



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Semaforización para minimizar la congestión vehicular en las
intersecciones de vías urbanas

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Escobar Herrera, Hugo Fernando
ORCID: 0000-0002-5663-3179

Loyola Zamalloa, Gonzalo
ORCID: 0009-0004-6076-5491

ASESOR

Arevalo Lay, Victor Eleuterio
ORCID: 0000-0002-2518-8201

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos de los autores

Escobar Herrera, Hugo Fernando

DNI: 72653260

Loyola Zamalloa, Gonzalo

DNI: 72239411

Datos de asesor

Arevalo Lay, Victor Eleuterio

DNI: 04434662

Datos del jurado

JURADO 1

Davila Fernandez, Susana Irene

DNI: 09147106

ORCID: 0000-0002-6949-1317

JURADO 2

Huaman Guerrero, Nestor Wilfredo

DNI: 10281360

ORCID: 0000-0002-7722-8711

JURADO 3

Tamara Rodriguez, Joaquin Samuel

DNI: 31615059

ORCID: 0000-0002-4568-9759

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Hugo Fernando Escobar Herrera , con código de estudiante N° 201611174 , con DNI N° 72653260, con domicilio en Mz. 43 Lt. 17 Urb: Previ , distrito Callao, provincia y departamento de Callao , y Gonzalo Loyola Zamalloa , con código de estudiante N° 201320704, con DNI N° 72239411, con domicilio en Jr. Los Cipreses 170 Block 170 int. 170 Urb: Repartición , distrito Comas, provincia y departamento de Lima, en nuestra condición de bachilleres en Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

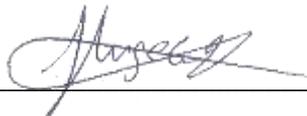
La presente tesis titulada: “Semaforización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Arevalo Lay Victor Eleuterio, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc.; la cual ha sido sometida al antiplagio Turnitin y tiene el 25 % de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

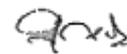
En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 22 de octubre de 2023



Hugo Fernando Escobar Herrera

DNI N° 72653260



Gonzalo Loyola Zamalloa

DNI N° 72239411

INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN

Semaforización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

INFORME DE ORIGINALIDAD

25% INDICE DE SIMILITUD	25% FUENTES DE INTERNET	1% PUBLICACIONES	10% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.cepal.org Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos que siempre me apoyaron desde el inicio de este camino; a Mirella, mi compañera de vida, que es mi apoyo incondicional y a mis hijos Matheo y León que son el motor de mi vida.

Hugo Fernando Escobar Herrera

Quiero dedicar esta tesis a mis padres y hermano, porque ellos han dado razón a mi vida por sus consejos, su apoyo y su paciencia; agradecer profundamente a mi esposa Giselle y a mi hija Alyssa por brindarme su apoyo incondicional y ayudarme a conseguir esta victoria en mi vida.

Gonzalo Loyola Zamalloa

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera, al ingeniero Víctor Arévalo Lay por asesorarnos y motivarnos durante todo este tiempo de preparación; y a todas las personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos a docentes y familiares.

Hugo Fernando Escobar Herrera
Gonzalo Loyola Zamalloa

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD–TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción y formulación del problema general y específico	2
1.1.1. Problema general	4
1.1.2. Problema específico	4
1.2. Objetivo general y específico	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivo específico.....	4
1.3. Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática.....	4
1.3.1. Delimitación temporal	4
1.3.2. Delimitación espacial	5
1.3.3. Delimitación temática.....	5
1.4. Justificación e importancia	5
1.4.1. Importancia.....	5
1.4.2. Justificación social	5
1.4.3. Justificación metodológica	5
1.4.4. Justificación económica	6
1.4.5. Justificación ambiental	6
1.4.6. Justificación práctica	6
1.5. Limitaciones del estudio	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes del estudio de investigación	7

2.1.1. Marco histórico	7
2.1.2. Investigaciones nacionales	7
2.1.3. Investigaciones internacionales	8
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	9
2.2.1. Semaforización	9
2.2.1.1. Fases del semáforo	12
2.2.1.2. Tiempos de semáforo	14
2.2.2. Congestión vehicular.	15
2.2.2.1. Nivel de servicio	19
2.2.2.2. Flujo de saturación	21
2.2.2.3. Volumen horario de máxima demanda (VHMD).....	23
2.2.2.4. Factor horario de máxima demanda (FHMD)	23
2.2.2.5. Tasa de flujo equivalente en 15 minutos	24
2.3. Tipos de intersecciones	24
2.3.1. Proceso de selección del diseño	25
2.4. Definición de términos básicos	26
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	28
3.1. Hipótesis	28
3.1.1. Hipótesis principal	28
3.1.2. Hipótesis específicas	28
3.2. Variables	28
3.2.1. Definición conceptual de las variables	28
3.2.1.1. Semaforización.....	28
3.2.1.2. Congestión vehicular	29
3.2.2. Operacionalización de las variables.....	29
3.2.2.1. Variable independiente: Semaforización	29
3.2.2.2. Variable dependiente: Congestión vehicular	29
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	30
4.1. Tipo y nivel de investigación	30
4.1.1. Tipo	30
4.1.2. Nivel.....	30
4.2. Diseño de investigación	30
4.3. Población y muestra.....	30
4.3.1. Población:	30

4.3.2. Muestra:	30
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
4.4.1. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	31
4.4.2. Procedimientos para la recolección de datos	31
4.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	31
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA	
INVESTIGACIÓN	32
5.1. Diagnóstico y situación actual	32
5.1.1. Situación actual.....	32
5.1.1.1 Ubicación geográfica.....	32
5.1.1.2 Ciclo y tiempo de semáforo.....	35
5.1.1.3. Conteo vehicular.....	36
5.1.2. Diagnóstico	40
5.1.2.1. Procesamiento de toma de datos.....	40
5.2. Presentación de resultados	64
5.2.1. Promedio de datos de intersección 1 (anexo S)	64
5.2.2. Promedio de datos de intersección 2 (anexo T).....	67
5.2.3. Promedio de datos de intersección 3 (anexo U)	71
5.2.4. Promedio de datos de intersección 4 (anexo V)	74
5.2.5. Flujograma	78
5.3. Análisis de resultados	80
5.3.1. Ingreso de datos a software Synrho 11.	80
5.3.2. Comparación de resultados.....	91
5.4. Constatación de hipótesis.....	91
5.4.1. Hipótesis secundaria 1	91
5.4.2. Hipótesis secundaria 2	92
CONCLUSIONES	94
RECOMENDACIONES.....	95
REFERENCIAS.....	96
ANEXOS	99
Anexo A: Matriz de consistencia.....	99
Anexo B: Formato toma de datos 1 (intersección 1)	100
Anexo C: Formato toma de datos 2 (intersección 2)	101
Anexo D: Formato toma de datos 3 (intersección 3).....	102

Anexo E: Formato toma de datos 4 (intersección 4)	103
Anexo F: Plano del distrito de los Olivos	104
Anexo G: Formato toma de datos intersección 1 del día 02 de agosto del 2023	105
Anexo H: Formato toma de datos intersección 2 del día 02 de agosto del 2023	106
Anexo I: Formato toma de datos intersección 3 del día 02 de agosto del 2023	107
Anexo J: Formato toma de datos intersección 4 del día 02 de agosto del 2023	108
Anexo K: Formato toma de datos intersección 1 del día 08 de agosto del 2023	109
Anexo L: Formato toma de datos intersección 2 del día 08 de agosto del 2023	110
Anexo M: Formato toma de datos intersección 3 del día 08 de agosto del 2023	111
Anexo N: Formato toma de datos intersección 4 del día 08 de agosto del 2023	112
Anexo O: Formato toma de datos intersección 1 del día 14 de agosto del 2023	113
Anexo P: Formato toma de datos intersección 2 del día 14 de agosto del 2023	114
Anexo Q: Formato toma de datos intersección 3 del día 14 de agosto del 2023	115
Anexo R: Formato toma de datos intersección 4 del día 14 de agosto del 2023	116
Anexo S: Promedio de datos de intersección 1	117
Anexo T: Promedio de datos de intersección 2	118
Anexo U: Promedio de datos de intersección 3	119
Anexo V: Promedio de datos de intersección 4	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Cantidad de vehículos en intersección 1 (02 de agosto 2023)</i>	40
Tabla 2: <i>Cantidad de vehículos en intersección 2 (02 de agosto 2023)</i>	42
Tabla 3: <i>Cantidad de vehículos en intersección 3 (02 de agosto 2023)</i>	44
Tabla 4: <i>Cantidad de vehículos en intersección 4 (02 de agosto 2023)</i>	46
Tabla 5: <i>Cantidad de vehículos en intersección 1 (08 de agosto 2023)</i>	48
Tabla 6: <i>Cantidad de vehículos en intersección 2 (08 de agosto 2023)</i>	50
Tabla 7: <i>Cantidad de vehículos en intersección 3 (08 de agosto 2023)</i>	52
Tabla 8: <i>Cantidad de vehículos en intersección 4 (08 de agosto 2023)</i>	54
Tabla 9: <i>Cantidad de vehículos en intersección 1 (14 de agosto 2023)</i>	56
Tabla 10: <i>Cantidad de vehículos en intersección 2 (14 de agosto 2023)</i>	58
Tabla 11: <i>Cantidad de vehículos en intersección 3 (14 de agosto 2023)</i>	60
Tabla 12: <i>Cantidad de vehículos en intersección 4 (14 de agosto 2023)</i>	62
Tabla 13: <i>Cantidad de vehículos promedio en intersección 1</i>	64
Tabla 14: <i>Flujo de hora pico de intersección 1</i>	65
Tabla 15: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 1 en intersección 1</i>	66
Tabla 16: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 2 en intersección 1</i>	66
Tabla 17: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 3 en intersección 1</i>	67
Tabla 18: <i>Flujo de hora pico ajustado en intersección 1</i>	67
Tabla 19: <i>Cantidad de vehículos promedio en intersección 2</i>	67
Tabla 20: <i>Flujo de hora pico de intersección 2</i>	69
Tabla 21: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 4 en intersección 2</i>	69
Tabla 22: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 5 en intersección 2</i>	70
Tabla 23: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 6 en intersección 2</i>	70
Tabla 24: <i>Flujo de hora pico ajustado en intersección 2</i>	70
Tabla 25: <i>Cantidad de vehículos promedio en intersección 3</i>	71
Tabla 26: <i>Flujo de hora pico de intersección 3</i>	72
Tabla 27: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 7 en intersección 3</i>	73
Tabla 28: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 8 en intersección 3</i>	73
Tabla 29: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 9 en intersección 3</i>	74
Tabla 30: <i>Flujo de hora pico ajustado en intersección 3</i>	74
Tabla 31: <i>Cantidad de vehículos promedio en intersección 4</i>	74
Tabla 32: <i>Flujo de hora pico de intersección 4</i>	76

Tabla 33: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 10 en intersección 4</i>	76
Tabla 34: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 11 en intersección 4</i>	77
Tabla 35: <i>Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 12 en intersección 4</i>	77
Tabla 36: <i>Flujo de hora pico ajustado en intersección 4</i>	77
Tabla37: <i>Flujograma ajustado</i>	78
Tabla 38: <i>Comparación de resultados obtenidos</i>	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Ejemplo de configuración de cabeza de semáforos</i>	10
Figura 2: <i>Fases del semáforo en una intersección</i>	12
Figura 3: <i>Intervalo de cambio de fase</i>	15
Figura 4: <i>Aumento de vehículos a través de los años</i>	19
Figura 5: <i>Niveles de servicio</i>	21
Figura 6: <i>Modelo básico de flujo de saturación</i>	22
Figura 7: <i>Modelo básico de flujo de saturación</i>	26
Figura 8: <i>Ubicación del distrito de los olivos</i>	32
Figura 9: <i>Sectores de la zona de estudio</i>	33
Figura 10: <i>Intersección 1</i>	33
Figura 11: <i>Intersección 2</i>	34
Figura 12: <i>Intersección 3</i>	34
Figura 13: <i>Intersección 4</i>	35
Figura 14: <i>Ciclo y tiempo de semáforo de la intersección estudiada</i>	35
Figura 15: <i>Toma de datos del día 02 de agosto del 2023</i>	36
Figura 16: <i>Toma de datos del día 02 de agosto del 2023</i>	37
Figura 17: <i>Toma de datos del día 08 de agosto del 2023</i>	38
Figura 18: <i>Toma de datos del día 14 de agosto del 2023</i>	39
Figura 19: <i>Porcentaje de vehículos en la intersección 1 día 02 de agosto</i>	40
Figura 20: <i>Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1 día 02 de agosto</i> .	41
Figura 21: <i>Porcentaje de vehículos en la intersección 2 día 02 de agosto</i>	42
Figura 22: <i>Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 2 día 02 de agosto</i> .	43
Figura 23: <i>Porcentaje de vehículos en la intersección 3 día 02 de agosto</i>	44
Figura 24: <i>Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3 día 02 de agosto</i> .	45
Figura 25: <i>Porcentaje de vehículos en la intersección 4 día 02 de agosto</i>	46
Figura 26: <i>Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4 día 02 de agosto</i> .	47
Figura 27: <i>Porcentaje de vehículos en la intersección 1 día 08 de agosto</i>	48
Figura 28: <i>Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1 día 08 de agosto</i> .	49
Figura 29: <i>Porcentaje de vehículos en la intersección 2 día 8 de agosto</i>	50
Figura 30: <i>Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 2 día 08 de agosto</i> .	51
Figura 31: <i>Porcentaje de vehículos en la intersección 3 día 08 de agosto</i>	52
Figura 32: <i>Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3 día 08 de agosto</i> .	53

Figura 33:Porcentaje de vehículos en la intersección 4 día 08 de agosto	54
Figura 34:Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4 día 08 de agosto.	55
Figura 35:Porcentaje de vehículos en la intersección 1 día 14 de agosto	56
Figura 36:Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1 día 14 de agosto .	57
Figura 37:Porcentaje de vehículos en la intersección 2 día 14 de agosto	58
Figura 38:Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 2 día 14 de agosto .	59
Figura 39:Porcentaje de vehículos en la intersección 3 día 14 de agosto	60
Figura 40:Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3 día 14 de agosto .	61
Figura 41:Porcentaje de vehículos en la intersección 4 día 14 de agosto	62
Figura 42:Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4 día 14 de agosto .	63
Figura 43:Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 1.....	64
Figura 44:Promedio de hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1.....	65
Figura 45:Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 2.....	68
Figura 46:Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 2.....	68
Figura 47:Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 3.....	71
Figura 48:Promedio de hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3.....	72
Figura 49:Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 4.....	75
Figura 50:Promedio de hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4.....	75
Figura 51:Flujograma.....	79
Figura 52:Flujograma en Synchrono 11	80
Figura 53:Intersección 1 en Synchrono 11	81
Figura 54:Datos relevantes sobre intersección 1 en Synchrono 11.....	82
Figura 55:Tiempo optimizado de semáforo en intersección 1	82
Figura 56:Optimización de valores de intersección 1 en Synchrono 11.....	82
Figura 57:Intersección 2 en Synchrono 11	83
Figura 58:Datos relevantes sobre intersección 2 en Synchrono 11.....	83
Figura 59:Tiempo optimizado de semáforo en intersección 2	84
Figura 60:Optimización de valores de intersección 2 en Synchrono 11.....	84
Figura 61:Intersección 3 en Synchrono 11	85
Figura 62:Datos relevantes sobre intersección 3 en Synchrono 11.....	85
Figura 63:Tiempo optimizado de semáforo en intersección 3	86
Figura 64:Optimización de valores de intersección 3 en Synchrono 11.....	86
Figura 65:Intersección 4 en Synchrono 11	87
Figura 66:Datos relevantes sobre intersección 4 en Synchrono 11.....	87

Figura 67: <i>Tiempo optimizado de semáforo en intersección 4</i>	88
Figura68: <i>Optimización de valores de intersección 4 en Syncrho 11</i>	88
Figura 69: <i>Simulación de las intersecciones de la avenida universitaria y avenida Angelica gamarra</i>	89
Figura 70: <i>Simulación optimizada de las intersecciones de la avenida universitaria y avenida Angelica gamarra</i>	90

RESUMEN

Esta tesis titulada semaforización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas tiene como objetivo principal determinar la semaforización para minimizar la congestión aplicando el software synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria. En la actualidad, el rápido aumento en el número de vehículos en circulación está ocasionando una significativa congestión del tráfico y un problema primordial en las ciudades urbanas. Esto genera molestias entre la población, conllevando a pérdidas de tiempo en el desplazamiento y aumentando el gasto de combustible para los dueños de vehículos. Por lo tanto, este estudio se enfoca en una avenida principal como su área de investigación, analizando la congestión vehicular como su principal problema en la movilidad. Para tal objetivo se tomó como base estudio el aforo vehicular de 3 días distintos desde las 5 pm hasta las 8 pm en cuatro puntos estratégicos determinándose así el volumen horario de máxima demanda VHMD para luego realizar el aforo vehicular en las intersecciones, posteriormente se trabajó en gabinete con la base metodológica HCM 2010 y utilización de Software SYNCHRO 11 para la simulación; con los resultados se obtuvo el grado de saturación, los tiempos de pérdida y la determinación del nivel de servicio en las intersecciones para posteriormente optimizarlo con las bondades del software obteniendo como resultado una ligera mejora en los valores medidos y por ende, en el nivel de servicio.

Palabras Claves: Nivel de Servicio, Congestión vehicular, Capacidad vial, Synchro 11, Grado de saturación, Tiempo de pérdida.

ABSTRACT

This thesis entitled traffic lights to minimize traffic congestion at intersections of urban roads has as its main objective to determine the traffic lights to minimize congestion by applying the synchro 11 software at the intersection of Angélica Gamarra avenues and Universitaria avenue. Currently, the rapid increase in the number of vehicles in circulation is causing significant traffic congestion and a major problem in urban cities. This generates inconvenience among the population, leading to loss of time while traveling and increasing fuel costs for vehicle owners. Therefore, this study focuses on a main avenue as its research area, analyzing vehicle congestion as its main mobility problem. For this objective, the vehicle capacity of 3 different days from 5 pm to 8 pm at four strategic points was taken as a study basis, thus determining the hourly volume of maximum VHMD demand and then carrying out the vehicle capacity at the intersections. Subsequently, work was done on cabinet with the HCM 2010 methodological base and use of SYNCHRO 11 Software for simulation; With the results, the degree of saturation, the loss times and the determination of the level of service at the intersections were obtained to subsequently optimize it with the benefits of the software, resulting in a slight improvement in the measured values and, therefore, in the level of service.

Keywords: Level of Service, Vehicle Congestion, Road Capacity, Synchro 11, Degree of Saturation, Loss Time

INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas es un desafío creciente en las ciudades modernas. El aumento constante de la flota automotriz y la falta de infraestructura adecuada han dado lugar a una problemática que afecta no solo la eficiencia del transporte, sino también la calidad de vida de los habitantes urbanos. En este contexto, la implementación de sistemas de semaforización se ha convertido en una estrategia crucial para abordar este problema, con el potencial de mejorar la fluidez del tráfico, reducir los tiempos de espera y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente.

Esta tesis se adentra en el análisis y desarrollo de solución mediante la optimización destinada a mitigar la congestión vehicular en la intersección de una vía urbana. A través de un enfoque multidisciplinario que combina la ingeniería de tráfico, la tecnología de control de semáforos y la gestión de datos, esta investigación busca identificar estrategias innovadoras y efectivas que optimicen la operación de semáforos en tiempo real, con el objetivo de mejorar la movilidad urbana y, al mismo tiempo, reducir el impacto ambiental. En un mundo cada vez más urbanizado y dependiente del transporte, esta tesis busca contribuir al desarrollo de soluciones prácticas que beneficien a las ciudades y a sus habitantes.

El primer capítulo comienza con una breve descripción de la situación problemática, la justificación detrás de la investigación y los objetivos que se pretenden alcanzar. En el segundo capítulo, se aborda el fundamento teórico, que incluye los conceptos y fundamentos teóricos necesarios para comprender mejor la tesis. El tercer capítulo se centra en el conjunto de hipótesis de investigación. El cuarto capítulo se dedica a la metodología, que abarca el tipo de investigación, la descripción y la recopilación de las técnicas y herramientas utilizadas para recopilar datos. El quinto capítulo presenta los resultados obtenidos durante la recolección de datos en el campo, siguiendo la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). Esto incluye el procesamiento y análisis de los datos, así como la simulación real utilizando el programa SYNCHRO 11.0 para evaluar el grado de saturación, el tiempo de demora y el nivel de servicio actual.

Por último, se plantearán las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos y a las propuestas de soluciones planteadas.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema general y específico

La sociedad parece haber tomado conciencia de que, en términos generales, los problemas relacionados con el transporte no solo se han vuelto más frecuentes en una variedad de contextos, sino que también han adquirido una gravedad mayor, tanto en países industrializados como en países en desarrollo. En los últimos años, el aumento en la demanda de transporte y el tráfico vehicular han dado lugar, especialmente en las grandes ciudades, a un aumento significativo en la congestión, los retrasos, los accidentes y los problemas medioambientales, superando ampliamente los niveles que la población considera aceptables. Este incremento abrupto de estos problemas se atribuye a la mayor accesibilidad a vehículos automotores, resultado del aumento del poder adquisitivo de las clases de ingresos medios, la disponibilidad de crédito, la disminución de los precios de venta, una mayor oferta de vehículos usados, el crecimiento poblacional, la reducción en el número de personas por hogar y la falta de aplicación de políticas bien estructuradas en el ámbito del transporte urbano. (Thompson y Bull, 2011, p.5)

“El transporte urbano en las ciudades mayores insume alrededor de 3½% del PIB regional, fracción abultada por la incidencia de la congestión de tránsito. Al costo de la congestión en términos de pérdida de eficiencia económica, hay que sumarle sus consecuencias negativas para la sociedad” (Thompson y Bull, 2011, p.5)

“Este fenómeno afecta no sólo a los automovilistas, sino que también a los usuarios del transporte colectivo, que son personas de ingresos menores, pues aumenta sus tiempos de viaje y, quizás de mayor consideración, hace subir el valor de los pasajes” (Thompson y Bull, 2011, p.6)

En la actualidad, el crecimiento de la población en las principales ciudades de todo el mundo ha llevado a una saturación prácticamente total de todos los medios de transporte terrestre, ya que la demanda ha superado ampliamente la capacidad original de las vías, como carreteras y autopistas. Este fenómeno ha provocado un aumento significativo en la congestión del tráfico, y esta situación no es ajena a la realidad que se vive en el Perú. Nuestro país enfrenta desafíos significativos en cuanto a la infraestructura de transporte, y los esfuerzos para abordar este problema suelen ser ineficientes y requieren un tiempo excesivo para su implementación. (Basurto e Yzaguirre, 2019, p.27)

Según Reguellin (2018) la congestión vehicular esta cada día peor y nuestras autoridades no plantean soluciones integrales. Los embotellamientos se vienen produciendo con

mayor frecuencia aproximadamente desde comienzo de este ciclo, sin embargo, el problema se inició mucho tiempo atrás. (p.3)

La asociación automotriz del Perú (2022) menciona que este es una situación que aqueja a toda la ciudadanía y es percibido como uno de los mayores problemas en nuestra capital. De acuerdo a encuestas realizadas por Ipsos en el 2019, previo a la pandemia, los ciudadanos perciben un 41% de inconformidad en cuanto al sistema de transporte masivo deficiente y tráfico vehicular. Esta situación afecta directamente la calidad de vida de las personas debido a que los niveles de contaminación ambiental y sonora aumentan, además, de la pérdida de tiempo de tiempo que monetizada puede causar perdidas. (p. 2)

A lo largo del tiempo, ha habido importantes esfuerzos en la ciudad para abordar el tema de la movilidad. Estos esfuerzos incluyen la implementación de sistemas de control de tráfico, sistemas de monitoreo, la construcción de vías perimetrales y la aplicación de medidas como el "pico y placa" que restringe el uso de vehículos en horas punta, según el número de placa del vehículo. Es relevante destacar que esta última medida se ha adoptado en varios países de América Latina. No obstante, a pesar de todas estas iniciativas, la congestión sigue aumentando, lo que provoca insatisfacción entre la población. (Herrera, 2017, p.364)

Hasta el momento, los semáforos funcionan mediante un sistema automatizado que asigna un período de tiempo fijo para cada cambio. Esto significa que, sin importar las condiciones, la regulación del tráfico se mantiene constante. Por ejemplo, el tiempo asignado para que los peatones crucen una avenida es el mismo sin importar la cantidad de peatones que necesiten cruzar en ese momento. Si pudiéramos ajustar el tiempo de los semáforos según las necesidades de los peatones o vehículos, podríamos mejorar la fluidez del tráfico y optimizarlo para reducir las emisiones de contaminantes o acortar el tiempo de espera de los peatones. (Uribe, 2020, p.2)

La investigación se lleva a cabo en el distrito de Los Olivos, ubicado al norte del departamento de Lima. Este distrito ha experimentado un aumento tanto en el número de viviendas como en la expansión de sus vías de acceso al centro de la ciudad, principalmente debido a la presencia de numerosas empresas y fábricas. Una de las arterias viales más importantes que atraviesa este distrito es la avenida Universitaria, que facilita el desplazamiento de muchos ciudadanos desde Los Olivos hacia otras áreas. Por lo tanto, en las horas de mayor congestión vehicular, esta vía se convierte en la única opción para todo tipo de vehículos, incluyendo autos, buses, taxis, colectivos, entre otros. Esto resulta en largas colas de tráfico que alcanzan un punto crítico en el cruce con la

avenida Angelica Gamarra. Esta situación provoca estrés, fatiga, accidentes y retrasos tanto para los pasajeros como para los conductores en su camino hacia sus lugares de trabajo o residencias.

1.1.1. Problema general

¿En qué medida la semaforización sirve para minimizar la congestión vehicular aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023?

1.1.2. Problema específico

- a. ¿Cuáles son las fases de semaforización para determinar el flujo o grado de saturación y el tiempo de pérdida aplicando el software synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023
- b. ¿Cuáles son las fases de la semaforización para determinar el nivel de servicio aplicando el software synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023?

1.2. Objetivo general y específico

1.2.1. Objetivo general

Determinar la semaforización para minimizar la congestión vehicular aplicando el software synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

1.2.2. Objetivo específico

- a. Establecer las fases de semaforización para determinar el flujo o grado de saturación y el tiempo de pérdida aplicando el software synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.
- b. Determinar las fases de semaforización para mejorar el nivel de servicio aplicando el software synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

1.3. Delimitación de la investigación: temporal espacial y temática

1.3.1. Delimitación temporal

Esta investigación se desarrollará en un periodo de 6 meses desde la primera semana de mayo hasta fines de octubre del 2023.

La revisión bibliográfica y estado del arte (3 meses): Durante este período, se realizará una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre semaforización y soluciones para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas. Se analizarán

investigaciones previas, técnicas utilizadas, métodos de evaluación y resultados obtenidos.

Recopilación de datos (1 mes): Se llevará a cabo la recopilación de datos relevantes para el estudio, como información del tráfico en las intersecciones seleccionadas, tiempos de espera, flujos vehiculares, patrones de tráfico, entre otros. Esta etapa puede requerir la instalación de sensores o la obtención de datos de fuentes existentes, dependiendo de los recursos disponibles.

Implementación y pruebas (2 meses): Se implementará el sistema de semaforización propuesto en un entorno de simulación mediante el software Synchro 11. Se realizaron pruebas exhaustivas para evaluar su efectividad y comparar los resultados con el estado inicial de la intersección.

1.3.2. Delimitación espacial

Define el área geográfica en la que se llevará a cabo el estudio. Para el caso de esta investigación la zona de estudio es la intersección de las avenidas universitaria y angélica gamarra en el distrito de los Olivos.

1.3.3. Delimitación temática

Campo: Ingeniería de tránsito

Área Académica: Congestionamiento vial

Línea de investigación: Semaforización de vías urbanas

Sub-Línea de Investigación: Semaforización de 2 vías urbanas en el distrito de los Olivos para reducir el congestionamiento vial.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Importancia

Nuestra investigación pretende aportar una solución al problema que existe en las vías a estudiar mejorando la semaforización, debido a que presentan congestionamiento vehicular durante las horas punta, las cuales impactan directamente en la calidad de vida de las personas que circulan por ahí perdiendo horas hombre y generando disconformidad.

1.4.2. Justificación social

Nuestra investigación busca proporcionar información útil a nuestro país y en especial a la municipalidad de los Olivos para poder tomar cartas en el asunto con respecto al problema encontrado en la zona de estudio, la cual ocasiona pérdida de horas hombre.

1.4.3. Justificación metodológica

Este tema de estudio se realizó en base a tesis e investigaciones relacionadas al tema y

siguiendo los lineamientos de las normas establecidas por el HCM y diferentes libros en relación a la semaforización

1.4.4. Justificación económica

La congestión vehicular genera retrasos en los desplazamientos, lo que resulta en un desperdicio de tiempo para los conductores y un consumo innecesario de combustible. Al mejorar la fluidez del tráfico a través de una mejor semaforización, se reducirán los tiempos de viaje y los gastos asociados, lo que se traduce en un ahorro económico para los conductores y las empresas de transporte.

1.4.5. Justificación ambiental

La congestión vehicular en las intersecciones contribuye a un mayor consumo de combustible y, por lo tanto, a la emisión de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂). Al mejorar la fluidez del tráfico mediante una mejor semaforización, se reducirá el tiempo de espera en las intersecciones, lo que a su vez reducirá el consumo de combustible y las emisiones de CO₂.

La congestión vehicular en las intersecciones también está asociada con altos niveles de ruido debido al tráfico constante. Al mejorar la fluidez del tráfico mediante una mejor semaforización, se pueden reducir los tiempos de espera y las paradas innecesarias, lo que a su vez disminuirá el impacto sonoro en las áreas urbanas y mejorará la calidad de vida de los residentes.

1.4.6. Justificación práctica

La semaforización eficiente permite una mejor utilización de los recursos de infraestructura existentes. En lugar de construir nuevas vías o ampliar las existentes, la optimización de los tiempos de espera en las intersecciones puede aumentar la capacidad y el rendimiento de las vías existentes. Esto ayuda a maximizar el uso de los recursos disponibles de manera práctica y rentable.

1.5. Limitaciones del estudio

Las condiciones de tráfico en las intersecciones pueden variar significativamente según la hora del día, el día de la semana o eventos especiales. Esta variabilidad puede dificultar la generalización de los resultados obtenidos en un período de tiempo específico. Además, la implementación de medidas de semaforización puede verse afectada por cambios en el comportamiento del tráfico o eventos imprevistos, lo que puede influir en la efectividad de las soluciones propuestas. Adicionalmente, puede ser difícil acceder a datos históricos para realizar análisis comparativos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio de investigación

2.1.1. Marco histórico

Figuroa (2005) menciona que “por la década de los años 20 y 30, el sistema de transporte existente debido al crecimiento de la población eran buses los cuales mantenían tarifas regularizadas para mantener su rentabilidad.” En 1991, según protransporte (2006), “se declara el decreto legislativo número 651 que da libre acceso a las rutas de transporte urbano. Como consecuencia, hubo un incremento de unidades y rutas de transporte, generando una agresiva competencia por pasajeros.” (Huapaya y Soto, 2012). Figuroa (2005) menciona que “el servicio ofrecido se vio en la obligación de ajustar la tarifa y reducir la calidad, como consecuencia ocurrió mayor número de accidentes.”

Con la creciente liberalización del mercado y la eliminación o privatización de los servicios de transporte público, se incentivó la participación del sector privado en el ámbito del transporte. Como resultado de esta tendencia, se realizaron inversiones en la adquisición de diversos tipos de vehículos, como taxis, combis, microbuses y otros medios de transporte. Sin embargo, muchos de estos vehículos no cumplían con los estándares de calidad ni con la legalidad requerida. Sorprendentemente, varios de estos vehículos siguen operando hasta el día de hoy. (Figuroa, 2005).

De forma general, la congestión vehicular es un proceso complejo, el cual origina con la cantidad de personas que se movilizan para realizar una actividad; ya sea, por trabajo, por estudio, entretenimiento. (Gonzáles, 2009). Esta es una tendencia que, según estudio de diferentes autores, va a ir en incremento debido al incremento poblacional y al incremento del parque automotriz sin ningún tipo de control.

2.1.2. Investigaciones nacionales

Flores, E (2021) presentó una tesis como parte de los requisitos para obtener su título, titulada "Caracterización de metodologías utilizadas en un sistema de transporte inteligente para mejorar la gestión vehicular en cruces peatonales y propuestas de aplicación, Cajamarca 2021". El objetivo principal de esta investigación era recopilar información esencial para identificar metodologías que pudieran ser aplicadas en sistemas de transporte inteligente, con un enfoque particular en la implementación de un plan inteligente para mejorar la gestión del tráfico en las intersecciones peatonales de la ciudad de Cajamarca. El método de investigación empleado fue cualitativo, basado en un enfoque lógico e inductivo. Se recopiló y analizó información procedente de estudios

científicos que estaban respaldados y ampliamente aceptados. Este proceso permitió describir las características de las metodologías utilizadas en los sistemas de transporte inteligente (ITS). Como resultado de la investigación, se obtuvieron mejoras sustanciales en la implementación de estas metodologías. Se logró reducir significativamente la congestión vehicular, con una duración de congestión de cero horas y un cambio en el nivel de servicio a la categoría B.

Valderrama, D (2022) en su tesis titulada “Análisis de la capacidad y niveles de servicio con alternativas de solución para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la avenida Balta y calle Ancash en la ciudad de Moquegua” analiza la capacidad de las vías con el objetivo de presentar una solución mediante la toma de datos en campo (Conteo vehicular, conteo de peatones, secciones viales y tiempos de semáforo) para posteriormente ingresar al software synchro 10 para dar un diagnóstico de la situación real. El autor concluye en que se debería agregar un carril extra a la vía para poder reducir los tiempos de espera y mejorar el grado de saturación.

Zapata J. (2020) Rimapa J. (2021) En su tesis titulada “Nivel de servicio y mejora del diseño geométrico de la avenida prolongación Grau de la ciudad de Piura” que tiene como objetivo principal proponer la mejora del diseño geométrico y mejora del nivel de servicio como una solución a la congestión vehicular. Esta investigación toma como área de estudio una avenida principal de 7.1 km la cual fue grabada durante 24 horas por 7 días para obtener datos de fluencia vehicular, de tal modo de podrá determinar el IMD y las horas punta. Posteriormente los datos fueron ingresados al software synchro 8 para la simulación respectiva y determinación de niveles de servicio.

2.1.3. Investigaciones internacionales

Gómez, A (2019) en su tesis titulada “Arquitectura IoT para la Presentación del Servicio de Semaforización inteligente en Bogotá” investigación para optar al título de Ingeniería Civil en la Universidad Católica de Colombia, Colombia. Se propuso como objetivo general, implementar sensores, software y otras tecnologías a través de semáforos inteligentes utilizando el sistema IoT para la ciudad de Bogotá, donde se empleó una metodología aplicada en un enfoque cualitativo, en el que se desarrolla el uso de sensores donde manifiesten las variables de tiempo. Como resultado de la investigación se pudo identificar los volúmenes de vehículos que van por cada dirección de cada carril tanto por derecha como por izquierda y de ruta continua y de igual manera identificamos la velocidad máxima y mínima de los giros permitidos, a su vez nos muestra los tiempos de

cambio de luz del semáforo dependiendo de las condiciones del tráfico presentado en la zona.

Gema C. (2020) en la investigación titulada “Evaluación para la implementación de semáforos inteligente en los cruces de Boulevard Luis Donaldo Colosio, Ciudad de México” el objetivo principal es evaluar la aplicación de un sistema eficiente para obtener el control total del tráfico vehicular aplicando el uso de semáforos inteligentes, aplicando una serie de métodos de investigación que son cuantitativa, referida a las estadísticas; explicativa, encargada de encontrar el porqué de los hechos; descriptiva con el fin de conocer su estructura o comportamiento del fenómeno y por ultimo investigación de campo refiriéndose a la obtención de datos de manera directa. Como resultado se pudo ver que el flujo vehicular fue fluido durante la hora de toma de datos en algunos cruces y en otros no, todo demostrado mediante tablas. Se concluyo que en base a la investigación hecha se sugiere el cambio de los semáforos por los semáforos inteligentes, proponiendo los siguientes modelos SWARCO ITC-3, ya que el software se encuentra en el mismo costo del equipo.

Piña J. y Zúñiga G. (2017) realizan en su tesis el tema “Análisis comparativo del sistema tradicional de semaforización vs Una propuesta de semaforización inteligente para la reducción del congestionamiento vehicular en la ciudad de Guayaquil” que tiene como objetivo brindar una mejora en el flujo vehicular por medio de la semaforización inteligente principalmente donde existe mayor congestión vehicular en la ciudad de Guayaquil. Se utilizo un método descriptivo explicativo y no experimental teniendo como herramientas la recolección de datos y flujogramas. Al ejecutar el sistema se obtuvo impactos favorables en relación al tráfico vehicular y así disminuyendo el tiempo de espera Se concluyo en la optimización de la circulación en las avenidas más congestionadas, generando beneficios sociales y ambientales.

2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1. Semaforización

Entre las diferentes definiciones, la SUTRAN (2009) menciona que el semáforo es un aparato eléctrico cuya finalidad es regular el tránsito de vehículos y ciudadanos mediante el uso de 3 luces (roja, verde y ámbar). Cada color tiene una indicación específica reglamentada. (Rojas, 2020, p.12)

La Conaset (2012) afirma que la semaforización de un cruce o intersección es, por lo general, la alternativa más eficaz para hacer frente al problema de congestión o seguridad de tránsito y, por eso mismo, se ha usado de forma indiscriminada, aplicándose en casos

donde se pudo haber aplicado otras medidas de menor costo, pero eficaces. Por ende, es importante conocer las ventajas y desventajas del uso del semáforo y las partes de este como se aprecia en la figura 1. (p. 4)

Las ventajas del uso de un semáforo:

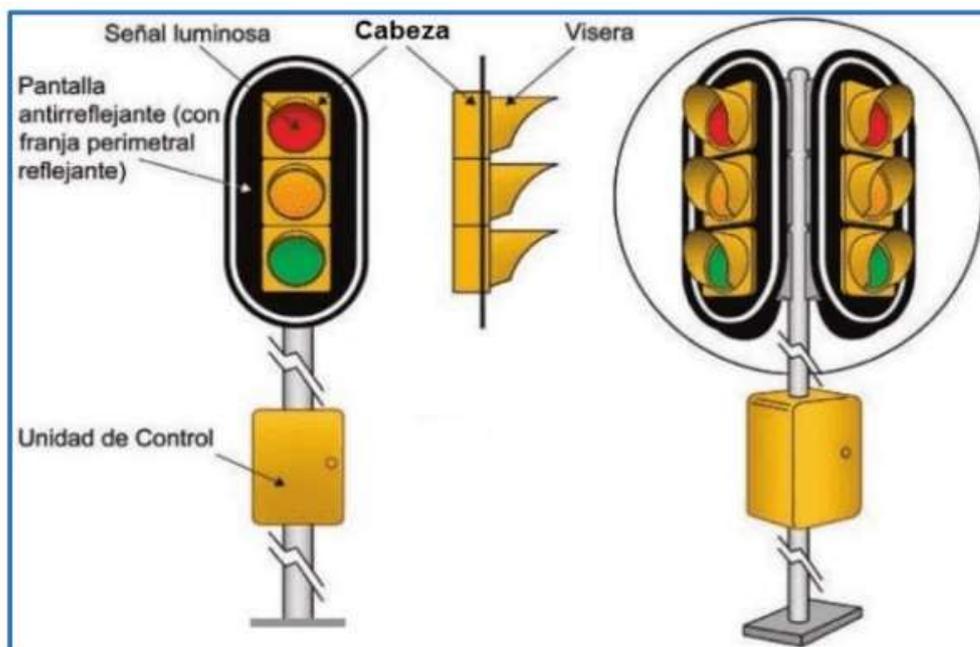
- *Incremento de la seguridad vial debido a la reducción de accidentes entre vehículos con diferente sentido de circulación.
- *Reducción de conflictos entre conductores debido a una mejor coordinación.
- *Reducción de demoras y mejora en el flujo vehicular debido a flujos prioritarios.
- *Posibilidad de coordinar “olas verdes”, mejorando la circulación y reduciendo el tiempo.
- *Óptimo uso de espacio vial en comparación con una rotonda.

Las desventajas de la semaforización:

- *Incremento de posibilidad de choque de vehículos en la misma dirección
- *Posibles disconformidades ante una programación de semáforos no óptima o bajos niveles de demanda.
- *Mantenimiento periódico mientras el semáforo esté en funcionamiento el cual puede elevar presupuestos.

Figura 1

Ejemplo de configuración de cabeza de semáforos



Nota. Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones).

De acuerdo con el Manual Interamericano (1988), es necesario llevar a cabo un estudio exhaustivo de las circunstancias del flujo vehicular y de las propiedades físicas del cruce vial, con el propósito de evaluar la conveniencia de implementar un sistema de señales luminosas y para facilitar la obtención de información requerida para diseñar los semáforos de manera adecuada y garantizar su funcionamiento correcto. En este análisis se deben contemplar:

*La cantidad de automóviles que ingresan a la intersección desde cada entrada, en cada hora, durante un lapso de 16 horas continuas en un día representativo. Estas 16 horas elegidas deben englobar la mayor parte del flujo vehicular en un período de 24 horas. [El objetivo es analizar cómo varía la demanda a lo largo del día y establecer los momentos de máxima y mínima afluencia para el diseño].

*Los flujos de vehículos para cada dirección provenientes de cada entrada, categorizados por categorías de vehículos (como automóviles, autobuses, camiones y otros), en intervalos de 15 minutos [(o intervalos de 5 minutos en casos de intersecciones con demanda altamente fluctuante)], a lo largo de dos horas en la mañana y dos horas en la tarde, correspondientes a los momentos de mayor entrada de tráfico [(es decir, en los momentos pico identificados previamente)].

*Se realizarán mediciones para determinar la cantidad de peatones que atraviesan cada cruce durante el mismo intervalo de tiempo mencionado anteriormente para los vehículos. Esto también se llevará a cabo durante las horas de mayor afluencia de peatones. En casos en los que sea necesario considerar las necesidades específicas de grupos como niños y personas mayores, se realizará una clasificación general de los peatones a través de la observación. Estos peatones se registrarán en categorías de edad de la siguiente manera:

- a) Menores de 13 años.
- b) De 13 a 60 años.
- c) Mayores de 60 años.

*La velocidad correspondiente al percentil 85 [de mediciones realizadas en condiciones de flujo sin interrupciones] de todos los vehículos en todas las entradas no reguladas por la intersección.

*Un gráfico que exhiba las características tanto físicas como funcionales de la intersección, abarcando aspectos como el estado de la superficie del camino, la configuración geométrica del cruce, e incorporando detalles sobre carriles separados, inclinaciones, y condiciones que impactan la visibilidad, paradas de autobuses y sus rutas, disponibilidad de estacionamiento en los accesos, señalizaciones en el pavimento, la

luminosidad de las calles y vías, ubicación de cruces ferroviarios cercanos, distancia a los semáforos más próximos, postes susceptibles de utilizarse como puntos de soporte, y los diversos usos de los terrenos circundantes.

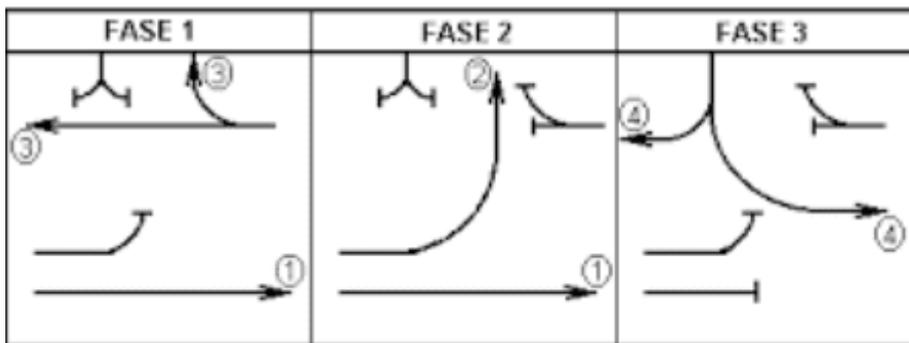
*Un registro detallado de esquemas de colisiones y el estado en que se encuentran los incidentes, abarcando al menos un año de datos, idealmente enfocándose en el último año, categorizándolos según su tipo, lugar, dirección de los movimientos involucrados, nivel de gravedad, momento del día, fecha y día de la semana.

2.2.1.1. Fases del semáforo

Como se observa en la figura 2, las fases constituyen un componente de los ciclos de funcionamiento del semáforo (intervalo de tiempo requerido para mostrar todas las señales de tránsito), y se asignan a cualquier conjunto de movimientos (ya sean vehiculares, peatonales o una combinación de ambos) que se les otorga el derecho de paso. (Cárdenas & Cal y Mayor, 2007, p. 154)

Figura 2

Fases del semáforo en una intersección



Nota. Cárdenas & Cal y Mayor, 2007

La determinación de las duraciones en cada fase debe fundamentarse en los volúmenes de tráfico correspondientes a los movimientos respectivos. Asimismo, es esencial incorporar un intervalo de transición entre las fases con el propósito de garantizar una evacuación total de vehículos (esto incluye el tiempo necesario para alcanzar la distancia de frenado y el espacio requerido para cruzar la intersección) antes de proceder al cambio a la siguiente fase. (Cárdenas & Cal y Mayor, 2007, p. 154)

Los colores de las luces de los semáforos en cada fase deberán ser como sigue:

*Rojo fijo: Los conductores de vehículos deberán detenerse antes de la línea de detención. Los peatones no deben cruzar la vía a menos que reciban la señal de paso de un semáforo.

*Amarillo fijo: Preavisa a los conductores de vehículos sobre la inminente aparición de la luz roja, indicando que el flujo de tráfico controlado por la luz verde deberá detenerse. Del mismo modo, notifica a los peatones que no tendrán tiempo suficiente para cruzar, a menos que un semáforo específico les indique que pueden hacerlo. Su función es facilitar el flujo vehicular en una intersección y prevenir frenadas abruptas.

*Verde fijo: Los conductores de vehículos tienen la posibilidad de seguir recto o girar a la derecha o izquierda, a menos que una señal de tráfico prohíba esos giros. En el caso de los peatones que se dirigen hacia el semáforo, se les permite cruzar a menos que otro semáforo indique lo contrario.

*Rojo intermitente: Cuando una lente roja destelle de manera intermitente, los conductores de vehículos deben realizar una parada obligatoria y detenerse antes de la línea de detención. Esta señal se utiliza en el ingreso a una vía principal.

*Amarillo intermitente: Cuando una lente amarilla destelle de forma intermitente, los conductores de vehículos deben cruzar con precaución. Esta señal se utiliza en la vía que tiene la prioridad de paso.

*Verde intermitente: Cuando una luz verde en forma de flecha parpadea intermitentemente, esto indica a los conductores que el período de luz verde está llegando a su fin. Las flechas de dirección en el semáforo deben estar alineadas con el flujo de tráfico permitido. Una flecha apuntando hacia arriba representa un movimiento recto. Una flecha horizontal indica un giro de aproximadamente 90 grados hacia la izquierda o la derecha. Por último, una flecha diagonal, inclinada a 45 grados hacia arriba, señala giros hacia calles que forman ángulos distintos a 90 grados.

La cara de un semáforo se refiere al conjunto de componentes ópticos, que incluyen la lente, el reflector, la lámpara y el portalámparas, dispuestos en una dirección específica. En cada acceso de una intersección, debe haber al menos dos caras de semáforo, y en algunos casos, pueden complementarse con semáforos específicos para peatones situados en los extremos de los cruces peatonales. Dado que esta combinación de elementos es fundamental para el control del tráfico tanto de vehículos como de peatones, se realiza un análisis más detallado en el capítulo dedicado a los semáforos. Este capítulo aborda su función como dispositivos de control y también abarca aspectos relacionados con el cálculo de la distribución de sus tiempos y su funcionamiento, tanto de manera independiente como en coordinación con otros semáforos.

2.2.1.2. Tiempos de semáforo

La finalidad del intervalo de transición de fase es comunicar a los usuarios de la vía sobre un cambio en la prioridad de paso en una intersección. Para determinar la duración de este intervalo, es necesario considerar diversos elementos, incluyendo el tiempo de respuesta del conductor, el tiempo y espacio necesarios para reducir la velocidad, así como el tiempo requerido para garantizar que la intersección se despeje por completo antes de que se produzca el cambio en la señalización.

Intervalo de cambio de fase = Ámbar + Todo Rojo

Ecuación 1

Cálculo de tiempo de semáforo:

$$y = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right)$$

Donde:

y = intervalo de cambio de fase, ámbar mas todo rojo (s)

t = tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1.00 s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de deceleración (valor usual 3.05 m/s²)

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m)

La expresión $v/2a$ representa el tiempo requerido para detenerse en una distancia específica con una desaceleración a y velocidad inicial v . Por otro lado, el término $(W+L)/v$ denota el tiempo necesario para cruzar la intersección, donde W y L representan el ancho y la longitud del cruce, respectivamente, y v es la velocidad. Los dos primeros términos, $t+v/2a$, definen el intervalo de cambio en ámbar, mientras que el tercer término, $(W+L)/v$, corresponde al intervalo de "todo rojo" para permitir el despeje completo de la intersección.

En lo que respecta a la velocidad de enfoque (v), se toma en consideración la velocidad máxima permitida en la zona o el percentil 85 de la velocidad, que representa la velocidad a la cual circula el 85% de los vehículos en condiciones normales de tráfico, conocida como P85.

A continuación, se presenta la figura 3 en la que se ha calculado el intervalo de cambio de fase utilizando los valores recomendados de la ecuación 1 para distintas velocidades:

Figura 3

Intervalo de cambio de fase

INTERVALO DE CAMBIO DE FASE PARA DIFERENTES VELOCIDADES		
	km/h	γ (seg)
v =	10	7
v =	15	5
v =	30	4
v =	50	4

Nota. Cárdenas & Cal y Mayor, 2007.

Es evidente que a medida que la velocidad aumenta, el tiempo del intervalo de cambio de fase se reduce. Considerando el hecho de que el tráfico vehicular es bastante denso, una velocidad adecuada podría ser 30 km/h. Esto es especialmente válido en situaciones de alta demanda de tráfico, ya que en esas circunstancias no se puede mantener velocidades elevadas. Una velocidad de 30 km/h se traduciría en un tiempo de alrededor de 4 segundos para el intervalo.

2.2.2. Congestión vehicular.

El término "congestión" se usa con frecuencia en el contexto del tráfico de vehículos y es ampliamente entendido tanto por expertos técnicos como por el público en general. Según la definición del Diccionario de la Lengua Española, la congestión se describe como "el acto y el resultado de obstruir o dificultar el paso, la circulación o el movimiento de algo", aplicado en este contexto al tráfico vehicular. En nuestra situación, se refiere a la condición en la que existe una alta densidad de vehículos en circulación, lo que resulta en un flujo de tráfico lento y desigual. Es importante tener en cuenta que estas definiciones son subjetivas y no proporcionan una precisión completa en la descripción de la complejidad y los efectos de la congestión del tráfico. (Bull, 2003, p.23)

Una definición más concisa y objetiva de congestión podría ser: "La congestión ocurre cuando la incorporación de un vehículo al flujo de tráfico resulta en un aumento en la demora de los demás vehículos en más de x%". Una descripción aún más precisa y objetiva sería cuando el cambio en la demora experimentada por todos los vehículos ya presentes en el flujo, $d(qt)/dq$, sea igual a at , donde un valor típico para "a" podría ser 1.50, lo que implica que la congestión comienza cuando el aumento en la demora de todos

los vehículos en el flujo es igual a la mitad del tiempo que tomaría para un vehículo adicional. (Bull, 2003, p.26)

El sistema de transporte, que incluye la asignación de espacio urbano para la infraestructura de transporte, opera bajo condiciones específicas y particulares que pueden mencionarse de la siguiente manera:

*La demanda de transporte se considera "derivada", lo que implica que los viajes generalmente no se originan debido a un deseo intrínseco de moverse. En su mayoría, estos viajes se generan como resultado de la necesidad de acceder a lugares donde se realizan diversas actividades, como trabajo, compras, educación, recreación, descanso, entre otras. Estas actividades se llevan a cabo en diferentes ubicaciones geográficas.

*La demanda de transporte es altamente variable y presenta momentos puntuales de alta concentración, debido a la intención de aprovechar eficientemente las horas del día para llevar a cabo diversas actividades y establecer conexiones con otras personas. Estos momentos de mayor demanda coinciden con la búsqueda de optimización en la realización de actividades diarias.

*El transporte se lleva a cabo en espacios viales limitados, y estos espacios no experimentan cambios significativos a corto plazo. Es crucial destacar que la capacidad vial no utilizada no puede ser reservada para su uso posterior en momentos de mayor demanda. En otras palabras, la infraestructura vial no puede ser acumulada ni transferida de un período a otro para adaptarse a cambios en la demanda.

*Las opciones de transporte que brindan las cualidades más deseables, como seguridad, comodidad, confiabilidad y autonomía, como es el caso de los automóviles, también son las que demandan una mayor cantidad de espacio en la vía por cada pasajero. Esto se vuelve especialmente relevante en áreas urbanas, donde la necesidad de proporcionar infraestructura vial para atender la demanda durante los momentos de mayor congestión resulta en costos significativamente elevados.

*Como resultado de todo lo mencionado anteriormente, surge congestión en varios puntos, acompañada de efectos adversos como contaminación ambiental, un significativo desembolso de recursos tanto individuales como colectivos, y una disminución en la calidad de vida.

Como se mencionó anteriormente, uno de los desafíos significativos reside en el hecho de que los usuarios que contribuyen a la congestión no experimentan por completo los costos asociados a ella. En cada caso en que esto sucede, el recurso o servicio en cuestión se utiliza más de lo deseado para la sociedad en su conjunto. Debido a que los usuarios

no perciben completamente los costos adicionales en términos de tiempo y operación que imponen a los demás, sus decisiones sobre la elección de la ruta, el modo de transporte, el origen, el destino y el horario del viaje se basan no en los costos sociales totales, sino principalmente en sus propios costos personales, o más específicamente, en una percepción a menudo limitada de estos costos. El resultado lógico de esta situación es una sobrecarga de la capacidad vial existente, especialmente en ciertas áreas y momentos específicos. (Bull, 2003, p.27)

En ingeniería de tráfico, se utiliza una medida conocida como "pcu" (por sus siglas en inglés, passenger car unit) para asignar un valor equivalente a cada tipo de vehículo en términos de su contribución a la congestión vial. Un automóvil se considera como 1 pcu, mientras que otros vehículos reciben una equivalencia que refleja su impacto disruptivo en el flujo de tráfico o el espacio que ocupan en comparación con un automóvil. Por lo general, se acepta que un autobús equivale aproximadamente a 3 pcu, mientras que un camión equivale a 2 pcu. Es importante destacar que el valor de pcu puede variar según si se está aproximando a una intersección o se trata de un tramo vial entre intersecciones. Esta medida es fundamental para evaluar y gestionar la capacidad vial y la congestión en diferentes contextos de tráfico. (Bull, 2003, p.27)

Es cierto que los autobuses pueden generar más congestión que los automóviles debido a su tamaño y ocupación en la carretera. Sin embargo, su ventaja clave radica en que, por lo general, transportan a una mayor cantidad de pasajeros. Si un autobús lleva a 50 pasajeros, mientras que un automóvil transporta en promedio solo a 1.5 personas, cada ocupante de un automóvil contribuye aproximadamente 11 veces más a la congestión que cada pasajero en el autobús. Por lo tanto, si todas las demás condiciones son iguales, la congestión tiende a disminuir cuando aumenta la proporción de viajes realizados en autobuses en lugar de automóviles. Por lo general, los autobuses generan menos congestión que los automóviles, a menos que transporten menos de 4.5 pasajeros en promedio. Aunque es poco común que los autobuses tengan una ocupación tan baja, ha ocurrido en algunos lugares, como en ciertas áreas de Santiago de Chile a finales de la década de 1980 durante las horas fuera de las horas punta, o en Lima una década después. Esto subraya la importancia de la eficiencia en la ocupación de los vehículos de transporte público para reducir la congestión vial.

Es cierto que la presencia excesiva de vehículos de transporte público puede contribuir a empeorar la congestión del tráfico, y esto se ha observado en algunas ciudades. Uno de los rasgos característicos de los modelos económicos contemporáneos es la

desregulación, y en el ámbito del transporte urbano de pasajeros, una desregulación extensa a menudo resulta en un aumento significativo de las flotas de autobuses y taxis, junto con una disminución en el orden y la disciplina asociados con su operación. Este fenómeno tuvo un impacto notable en el deterioro de la congestión en Santiago durante la década de 1980 y en Lima en la década siguiente. Es importante señalar que, si bien el transporte público es esencial para abordar la congestión, su efectividad depende de una gestión adecuada y de políticas que promuevan la eficiencia y el orden en la prestación de servicios de transporte. (Bull, 2003, p.27)

La apertura a la importación de vehículos usados y la flexibilización de las regulaciones en el transporte público tuvieron efectos simultáneos especialmente pronunciados en Lima. En Santiago, que contaba con alrededor de 4,300,000 habitantes a fines de la década de 1980, la importación de vehículos usados era una excepción y la flota de transporte público (que incluía diversos tipos de buses y taxis colectivos) se mantenía alrededor de las 16,000 unidades. En contraste, a mediados de la década de 1990, en Lima, con una población de aproximadamente 6,700,000 habitantes, la flota había aumentado a un mínimo de 38,000 unidades (aunque algunas fuentes indican que el número real pudo haber llegado a alrededor de 50,000). Esto significa que en la mitad de la década de 1990, la cantidad de unidades vehiculares por habitante en Lima era entre un 52% y un 101% más alta que en Santiago siete años antes, justo cuando los efectos más dramáticos de la desregulación en Chile se estaban manifestando como se aprecia en la figura 4. (Bull, 2003, p.28)

Figura 4

Aumento de vehículos a través de los años

Años	México	Estados Unidos	Total en el Mundo
1895	-	4	-
1896	-	16	-
1897	-	90	-
1898	1	800	-
1899	-	3,200	-
1900	-	8,000	-
1910	-	468,500	-
1920	-	9,239,161	-
1924	42,858	17,612,940	-
1930	87,665	26,531,999	-
1940	145,708	32,453,233	45,422,411
1950	302,798	49,161,691	63,200,500
1960	802,630	73,901,500	121,541,265
1970	1,773,868	105,096,603	226,167,572
1979	5,683,484	148,778,235	364,443,491
1989	7,795,000	183,468,000	536,278,520
1990	10,165,715	193,057,376	553,321,114
1995	11,961,930	205,427,212	632,277,569
1996	12,395,935	210,441,249	648,321,111
1997	13,245,240	211,580,033	664,271,005
1998	14,278,739	215,496,003	681,423,211
1999	15,126,784	220,461,056	697,097,998
2000	16,508,142	225,821,241	712,871,123
2001	18,337,659	235,331,381	727,144,465
2002	20,049,318	234,624,135	744,543,534
2003	21,238,641	236,760,033	760,323,251

Nota. Institute of Traffic Engineers. Traffic Engineering Handbook. 1950. Rojas Gonzalez, Guillermo. "Coloril", Periódico "Policía". 1955. Automóvil Internacional. Censo Mundial de Automotores. 1989. INEGI. Síntesis Metodológica de las Estadísticas de Vehículos de Motor. 2003.

2.2.2.1. Nivel de servicio

El nivel de servicio se refiere a la categorización numérica que se utiliza para evaluar y representar la calidad del servicio en un sistema de transporte. Estas mediciones, que se emplean para determinar el nivel de servicio en los diferentes componentes de un sistema de transporte, se conocen como medidas de servicio. El Manual de Capacidad de Tránsito (HCM) establece seis niveles de servicio, desde la categoría A hasta la F, para cada medida de servicio individual o para los resultados de modelos matemáticos basados en varias medidas de servicio. Estos niveles de servicio proporcionan una manera

estandarizada de evaluar y comparar la calidad y el rendimiento de diferentes aspectos del sistema de transporte. (Sabanda, 2017, p.12)

En esta clasificación, el nivel de servicio A representa las condiciones de funcionamiento vial óptimas desde la perspectiva del usuario, mientras que el nivel de servicio F indica las condiciones más desfavorables. Es importante señalar que, debido a consideraciones como costos, impacto ambiental y otras limitaciones, las vías rara vez se diseñan para mantener un nivel de servicio A durante los períodos de mayor demanda. En su lugar, se busca alcanzar un nivel de servicio que sea menor y que equilibre las preferencias de los conductores, las necesidades de la sociedad y los recursos financieros disponibles. No obstante, durante los momentos de menor volumen de tráfico a lo largo del día, los componentes del sistema de transporte pueden operar en un nivel de servicio A, brindando condiciones más favorables para los usuarios. (Sabanda, 2017, p.12)

El Nivel de Servicio se emplea para simplificar los resultados complejos de sistemas numéricos de rendimiento en una escala simple que va de la A a la F. Esta escala refleja la percepción de los viajeros en cuanto a la calidad del servicio proporcionado por una instalación o servicio. Su función principal es simplificar la evaluación para determinar si el rendimiento de una instalación es generalmente aceptable y si un cambio futuro en su operación será notable para el público en general. En otras palabras, el Nivel de Servicio brinda una manera más comprensible y accesible de medir y comunicar la calidad del servicio a los usuarios y a las partes interesadas. (Sabanda, 2017, p.12)

Este enfoque en el lenguaje proporciona un conjunto coherente de definiciones que pueden ser utilizadas por ingenieros de transporte y planificadores para describir las condiciones de operación de manera consistente. Sin embargo, la determinación del nivel de servicio adecuado para un componente específico del sistema de transporte en una comunidad recae en la responsabilidad de las autoridades locales. El concepto de Nivel de Servicio ha sido ampliamente adoptado por organismos públicos internacionales debido a su capacidad para comunicar de manera efectiva el funcionamiento de una vía a personas sin conocimientos técnicos. Esto facilita la comprensión y la toma de decisiones informadas sobre la gestión y mejora del transporte en una comunidad tal cual se aprecia en la figura 5. (Sabanda, 2017, p.12)

Figura 5

Niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CARACTERISTICAS
A	Flujo libre. Velocidad de operación mayor igual a 95 km/h
B	Flujo estable. Velocidad de operación mayor igual a 90 Km/h
C	Flujo estable. Velocidad de operación mayor igual a 80 Km/h
D	Flujo proximo a inestable. Velocidad de operación alrededor de 65 Km/h
E	Flujo inestable. Velocidad de operacin entre 50 y 55 Km/h
F	Flujo forzado, intermitente, con características imprevisibles. Velocidad de operación menor a 50 Km/h

Nota. Elaboración propia

2.2.2.2. Flujo de saturación

De acuerdo con los fundamentos teóricos, el flujo de saturación se define como "la máxima cantidad de tráfico que podría ingresar a una intersección semaforizada a través de un acceso, carril o carriles respectivos, si el semáforo siempre muestra su señal en verde". A partir de este valor, se puede determinar la capacidad de un carril o grupo de carriles según el tiempo disponible para el cruce. (Mora, 2019, p.51)

“En el ámbito local, el procedimiento más utilizado para calcular los valores de saturación bajo las condiciones vigentes de infraestructura vial, tráfico y sistema de control de tráfico se basa en la metodología recomendada en el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM).” (Mora, 2019, p.51)

El flujo de saturación se suele expresar en términos de vehículos por hora por carril (o acceso). Según las directrices del HCM, se considera que un vehículo ha ingresado a una intersección cuando su eje trasero, que es prácticamente su parte trasera, cruza la línea de detención del acceso correspondiente. (Mora, 2019, p.51)

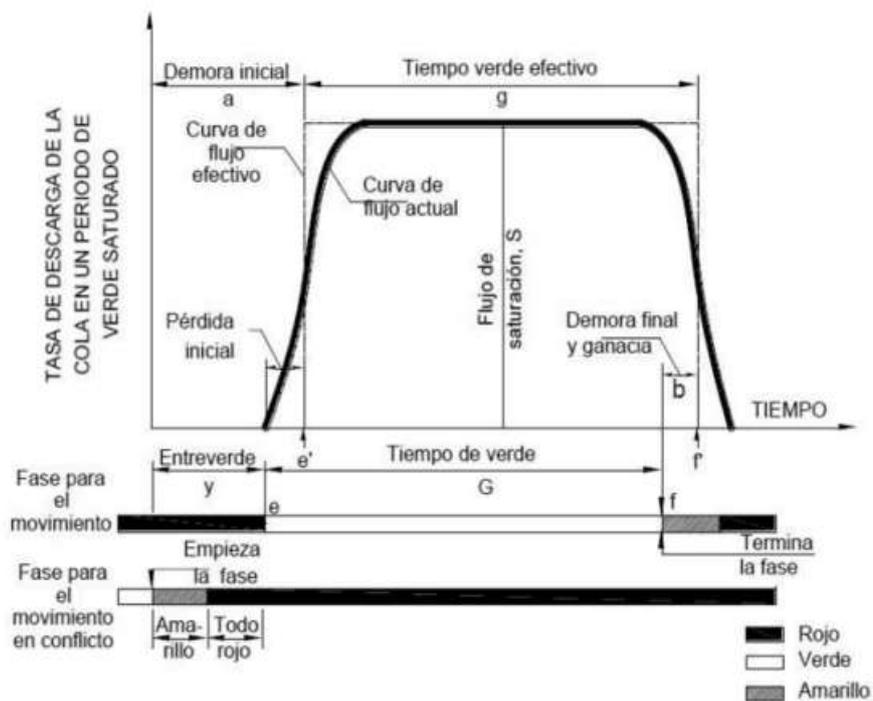
Cada vez que un flujo de vehículos se detiene en una intersección, se genera un período de tiempo en el que los vehículos no avanzan, ya que se requiere un período de seguridad para que la intersección se despeje antes de que otro flujo de vehículos intente cruzarla. Este intervalo se conoce como "Tiempo Perdido de Despeje". En la práctica, este período de tiempo se tiene en cuenta en los ciclos de los semáforos mediante la duración de la luz ámbar y todo el tiempo en que la luz roja está encendida. Es importante destacar que, por lo general, los conductores no permanecen detenidos durante todo el intervalo, sino que

comienzan a avanzar cuando las condiciones de seguridad lo permiten, como cuando la luz cambia de rojo a verde nuevamente. (Mora, 2019, p.52)

El "Valor del flujo de saturación" se refiere al flujo de vehículos por carril en el cual los vehículos pueden atravesar una intersección con semáforo de manera continua, sin detenerse en una "cola" constante. En este contexto, el valor del flujo de saturación representa la cantidad máxima de vehículos por hora, por carril, que podría cruzar una intersección si el tiempo de luz verde estuviera disponible durante toda la hora y el flujo de vehículos no tuviera interrupciones. En otras palabras, es la capacidad máxima de tráfico que puede pasar por una intersección sin que se produzcan detenciones debido a la congestión. Este valor es fundamental para evaluar la capacidad y la eficiencia de una intersección y se utiliza en el diseño y la gestión del tráfico. (Mora, 2019, p.52) Esta información se verifica en la figura 6.

Figura 6

Modelo básico de flujo de saturación



Nota. Ingeniería de Tránsito (Cal y Mayor R. & Cárdenas G., 2018)

La relación entre el valor del flujo de saturación y los tiempos perdidos es de gran importancia. Para un carril o un movimiento específico, los vehículos utilizan la intersección a una tasa que se iguala al valor del flujo de saturación durante un período

de tiempo que incluye el tiempo en que la luz verde está encendida más el intervalo de cambio, menos los tiempos perdidos iniciales y de despeje. Debido a esta relación, la cantidad total de tiempo perdido por hora está directamente vinculada al ciclo de tiempo del semáforo. Esto significa que el diseño y la gestión eficientes del ciclo de tiempo del semáforo pueden influir en la reducción de los tiempos perdidos y, en última instancia, mejorar la capacidad y la fluidez del tráfico en una intersección. (Mora, 2019, p.53)

La cantidad de tiempo perdido tiene un impacto significativo en la capacidad de la intersección. Según la lógica, la capacidad de la intersección aumenta con la extensión del ciclo del semáforo. Sin embargo, es importante destacar que un ciclo demasiado largo puede dar lugar a demoras excesivas en la intersección. En otras palabras, aunque un ciclo más largo podría teóricamente aumentar la capacidad, también podría resultar en demoras inaceptables para los usuarios. En la planificación y diseño de la operación del semáforo, encontrar el equilibrio adecuado entre la capacidad y la eficiencia del tráfico es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo de la intersección y proporcionar un nivel de servicio satisfactorio para los usuarios. Esto requiere un análisis cuidadoso de las condiciones de tráfico y una adaptación adecuada del ciclo de tiempo del semáforo para cumplir con los objetivos de gestión del tráfico. (Mora, 2019, p.52)

2.2.2.3. Volumen horario de máxima demanda (VHMD)

“Es el máximo número de vehículos que pasan por una sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.” Ingeniería de Tránsito (Cal y Mayor, 2018, p.26)

2.2.2.4. Factor horario de máxima demanda (FHMD)

El factor horario de máxima demanda (FHMD) es una medida que se utiliza para convertir el volumen horario de máxima demanda en el volumen de servicio, y se calcula mediante la ecuación 2:

Ecuacion 2

Cálculo de FHMD:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4*(Q_{15\ max})}$$

2.2.2.5. Tasa de flujo equivalente en 15 minutos

Es la frecuencia a la cual pasan los vehículos por una sección transversal de un carril. Esta es el número de vehículos N que pasan durante un intervalo de 15 minutos expresada en veh/min y se calcula de la ecuación 3:

Ecuacion 3

Cálculo de flujo equivalente en 15 minutos:

$$Q_{15} = \frac{Q_{60}}{FHP \times N \times f_{HV} \times f_p}$$

Q15 = Tasa de flujo equivalente en 15 min (veh – eq/h)

Q60 = Volumen horario por sentido (veh/h)

FHP = Factor horario de máxima demanda

N = Número de carriles por sentido

fHV= factor de ajuste por vehículos pesados

f_p = Factor de ajuste por tipo de conductores (1 en conductores regulares)

Ecuacion 4

Cálculo de FHV:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P'_T(E_T - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

P_t = Porcentaje de camiones en la corriente vehicular

P_b = Porcentaje de buses en la corriente vehicular

P_r = Porcentaje de vehículos recreativos en la corriente vehicular

E_{t,b,r} = Factor de equivalencia según el caso (1.5 en vía plana)

2.3. Tipos de intersecciones

Según el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras (2011) “la selección del tipo de intersección desempeña un papel fundamental en la planificación de las vías de circulación, ya que influye significativamente en la capacidad de la red vial, la seguridad de su operación y la integración de la carretera en su entorno.”

Esta decisión se encuentra condicionada por diversos factores, que incluyen las características geométricas de la vía, el volumen de tránsito, cantidad de peatones,

número de giros para derecha e izquierda y la topografía. Por lo tanto, estas se clasifican de la siguiente manera según su orden de importancia y complejidad en diseño:

*Intersecciones convencionales al mismo nivel

*Intersecciones controladas por semáforos

*Rotondas o intersecciones giratorias

*Intersecciones a distinto nivel e intercambios

Para Pinos (2015), las intersecciones convencionales “son las que admiten una libre circulación del tránsito, a un mismo nivel, generalmente este tipo de intersecciones se utiliza para volúmenes pequeños de tráfico y depende de la jerarquía vial.” (p.9).

Para Pinos (2015), las intersecciones controladas por semáforos son las más comunes en todo el mundo debido a que permiten una movilidad ordenada presentando muchas ventajas y, a su vez, desventajas. (p.9). Tal cual se mencionó en el apartado 2.2.1 de la presente investigación.

2.3.1. Proceso de selección del diseño

Según el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras (2011) la selección del tipo de intersección depende de los siguientes procesos a considerar:

*Un estudio de tránsito de la intersección actual y proyectado que incluya los volúmenes por acceso, movimientos direccionales, datos de hora pico y composición por tipos de vehículos.

*Estudio peatonal si justifica.

*Definición de los objetivos de la intersección en relación al funcionamiento de la carretera.

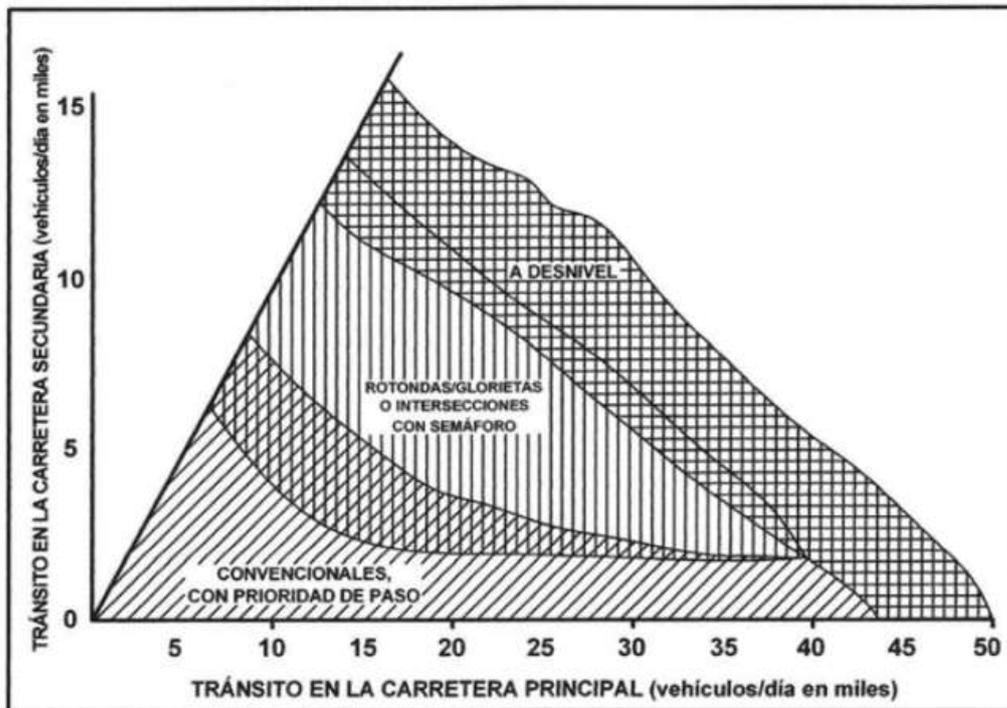
*Definición de los objetivos de la intersección en relación al entorno.

*Estudio de niveles de servicio, costo de construcción y mantenimiento.

La figura 7 ilustra en forma simplificada una combinación de soluciones posibles de diseño de las intersecciones, en función de los volúmenes de tránsito, tanto en la vía principal como en la vía secundaria que intercepta a la primera.

Figura 7

Modelo básico de flujo de saturación



Nota. Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras. (2011).

2.4. Definición de términos básicos

*Transitar: "ir o pasar de un punto a otro por vías, calles o parajes públicos".

*Tránsito: "acción de transitar. Sitio por donde se pasa de un lugar a otro".

*Tráfico: "tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras, caminos, etc.".

*Ingeniería de Tránsito: "aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte".

*Semáforo: Dispositivo de control del tráfico que utiliza luces de colores para indicar cuándo deben detenerse y cuándo pueden avanzar los vehículos y peatones en una intersección u otra área de circulación.

*Ciclo del Semáforo: El período completo de cambio de luces de un semáforo, desde el momento en que una fase se vuelve verde hasta que regresa a verde nuevamente. Incluye todas las fases del semáforo, como rojo, verde y amarillo.

*Fase: Una etapa específica dentro de un ciclo de semáforo durante la cual se permite o regula un determinado movimiento de tráfico. Por ejemplo, una fase puede permitir que

los vehículos atraviesen la intersección en una dirección específica mientras se detiene el tráfico en otras direcciones.

*Intervalo de Cambio de Fase: El tiempo entre el cambio de una fase del semáforo a otra. Es el tiempo en que el sistema de control ajusta las luces para permitir que una nueva corriente de tráfico comience a moverse y que la corriente anterior termine de cruzar.

*Luz Verde: La luz en un semáforo que indica que los vehículos y peatones pueden avanzar de manera segura en la dirección permitida.

*Luz Amarilla (Ámbar): La luz en un semáforo que actúa como advertencia, indicando que la fase actual está a punto de cambiar a rojo. Los conductores deben prepararse para detenerse.

*Luz Roja: La luz en un semáforo que indica que los vehículos y peatones deben detenerse. Es la fase en la que se detiene una corriente de tráfico para permitir que otra corriente atraviese la intersección.

*Flujo de Saturación: La máxima cantidad de tráfico que podría cruzar una intersección en una dirección específica si el semáforo estuviera siempre en verde.

*Tiempo Perdido: El tiempo en que los vehículos deben detenerse en una intersección debido a las fases de luz roja y amarilla. Representa una pérdida de tiempo para los conductores.

*Intervalo de Despeje: El tiempo adicional después de que cambia la fase a rojo durante el cual los vehículos que ya están en la intersección pueden despejarla antes de que los vehículos de la corriente opuesta obtengan el verde.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis principal*

Determinando la semaforización se minimiza la congestión vehicular aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a. Estableciendo las fases de semaforización se determina el flujo o grado de saturación y el tiempo perdido aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.
- b. Determinando las fases de semaforización se mejora el nivel de servicio aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

3.2. Variables

3.2.1. *Definición conceptual de las variables*

3.2.1.1. **Semaforización**

El uso de semáforos para regular el tráfico en las intersecciones desempeña un papel importante al separar los diferentes flujos de vehículos, lo que contribuye a mejorar la seguridad vial tanto para conductores como para peatones en esos puntos de encuentro. Los semáforos pueden operar de dos maneras principales: basados en tiempo (con cambios de fase predeterminados, independientemente del volumen de tráfico) o mediante la activación por parte de conductores, ciclistas o peatones. En el caso de los semáforos activados por usuarios, pueden incluir fases especiales destinadas a peatones y ciclistas, brindando así un mayor nivel de seguridad y conveniencia para estos grupos. Es fundamental que cualquier equipo destinado al control del tránsito se adquiera con la perspectiva de ser amplio y flexible en su uso futuro. Su capacidad de adaptación y modificación (su flexibilidad) es esencial para garantizar que pueda satisfacer las necesidades cambiantes de la gestión del tráfico a medida que evolucionan las condiciones y las tecnologías. Esto asegura que la inversión en el equipo tenga una vida útil más prolongada y que pueda mantenerse al día con las demandas en constante cambio de la gestión del tráfico y la movilidad urbana.

Las intersecciones reguladas por semáforos representan uno de los escenarios más complejos en el sistema de tráfico vial. El análisis de estas intersecciones debe tener en

cuenta una amplia gama de condiciones que están presentes, como el volumen y la distribución del tráfico, así como la composición del mismo. Esto se debe a que la eficacia y seguridad de una intersección regulada por semáforos dependen de factores variables, como la hora del día, el día de la semana y las características específicas del tráfico en ese momento. Por lo tanto, es esencial considerar todos estos factores al planificar y gestionar adecuadamente las intersecciones reguladas por semáforos para garantizar un flujo de tráfico eficiente y seguro. (Valencia, 2000)

La señalización en intersecciones controladas por semáforos debe ajustarse para tener en cuenta la presencia de ciclistas. En particular, nos enfocaremos en cómo se adaptan las señales semaforicas para acomodar a los ciclistas. En Colombia, el Manual de Señalización Vial incluye dos categorías de semáforos diseñados específicamente para regular el tráfico de bicicletas.

3.2.1.2. Congestión vehicular

La congestión se refiere a la situación en la que se bloquea o dificulta el paso, la circulación o el movimiento de los vehículos. A medida que el tráfico aumenta, las velocidades de circulación disminuyen de manera significativa, lo que, a su vez, resulta en un aumento del tiempo necesario para desplazarse de un punto a otro. (Thomson & Bull, 2002)

3.2.2. Operacionalización de las variables

3.2.2.1. Variable independiente: Semaforización

Se tomará el tiempo para obtener la duración de cada ciclo de los semáforos ubicados en la intersección, la frecuencia de cambio de fases, tiempo de luz verde, luz ámbar y luz roja.

3.2.2.2. Variable dependiente: Congestión vehicular

Se tomará en cuenta la cantidad de vehículos, la densidad de tráfico, el tiempo de viaje, la capacidad de la vía, el tipo de vehículo que transcurre y el ancho de la calzada.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo

La presente investigación es de tipo aplicada debido a que tiene como origen la problemática encontrada en la zona de estudio, que es la congestión vehicular, el cual aqueja a los choferes que circulan por la intersección, por lo tanto, no se pretende ampliar la información, sino buscar solución del problema, es necesario obtener datos para lograr solucionarlo.

4.1.2. Nivel

Se presentan los tipos de niveles descriptiva ya que se describirá la congestión presentada en la intersección; nivel explicativo, se explicará la causa de la congestión y nivel correlacional ya que se relacionará las variables.

4.2. Diseño de investigación

En este capítulo, se abordan los elementos relacionados con el diseño de la investigación. Se exponen tanto los métodos de investigación como las técnicas e instrumentos empleados en el estudio, junto con su pertinencia y la argumentación que respalda su selección. Se brinda una descripción detallada de las particularidades de los métodos, técnicas, estrategias e instrumentos utilizados para la recolección de datos. Además, se proporciona una visión general de los contextos en los que se lleva a cabo el estudio, lo que incluye una caracterización general de la muestra que ha sido seleccionada por el equipo de investigación. Cabe destacar que la presente investigación se enmarca en un enfoque mixto experimental, dado que se tiene la intención de manipular una variable específica utilizando el programa Syncro 11.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población:

La presente tesis estudia las intersecciones semaforizadas.

4.3.2. Muestra:

Intersección de las Av. Angelica Gamarra con Av. Universitaria.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se basará en la aplicación de técnicas de recopilación apoyadas de fuentes primarias y fuentes secundarias.

Fuentes primarias, se refiere básicamente a la obtención de datos mediante la observación realizada en campo, logrando determinar la problemática del estudio.

Fuentes secundarias, se refiere a la recopilación de datos mediante el uso de normas nacionales, libros teóricos y tesis anteriores entre los años 2017 y 2023.

Como instrumento de recolección de datos serán los formatos de intersecciones que se presenten en tales avenidas.

4.4.1. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Se realizaron formatos específicos en base a formatos de los diferentes manuales y libros usados como teoría para poder tener la mayor fiabilidad de datos. (anexo B, anexo C, anexo D, anexo E)

4.4.2. Procedimientos para la recolección de datos

Se realizará la toma de datos durante 3 días distintos en un rango horario de 17:00 pm a 20:00 para obtener el conteo vehicular entre las intersecciones de las avenidas Universitaria y Angelica Gamarra respectivamente.

4.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Una vez obtenidos los datos necesarios de campo, se ingresará en primera instancia la información a Excel para poder procesar y obtener los datos necesarios para ingresar en segunda instancia al software Synrho 11.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Diagnóstico y situación actual

5.1.1. Situación actual

5.1.1.1 Ubicación geográfica.

En la figura 8, se ve el distrito de Los Olivos que es uno de los cuarenta y tres distritos que conforman la provincia de Lima, ubicada en el país de Perú. Este distrito está situado en el departamento de Lima y comparte límites geográficos de la siguiente manera: al norte limita con el distrito de Puente Piedra, al este con los distritos de Comas e Independencia, y al sur y oeste con el distrito de San Martín de Porres. (anexo 6)

Figura 8

Ubicación del distrito de los olivos

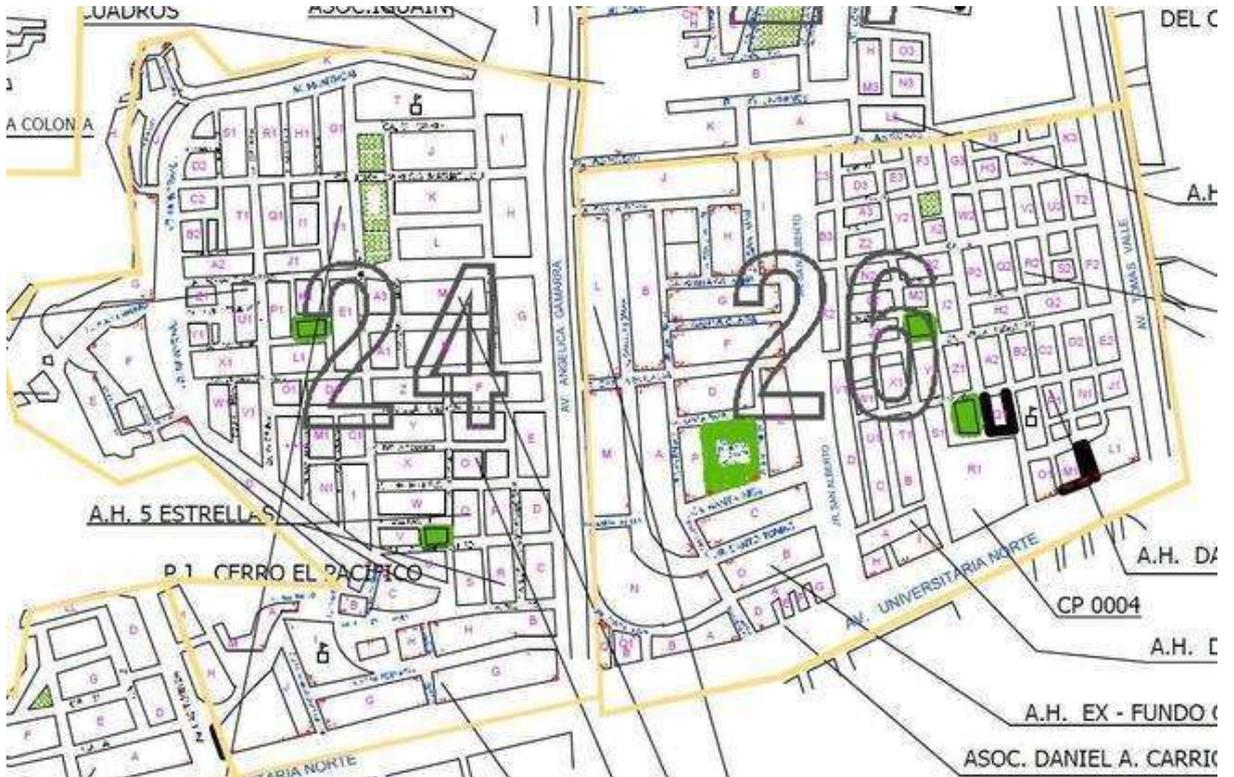


Nota. Municipalidad de los Olivos.

La intersección de la avenida universitaria y Angelica Gamarra se encuentra entre el sector 24 y 26 del distrito. La avenida universitaria cuenta con 3 carriles de 3.5 metros en ambas direcciones (Norte y sur), mientras que la avenida Angelica Gamarra cuenta con 2 carriles de 3.5 metros en ambas direcciones de igual manera como se aprecia en la figura 9, 10, 11, 12 y 13 (Este y Oeste).

Figura 9

Sectores de la zona de estudio



Nota. Municipalidad de los olivos.

Figura 10

Intersección 1



Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Intersección 2



Nota. Elaboración propia.

Figura 12

Intersección 3



Nota. Elaboración propia.

Figura 13

Intersección 4



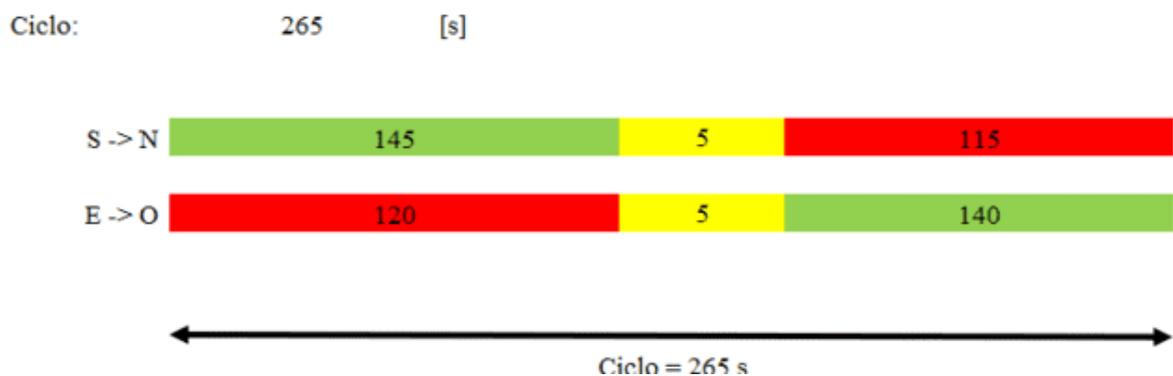
Nota. Elaboración propia.

5.1.1.2 Ciclo y tiempo de semáforo

Para la obtención del tiempo y los ciclos de los semáforos ubicados en la zona, se procedió a tomar la información con cronometro teniendo como resultado 2 ciclos de 265 segundos cada uno como se ve en la figura 14

Figura 14

Ciclo y tiempo de semáforo de la intersección estudiada



Nota. Elaboración propia.

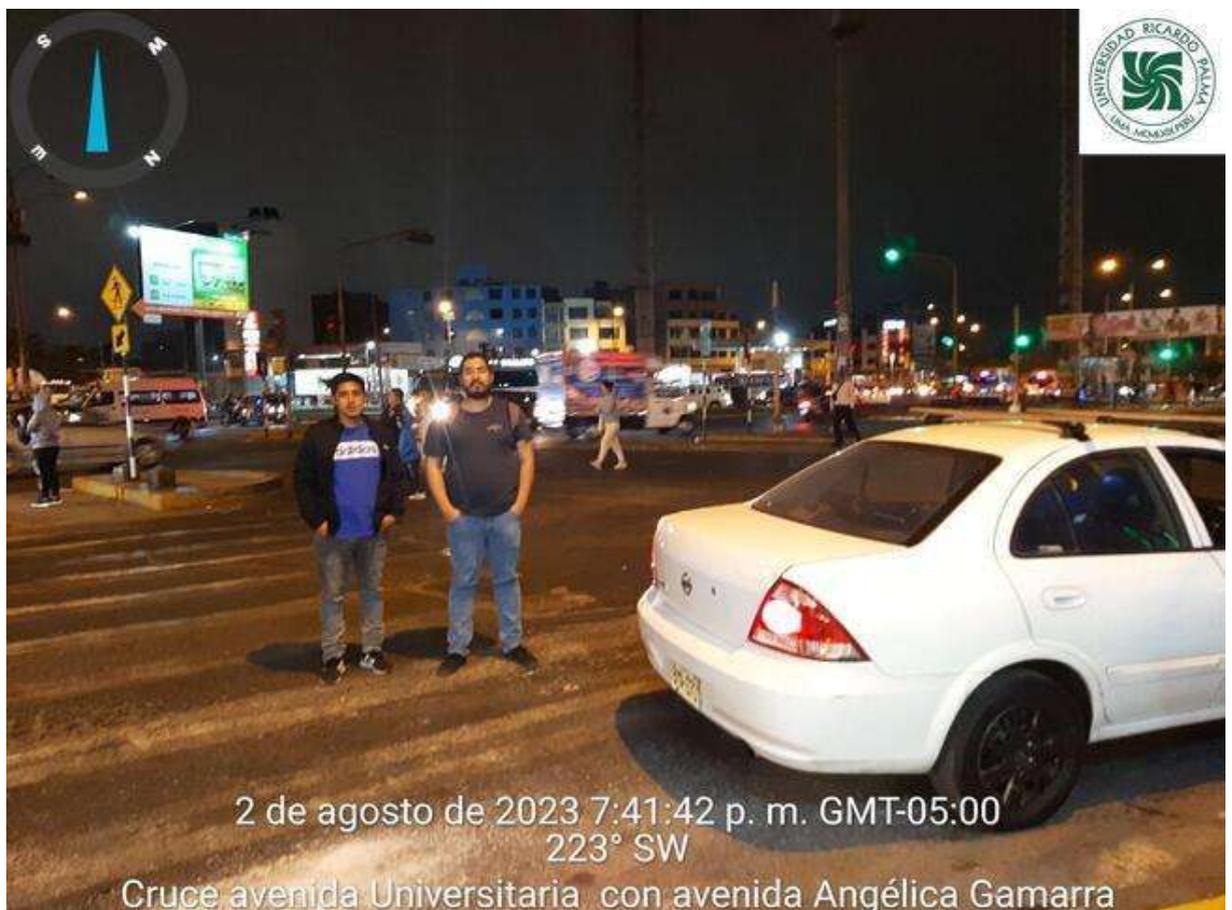
5.1.1.3. Conteo vehicular

Para el conteo de la cantidad y tipo de vehículos que trascurrían por las intersecciones se hizo uso de los anexos B (intersección 1), anexo C (intersección 2), anexo D (intersección 3) y anexo E (intersección 4) durante 3 días distintos (02 de agosto del 2023, 08 de agosto del 2023 y 14 de agosto del 2023) con el motivo de tener información más certera al poder promediar los datos.

Los datos fueron tomados desde las 17:00 hasta las 20:00 en intervalos de 15 minutos para cada intersección como se aprecia en los anexos G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q y R. El registro de la toma de datos se aprecia en las figuras 15, 16, 17 y 18

Figura 15

Toma de datos del día 02 de agosto del 2023



Nota. Elaboración propia.

Figura 16

Toma de datos del día 02 de agosto del 2023



Nota. Elaboración propia.

Figura 17

Toma de datos del día 08 de agosto del 2023



Nota. Elaboración propia.

Figura 18

Toma de datos del día 14 de agosto del 2023



Nota. Elaboración propia.

5.1.2. Diagnóstico

5.1.2.1. Procesamiento de toma de datos.

- 02 de agosto del 2023 (anexo 7)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 1, figura 19 y 20:

Tabla1

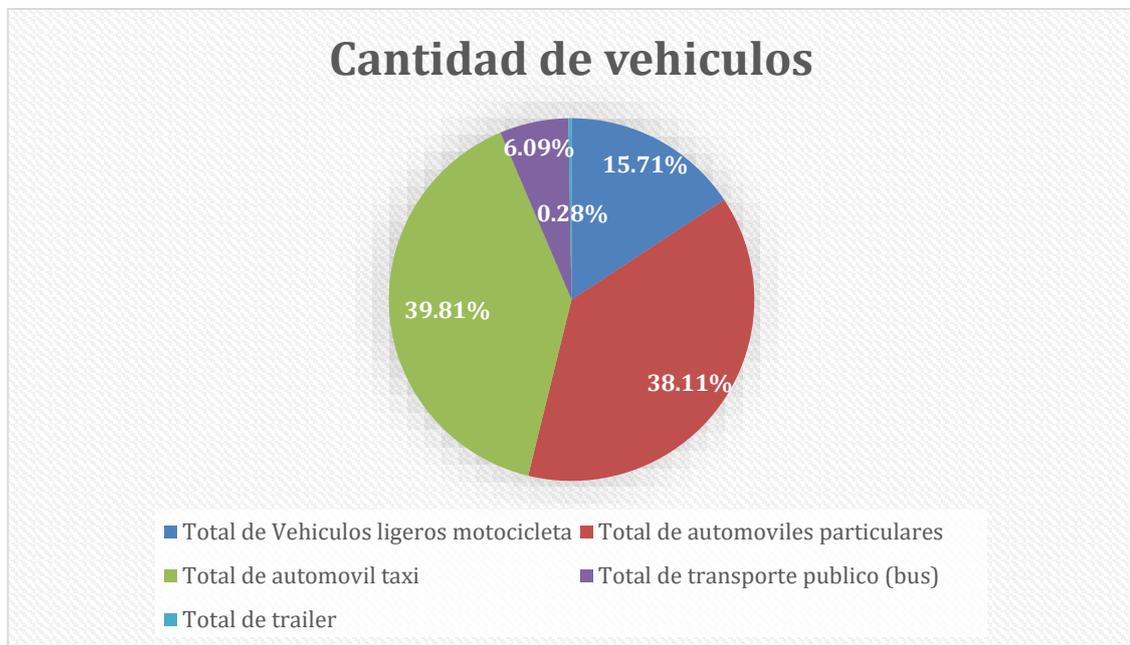
Cantidad de vehículos en intersección 1 (02 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	454
Total de automóviles particulares	=	1101
Total de automóvil taxi	=	1150
Total de transporte público (bus)	=	176
Total de tráiler	=	8

Nota. Elaboración propia.

Figura 19

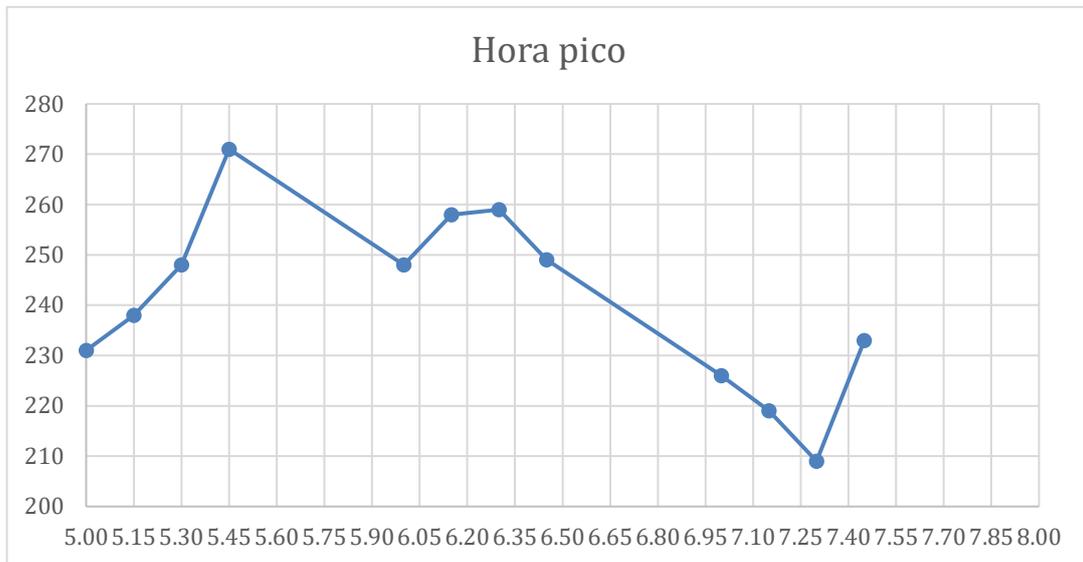
Porcentaje de vehículos en la intersección 1 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 20

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 19, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1036 como se aprecia en el anexo G y un aforo vehicular de 271 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:45 pm como se aprecia en la figura 20, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,96.

- 02 de agosto del 2023 (anexo 8)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 2, figura 21 y 22:

Tabla 2

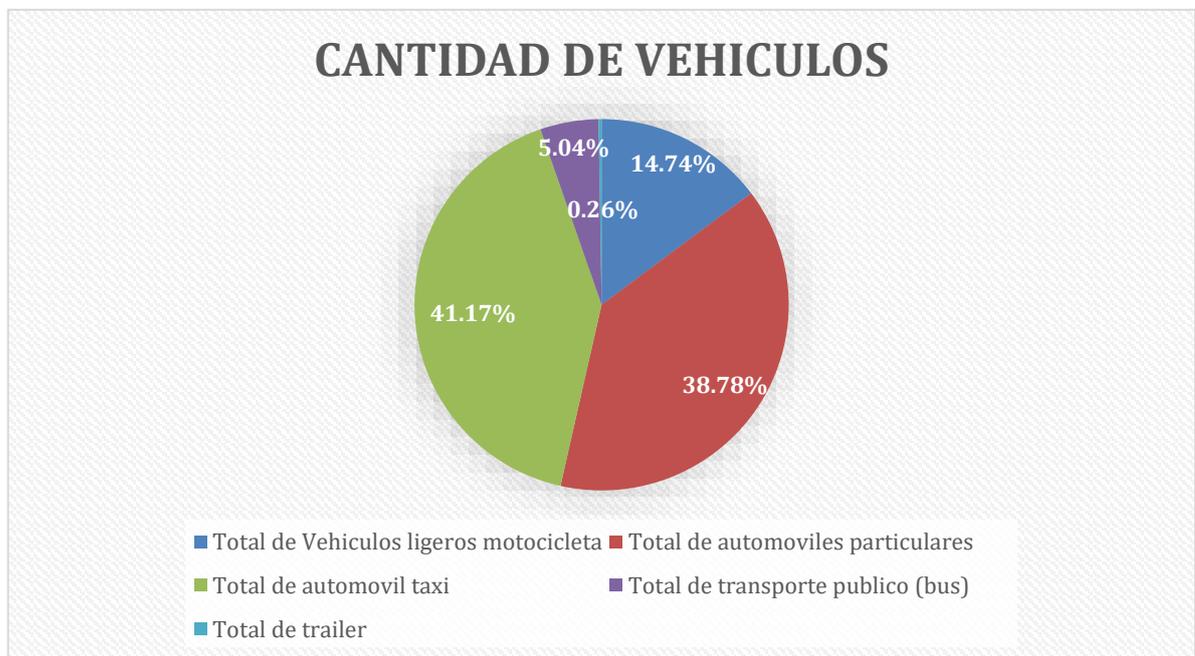
Cantidad de vehículos en intersección 2 (02 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	395
Total de automóviles particulares	=	1039
Total de automóvil taxi	=	1103
Total de transporte público (bus)	=	135
Total de tráiler	=	7

Nota. Elaboración propia.

Figura 21

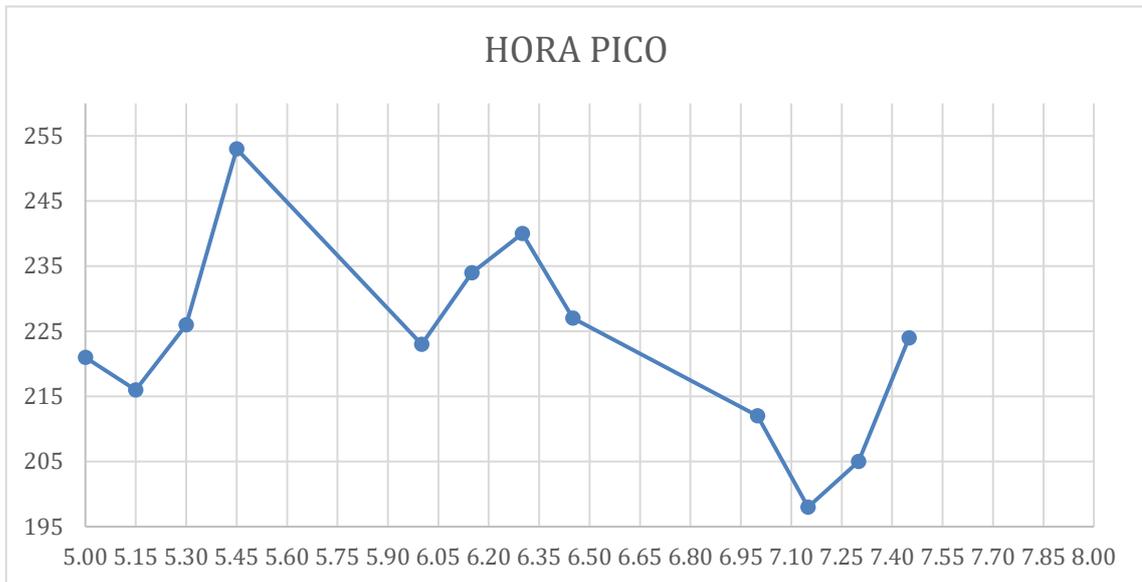
Porcentaje de vehículos en la intersección 2 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 22

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 2 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 21, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 950 como se aprecia en el anexo H y un aforo vehicular de 253 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 22, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,94.

- 02 de agosto del 2023 (anexo 9)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 3, figura 23 y 24:

Tabla 3

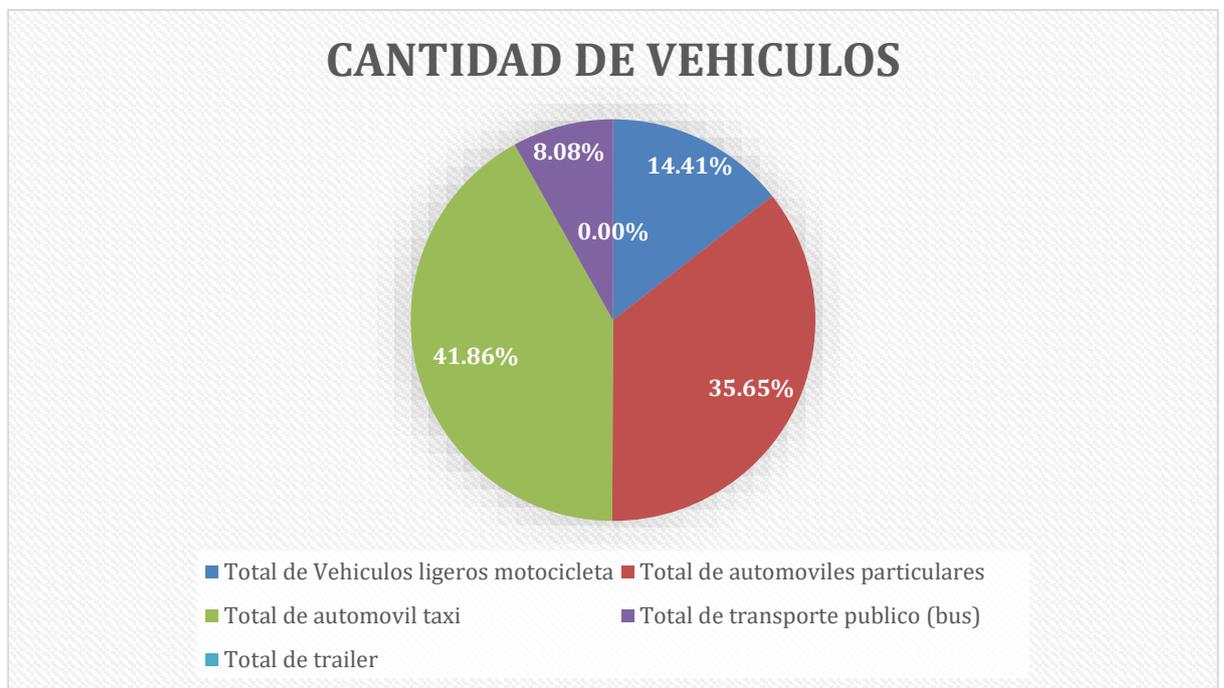
Cantidad de vehículos en intersección 3 (02 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	355
Total de automóviles particulares	=	878
Total de automóvil taxi	=	1031
Total de transporte público (bus)	=	199
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 23

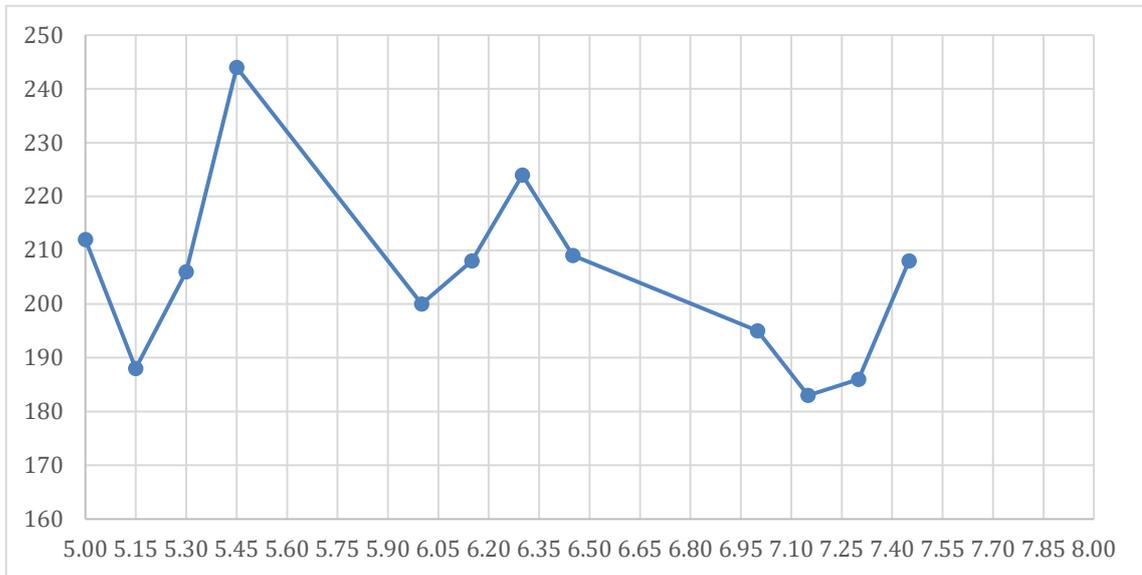
Porcentaje de vehículos en la intersección 3 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 24

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 23, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 876 como se aprecia en el anexo I y un aforo vehicular de 244 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 24, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,90.

- 02 de agosto del 2023 (anexo 10)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 4, figura 25 y 26:

Tabla 4

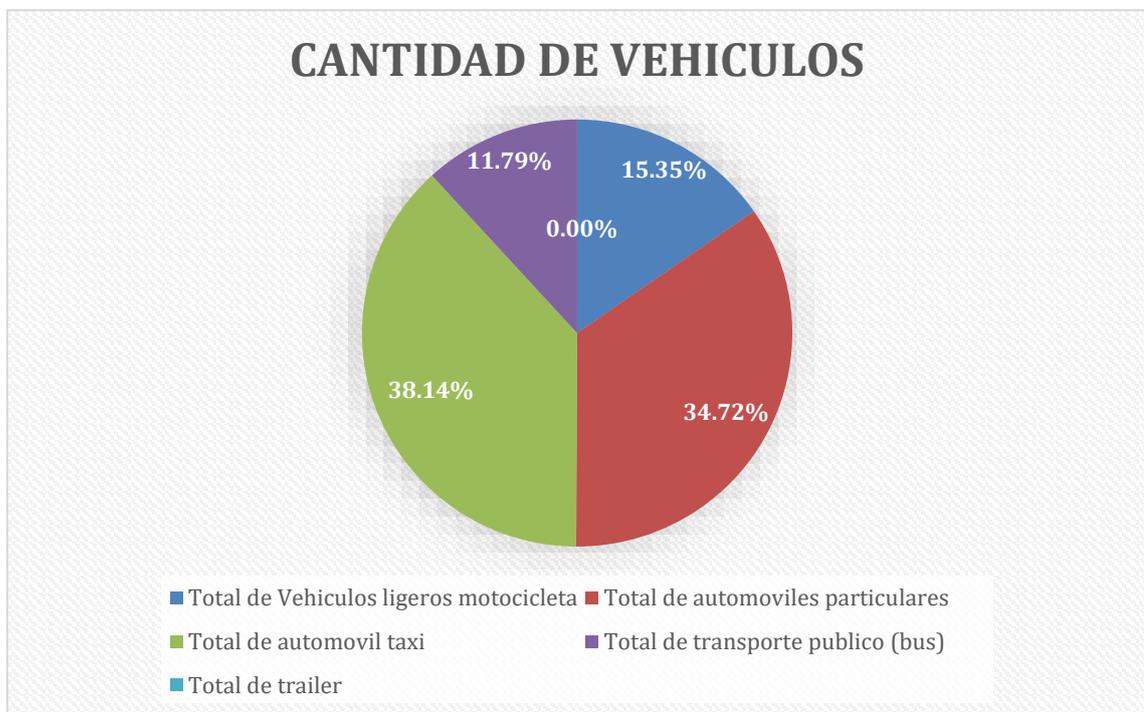
Cantidad de vehículos en intersección 4 (02 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	453
Total de automóviles particulares	=	1025
Total de automóvil taxi	=	1126
Total de transporte público (bus)	=	348
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 25

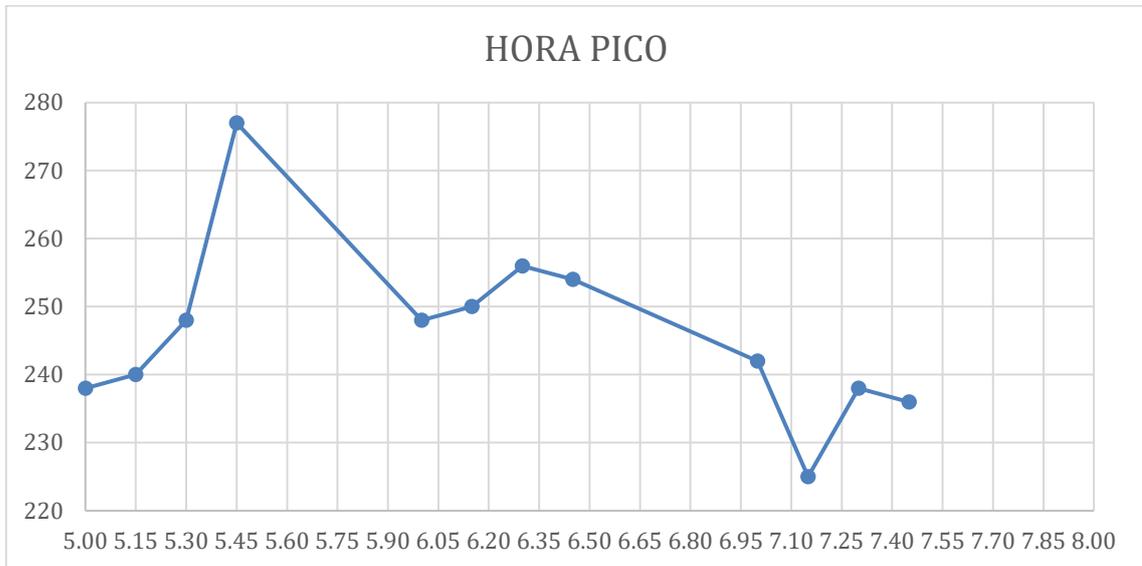
Porcentaje de vehículos en la intersección 4 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 26

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4 día 02 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 25, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1031 como se aprecia en el anexo J y un aforo vehicular de 277 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 26, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,90.

- 08 de agosto del 2023 (anexo 11)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 5, figura 28 y 29:

Tabla 5

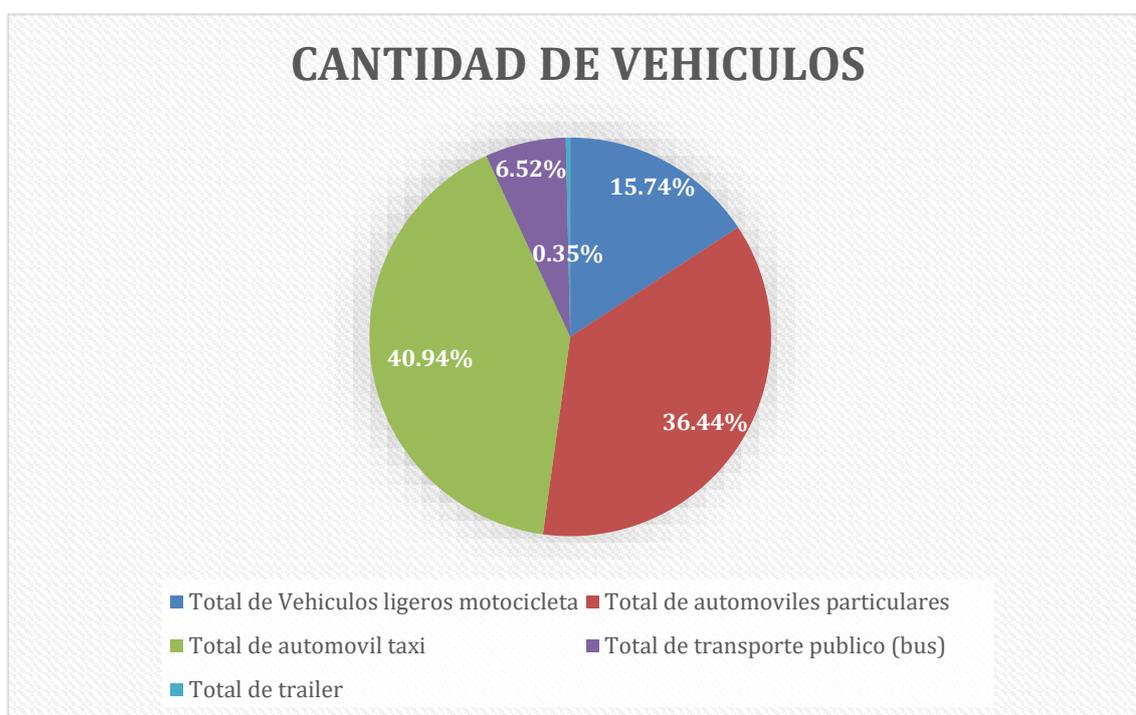
Cantidad de vehículos en intersección 1 (08 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	444
Total de automóviles particulares	=	1028
Total de automóvil taxi	=	1155
Total de transporte público (bus)	=	184
Total de tráiler	=	10

Nota. Elaboración propia.

Figura 27

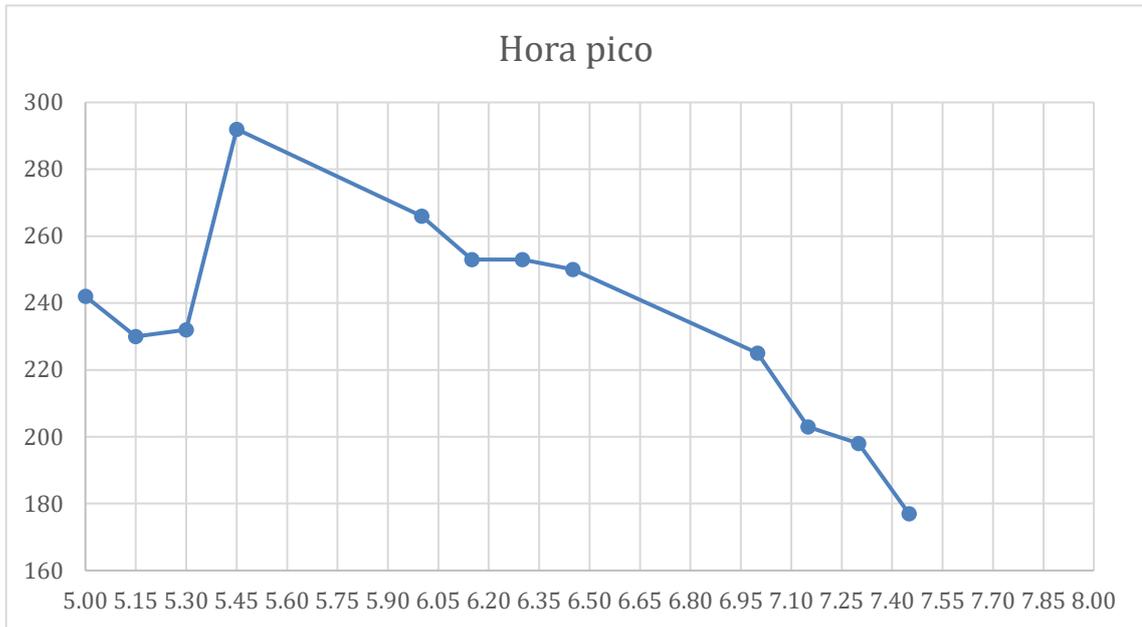
Porcentaje de vehículos en la intersección 1 día 08 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 28

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1 día 08 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 27, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1064 como se aprecia en el anexo K y un aforo vehicular de 292 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 28, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,91.

- 08 de agosto del 2023 (anexo 12)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 6, figura 29 y 30:

Tabla 6

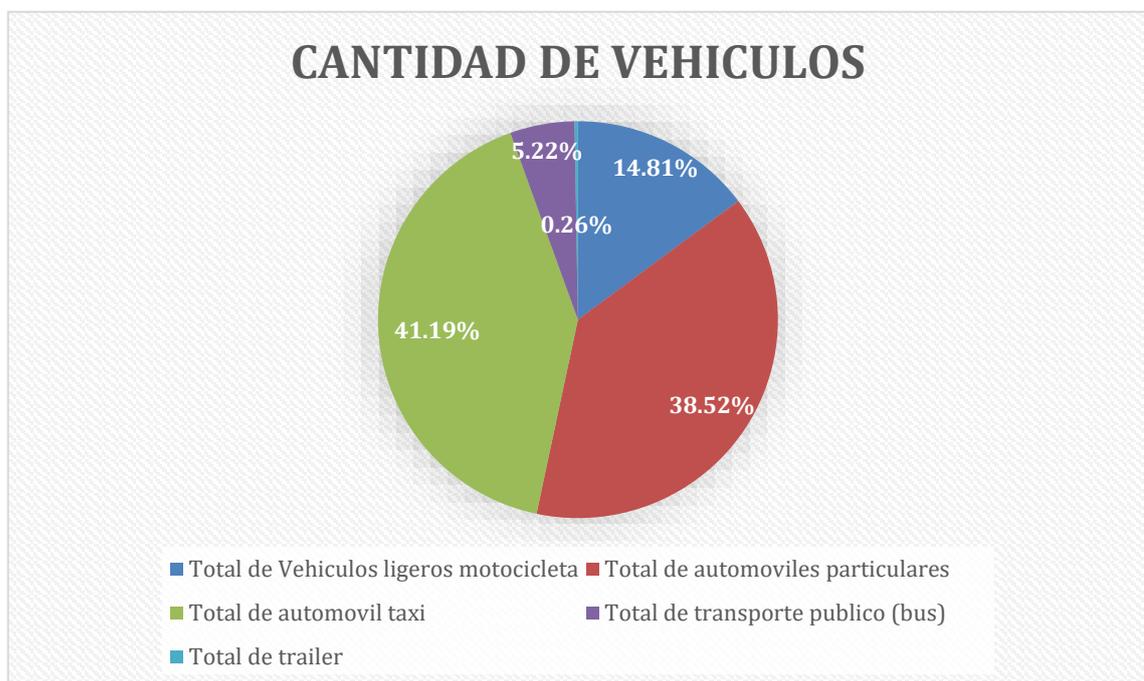
Cantidad de vehículos en intersección 2 (08 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	394
Total de automóviles particulares	=	1025
Total de automóvil taxi	=	1096
Total de transporte público (bus)	=	139
Total de tráiler	=	7

Nota. Elaboración propia.

Figura 29

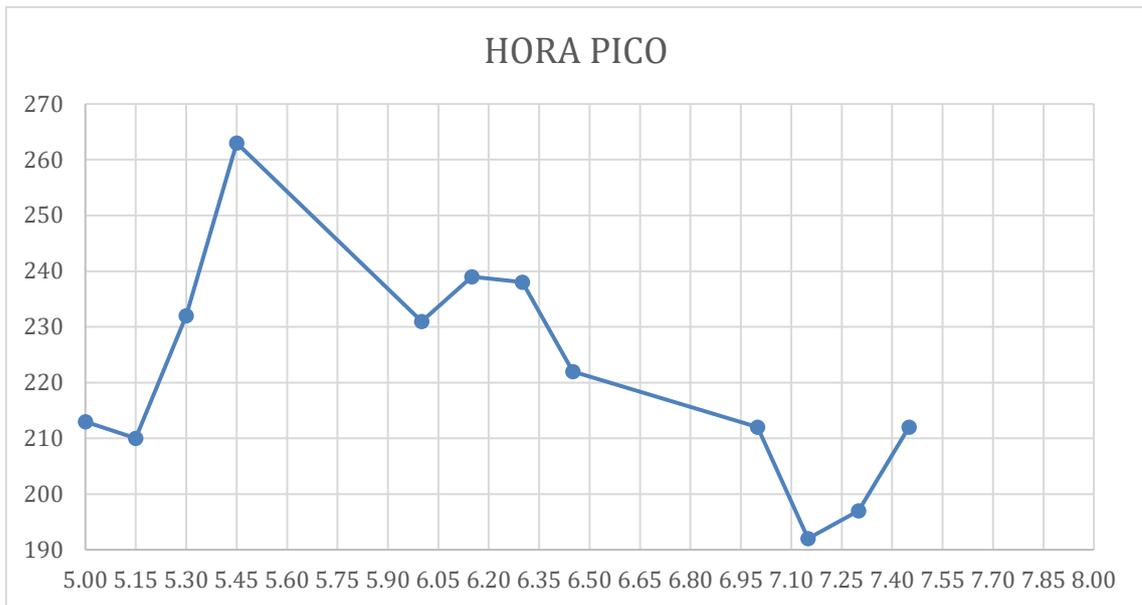
Porcentaje de vehículos en la intersección 2 día 8 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 30

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 2 día 08 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 29, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 971 como se aprecia en el anexo L y un aforo vehicular de 263 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 30, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,92.

- 08 de agosto del 2023 (anexo 13)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 7, figura 31 y 32:

Tabla 7

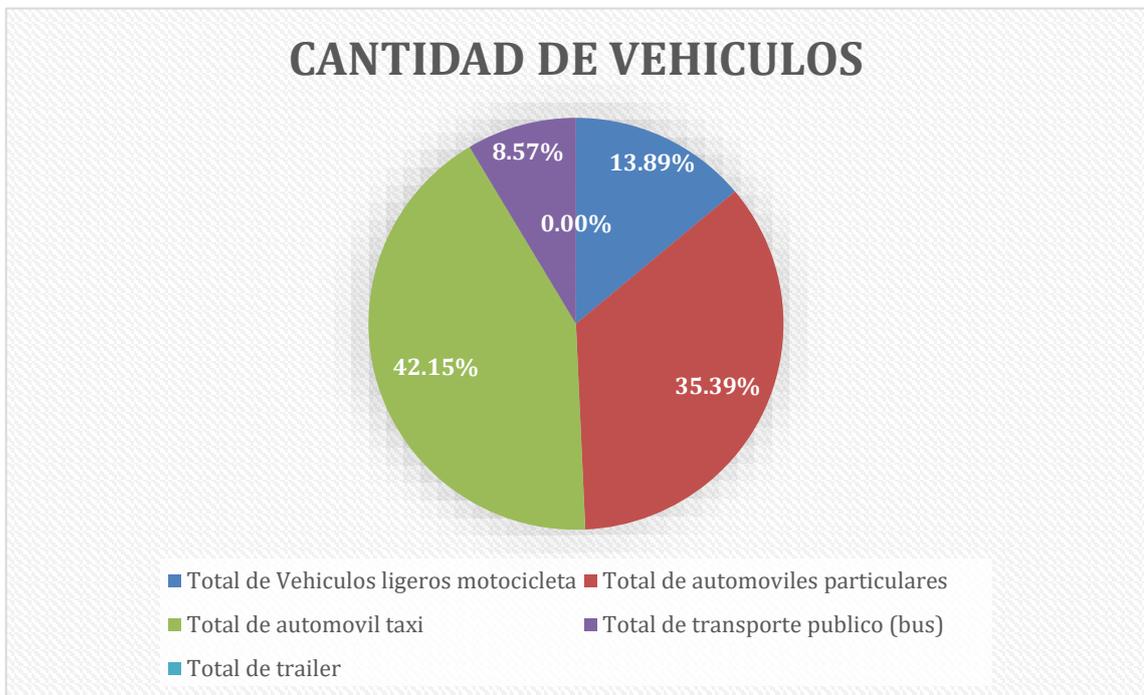
Cantidad de vehículos en intersección 3 (08 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	329
Total de automóviles particulares	=	838
Total de automóvil taxi	=	998
Total de transporte público (bus)	=	203
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 31

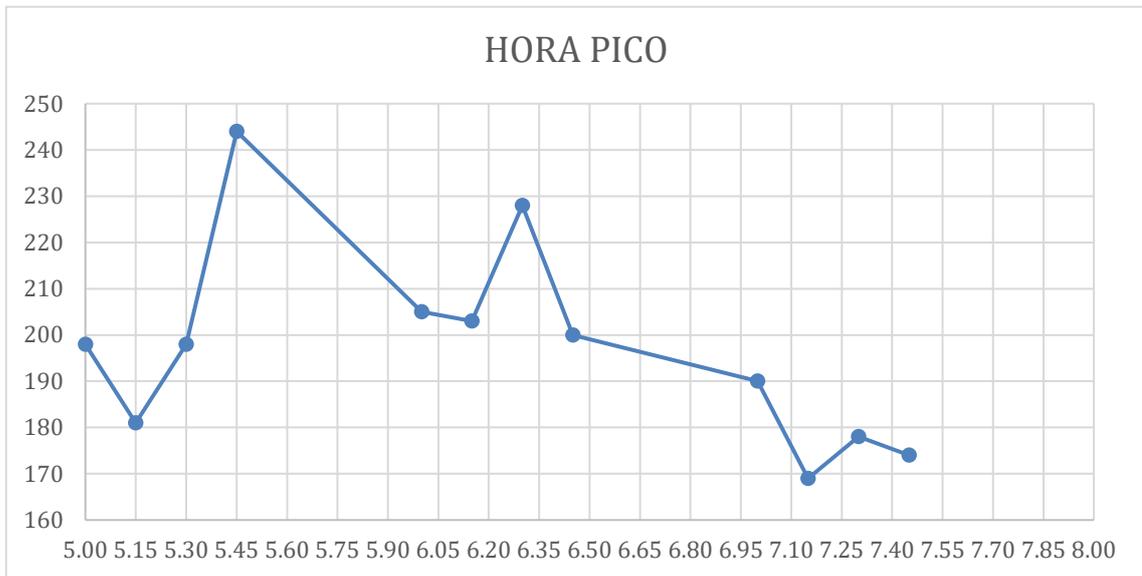
Porcentaje de vehículos en la intersección 3 día 08 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 32

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3 día 08 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 31, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 830 como se aprecia en el anexo M y un aforo vehicular de 244 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 32, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,90.

- 08 de agosto del 2023 (anexo 14)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 8, figura 33 y 34:

Tabla 8

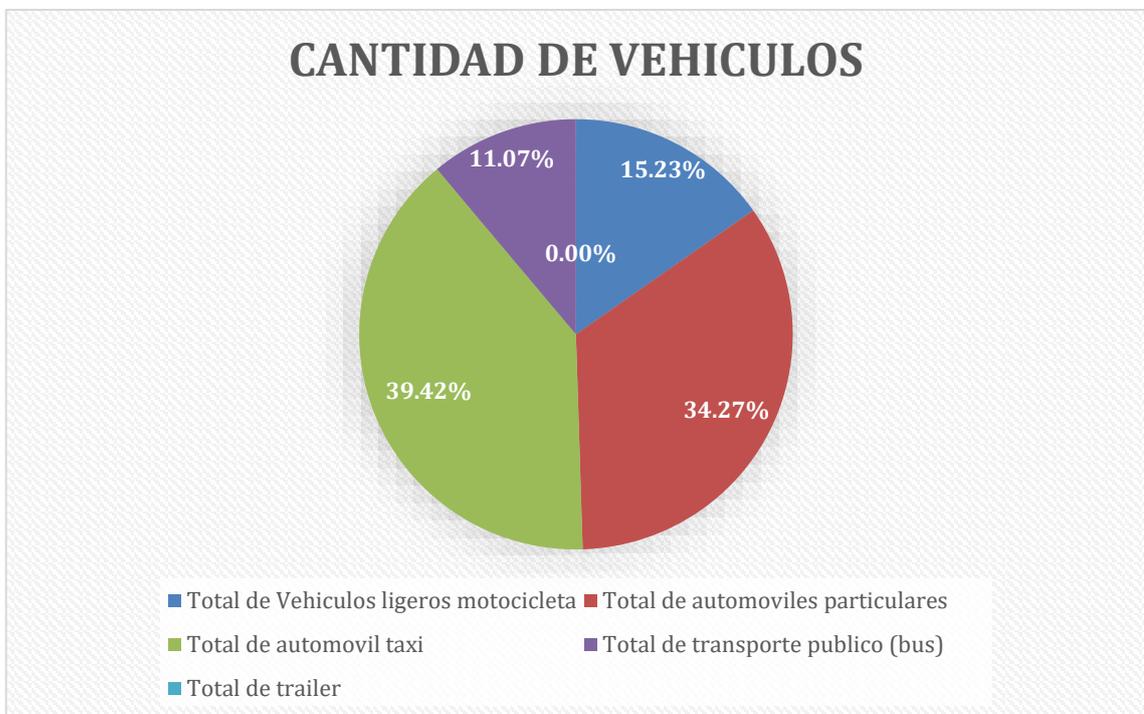
Cantidad de vehículos en intersección 4 (08 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros		
motocicleta	=	432
Total de automóviles particulares	=	972
Total de automóvil taxi	=	1118
Total de transporte público (bus)	=	314
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 33

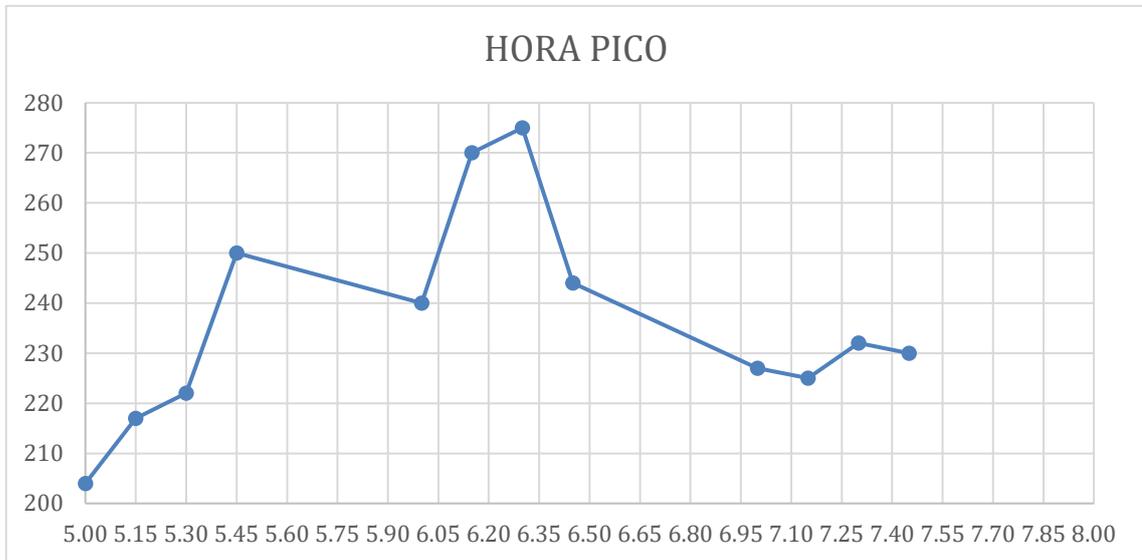
Porcentaje de vehículos en la intersección 4 día 08 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 34

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4 día 08 de agosto.



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 33, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1035 como se aprecia en el anexo N y un aforo vehicular de 275 vehículos entre las 18:45 pm y las 19:00 pm como se aprecia en la figura 34, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 1,04.

- 14 de agosto del 2023 (anexo 15)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 9, figura 35 y 36:

Tabla9

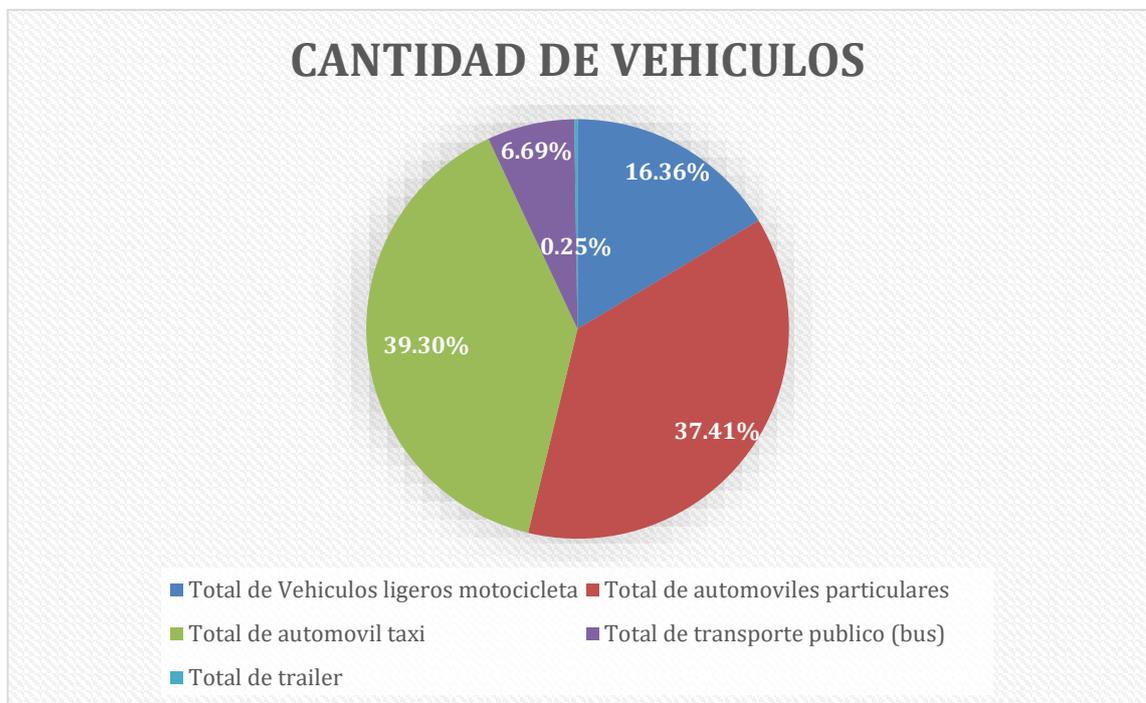
Cantidad de vehículos en intersección 1 (14 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	460
Total de automóviles particulares	=	1052
Total de automóvil taxi	=	1105
Total de transporte público (bus)	=	188
Total de tráiler	=	7

Nota. Elaboración propia.

Figura 35

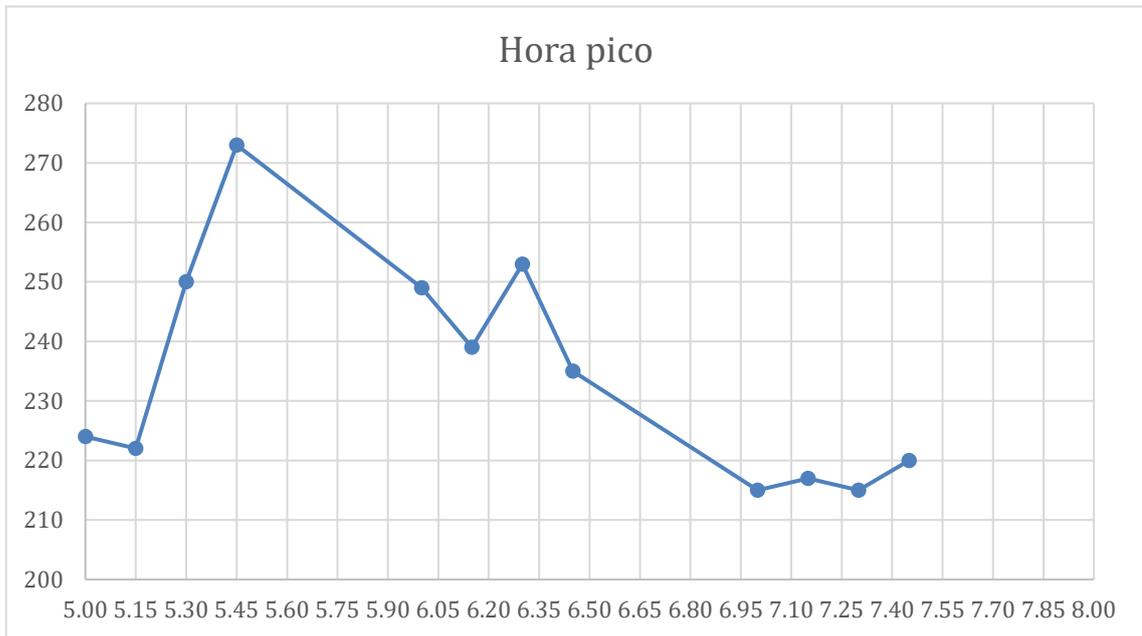
Porcentaje de vehículos en la intersección 1 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 36

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 35, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1014 como se aprecia en el anexo O y un aforo vehicular de 273 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 36, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,93.

- 14 de agosto del 2023 (anexo 16)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 10, figura 37 y 38:

Tabla 10

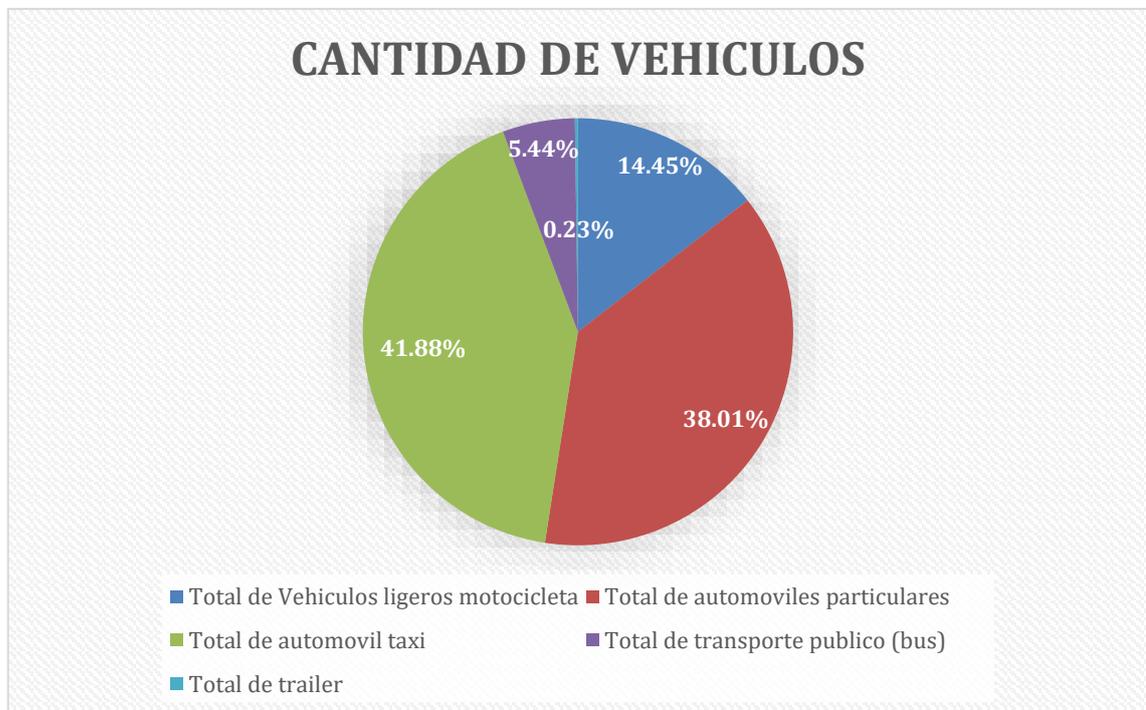
Cantidad de vehículos en intersección 2 (14 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	385
Total de automóviles particulares	=	1013
Total de automóvil taxi	=	1116
Total de transporte público (bus)	=	145
Total de tráiler	=	6

Nota. Elaboración propia.

Figura 37

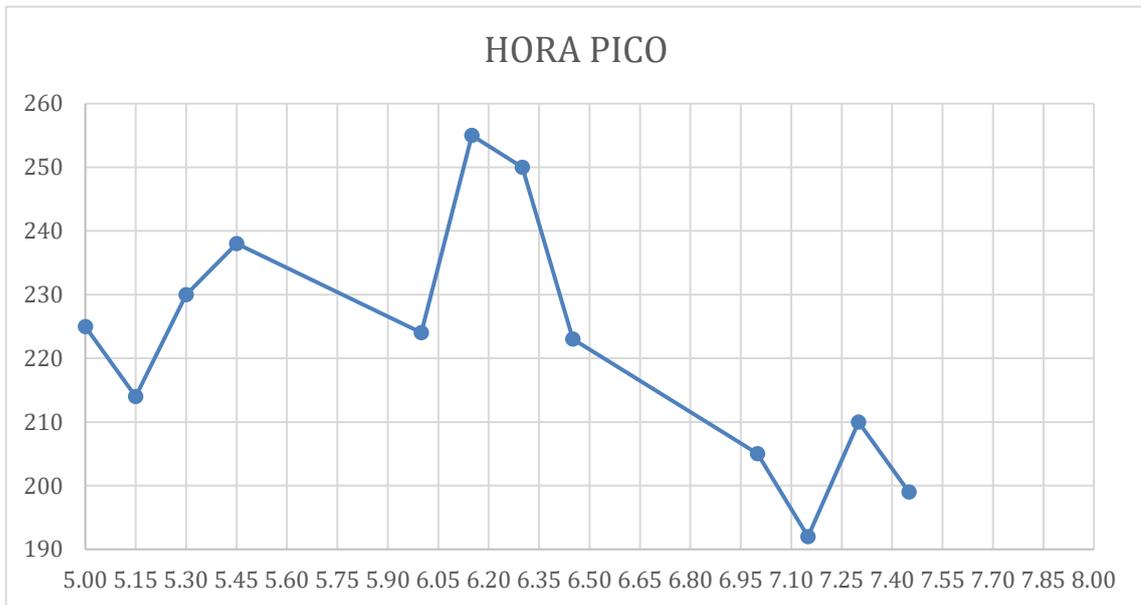
Porcentaje de vehículos en la intersección 2 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 38

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 2 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 37, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 967 como se aprecia en el anexo P y un aforo vehicular de 255 vehículos entre las 18:15 pm y las 18:30 pm como se aprecia en la figura 38, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 1,02.

- 14 de agosto del 2023 (anexo 17)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 11, figura 39 y 40:

Tabla 11

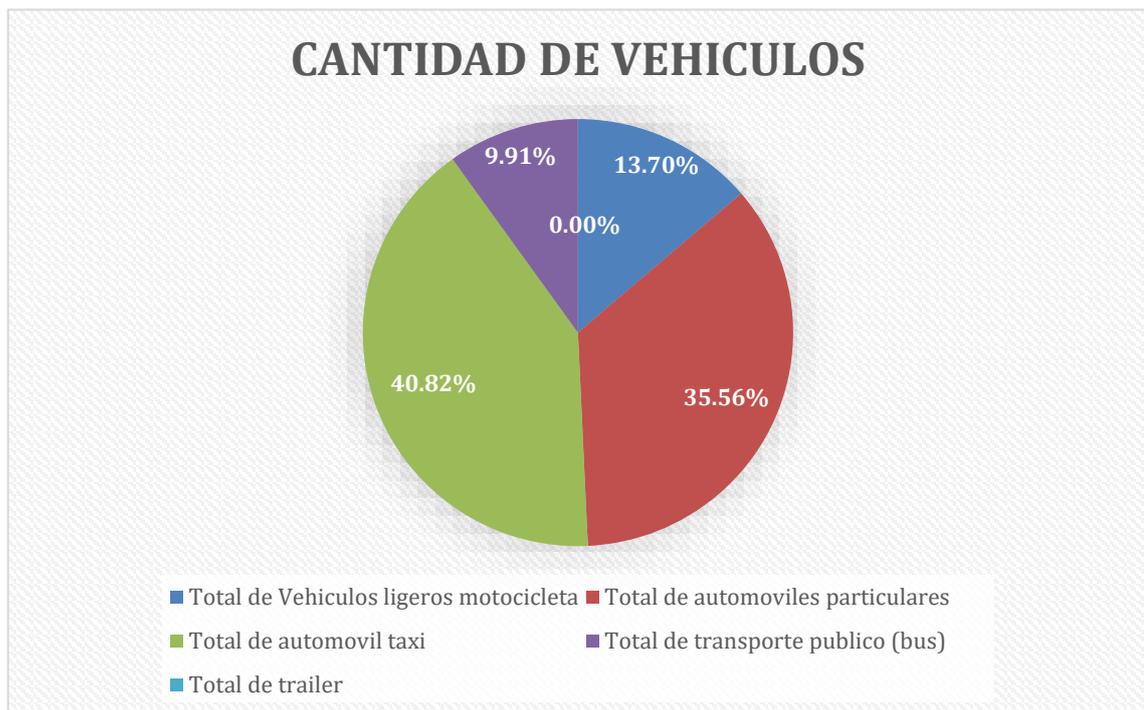
Cantidad de vehículos en intersección 3 (14 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	336
Total de automóviles particulares	=	872
Total de automóvil taxi	=	1001
Total de transporte público (bus)	=	243
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 39

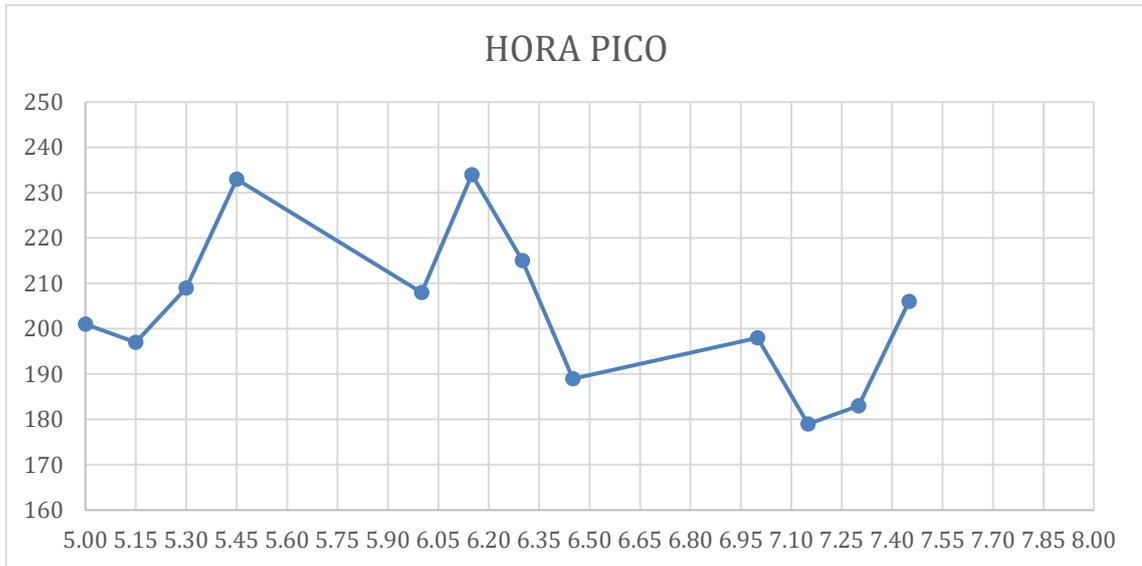
Porcentaje de vehículos en la intersección 3 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 40

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 39, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 890 como se aprecia en el anexo Q y un aforo vehicular de 234 vehículos entre las 18:15 pm y las 18:30 pm como se aprecia en la figura 40, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,95.

- 14 de agosto del 2023 (anexo 18)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 12, figura 41 y 42:

Tabla 12

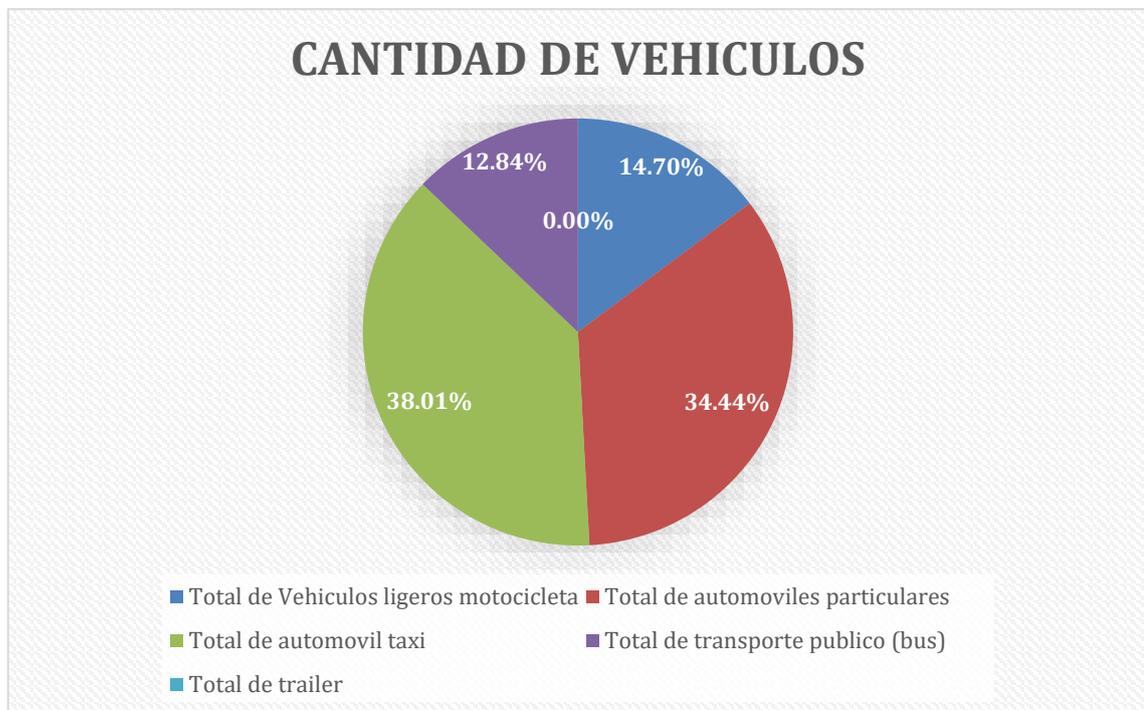
Cantidad de vehículos en intersección 4 (14 de agosto 2023)

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	441
Total de automóviles particulares	=	1033
Total de automóvil taxi	=	1140
Total de transporte público (bus)	=	385
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 41

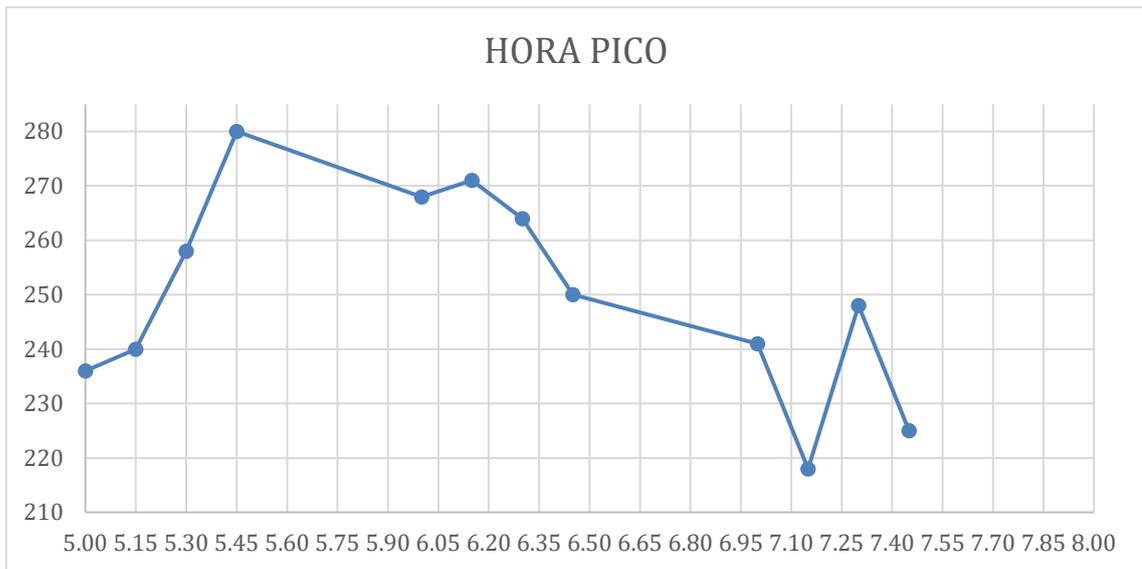
Porcentaje de vehículos en la intersección 4 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Figura 42

Hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4 día 14 de agosto



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 41, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1083 como se aprecia en el anexo R y un aforo vehicular de 280 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 42, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,97.

5.2. Presentación de resultados

5.2.1. Promedio de datos de intersección 1 (anexo S)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 13, 14, 15, 16, 17, 18, figura 43 y 44:

Tabla 13

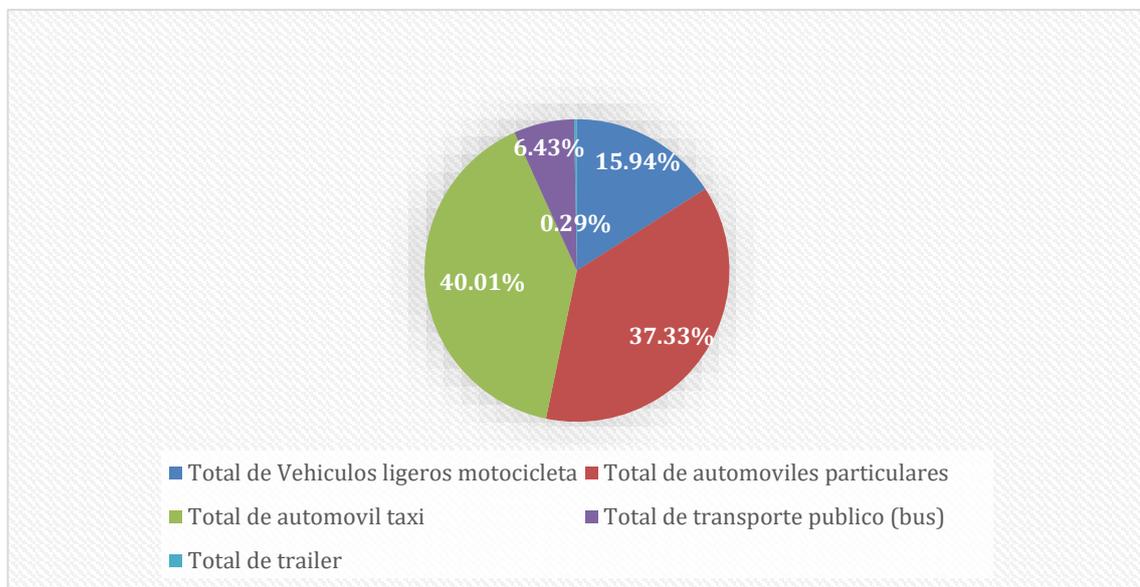
Cantidad de vehículos promedio en intersección 1

Total de Vehículos ligeros		
motocicleta	=	452.67
Total de automóviles particulares	=	1060
Total de automóvil taxi	=	1137
Total de transporte público (bus)	=	183
Total de tráiler	=	8

Nota. Elaboración propia

Figura 43

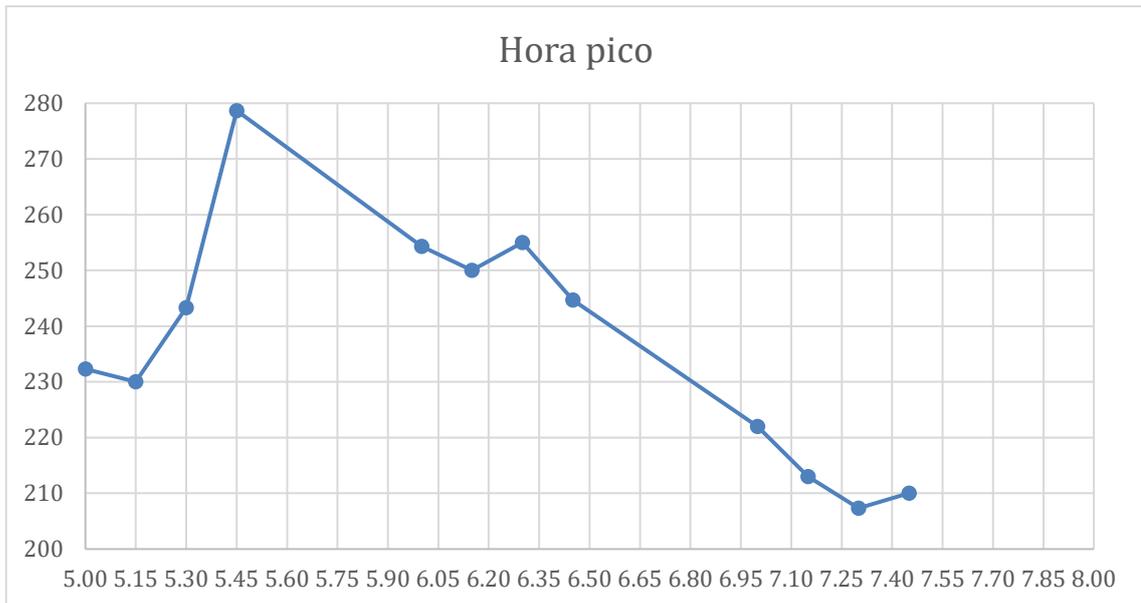
Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 1



Nota. Elaboración propia.

Figura 44

Promedio de hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 1



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 43, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1038 como se aprecia en el anexo S y un aforo vehicular de 279 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 44, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,93.

- Cantidad de vehículos por vía (c/15 minutos)

Tabla14

Flujo de hora pico de intersección 1

FLUJO HORA PICO C/ 15 min			
1	2	3	
283	508	247	1038

Nota. Elaboración propia.

- Tasa de flujo equivalente en 15 minutos

Tabla15

Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 1 en intersección 1

Q15 =	157
Q60 =	283
FHP =	0.93
N =	2
fHV =	0.97
fp =	1
Pt =	0.49
PB =	6.42

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16

Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 2 en intersección 1

Q15 =	282
Q60 =	508
FHP =	0.93
N =	2
fHV =	0.97
fp =	1
Pt =	0.49
PB =	6.42

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17*Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 3 en intersección 1*

Q15 =	137
Q60 =	247
FHP =	0.93
N =	2
fHV =	0.97
fp =	1
Pt =	0.49
PB =	6.42

Nota. Elaboración propia.**Tabla 18***Flujo de hora pico ajustado en intersección 1*

FLUJO HORA PICO AJUSTADO C/ 15 min			
1	2	3	
157	282	137	577

Nota. Elaboración propia.**5.2.2. Promedio de datos de intersección 2 (anexo T)**

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 19, 20, 21 22, 23, 24, figura 45 y 46:

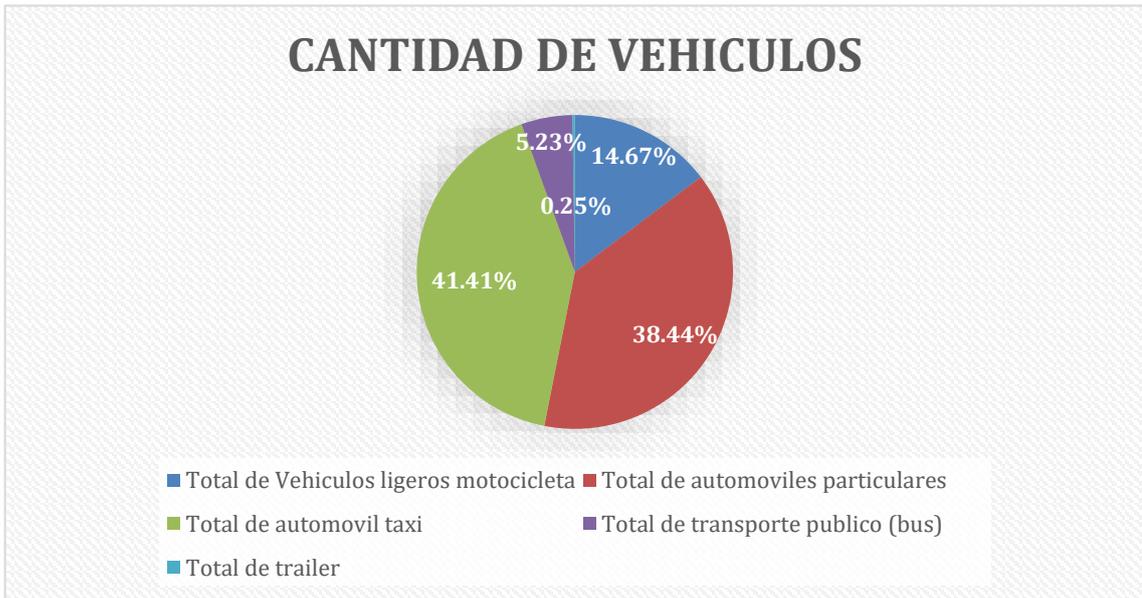
Tabla19*Cantidad de vehículos promedio en intersección 2*

Total de Vehículos ligeros		
motocicleta	=	391
Total de automóviles particulares	=	1026
Total de automóvil taxi	=	1105
Total de transporte público (bus)	=	140
Total de tráiler	=	7

Nota. Elaboración propia.

Figura 45

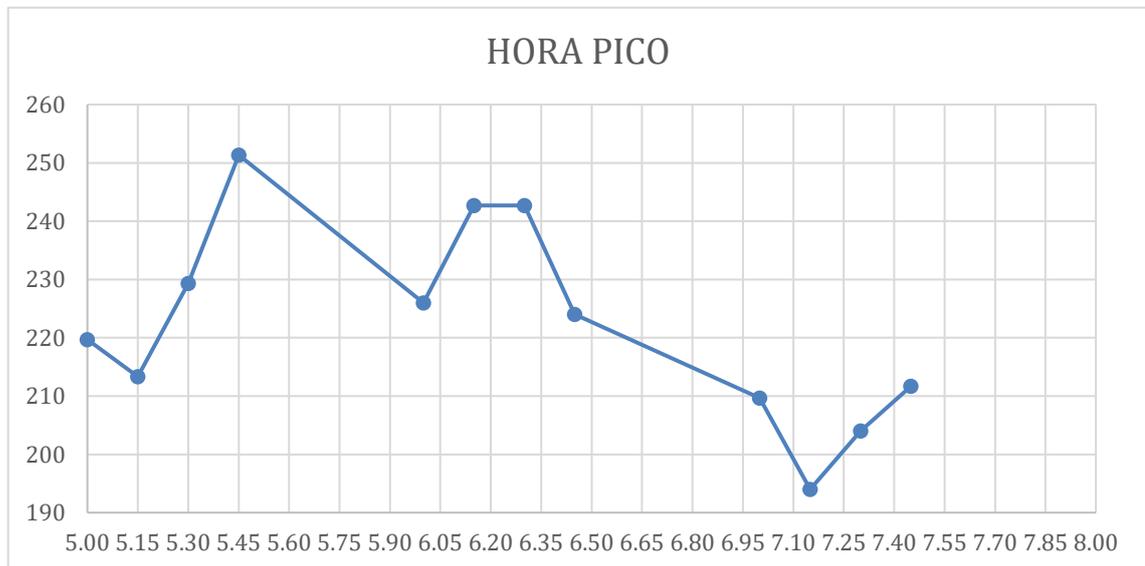
Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 2



Nota. Elaboración propia.

Figura 46

Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 2



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 45, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 963 como se aprecia en el anexo T y un aforo vehicular de 251 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 46, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,96.

- Cantidad de vehículos por vía (c/15 minutos)

Tabla20

Flujo de hora pico de intersección 2

FLUJO HORA PICO C/ 15 min			
4	5	6	
244	485	233	963

Nota. Elaboración propia.

- Tasa de flujo equivalente en 15 minutos

Tabla21

Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 4 en intersección 2

Q15 =	131
Q60 =	244
FHP =	0.96
N =	2
fHV =	0.97
fp =	1
Pt =	0.25
PB =	5.23

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22*Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 5 en intersección 2*

Q15 =	260
Q60 =	485
FHP =	0.96
N =	2
fHV =	0.97
fp =	1
Pt =	0.25
PB =	5.23

Nota. Elaboración propia.**Tabla 23***Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 6 en intersección 2*

Q15 =	125
Q60 =	233
FHP =	0.96
N =	2
fHV =	0.97
fp =	1
Pt =	0.25
PB =	5.23

Nota. Elaboración propia.**Tabla 24***Flujo de hora pico ajustado en intersección 2*

FLUJO HORA PICO AJUSTADO C/ 15 min			
4	5	6	
131	260	125	516

Nota. Elaboración propia.

5.2.3. Promedio de datos de intersección 3 (anexo U)

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 25, 26, 27, 28, 29, 30, figura 47 y 48:

Tabla 25

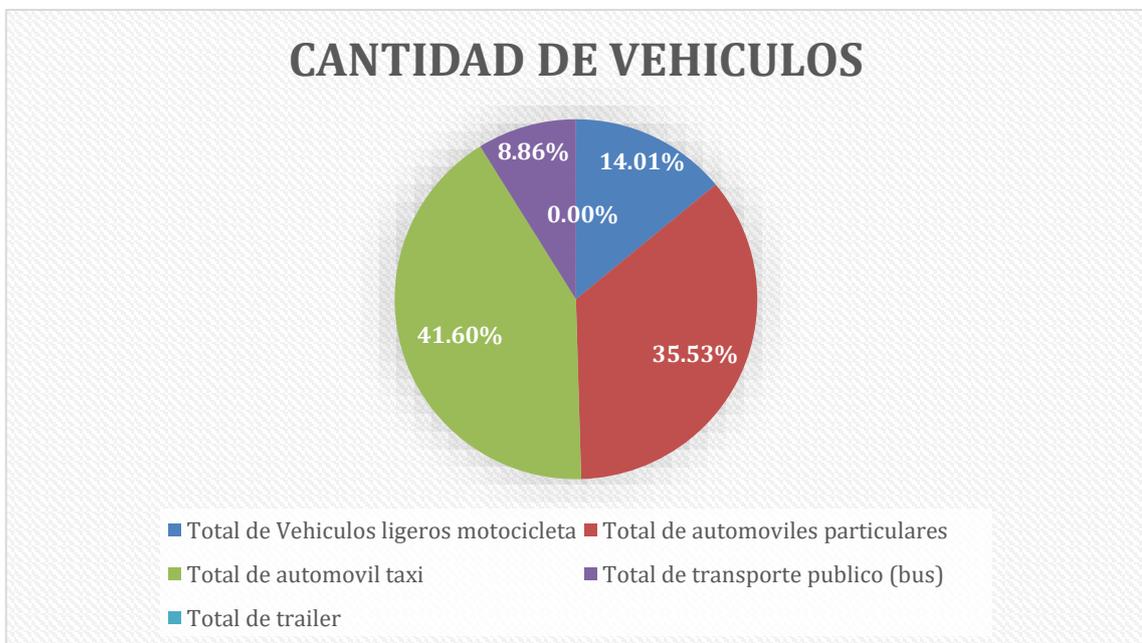
Cantidad de vehículos promedio en intersección 3

Total de Vehículos ligeros motocicleta	=	340
Total de automóviles particulares	=	863
Total de automóvil taxi	=	1010
Total de transporte público (bus)	=	215
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 47

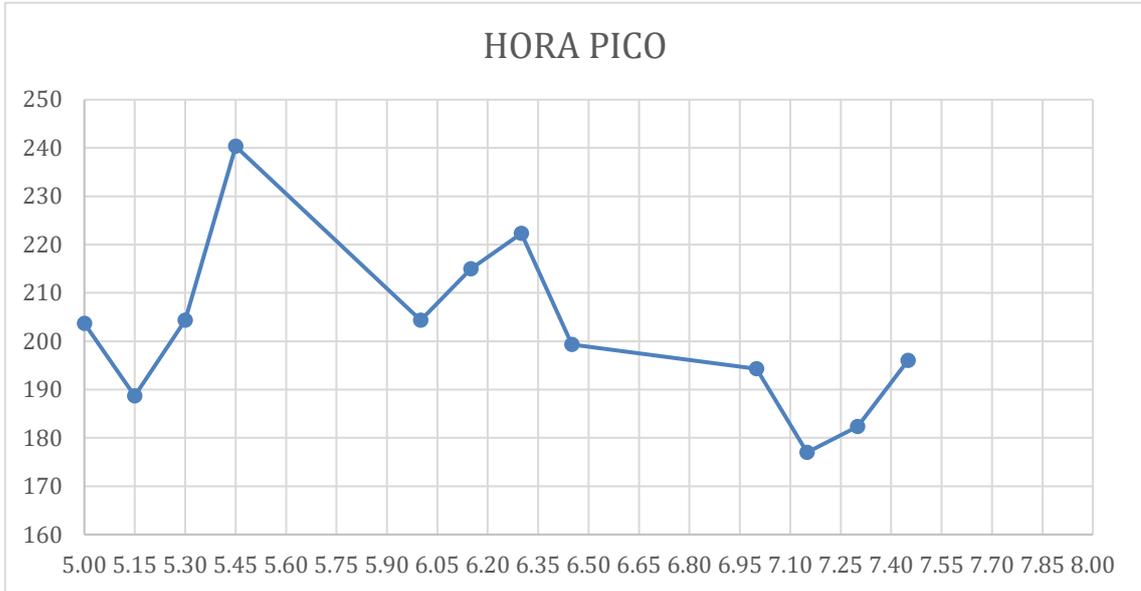
Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 3



Nota. Elaboración propia.

Figura 48

Promedio de hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 3



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 47, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 882 como se aprecia en el anexo U y un aforo vehicular de 240 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 48, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,99.

- Cantidad de vehículos por vía (c/15 minutos)

Tabla 26

Flujo de hora pico de intersección 3

FLUJO HORA PICO C/ 15 min			
7	8	9	
255	410	217	882

Nota. Elaboración propia.

- Tasa de flujo equivalente en 15 minutos

Tabla 27

Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 7 en intersección 3

Q15 =	134
Q60 =	255
FHP =	0.99
N =	2
fHV =	0.96
fp =	1
Pt =	0
PB =	8.86

Nota. Elaboración propia.

Tabla 28

Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 8 en intersección 3

Q15 =	216
Q60 =	410
FHP =	0.99
N =	2
fHV =	0.96
fp =	1
Pt =	0
PB =	8.86

Nota. Elaboración propia.

Tabla 29*Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 9 en intersección 3*

Q15 =	114
Q60 =	217
FHP =	0.99
N =	2
fHV =	0.96
fp =	1
Pt =	0
PB =	8.86

Nota. Elaboración propia.**Tabla 30***Flujo de hora pico ajustado en intersección 3*

FLUJO HORA PICO AJUSTADO C/ 15 min			
7	8	9	
134	216	114	464

Nota. Elaboración propia.**5.2.4. Promedio de datos de intersección 4 (anexo V)**

A continuación, se presenta los datos obtenidos en la tabla 31, 31, 33, 34, 35, 36, figura 49 y 50:

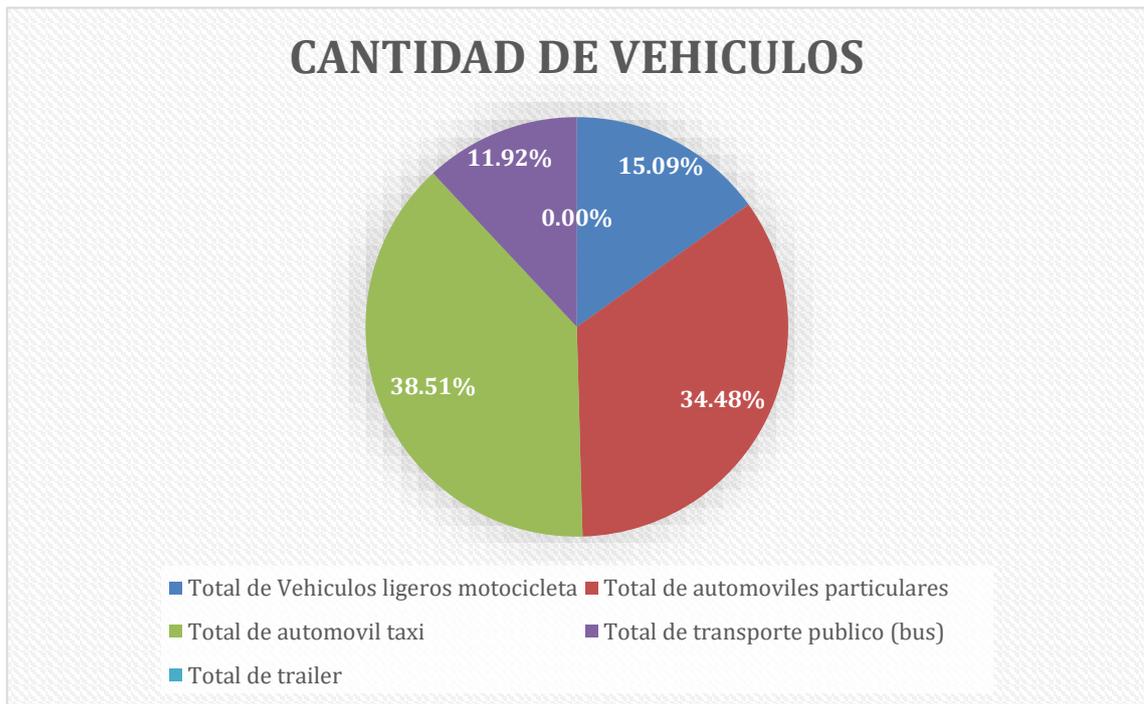
Tabla 31*Cantidad de vehículos promedio en intersección 4*

Total de Vehículos ligeros		
motocicleta	=	442
Total de automóviles particulares	=	1010
Total de automóvil taxi	=	1128
Total de transporte público (bus)	=	349
Total de tráiler	=	0

Nota. Elaboración propia.

Figura 49

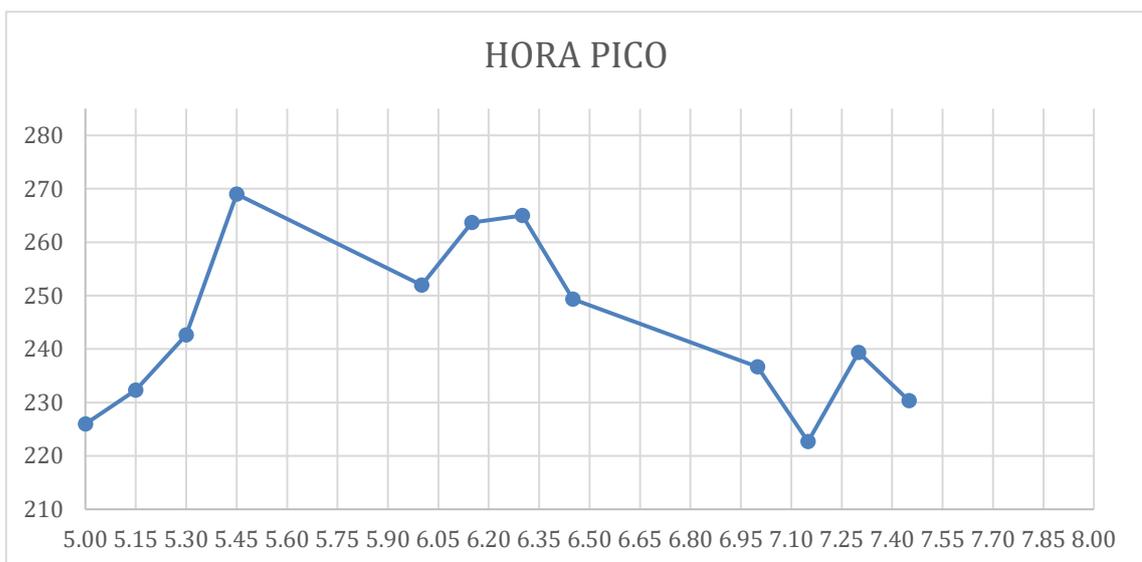
Porcentaje promedio de vehículos en la intersección 4



Nota. Elaboración propia.

Figura 50

Promedio de hora con mayor afluencia de vehículos de intersección 4



Nota. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 49, el rango de horas con mayor afluencia vehicular es de 17:45 pm a 18:45 pm con mayor presencia de taxis.

Se tiene un volumen horario de máxima demanda (VHMD) de 1050 como se aprecia en el anexo V y un aforo vehicular de 240 vehículos entre las 17:45 pm y las 18:00 pm como se aprecia en la figura 50, por lo tanto, el factor horario de máxima demanda (FHMD) es 0,98.

- Cantidad de vehículos por vía (c/15 minutos)

Tabla 32

Flujo de hora pico de intersección 4

FLUJO HORA PICO C/ 15 min			
10	11	12	
273	483	293	1050

Nota. Elaboración propia.

- Tasa de flujo equivalente en 15 minutos

Tabla 33

Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 10 en intersección 4

Q15 =	148
Q60 =	273
FHP =	0.98
N =	2
fHV =	0.94
fp =	1
Pt =	0
PB =	11.92

Nota. Elaboración propia.

Tabla 34*Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 11 en intersección 4*

Q15 =	262
Q60 =	483
FHP =	0.98
N =	2
fHV =	0.94
fp =	1
Pt =	0
PB =	11.92

Nota. Elaboración propia.**Tabla 35***Cálculo de tasa de flujo equivalente de giro 12 en intersección 4*

Q15 =	159
Q60 =	293
FHP =	0.98
N =	2
fHV =	0.94
fp =	1
Pt =	0
PB =	11.92

Nota. Elaboración propia.**Tabla 36***Flujo de hora pico ajustado en intersección 4*

FLUJO HORA PICO AJUSTADO C/ 15 min			
10	11	12	
148	262	159	570

Nota. Elaboración propia.

5.2.5. Flujograma

En la tabla 37 y figura 51 se muestra el flujograma ajustado del proyecto.

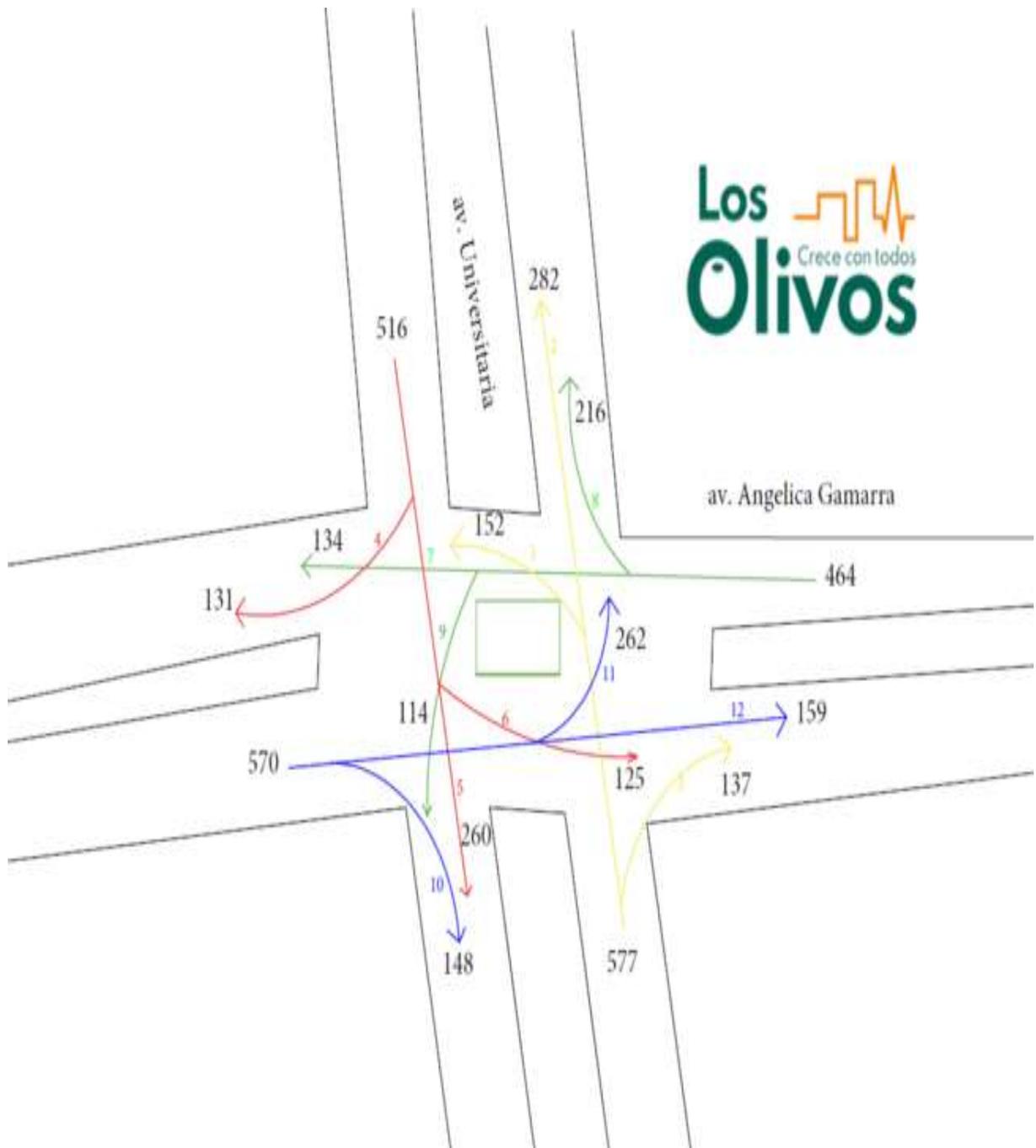
Tabla37

Flujograma ajustado

FLUJOGRAMA (15 min)			
1	2	3	
157	282	137	577
4	5	6	
131	260	125	516
7	8	9	
134	216	114	464
10	11	12	
148	262	159	570

Nota. Elaboración propia.

Figura 51
Flujograma



Nota. Elaboración propia.

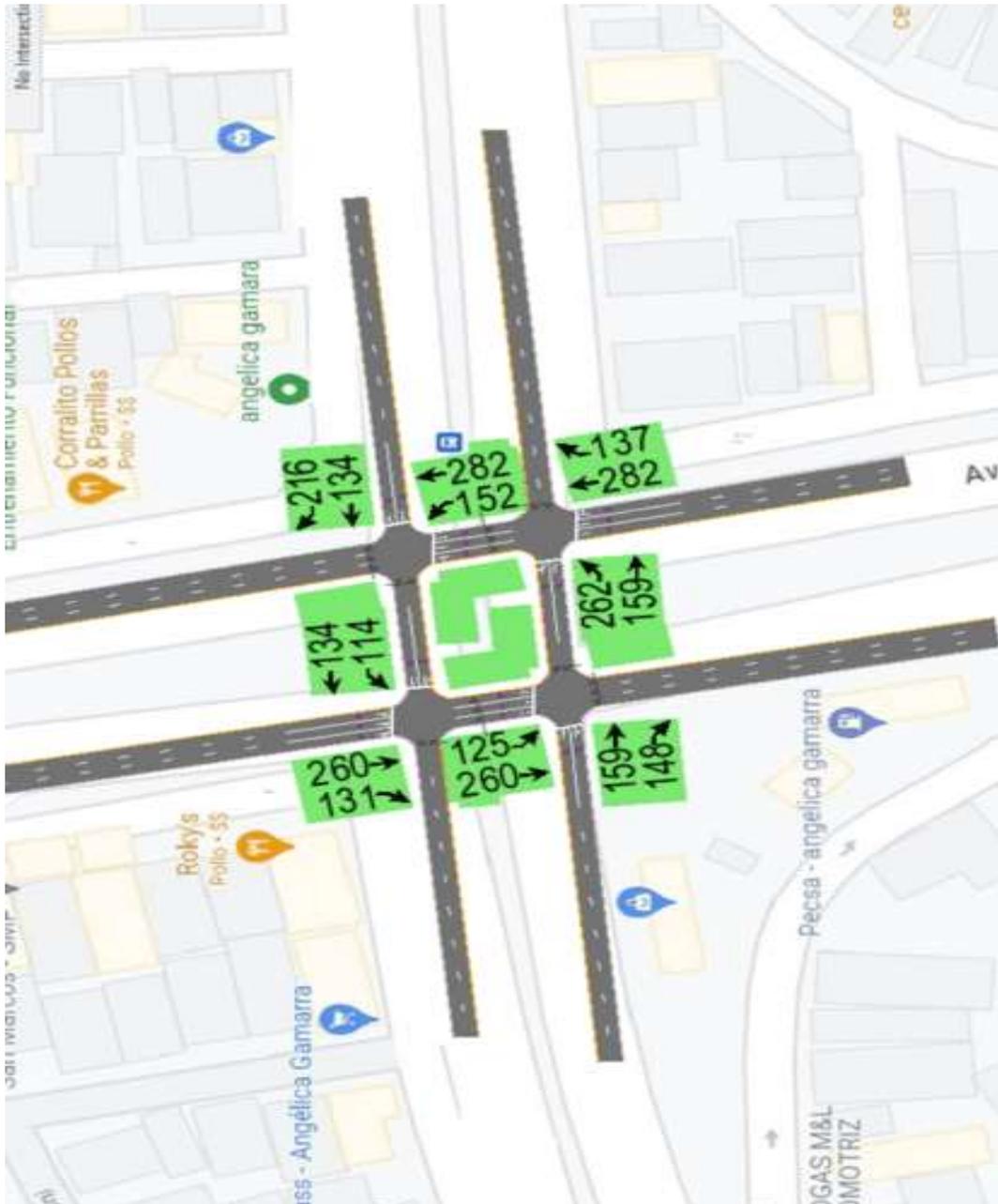
5.3. Análisis de resultados

5.3.1. Ingreso de datos a software Synrho 11.

Se ingresó al software la cantidad de carriles por vía, anchos, flujo de vehículos respectivo a cada intersección y giro como se aprecia en la figura 52.

Figura 52

Flujograma en Synrho 11



Nota. Elaboración propia.

- Información del software sobre la intersección 1

En la figura 53, 54, 55 y 56 se muestra los resultados emitidos por el software.

Figura 53

Intersección 1 en Synchro 11



Nota. Elaboración propia.

Figura 54

Datos relevantes sobre intersección 1 en Synrho 11

Max v/c Ratio:	0.26
Intersection Delay (s):	79.0
Intersection LOS:	E

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 53, el software muestra como datos principales para esta investigación un tiempo de semáforo de 265 segundos y una velocidad permitida de 50 Km/h tal cual se obtuvo en campo. Esto en conjunto a las condiciones geométricas de la vía y el flujo vehicular ingresado nos indica en la figura 54 que esta intersección presenta un nivel de servicio tipo E, un máximo valor de grado de saturación de 0.26 y demora en la intersección de 79 segundos.

Utilizando las bondades del software, como se ve en la figura 55 y 56, se puede optimizar el tiempo del semáforo en la intersección 1 variando de 265 segundos a 138 segundos, esto impacta en las condiciones de la vía logrando variar el nivel de servicio de E hacia D, el máximo valor de grado de saturación de 0.26 a 0.74 y la demora en la intersección de 79 segundos a 51.6 segundos como se aprecia en la figura 55.

Figura 55

Tiempo optimizado de semáforo en intersección 1

Total Split (s)	— 138.0 —
-----------------	-----------

Nota. Elaboración propia.

Figura 56

Optimización de valores de intersección 1 en Synrho 11

Max v/c Ratio:	0.74
Intersection Delay (s):	51.6
Intersection LOS:	D

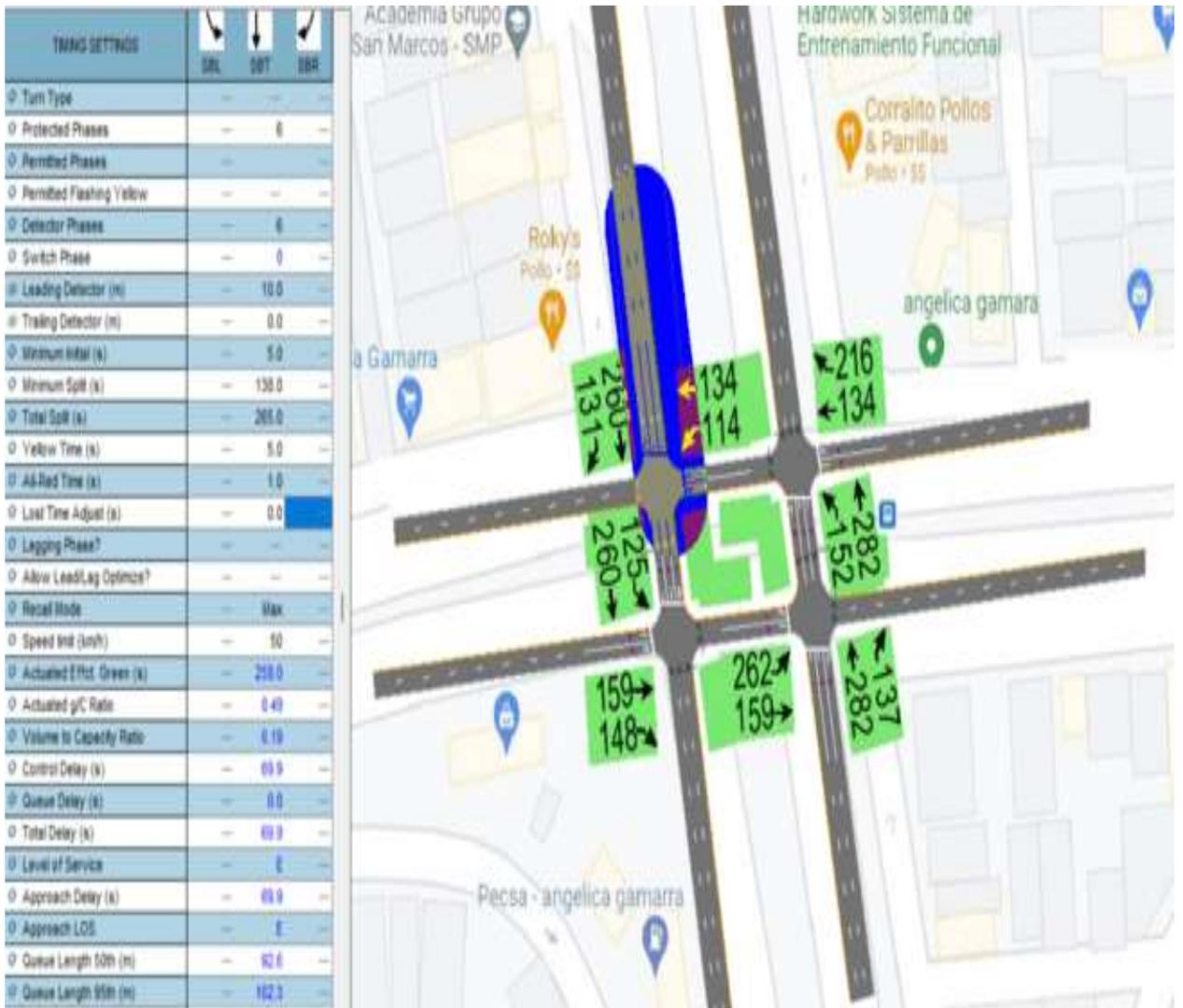
Nota. Elaboración propia.

- Información del software sobre la intersección 2

En la figura 57, 58, 59 y 60 se muestra los resultados emitidos por el software.

Figura 57

Intersección 2 en Synrho 11



Nota. Elaboración propia.

Figura 58

Datos relevantes sobre intersección 2 en Synrho 11

Max v/c Ratio:	0.19
Intersection Delay (s):	88.2
Intersection LOS:	F

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 57, el software muestra como datos principales para esta investigación un tiempo de semáforo de 265 segundos y una velocidad permitida de 50 Km/h tal cual se obtuvo en campo. Esto en conjunto a las condiciones geométricas de la vía y el flujo vehicular ingresado nos indica en la figura 58 que esta intersección presenta un nivel de servicio tipo F, un máximo valor de grado de saturación de 0.19 y demora en la intersección de 88.2 segundos.

Utilizando las bondades del software, como se aprecia en la figura 59 y 60, se puede optimizar el tiempo del semáforo en la intersección 2 variando de 265 segundos a 142 segundos, esto impacta en las condiciones de la vía logrando variar el nivel de servicio de F hacia D, el máximo valor de grado de saturación de 0.19 y la demora en la intersección de 88.2 segundos a 46.2 segundos como se aprecia en la figura 59.

Figura 59

Tiempo optimizado de semáforo en intersección 2

Total Split (s)	142.0
-----------------	-------

Nota. Elaboración propia.

Figura 60

Optimización de valores de intersección 2 en Synchrho 11

Max v/c Ratio:	0.19
Intersection Delay (s):	46.2
Intersection LOS:	D

Nota. Elaboración propia.

- Información del software sobre la intersección 3

En la figura 61, 62, 63 y 64 se muestra los resultados emitidos por el software.

Figura 61

Intersección 3 en Synrho 11



Nota. Elaboración propia.

Figura 62

Datos relevantes sobre intersección 3 en Synrho 11

Max v/c Ratio:	0.24
Intersection Delay (s):	77.8
Intersection LOS:	E

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 61, el software muestra como datos principales para esta investigación un tiempo de semáforo de 265 segundos y una velocidad permitida de 50 Km/h tal cual se obtuvo en campo. Esto en conjunto a las condiciones geométrías de la vía y el flujo vehicular ingresado nos indica en la figura 62 que esta intersección presenta un nivel de servicio tipo E, un máximo valor de grado de saturación de 0.24 y demora en la intersección de 77.8 segundos.

Utilizando las bondades del software, como se observa en la figura 63 y 64, se puede optimizar el tiempo del semáforo en la intersección 3 variando de 265 segundos a 146 segundos, esto impacta en las condiciones de la vía logrando variar el nivel de servicio de E hacia F, el máximo valor de grado de saturación de 0.24 a 0.23 y la demora en la intersección de 77.8 segundos a 62.8 segundos como se aprecia en la figura 63.

Figura 63

Tiempo optimizado de semáforo en intersección 3

Total Split (s)	146.0
-----------------	-------

Nota. Elaboración propia.

Figura 64

Optimización de valores de intersección 3 en Synchrho 11

Max v/c Ratio:	0.23
Intersection Delay (s):	62.8
Intersection LOS:	E

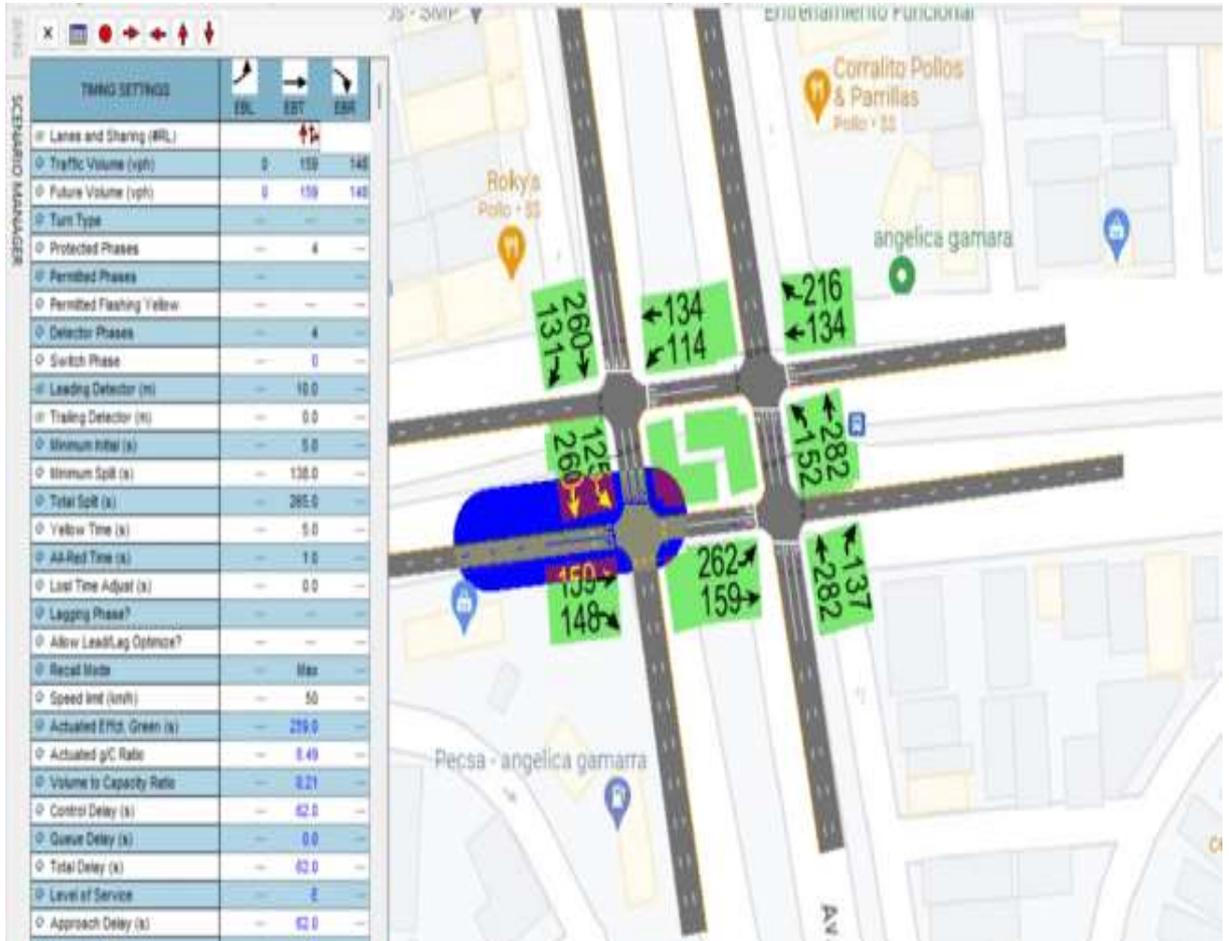
Nota. Elaboración propia. *Nota.* Elaboración propia.

- Información del software sobre la intersección 4

En la figura 65, 66, 67 y 68 se muestra los resultados emitidos por el software.

Figura 65

Intersección 4 en Synrho 11



Nota. Elaboración propia.

Figura 66

Datos relevantes sobre intersección 4 en Synrho 11

Max v/c Ratio:	0.21
Intersection Delay (s):	63.2
Intersection LOS:	E

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 65, el software muestra como datos principales para esta investigación un tiempo de semáforo de 265 segundos y una velocidad permitida de 50 Km/h tal cual se obtuvo en campo. Esto en conjunto a las condiciones geométricas de la vía y el flujo vehicular ingresado nos indica en la figura 66 que esta intersección presenta un nivel de servicio tipo E, un máximo valor de grado de saturación de 0.21 y demora en la intersección de 63.2 segundos.

Utilizando las bondades del software, como se observa en las figuras 67 y 68, se puede optimizar el tiempo del semáforo en la intersección 3 variando de 265 segundos a 141 segundos, esto impacta en las condiciones de la vía logrando mantener el nivel de servicio de E, manteniendo el máximo valor de grado de saturación de 0.21 y variando la demora en la intersección de 63.2 segundos a 65.6 segundos como se aprecia en la figura 67.

Figura 67

Tiempo optimizado de semáforo en intersección 4



Nota. Elaboración propia.

Figura68

Optimización de valores de intersección 4 en Synchrho 11

◊ Max v/c Ratio:	0.21
◊ Intersection Delay (s):	65.6
◊ Intersection LOS:	E

Nota. Elaboración propia.

En las figuras 69 y 70 se muestra la intersección previa y después a la optimización.

Figura 69

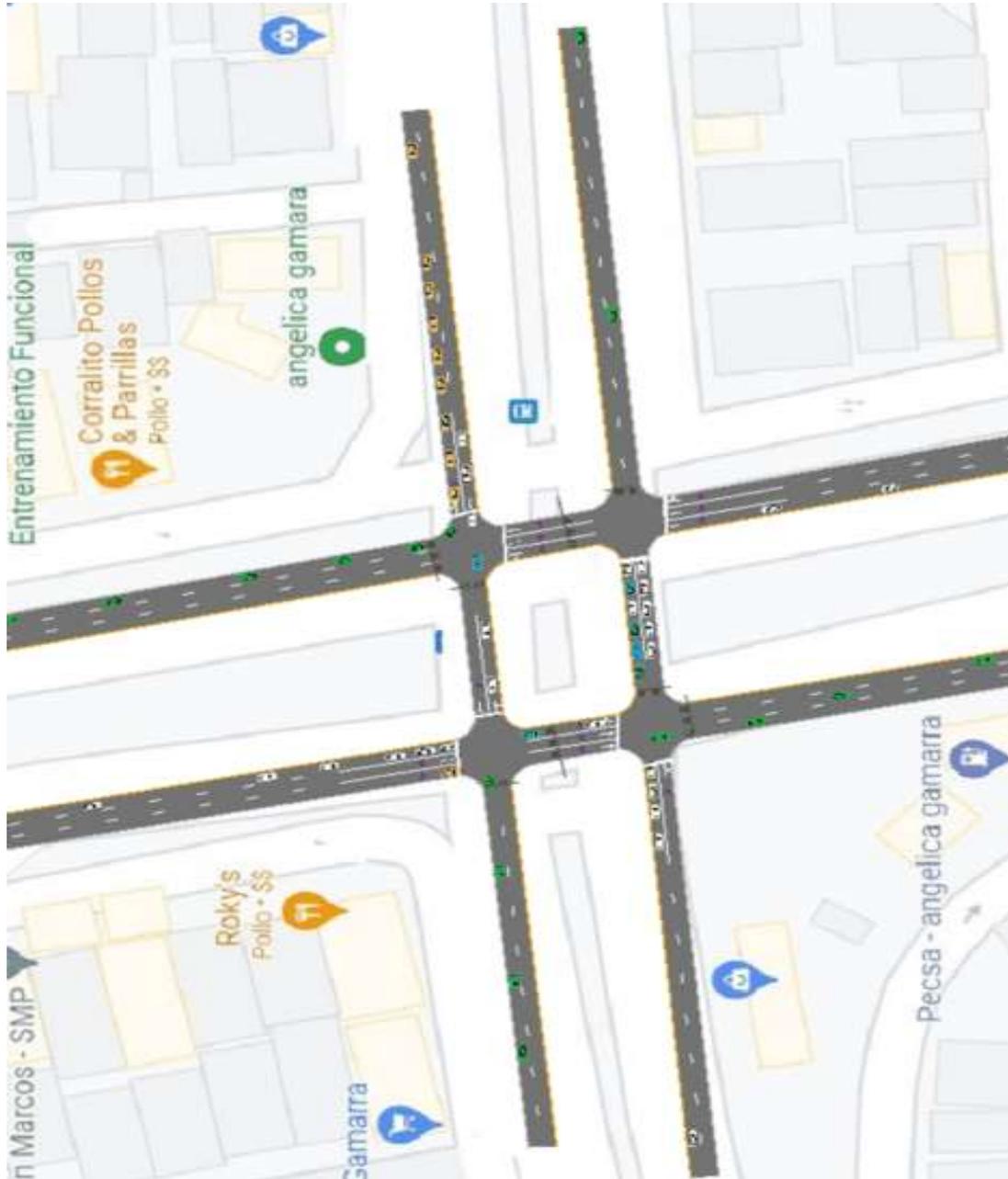
Simulación de las intersecciones de la avenida universitaria y avenida Angelica gamarra



Nota. Elaboración propia.

Figura 70

Simulación optimizada de las intersecciones de la avenida universitaria y avenida Angelica gamarra.



Nota. Elaboración propia.

5.3.2. Comparación de resultados.

Tabla 38

Comparación de resultados obtenidos

	Intersección 1		Intersección 2		Intersección 3		Intersección 4	
	sin optimizar	optimizado						
Tiempo de semáforo (s)	265	138	265	142	265	146	265	141
Nivel de servicio	E	D	F	D	E	E	E	E
Grado de saturación	0.26	0.74	0.19	0.19	0.24	0.23	0.21	0.21
Demora en intersección (s)	79	51.6	88.2	46.2	77.8	62.8	63.2	65.6

Nota. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 36, en la intersección 1 logra optimizar el nivel de servicio subiendo de E hacia D, el grado de saturación varía de 0.26 a 0.74 y reduce la demora en la intersección de 79 a 51.6.

En la intersección 2 se logra optimizar el nivel de servicio subiendo de F a D, se mantiene el grado de saturación y se reduce la demora en la intersección de 88.2 a 46.2.

En la intersección 3 se mantiene el nivel de servicio, se reduce el grado de saturación de 0.24 a 0.23 y se reduce la demora en la intersección de 77.8 a 62.8.

En la intersección 4 se mantiene el nivel de servicio, se mantiene el grado de saturación y se aumenta la demora en la intersección de 63.2 a 65.6

5.4. Constatación de hipótesis

5.4.1. Hipótesis secundaria 1

H1-1: Estableciendo las fases de semaforización se determina el flujo o grado de saturación y el tiempo perdido aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

H0-1: Estableciendo las fases de semaforización no se determina el flujo o grado de saturación y el tiempo perdido aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

*Según el autor Zapata (2020) los datos arrojados por el software synchro 8 al agregar un carril adicional para giro exclusivo en la avenida Grau con el cruce de la avenida Vice mostraron una optimización en el retraso de la intersección pasando 295.9 segundos a 23.8 segundos, a su vez, mostro una mejora en el grado de saturación pasando de 0.60 a 0.20.

*Según Valderrama (2022) al agregar un carril más a la intersección de la avenida Balta y calle Ancash el tiempo de retraso en la intersección paso de 58.8 segundos a 9.8 segundos, a su vez, mostro una mejora en el grado de saturación de 1.15 a 0.3.

*En el estudio realizado en la intersección general de la avenida Universitaria y Angelica Gamarra se determinó que el grado de saturación para la intersección 1 aumenta de 0.26 a 0.74 y la demora disminuye de 79 segundos a 51.6 segundos, para la intersección 2 el grado de saturación se mantiene en 0.19 y la demora reduce de 88.2 a 46.2, para la intersección 3 el grado de saturación disminuye de 0.24 a 0.23 y la demora disminuye de 77.8 a 62.8, para la intersección 4 el grado de saturación se mantiene en 0.21 y la demora aumenta de 63.2 a 65.6. Por lo tanto, teniendo en cuenta que no se ha modificado la geometría como sucedió en las tesis estudiadas, se puede considerar en promedio que el grado de saturación vario ligeramente incrementando respecto a la situación previa a la optimización, sin embargo, el tiempo de demora en la intersección si se vio mejorado en promedio. De tal manera se acepta la hipótesis nula (H0) y se rechaza la hipótesis alternativa (H1) debido a que no se mejoró ambos aspectos como se consideraba.

5.4.2. Hipótesis secundaria 2

H2-1: Determinando las fases de semaforización se mejora el nivel de servicio aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

H0-2: Determinando las fases de semaforización no se mejora el nivel de servicio aplicando el software Synchro 11 en la intersección de las avenidas Angélica Gamarra y la avenida Universitaria, Lima - 2023.

*Según el autor Zapata (2020) los datos arrojados por el software synchro 8 al agregar un carril adicional para giro exclusivo en la avenida Grau con el cruce de la avenida Vice mostraron una optimización en el nivel de servicio de la intersección pasando de F a C.

*Según Valderrama (2022) al agregar un carril más a la intersección de la avenida Balta y calle Ancash , el software synchro 10 arroja una mejora en el nivel de servicio mejora de E hacia A.

*En el estudio realizado en la intersección general de la avenida Universitaria y Angelica Gamarra se determinó mediante el software synchro 11 que el nivel de servicio en la intersección 1 varia de E hacia D, en la intersección 2 varia de F hacia D, en la intersección 3 se mantiene en E y en la intersección 4 se mantiene en E. Por lo tanto, teniendo en cuenta que no se ha modificado la geometría como sucedió en las tesis estudiadas, se

puede considerar en promedio que el nivel de servicio a nivel de intersección general mejoro. De tal manera se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1) debido a que se mejoró el nivel de servicio como se consideraba.

CONCLUSIONES

- 1) La estrategia principal de esta investigación fue la de realizar ajustes en los tiempos y fases de los semáforos en la intersección de las avenidas Universitarias y Angelica Gamarra, logrando variar de 2 fases a 4 fases y reducir el tiempo de los semáforos de 265 a 138 en la intersección 1, reducir el tiempo de los semáforos de 265 a 142 en la intersección 2, reducir el tiempo de los semáforos de 265 a 146 en la intersección 3 y reducir el tiempo de los semáforos de 265 a 141 en la intersección 4.
- 2) Una vez se obtuvo los resultados de tiempos optimizados de cada intersección, se calculó mediante el software synchro 11 los nuevos valores de grado de saturación y tiempo de demora logrando variar:
En la intersección 1 de 0.26 a 0.74 en lo que respecta a grado de saturación y de 79 segundos a 51.6 segundos en tiempo de demora.
En la intersección 2 se mantuvo en 0.19 el grado de saturación y vario de 88.2 segundos a 46.2 segundos el tiempo de demora.
En la intersección 3 disminuyó de 0.24 a 0.23 el grado de saturación y disminuyó el tiempo de demora de 77.8 segundos a 62.8 segundos.
En la intersección 4 se mantuvo en 0.21 el grado de saturación y aumento el tiempo de 63.2 segundos a 65.6 segundos el tiempo de demora.
- 3) Con los nuevos valores de tiempos, fases de semáforos, grado de saturación y tiempo de demora el software synchro 11 nos brindó los nuevos valores de nivel de servicio logrando variaciones en la intersección 1 subiendo de E a D, en la intersección 2 subiendo de F a D, en la intersección 3 se mantuvo en E y en la intersección 4 también se mantuvo en E.
- 4) Por lo tanto, según la teoría estudiada, al no encontrar solución aceptable con la optimización de semáforos, es necesario pasar al siguiente nivel de intersección el cual sería el uso de glorieta o paso a desnivel para poder mejorar el nivel de servicio y, por ende, el grado de saturación y los tiempos de pérdidas tal cual se vio en las tesis estudiadas, donde al agregar un carril más en las vías, los niveles de servicio mejoraron considerablemente.

RECOMENDACIONES

- 1) Los hallazgos encontrados son fundamentales para tomar decisiones informadas en la gestión del tráfico en la ciudad y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos al reducir los tiempos de viaje, minimizar los embotellamientos y promover una circulación más fluida en esta importante intersección. Este estudio demuestra el valor de la tecnología y la planificación estratégica en la gestión del tráfico urbano.
- 2) Se recomienda continuar con los estudios realizados en esta investigación, debido a que, según la teoría, es necesario pasar a un siguiente nivel de intersección y para ello es necesario contar con un estudio más profundo del tráfico, así como un estudio de costos para evaluar la mejor opción.
- 3) Es recomendable que se considere el uso de semáforos inteligentes como se viene usando en otros países de la región para poder tener mejor circulación vehicular durante horas punta y optimización de tiempos durante el resto del día. Para esto, se necesita tener de parte de la municipalidad correspondiente, un registro con las horas picos durante un tiempo prolongado en diferentes épocas del año para que los resultados obtenidos sean los más óptimos.

REFERENCIAS

- Andueza, P. (2013). Diseño funcional de intersecciones a nivel. Publicaciones vicerrectado académico – Venezuela.
- Asociación automotriz del Perú.(2022). Costo económico causado por la congestión vehicular.
- Avalos, E (2021) “Microsimulación de flujo vehicular para reducir el congestionamiento en una intersección de la ciudad de Puno, 2021”
- Basurto, L e Yzaguirre,R. (2019). Propuesta de un sistema de semaforización para reducir el grado de saturación en las intersecciones de Av. Angamos Este con Av. República de Panamá, Av. Tomás Marsano y Av. Aviación; a través de la metodología del Ramp Metering. Universidad privada de ciencias aplicadas. Lima – Perú.
- Bull, A. (2003). Congestión de tránsito: El problema y como enfrentarlo. CEPAL – Santiago de Chile.
- Cárdenas, J ; Cal y Mayor, R. (2007). Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicación. 8ª edición. México.
- Carrasco, J y Wazhima, G. (2012). Diseño de la red semafórica de la calle mariscal lamar desde la calle manuel vega hasta la calle tarqui. Universidad de Cuenca.
- Conaset.(2012). Manual de señalización de tránsito. Gobierno de Chile.
- Díaz, E. (2022). Influencia de la geometría de una vía del Perú en su evaluación funcional. Análisis en su medición y normatividad. Universidad de Piura.
- Figueroa, O (2005). Transporte urbano y globalización: Políticas y efectos en América Latina. EURE. Santiago.
- Flores, E (2021) “Caracterización de metodologías utilizadas en un sistema de transporte inteligente para mejorar la gestión vehicular en cruce de peatones y propuestas de aplicación, Cajamarca 2021”
- Gema C. (2020) “Evaluación para la implementación de semáforos inteligente en los cruces de Boulevard Luis Donaldo Colosio, Ciudad de México”
- González, C. (2009). Estrategias tarifarias y des estimulación del uso del vehículo particular por medio del pico y placa en Medellín. Revista Ingenierías Universidad de Medellín.
- Herrera, N; Luján, S y Gomez, E. (2017) Integración de herramientas para la toma de decisiones en la congestión vehicular. Universidad Nacional de Colombia.

- Highway capacity manual. (2000). Transportation research board. National Research council.
- Huapaya, M., & Soto, E. (2012). De todos y de nadie: el caso del transporte público en Lima y Callao y la necesidad de un planeamiento común. Revista de derecho administrativo.
- Instituto de la construcción y gerencia. (2005). Manual de diseño geométrico de vías urbanas.
- Jaqueline, J (2022) “Congestión vehicular en Lima metropolitana”
- Jesús, R (2020) “Diseño de un Sistema de Semaforización con el Software SYNCHRO 8 en la congestión vehicular en el puente La Ensenada de Distrito de Puente Piedra, Lima. 2020”
- Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras. (2011). Ministerio de exteriores y de cooperación.
- Manual de diseño geométrico de vías urbanas. (2005). Instituto de la construcción y gerencia.
- Manual Interamericano sobre Dispositivos de Control del Tránsito. 1988.
- Mora, J. (2019). Determinación del flujo de saturación base (so) para ciudades pequeñas, caso Tunja. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia.
- Pardo, C (Ed). (2016). Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas, Colombia. Editorial Espacio
- Pinos, V. (2015). Diseño de intersecciones en vías urbanas. Universidad del Azuay.
- Sabanda, I. (2017). Determinación del nivel de servicio en calles urbanas. Universidad técnica federico santa maría departamento de obras civiles valparaíso – chile
- Salas, K. (2018). Diseño geométrico vial y secciones de drenaje para el mejoramiento del tramo de carretera de la Ruta Nacional N.o 707, comprendido entre San Pablo de Turrubares y la Ruta Nacional N.o 27. Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela de Ingeniería en Construcción.
- Reguellin, A. (2018). La congestión vehicular en lima metropolitana entre los años 2012 y 2016 afecta económicamente a las empresas aseguradoras de vida y a sus trabajadores. Universidad de Lima.
- Rojas, J (2020) “Diseño de un Sistema de Semaforización con el Software SYNCHRO 8 en la congestión vehicular en el puente la Ensenada del Distrito de Puente Piedra, Lima – 2020”.

- Rimapa J. (2021) “El estudio del flujo vehicular y propuesta para evitar la congestión vehicular en la av. Francisco Bolognesi, entre la Av. José Leonardo Ortiz y la calle M. Grau, distrito de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2019”
- Thompson, I y Bull, E (2001). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. Santiago de Chile.
- Piña J. Y Zúñiga G. (2017) “Análisis comparativo del sistema tradicional de semaforización vs Una propuesta de semaforización inteligente para la reducción del congestionamiento vehicular en la ciudad de Guayaquil”
- PROCCA (2020) “Proyectos Geométricos de carreteras”
- PROTRANSPORTE. (s.f.). Disponible 2006, dirección (http://www.protransporte.gob.pe/pdf/info/publi1/CC_RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf)
- Sanz, A (Ed). (2016). Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas, Colombia. Editorial Gea21
- Uribe, P. (2020). Sistema de control de tráfico basado en dispositivos modulares heterogéneos. Universidad politécnica de Valencia.
- Valderrama, D. (2022). Análisis de la capacidad y niveles de servicio con alternativas de solución para mejorar el flujo vehicular en la intersección de la avenida Balta y calle Ancash de la ciudad de Moquegua.
- Valencia, V. (2000). Principios sobre semáforos. Universidad nacional de Colombia sede Medellín.
- Zapata, J.(2020). Nivel de servicio y mejoramiento de diseño geométrico en avenida prolongación Grau de la ciudad de Piura. Universidad privada Antenor Orrego – Trujillo.
- Zevallos, E y Guzmán, W (2022). Optimización y sincronización de semáforos de la Av. Grau entre los tramos de la Av. Sullana y la Av. Gullman en la provincia de Piura. Universidad de Piura.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

TÍTULO: Semafización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGIA
General	General	General				
¿En qué medida la semafización sirve para minimizar la congestión vehicular aplicando el software Synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023?	Determinar la semafización para minimizar la congestión vehicular aplicando el software synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023.	Determinando la semafización se minimiza la congestión vehicular aplicando el software Synchro II en la intersección de las avenidas Angélica gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023.	SEMAFORIZACIÓN	Fases de semafización Tiempo de semáforo	Ciclo de semáforo Tiempo de duración de intervalo	
Específicos	Específicos	Específicos	DEPENDIENTE		Número de carriles velocidad de circulación	Metodología de la investigación: Tipo : Aplicada Nivel: Descriptivo
¿Cuáles son las fases de semafización para determinar el flujo o grado de saturación y el tiempo de pérdida aplicando el software synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023?	Establecer las fases de semafización para determinar el flujo o grado de saturación y el tiempo de pérdida aplicando el software synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023.	Estableciendo las fases de semafización se determina el flujo o grado de saturación y el tiempo perdido aplicando el software Synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023.	CONGESTION VEHICULAR	Nivel de servicio	Ancho de carril	Enfoque: Mixto
¿Cuáles son las fases de la semafización para determinar el nivel de servicio aplicando el software synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023?	Determinar las fases de semafización para mejorar el nivel de servicio aplicando el software synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023.	Determinando las fases de semafización se mejora el nivel de servicio aplicando el software Synchro II en la intersección de las avenidas Angélica Gamero y la avenida Universitaria, Lima - 2023.			VMD Flujo de saturación	

Nota. Elaboración Propia

Anexo B: Formato toma de datos 1 (intersección 1)



**UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA**



Los Olivos
Crecer con todos



Test: Semafización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

Testistas: Bach. Escobar Herrera Hugo Fecha:
 Bach. Loyola Zamalloa Gonzalo
 Responsable: Mg. Ing. Anavalo Lay Víctor
 Zona: av. Universitaria cruz con av. Angelica Gamarra Hora de Inicio:
 Sentido: A - B Hora de Fin:

Horas de control	Motocicleta			Automovil particular			Automovil tipo			Transporte publico (Bus)			Trailer			Total (1/4 hora)	TOTAL (h)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
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																	
TOTAL																	

Nota. Elaboración Propia

Anexo C: Formato toma de datos 2 (intersección 2)



**UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA**



**Los
Olivos**
Cruza con salud



Test: Señalización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

Testistas: Beth Escobar Herrera Hugo Fecha:
 Beth Loyola Zamalino Gonzalo

Responsable: Mg. Ing. Arevalo Jay Victor
 Zona: av. Universitaria cruce con av. Angélica Gamara Hora de inicio:
 Sembrado: A - E Hora de fin:

Horas de control	Motocicleta			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público (Bus)			Trailer			Total (1 hora)	TOTAL (7h)
	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6		
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																	
TOTAL																	

Nota. Elaboración Propia

Anexo D: Formato toma de datos 3 (intersección 3)



**UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA**



**Los
Olivos**
Crece con todos



Test: Semafización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

Testador: Bach. Escobar Herrera Hugo Fecha:
 Bach. Loyola Zamalina Gonzalo
 Responsable: Mg. Ing. Arevalo Ley Victor
 Zona: av. Universitaria cruce con av. Angelita Gamara Hora de inicio:
 Servicio: C - D hora de fin:

hora de control	Motocicleta			Automovil particular			Automovil taxi			Transporte publico (Bus)			Trailer			Total (1/4 hora)	TOTAL (hr)
	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S		
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																	
TOTAL																	

Nota. Elaboración Propia

Anexo E: Formato toma de datos 4 (intersección 4)



Título: Señalización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

Testistas: Barh. Escobar Herrera Hugo Fecha:
 Barh. Loyola Zamallina González
 Responsable: Mg. Ing. Aresalo Lay Victor
 Zona: av. Universitaria Chusa con av. Angelica Damiana Hora de inicio:
 Semforo: C-D Hora de fin:

Hora de control	Motocicleta			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público [Bus]			Trailer			Total (1/4 hora)	TOTAL (%)
	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12		
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																	
TOTAL																	

Nota. Elaboración Propia

Anexo F: Plano del distrito de los Olivos



Nota. Elaboración Propia

Anexo G: Formato toma de datos intersección 1 del día 02 de agosto del 2023



Título: Taller Semestrariedad para implementar la congestión vehicular en las Intersecciones de alta capacidad
 Fecha: 02/08/23
 Tema: de: Universidad Ricardo Palma en: Análisis General
 Versión: 17:00
 Hora de fin: 20:00

Horario	Vehículos			Autos particulares			Autobuses			Transporte público (Bus)			Taxis			Total (1+2+3+4+5+6)	TOTAL (R)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
17:00-17:15	13	17	12	25	38	17	34	45	26	2	14	0	0	1	0	247	
17:15-17:30	13	15	11	23	35	15	32	43	34	5	11	0	0	1	0	238	
17:30-17:45	11	23	7	16	57	25	27	37	25	3	17	0	0	0	0	246	
17:45-18:00	2	24	15	20	52	23	42	37	34	3	14	0	0	0	0	271	1001
18:00-18:15	12	16	7	14	67	15	30	33	33	5	15	2	0	1	0	248	1005
18:15-18:30	12	14	11	24	64	17	34	33	37	2	7	1	0	2	0	258	1025
18:30-18:45	17	12	18	21	58	10	37	46	27	3	8	0	0	0	0	259	1036
18:45-19:00	10	20	18	13	51	26	26	43	24	4	11	0	0	0	0	249	1014
19:00-19:15	5	9	10	13	58	18	32	37	25	2	14	2	0	1	0	226	992
19:15-19:30	2	15	12	17	53	19	35	33	25	1	7	1	0	1	0	219	953
19:30-19:45	11	17	11	15	55	16	24	26	23	2	9	0	0	0	0	209	903
19:45-20:00	5	24	11	18	67	23	23	33	15	2	10	1	0	1	0	233	807
TOTAL	110	208	142	219	658	224	276	446	278	32	137	7	0	8	0	2402	

Nota. Elaboración Propia

Anexo H: Formato toma de datos intersección 2 del día 02 de agosto del 2023



Título: Simulación para verificar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas
 Fecha: 02/08/23
 Proceso: Bach. Estudios Ingenieros
 Bach. Logística Operativa
 Responsable: Mg. Ing. Aníbal La Cruz
 Tema: An. Congestión de tráfico en la Alameda General
 Hora de inicio: 17:00
 Hora de fin: 20:00
 Semestre: A - B

Hora de control	Motoristas			Autos particulares			Autos mediana			Transporte público (Bus)			Tráfico			Total (LTA hora)	TOTAL (H)	
	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6			
17:00-17:15	4	15	10	23	36	15	32	43	24	0	12	0	0	0	0	0	221	
17:15-17:30	4	13	9	21	33	13	30	41	32	3	9	0	0	1	0	0	216	
17:30-17:45	9	21	5	14	55	23	25	35	23	1	15	0	0	0	0	0	226	
17:45-18:00	5	22	13	18	50	21	40	35	32	4	12	0	0	1	0	0	253	916
18:00-18:15	9	14	5	12	65	13	28	31	31	1	13	1	0	0	0	0	223	918
18:15-18:30	10	12	9	22	62	15	32	31	25	0	5	1	2	0	0	0	234	936
18:30-18:45	12	15	16	19	56	8	35	44	26	2	6	0	0	1	0	0	240	950
18:45-19:00	8	18	16	11	52	24	24	41	22	2	9	0	0	0	0	0	227	924
19:00-19:15	3	7	8	11	66	26	30	33	23	0	12	1	0	0	0	0	212	913
19:15-19:30	7	11	10	15	51	17	33	31	23	0	5	1	0	0	0	0	196	872
19:30-19:45	9	15	9	13	63	14	22	38	21	2	7	0	0	2	0	0	205	842
19:45-20:00	3	22	9	16	65	21	21	41	13	3	8	0	0	2	0	0	224	839
TOTAL	91	185	119	195	644	200	352	446	305	18	113	4	0	7	0	0	2679	

Nota. Elaboración Propia

Anexo I: Formato toma de datos intersección 3 del día 02 de agosto del 2023



UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA



Título: Tasa de Sematización para determinar la congestión vehicular en la Intersección de vías urbanas
Fecha: 02 / 08 / 23
Responsable: Mg. Ing. Aracely Lozano
Dirección: Universidad Ricardo Palma - Av. Angélica Garmena
Hora de inicio: 17:00
Hora de fin: 20:00

Hora de inicio	Motociclos			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público (Ruta)			TOTAL			Total (Litros)	TOTAL BT
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
17:00 - 17:15	10	14	9	21	25	13	30	42	22	13	11	2	0	0	0	212	
17:15 - 17:30	1	12	8	20	22	11	28	39	30	6	7	4	0	0	0	188	
17:30 - 17:45	9	20	4	14	44	21	23	33	21	4	13	1	0	0	0	206	
17:45 - 18:00	4	21	12	12	49	19	37	33	30	7	12	3	0	0	0	244	850
18:00 - 18:15	8	13	14	11	58	11	26	29	29	4	11	1	0	0	0	200	838
18:15 - 18:30	9	11	8	21	44	13	30	29	33	3	6	1	0	0	0	208	858
18:30 - 18:45	11	14	15	18	46	6	33	42	24	5	6	4	0	0	0	224	876
18:45 - 19:00	7	17	15	10	42	22	22	39	20	5	9	1	0	0	0	209	841
19:00 - 19:15	3	6	2	10	56	14	28	33	21	3	12	2	0	0	0	195	836
19:15 - 19:30	1	10	9	14	41	15	31	29	21	3	7	2	0	0	0	183	811
19:30 - 19:45	9	14	8	12	43	12	20	36	19	5	7	1	0	0	0	186	773
19:45 - 20:00	3	21	8	15	55	19	19	39	11	6	10	2	0	0	0	200	772
TOTAL	75	173	107	182	520	176	327	423	281	64	111	24	0	0	0	2463	

Nota. Elaboración Propia

Anexo J: Formato toma de datos intersección 4 del día 02 de agosto del 2023



Título: Sesión Semanal para monitorear la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas
 Fecha: 02/08/23
 Ubicación: Rv. 1001/125
 Responsable: Mg. Ing. Anselmo Ley Vique
 Hora de inicio: 17:00
 Hora de fin: 20:00
 Servidor: C - D

Horario de control	Motoristas			Pasajeros particulares			Autoschool (taxi)			Transporte público (Bus)			Taxi			Total (2ª fila)	TOTAL (3ª)
	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12		
17:40-17:45	14	15	11	21	29	15	33	42	27	4	8	16	0	0	0	238	
17:45-17:50	14	14	12	17	33	13	29	41	35	6	12	14	0	0	0	240	
17:50-17:55	12	22	5	15	53	24	24	35	26	5	14	13	0	0	0	248	
17:55-18:00	7	23	13	20	49	21	37	33	35	8	18	16	0	0	0	277	1003
18:00-18:05	4	15	9	21	63	13	29	31	34	5	11	6	0	0	0	248	1013
18:10-18:15	12	13	12	19	60	15	30	31	38	4	8	8	0	0	0	250	1023
18:20-18:25	14	15	16	17	55	8	53	44	28	6	6	14	0	0	0	256	1031
18:30-18:35	6	18	17	18	50	23	24	44	25	6	11	10	0	0	0	254	1008
18:40-18:45	6	8	11	20	61	15	29	34	26	4	13	15	0	0	0	242	1002
18:50-18:55	4	12	20	17	47	13	33	28	26	3	8	14	0	0	0	225	972
19:00-19:05	9	13	9	13	54	17	22	39	24	5	11	20	0	0	0	238	959
19:10-19:15	6	21	10	14	62	20	21	40	16	6	7	13	0	0	0	236	941
TOTAL	117	191	145	212	616	197	344	448	340	62	127	159	0	0	0	2952	

Nota. Elaboración Propia

Anexo K: Formato toma de datos intersección 1 del día 08 de agosto del 2023



Título: Test: Señalización para reducir la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas
 Fecha: 08/08/23
 Autor: Bch. Edwin Torres Huay
 Bch. Loreto Zamudio Quispe
 Responsabil: Mg. Ing. Priscila Luz Vitor
 Correo: m. Universidad@unr.palma.pe
 Teléfono: 011 421 1000
 Servidor: A - B
 Versión: 2.0 - 00

Hora de control	Motocicletas			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público (Bus)			Trailer			Total (SR hora)	TOTAL 24
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
17:00-17:15	12	10	11	23	40	17	34	42	24	1	16	0	0	0	0	242	
17:15-17:30	14	13	8	20	33	15	32	41	35	6	12	0	0	1	0	230	
17:30-17:45	9	14	7	18	43	27	27	40	26	2	15	2	0	0	0	232	
17:45-18:00	6	27	18	22	52	26	45	40	37	4	14	0	0	1	0	292	996
18:00-18:15	15	20	9	16	67	15	35	35	31	4	16	2	0	1	0	266	1020
18:15-18:30	11	4	7	26	62	19	34	36	35	2	8	0	0	2	0	253	1043
18:30-18:45	17	19	15	22	46	10	40	43	24	3	8	1	0	0	0	253	1064
18:45-19:00	10	17	15	16	54	26	22	42	28	5	12	1	0	2	0	250	1022
19:00-19:15	9	7	9	11	58	18	38	35	22	2	13	2	0	1	0	225	981
19:15-19:30	6	4	11	14	46	15	33	29	26	1	8	2	0	1	0	203	931
19:30-19:45	6	15	12	19	45	16	22	25	28	2	8	0	0	0	0	198	876
19:45-20:00	9	14	12	14	30	21	26	26	12	2	9	1	0	1	0	172	803
TOTAL	124	186	134	225	578	225	388	434	333	34	139	11	0	10	0	2821	

Nota. Elaboración Propia

Anexo L: Formato toma de datos intersección 2 del día 08 de agosto del 2023



Título: Tercer Semestre de Ingeniería de Computación vehicular en las intersecciones de vía urbana
 Fecha: 08 / 08 / 23
 Autor: Sr. Edgar Herrera Ruiz
 Revisor: Mg. Ing. Haroldo Víctor
 Lugar: Universidad Ricardo Palma - Angélica Gamaral
 Hora de inicio: 17:00
 Hora de fin: 20:00

Horario de control	Motoristas			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público / Bus			Tráiler			Total (LTA hora)	TOTAL (R)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
17:00-17:15	10	16	9	22	33	15	32	42	22	1	10	1	0	0	0	213	
17:15-17:30	9	14	8	19	35	13	30	40	31	2	9	0	0	0	0	210	
17:30-17:45	10	20	6	16	30	25	26	38	26	2	12	1	0	0	0	232	
17:45-18:00	6	23	16	19	50	22	38	38	35	3	11	0	0	2	0	263	910
18:00-18:15	8	17	4	14	67	15	25	33	32	1	13	2	0	0	0	231	936
18:15-18:30	11	13	5	18	68	16	28	32	33	1	14	0	0	0	0	239	965
18:30-18:45	13	14	14	14	50	14	32	45	28	2	8	2	0	2	0	238	971
18:45-19:00	9	16	14	12	52	22	26	42	21	0	8	0	0	0	0	222	930
19:00-19:15	4	8	8	12	59	13	27	39	26	2	14	0	0	0	0	212	911
19:15-19:30	2	10	12	15	51	12	29	28	26	0	6	1	0	0	0	192	864
19:30-19:45	5	19	10	12	55	16	22	25	25	2	5	0	0	1	0	197	813
19:45-20:00	5	17	10	16	62	21	21	30	15	1	5	0	0	2	0	212	813
TOTAL	91	187	116	189	632	204	336	440	320	17	115	7	0	7	0	2661	

Nota. Elaboración propia

Anexo M: Formato toma de datos intersección 3 del día 08 de agosto del 2023



Título: Señalización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas
 Fecha: 08 / 08 / 23
 Autor: Bach. Ricardo Torres Huay
 Revisor: Mg. Ing. Anselmo Ley Vitor
 Área: UPEL
 Semestre: 13700
 Versión: 2020

Hora de observación	Motoristas			Asignados peatonal			Asignados bici			Transporte público (Bus)			Total			TOTAL (LX hora)	TOTAL (D)
	7	8	9	7	8	9	7	8	9	1	8	9	1	8	9		
17:00-17:15	8	13	9	22	27	15	26	37	20	13	6	2	0	0	0	198	
17:15-17:30	2	12	8	17	24	12	25	33	31	8	7	2	0	0	0	181	
17:30-17:45	5	16	5	16	35	24	25	33	26	8	4	1	0	0	0	198	
17:45-18:00	7	24	8	20	45	23	37	28	28	9	12	3	0	0	0	244	821
18:00-18:15	9	12	4	12	48	15	29	31	30	6	8	1	0	0	0	205	828
18:15-18:30	10	11	9	17	24	15	28	35	34	10	7	1	0	0	0	203	850
18:30-18:45	12	13	13	17	39	12	31	42	26	12	8	3	0	0	0	228	880
18:45-19:00	8	18	13	9	38	18	25	34	18	8	10	1	0	0	0	200	836
19:00-19:15	4	8	8	9	56	16	26	26	21	6	9	1	0	0	0	190	821
19:15-19:30	1	7	8	12	41	13	30	28	17	6	4	2	0	0	0	169	787
19:30-19:45	5	9	9	11	46	13	12	35	19	7	4	3	0	0	0	178	737
19:45-20:00	5	7	9	11	49	12	19	37	11	3	5	1	0	0	0	174	711
TOTAL	76	150	103	173	472	193	310	379	281	96	86	21	0	0	0	2368	

Nota. Elaboración propia

Anexo N: Formato toma de datos intersección 4 del día 08 de agosto del 2023



Título: **Tratamiento de datos para determinar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas**
 Fecha: 08/08/2023
 Responsable: **MG. Ing. Arnelo Cay Utrio**
 Zona: **av. Universidad cruce con av. Angelica Bernier**
 Servicio: **C-1-D**
 Hora de inicio: **17:00**
 Hora de fin: **22:00**

Horario control	Microstata			Autoschool particular			Autoschool taxi			Transporte público (Bus)			Taxis			Total (sin taxis)	TOTAL (SI)
	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12		
17:00-17:15	14	12	8	17	25	15	33	30	23	3	4	12	0	0	0	204	
17:15-17:30	14	16	9	16	33	15	26	34	30	3	7	12	0	0	0	217	
17:30-17:45	13	18	6	9	45	19	27	35	26	3	12	9	0	0	0	222	
17:45-18:00	9	19	13	21	45	10	32	33	31	5	11	13	0	0	0	250	893
18:00-18:15	12	16	9	15	50	17	32	31	27	6	16	9	0	0	0	240	929
18:15-18:30	14	14	12	17	60	14	30	42	34	3	14	9	0	0	0	270	982
18:30-18:45	14	12	16	13	45	18	34	44	30	3	11	13	0	0	0	275	1035
18:45-19:00	9	9	17	15	50	23	27	44	25	4	9	12	0	0	0	244	1029
19:00-19:15	10	7	10	9	61	15	27	37	26	3	9	13	0	0	0	227	1016
19:15-19:30	3	16	14	9	55	17	29	30	25	4	7	14	0	0	0	225	971
19:30-19:45	3	15	9	10	54	18	29	39	20	5	9	21	0	0	0	232	926
19:45-20:00	5	21	12	12	57	20	21	40	16	6	7	13	0	0	0	230	914
TOTAL	120	125	137	163	600	209	349	454	315	48	116	150	0	0	0	2831	

Nota. Elaboración propia

Anexo O: Formato toma de datos intersección 1 del día 14 de agosto del 2023



Título: Tesis: Semáforización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas
 Fecha: 14/08/23
 Autor: Bach. Esteban Herrera Huidobro
 Supervisor: Mg. Ing. Amador Lap Vitor
 Lugar: Av. Universidad de Cruzes con Av. Angélica Garmena
 Hora de inicio: 17:00
 Hora de fin: 18:00
 Semáforo: A-8

Hora de LECTURA	MOTORISTA			Automóvil particular			Autociclistas			Tránsito de Bici (Bic)			Tránsito			TOTAL (PA. Bici)	TOTAL (PA)
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
17:00-17:15	11	14	11	18	38	17	31	39	25	1	16	0	0	0	0	224	
17:15-17:30	9	13	10	18	36	21	31	32	31	4	12	0	0	0	0	222	
17:30-17:45	12	27	9	15	46	22	30	32	28	3	20	1	0	0	0	250	
17:45-18:00	8	21	16	18	58	25	32	39	31	3	16	0	0	1	0	273	969
18:00-18:15	13	15	11	12	59	15	31	35	31	3	16	2	0	1	0	249	994
18:15-18:30	13	16	9	23	59	14	35	30	25	3	9	1	0	2	0	239	611
18:30-18:45	11	17	15	19	60	12	32	42	29	2	12	0	0	0	0	253	1014
18:45-19:00	9	18	15	15	50	22	25	41	26	3	11	0	0	0	0	235	970
19:00-19:15	6	13	12	18	51	18	29	31	22	2	11	1	0	1	0	215	942
19:15-19:30	6	15	11	15	53	17	32	31	22	2	10	2	0	1	0	217	920
19:30-19:45	7	22	9	16	55	17	21	30	28	1	9	0	0	0	0	215	882
19:45-20:00	5	22	9	14	56	23	21	35	20	1	10	1	0	1	0	220	807
TOTAL	110	213	137	208	621	223	360	427	138	20	152	8	0	7	0	2812	

Nota. Elaboración propia

Anexo P: Formato toma de datos intersección 2 del día 14 de agosto del 2023



Título: Semáforo de datos para estimar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas
 Fecha: 14 / 08 / 23
 Responsable: Mg. Ing. Álvaro Lay Vitor
 Zona: av. Universidad con av. República Romana
 Hora de inicio: 17:00
 Hora de fin: 20:00
 Semáforo: A-B

Hora de control	Motoristas			Automóvil particular			Autobús/ taxi			Transporte público (Bici)			Triciclo			Total (174 items)	TOTAL (M)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
17:00-17:30	12	15	4	17	33	15	32	38	36	0	15	0	0	1	0	225	
17:30-18:00	12	19	9	18	33	18	30	38	30	2	10	0	0	0	0	214	
18:00-18:30	7	21	6	16	44	26	29	35	25	2	13	1	0	0	0	230	
18:30-19:00	7	21	10	18	45	12	38	33	32	2	15	0	0	0	0	238	907
19:00-19:30	8	18	4	20	50	15	26	32	35	3	14	0	0	1	0	224	906
19:30-20:00	11	15	6	25	68	18	32	39	31	0	0	1	0	1	0	255	947
20:00-20:30	4	16	14	19	52	28	31	46	24	0	7	1	0	1	0	230	967
20:30-21:00	12	14	14	15	49	24	26	35	21	3	9	1	0	0	0	223	952
21:00-21:30	4	8	5	11	55	21	32	31	23	0	12	1	0	0	0	205	933
21:30-22:00	2	10	9	12	47	19	33	31	23	1	5	0	0	0	0	192	870
22:00-22:30	6	16	5	12	53	16	25	45	22	1	7	0	0	0	0	210	830
22:30-23:00	4	21	9	14	42	21	21	41	13	3	8	0	0	2	0	199	806
TOTAL	98	187	102	197	576	240	355	476	315	17	123	5	0	6	0	2685	

Nota. Elaboración propia

Anexo Q: Formato toma de datos intersección 3 del día 14 de agosto del 2023



UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA



Título: **Beneficiarios para acceder a congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas**
 Fecha: 14 / 08 / 23
 Autor: **Dr. Carlos Herrera Huay**
 Revisor: **Mg. Ing. Araceli Lar Vega**
 Lugar: **Av. Universidad desde con Av. Angélica Garmez**
 Hora de inicio: 17:00
 Hora de fin: 20:00
 Semáforo: C-D

Hora de control	Motores			Autos particulares			Autos de taxi			Transporte público (Bus)			Trailer			Total (2ª hora)	TOTAL US
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
17:00-17:15	8	12	5	21	26	15	30	30	22	13	11	2	0	0	0	201	
17:15-17:30	4	15	6	18	24	13	28	39	30	9	8	3	0	0	0	197	
17:30-17:45	5	21	4	14	39	21	26	26	25	14	13	1	0	0	0	209	
17:45-18:00	9	18	9	18	44	18	31	35	30	7	12	2	0	0	0	233	840
18:00-18:15	10	13	5	13	49	14	27	29	26	9	12	1	0	0	0	208	842
18:15-18:30	9	15	10	22	41	13	32	41	33	8	9	1	0	0	0	234	884
18:30-18:45	6	15	12	17	42	16	29	39	21	7	9	2	0	0	0	215	890
18:45-19:00	7	13	11	10	38	21	26	25	18	7	10	3	0	0	0	189	846
19:00-19:15	5	8	5	12	51	14	25	33	22	8	13	2	0	0	0	198	836
19:15-19:30	2	10	7	12	41	17	29	25	21	5	8	2	0	0	0	129	781
19:30-19:45	5	15	7	13	45	12	18	32	21	5	8	2	0	0	0	183	749
19:45-20:00	3	19	8	14	55	19	20	39	12	6	10	1	0	0	0	206	766
TOTAL	73	174	89	184	495	193	321	377	281	98	123	22	0	0	0	2432	

Nota. Elaboración propia

Anexo R: Formato toma de datos intersección 4 del día 14 de agosto del 2023



Título: Semestración para acreditar la congruencia vehicular en las intersecciones de vialidades
 Fecha: 14 / 08 / 23
 Teórico: Bach. Damián Pineda Huay
 Realizó: Carlos Domínguez Ochoa
 Responsable: Mg. Ing. Anselmi Loayza
 Sitio: en la Universidad cruzada con av. Arica y General
 Hora de inicio: 17:00
 Hora de fin: 20:00
 Semestre: C - D

Horario de control	Muestreo			Automóvil particular			Automóvil			Transporte público (Bus)			Tráfico			Total (14 items)	TOTAL (D)
	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
17:00 - 17:15	0	12	5	21	26	15	30	36	22	13	11	2	0	0	0	201	
17:15 - 17:30	4	15	6	18	24	13	28	39	30	9	8	3	0	0	0	192	
17:30 - 17:45	5	21	4	14	39	21	26	26	25	14	13	1	0	0	0	209	
17:45 - 18:00	9	18	9	18	44	18	31	35	30	7	12	2	0	0	0	233	840
18:00 - 18:15	10	13	5	13	49	14	22	29	26	9	12	1	0	0	0	208	842
18:15 - 18:30	9	15	10	22	41	13	32	41	33	8	9	1	0	0	0	234	884
18:30 - 18:45	6	15	12	12	42	16	29	39	21	2	9	2	0	0	0	215	890
18:45 - 19:00	7	13	11	10	30	21	26	25	18	2	10	3	0	0	0	189	846
19:00 - 19:15	5	8	5	12	31	14	25	33	22	8	13	2	0	0	0	198	836
19:15 - 19:30	2	10	7	12	41	17	29	25	21	5	8	2	0	0	0	179	781
19:30 - 19:45	5	15	7	13	45	12	18	32	21	5	8	2	0	0	0	183	749
19:45 - 20:00	3	14	8	14	55	19	20	39	12	6	10	1	0	0	0	206	766
TOTAL	73	174	89	184	495	193	321	399	281	98	173	22	0	0	0	2452	

Nota. Elaboración propia

Anexo T: Promedio de datos de intersección 2



Título: Señalización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

Tecnicos: Bach. Ecuador Herrera Hugo
Bach. Loyola Zamalloa Gonzalo

Fecha: Intersección 2

Responsable: Mg. Ing. Amador Cay Victor

Lugar de trabajo: Av. Universitaria cruz con Av. Arica y General Bolognesi

Hora de inicio: 17:00

Servicio: A - B

Hora de fin: 20:00

Hora de control	Motocicleta			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público (Bus)			Tráiler			Total (1/2/3/4/5/6)	TOTAL (24)
	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6		
17:00-17:10	11	11	10	11	14	11	11	41	27	0	12	0	0	0	0	0	220
17:10-17:20	11	14	9	19	28	13	30	30	11	2	9	0	0	0	0	0	213
17:20-17:30	9	11	9	11	11	20	17	18	25	2	13	1	0	0	0	0	228
17:30-18:00	9	12	11	10	48	20	19	15	11	3	11	0	0	1	0	0	251
18:00-18:15	9	18	4	11	11	14	19	12	11	2	11	1	0	0	0	0	239
18:15-18:30	11	11	7	12	28	18	11	18	11	0	9	1	0	0	0	0	241
18:30-18:45	12	11	11	17	11	17	11	41	18	1	7	1	0	1	0	0	241
18:45-19:00	10	11	11	11	11	11	11	11	11	2	9	0	0	0	0	0	224
19:00-19:15	4	9	7	11	40	17	30	18	14	1	11	1	0	0	0	0	210
19:15-19:30	3	11	11	14	10	11	11	11	14	0	5	1	0	0	0	0	194
19:30-19:45	7	17	9	11	14	19	11	19	11	2	9	0	0	1	0	0	204
19:45-20:00	4	11	9	11	18	11	11	40	14	2	7	0	0	2	0	0	212
TOTAL	61	108	112	194	317	211	148	444	311	17	117	5	0	7	0	0	2864

Nota. Elaboración propia

Anexo U: Promedio de datos de intersección 3



**UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA**



**Los
Olivos**
Crecer con todos



Tesis: Semafización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

Fecha: Bach. Escobar Herrera Hugo Fecha: Intersección 3
 Bach. Loyola Zamalloa Gonzalo
 Responsable: Mg. Ing. Arevalo Lay Victor
 Lugar de trabajo: av. Universitaria cruz con av. Angélica Gamero Hora de inicio: 17:00
 Servicio: C-D Hora de fin: 20:00

Hora de control	Motocicleta			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público (Bus)			Tráiler			Total (1/3 hora)	TOTAL (H)
	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9	7	8	9		
17:00-17:05	9	13	8	23	28	14	29	38	21	17	9	2	0	0	0	204	
17:15-17:20	2	11	7	18	23	12	27	37	20	8	7	3	0	0	0	189	
17:30-17:35	6	19	4	24	29	22	23	31	24	9	10	1	0	0	0	208	
17:45-18:00	7	21	10	19	40	20	30	31	29	6	12	0	0	0	0	240	817
18:00-18:05	9	13	4	12	30	13	27	30	28	9	10	1	0	0	0	204	938
18:15-18:30	8	12	9	20	36	14	36	25	33	7	8	1	0	0	0	233	894
18:30-18:45	10	14	13	17	42	13	31	41	24	8	8	3	0	0	0	212	883
18:45-19:00	7	16	12	22	35	26	24	33	19	7	10	2	0	0	0	198	842
19:00-19:05	4	7	3	16	34	15	26	31	21	6	11	2	0	0	0	190	831
19:15-19:30	1	9	8	13	41	15	30	27	25	5	8	2	0	0	0	177	791
19:30-19:45	8	13	8	12	45	12	18	34	20	6	8	2	0	0	0	182	753
19:45-20:00	4	10	8	13	51	18	19	38	11	5	8	1	0	0	0	196	758
TOTAL	71	146	100	180	494	187	322	407	281	86	107	22	0	0	0	2428	

Nota. Elaboración propia

Anexo V: Promedio de datos de intersección 4



**UNIVERSIDAD
RICARDO PALMA**



Los Olivos
Creciendo con todos



Título: Sematización para minimizar la congestión vehicular en las intersecciones de vías urbanas

Visitas: Bach. Euzebio Herrera Hugo Fecha: Intersección 4
 Bach. Loyola Zamalloa Gonzalo
 Responsable: Mg. Ing. Arivaldo Ley Victor
 Lugar de trabajo: av. Universitaria cruce con av. Angélica Gamero Hora de inicio: 17:00
 Semáforo: C - D Hora de fin: 20:00

Horas de control	Motocicleta			Automóvil particular			Automóvil taxi			Transporte público (Bus)			Tráiler			Total (1/4 hora)	TOTAL (N)
	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12	10	11	12		
17:00- 17:10	14	14	10	30	27	15	34	41	21	4	9	11	0	0	0	238	
17:10- 17:20	11	15	11	17	34	13	17	40	19	5	10	10	0	0	0	212	
17:20- 17:30	13	19	7	13	51	22	25	35	27	4	14	12	0	0	0	248	
17:30- 18:00	8	21	14	21	48	20	38	33	12	7	14	15	0	0	0	288	936
18:00- 18:10	11	18	8	19	38	14	11	32	12	6	13	10	0	0	0	232	696
18:10- 18:20	12	14	11	18	40	15	12	37	17	4	11	12	0	0	0	264	1017
18:20- 18:30	14	14	13	15	39	13	34	44	28	5	10	14	0	0	0	260	1094
18:30- 19:00	8	14	16	17	51	23	25	44	23	5	10	11	0	0	0	248	1030
19:00- 19:10	8	9	11	16	40	15	26	35	27	4	11	14	0	0	0	217	1015
19:10- 19:20	4	13	17	14	48	13	12	29	24	4	8	14	0	0	0	221	974
19:20- 19:30	7	15	9	12	55	18	24	26	23	5	10	12	0	0	0	238	948
19:30- 20:00	9	21	11	13	40	18	21	38	18	6	7	11	0	0	0	230	928
TOTAL	118	184	139	194	610	205	148	446	331	39	129	184	0	0	0	2929	

Nota. Elaboración Propia