32
21	23.38	36.17
22	19.12	25.59
23	25.07	28.19
24	28.59	23.09
25	28.31	29.58
Promedio	26.70	28.42
Desv. Estand.	4.17	5.21
Minimo	19.12	19.30
Maximo	34.38	40.59

Propuesta de Mejora		
DEMORAS VEHICULARES		
Calles	TARMA	JUNÍN
Distancia (m)	58	60
1	8.79	10.35
2	9.70	10.04
3	8.98	9.81
4	9.00	9.94
5	9.33	9.83
6	9.40	9.63
7	9.45	9.41
8	9.02	10.14
9	8.97	10.15
10	8.60	9.70
11	9.43	9.34
12	9.21	10.26
13	8.64	10.00
14	9.36	9.76
15	9.10	9.06
16	9.89	9.79
17	9.14	10.21
18	9.56	9.86
19	9.25	10.28
20	9.03	10.09
21	8.29	9.65
22	9.03	9.98
23	9.55	10.14
24	9.21	9.02
25	9.51	9.33
Promedio	9.18	9.83
Desv. Estand.	0.36	0.37
Mínimo	8.29	9.02
Maximo	9.89	10.35

Resumen Cuadro Comparativo de Demoras por control

Fuente: Elaboración propia

VALIDACION			PROPUESTA DE MEJORA		
DEMORAS VEHICULARES			DEMORAS VEHICULARES		
	TARMA	JUNIN		TARMA	JUNIN
Demoras	26.70	28.42	Demoras	9.18	9.83
Promedio	27.56 Seg.		Promedio	9.51 Seg.	