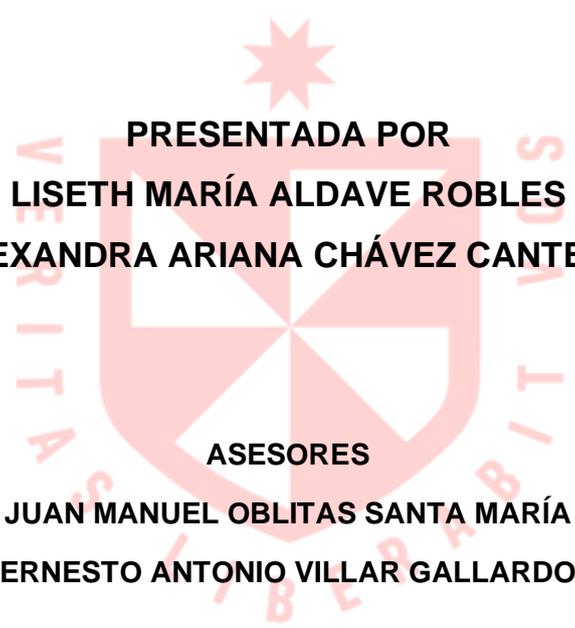


FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN VIAL PARA LA MEJORA DEL  
NIVEL DE SERVICIO EN EL CRUCE DE LAS AVENIDAS  
CANADÁ Y NICOLÁS ARRIOLA, DISTRITO DE LA  
VICTORIA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**



**PRESENTADA POR  
LISETH MARÍA ALDAVE ROBLES  
ALEXANDRA ARIANA CHÁVEZ CANTERA**

**ASESORES  
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA  
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO**

**TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**LIMA – PERÚ  
2022**



**CC BY-NC-SA**

**Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**USMP**  
UNIVERSIDAD DE  
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de  
Ingeniería y  
Arquitectura

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN VIAL PARA LA MEJORA DEL  
NIVEL DE SERVICIO EN EL CRUCE DE LAS AVENIDAS  
CANADÁ Y NICOLÁS ARRIOLA, DISTRITO DE LA VICTORIA,  
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**PRESENTADA POR**

**ALDAVE ROBLES, LISETH MARÍA  
CHÁVEZ CANTERA, ALEXANDRA ARIANA**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

A Dios, a mi abuelita, a mis padres,  
hermano y a toda mi familia por la  
paciencia y apoyo incondicional en  
cada etapa de mi vida.

A mis padres, por enseñarme que con esfuerzo se puede lograr todo lo que me proponga y a mis hermanos, por los ánimos que me dieron en cada paso que daba.

## RESUMEN

El tráfico en Lima se ha incrementado significativamente en los últimos años y si bien, por pandemia mundial Covid-19 tuvo una reducción, ésta no fue tan considerable como para disminuir el tránsito vehicular.

La presente investigación tiene como objetivo principal proponer una solución vial en el cruce de las avenidas Canadá y Nicolás Arriola para la mejora del nivel de servicio.

La investigación brinda alternativas de solución para la mejora del nivel de servicio de la intersección. Para ello, se utilizaron diferentes métodos de recolección de datos, como el vuelo con vehículo aéreo no tripulado y el estudio de tráfico. En base a estos datos, se analizó el grado de saturación de las vías y se determinó el nivel de servicio actual.

Como bases teóricas se utilizaron los Manuales de Carreteras, Manual de Capacidad de Carreteras, Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras y la Public Roads Magazine. Para la simulación del tránsito vehicular se utilizó el software Vissim 9.0.

Finalmente, se elige a la alternativa 3, que consiste en una solución vial a nivel de un modelo no convencional porque logra una mejora en el nivel de servicio pasando de un nivel "E", con un tiempo de demora al cruzar la intersección de 60.13 segundos, a un nivel "C" reduciendo el tiempo de demora a 31.95 segundos.

**Palabras clave:** Nivel de servicio, intersección, demora, a nivel no convencional, simulación.

## ABSTRACT

Traffic in Lima has increased significantly in recent years, and although the global pandemic Covid-19 had a reduction, it was not so considerable as to reduce vehicular traffic.

The main objective of this research is to propose a road solution at the intersection of Canada and Nicolas Arriola Avenues to improve the level of service.

The research provides alternative solutions to improve the level of service at the intersection. For this purpose, different data collection methods were used, such as topographic survey with drone and traffic study. Based on these data, the degree of road saturation was analyzed and the current level of service was determined.

The Highway Manuals, Highway Capacity Manual, Planning and Design Manual for Traffic and Transportation Management, Manual of Automobile Traffic Control Devices for Streets and Highways, and Public Roads Magazine were used as theoretical bases. Vissim 9.0 software was used to simulate vehicular traffic.

Finally, alternative 3, which consists of a non-conventional model roadway solution, is chosen because it achieves an improvement in the level of service from a level "E", with a delay time when crossing the intersection of 60.13 seconds, to a level "C", reducing the delay time to 31.95 seconds.

**Key words:** Level of service, intersection, delay, unconventional level, simulation.

NOMBRE DEL TRABAJO

PROPUESTA DE SOLUCIÓN VIAL PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO EN EL CRUCE DE LAS AVENIDAS CANADÁ Y

AUTOR

LISETH MARÍA ALDAVE ROBLES / ALEX ANDRA ARIANA CHÁVEZ CANTERA

RECUENTO DE PALABRAS

17868 Words

RECUENTO DE CARACTERES

94593 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

176 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

20.8MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 3, 2022 9:45 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 3, 2022 9:53 AM GMT-5

### ● 11% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Biblioteca FIA

Patricia Rodríguez Toledo  
Bibliotecóloga

## INTRODUCCIÓN

El parque automotor en la ciudad de Lima se ha ido incrementado con el pasar de los años ya que cada vez es mayor la cantidad de personas que adquieren un vehículo y esto se ve reflejado en el aumento del tránsito vehicular.

El distrito de La Victoria se encuentra entre los 12 distritos con mayor caos vehicular ya que cuenta con distintas avenidas principales e intersecciones que presentan abundante congestión vehicular por ser un distrito con una alta densidad empresarial.

En la presente investigación se tomó en cuenta el Manual de Capacidad de Carreteras, Manual de Diseño Geométrico, Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras y la Public Roads Magazine.

En base a la situación actual de la intersección, se ha dispuesto como objetivo general proponer una solución vial en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola para la mejora del nivel de servicio.

Como primer objetivo específico se tiene el realizar un vuelo con un vehículo aéreo no tripulado en la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola que permita conocer mejor su geometría de modo que se puedan realizar modificaciones para la mejora del nivel de servicio.

Como segundo objetivo específico se tiene el estudio de tráfico que determina la cantidad de vehículos que transitan por el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola mejorando los niveles de servicio al calcular y reducir los tiempos de demora al cruzar la intersección.

Como tercer objetivo específico se busca determinar el nivel de servicio actual de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola siendo este el nivel "E" lo que permite su mejora a un nivel de servicio "C".

Como cuarto objetivo específico se realiza el modelamiento con el software Vissim 9 determinando que la propuesta a nivel no convencional produce una reducción de longitud de cola, mayor capacidad vehicular y una mejora en el nivel de servicio con respecto a la situación actual de la intersección.

Esta investigación es importante ya que permite conocer el nivel de servicio actual de la intersección y también conocer que su mejora, ya sea geométrica o semafóricamente, se verá reflejada en la mejora del nivel de servicio. Además, los usuarios (vehículos) transitarán con mayor fluidez y los habitantes de la intersección no tendrán que lidiar con la contaminación sonora y ambiental que trae consigo la congestión vehicular en la intersección.

La investigación cuenta con 6 capítulos, los cuales están estructurados de la siguiente manera:

- En el Capítulo I se presenta la situación problemática, el planteamiento del problema general y específicos de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola, así como también, los objetivos de la investigación y la importancia del estudio del nivel de servicio.
- En el Capítulo II se describen los antecedentes nacionales e internacionales, además de las bases teóricas e hipótesis.
- En el Capítulo III se describe la metodología usada en la investigación, operacionalización de las variables y las técnicas para la recolección de datos y procesamiento de la información recolectada en campo.
- En el capítulo IV se detalla el desarrollo de la investigación y la situación actual de la zona en estudio. También se presenta el vuelo con

vehículo aéreo no tripulado, estudio de tráfico, los resultados del actual nivel de servicio y el modelamiento de la situación actual y de las propuestas.

- En el capítulo V se encuentran los resultados de la investigación, en base a los objetivos específicos.

- En el capítulo VI, se realiza la contrastación de hipótesis con los resultados obtenidos.

- Por último, se tienen las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
1.1 Situación Problemática	1
1.2 Argumentación del Problema	6
1.3 Formulación del Problema	7
1.3.1 Problema General	
1.3.2 Problemas Específicos	
1.4 Objetivos de la Investigación	8
1.4.1 Objetivo General	
1.4.2 Objetivos Específicos	
1.5 Justificación de la Investigación	9
1.5.1 Importancia de la Investigación	
1.6 Limitaciones del Estudio	9
1.7 Viabilidad de la Investigación	9
1.7.1 Viabilidad Técnica	10
1.7.2 Viabilidad Económica	
1.8 Impacto Potencial de la Investigación	10
1.8.1 Impacto Teórico	
1.8.2 Impacto Práctico	
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la Investigación	11
2.1.1 Antecedentes Nacionales	
2.1.2 Antecedentes Internacionales	13
2.2 Bases Teóricas	15
2.2.1 HCM 2010	

	<b>Página</b>
2.2.2 Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado	31
2.2.3 Revista Public Roads	31
2.2.4 Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018)	33
2.2.5 Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras	34
2.2.6 Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte	38
2.2.7 Modelamiento con el Software Vissim 9	40
2.2.8 Norma Rilsa	43
2.3 Definición de Términos Básicos	43
2.4 Hipótesis	45
2.4.1 Hipótesis General	
2.4.2 Hipótesis Específicas	
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	
3.1 Diseño Metodológico	47
3.1.1 Enfoque de Investigación	
3.1.2 Tipo de Investigación	
3.1.3 Nivel de Investigación	
3.1.4 Diseño de Investigación	
3.2 Población y Muestra	48
3.2.1 Población	
3.2.2 Muestra	49
3.3 Definición de Variables	51
3.3.1 Variable Independiente	
3.3.2 Variable Dependiente	
3.4 Operacionalización de las variables	51
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	52
3.6 Técnicas e Instrumentos para el Procesamiento de Información	53
3.7 Procedimiento	56
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
4.1 Puntos para el aforo vehicular	58
4.2 Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado	60

	<b>Página</b>
4.3 Estudio de Tráfico	60
4.4 Calibración y Validación	67
4.4.1 Calibración del Modelo	
4.4.2 Validación del Modelo	
4.5 Modelamiento	68
4.5.1 Diseño y Construcción de la Red Vial	
4.5.2 Configuración de Demanda y Comportamiento de Conducción	71
4.5.3 Periodo de Simulación	73
4.6 Desarrollo de las Propuestas	74
4.6.1 Propuesta 1	
4.6.2 Propuesta 2	81
4.6.3 Propuesta 3	85
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS</b>	
5.1 Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado	90
5.2 Estudio de Tráfico	91
5.3 Nivel de Servicio Actual	104
5.3.1 Nivel de Servicio Actual: Teórico	
5.3.2 Nivel de Servicio Actual: Práctico	107
5.4 Modelamiento con el software Vissim 9	109
5.4.1 Análisis de Resultados	
5.5 Comparación de Resultados	118
5.5.1 Demora por vehículo	
5.5.2 Longitud de cola	119
5.5.3 Nivel de Servicio	120
5.5.4 Consumo de combustible	121
5.6 Propuesta de Solución Vial	122
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	
6.1 Contrastación de Hipótesis	125
6.1.1 Hipótesis General	
6.1.2 Hipótesis Específicas	129
6.2 Contrastación de Antecedentes	136

	<b>Página</b>
6.2.1 Antecedente Nacional	136
6.2.2 Antecedente Internacional	137
CONCLUSIONES	139
RECOMENDACIONES	140
ANEXOS	141
REFERENCIAS	151

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>TABLAS</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Parámetros de entrada.	18
<b>Tabla 2.</b> Factor de ajuste por carril para intersecciones semaforizadas.	23
<b>Tabla 3.</b> Valores para grupos de carriles con señales ascendentes.	27
<b>Tabla 4.</b> Medidas de Eficiencia para la Definición de Niveles de Servicio.	30
<b>Tabla 5.</b> Criterios para definir los niveles de servicio.	31
<b>Tabla 6.</b> Tipos de Intersección a Nivel.	34
<b>Tabla 7.</b> Operacionalización de las variables.	51
<b>Tabla 8.</b> Manuales.	52
<b>Tabla 9.</b> Formato de Conteo y Clasificación Vehicular.	53
<b>Tabla 10.</b> Formato 1 de Estudio Tráfico.	54
<b>Tabla 11.</b> Formato 2 de Estudio Tráfico.	55
<b>Tabla 12.</b> Identificación de la Hora Pico.	61
<b>Tabla 13.</b> $V_p$ (O-E).	63
<b>Tabla 14.</b> $V_p$ (E-O).	63
<b>Tabla 15.</b> $V_p$ (S-N).	64
<b>Tabla 16.</b> $V_p$ (N-S).	64
<b>Tabla 17.</b> Tratamiento de volúmenes de tránsito.	68
<b>Tabla 18.</b> Hora de máxima demanda día lunes 18.	91
<b>Tabla 19.</b> Hora de máxima demanda martes 19.	93
<b>Tabla 20.</b> Hora de máxima demanda miércoles 20.	95
<b>Tabla 21.</b> Hora de máxima demanda jueves 21.	97
<b>Tabla 22.</b> Hora de máxima demanda viernes 22.	99
<b>Tabla 23.</b> Hora de máxima demanda sábado 23.	101
<b>Tabla 24.</b> Hora de máxima demanda lunes 25.	103
<b>Tabla 25.</b> Nivel de Servicio en la Dirección O-E.	105
<b>Tabla 26.</b> Nivel de Servicio en la Dirección E-O.	105
<b>Tabla 27.</b> Nivel de Servicio en la Dirección S-N.	106
<b>Tabla 28.</b> Nivel de Servicio en la Dirección N-S.	107
<b>Tabla 29.</b> Resultados del modelo actual.	108
<b>Tabla 30.</b> Resultados del modelo actual.	109

	<b>Página</b>
<b>Tabla 31.</b> Resultados de la propuesta 1 a nivel de nodo.	111
<b>Tabla 32.</b> Resultados de la propuesta 1 a nivel de red.	112
<b>Tabla 33.</b> Resultados de la propuesta 2 a nivel de nodo.	113
<b>Tabla 34.</b> Resultados de la propuesta 2 a nivel de red.	115
<b>Tabla 35.</b> Resultados de la propuesta 3 a nivel de nodo.	116
<b>Tabla 36.</b> Resultados de la propuesta 3 a nivel de red.	117
<b>Tabla 37.</b> Comparación de la demora por vehículo.	118
<b>Tabla 38.</b> Comparación de las longitudes de cola.	119
<b>Tabla 39.</b> Comparación de los niveles de servicio.	120
<b>Tabla 40.</b> Comparación de consumo de combustible.	121
<b>Tabla 41.</b> Propuesta de solución vial.	123
<b>Tabla 42.</b> Contrastación de Hipótesis General.	128
<b>Tabla 43.</b> Contrastación de Hipótesis Específica 1.	130
<b>Tabla 44.</b> Contrastación de Hipótesis Específica 2.	131
<b>Tabla 45.</b> Resultados de estudio de tráfico propuesta 1.	131
<b>Tabla 46.</b> Resultados de estudio de tráfico propuesta 2.	132
<b>Tabla 47.</b> Resultados de estudio de tráfico propuesta 3.	132
<b>Tabla 48.</b> Comparación de la situación actual y propuesta 3.	133
<b>Tabla 49.</b> Contrastación de Hipótesis Específica 3.	134
<b>Tabla 50.</b> Comparación de la situación actual y propuesta 3.	135
<b>Tabla 51.</b> Contrastación de Hipótesis Específica 4.	135
<b>Tabla 52.</b> Contrastación de Antecedente Nacional.	137
<b>Tabla 53.</b> Contrastación de Antecedente Internacional.	138
<b>FIGURAS</b>	
<b>Figura 1.</b> Venta de vehículos livianos y pesados mensualmente.	2
<b>Figura 2.</b> Congestión vehicular semanal por hora en Lima.	3
<b>Figura 3.</b> Congestión Vehicular.	4
<b>Figura 4.</b> Mala señalización de los carriles de circulación y giro.	5
<b>Figura 5.</b> Falta de mantenimiento de las vías.	5
<b>Figura 6.</b> Mala ubicación de los paraderos.	6
<b>Figura 7.</b> Diagrama de Causa-Efecto.	7
<b>Figura 8.</b> Esquema de Análisis para Intersecciones Semaforizadas.	17
<b>Figura 9.</b> Ilustración de los niveles de servicio.	30

	<b>Página</b>
<b>Figura 10.</b> Cruce de giros a la izquierda en una intersección DLT.	32
<b>Figura 11.</b> Ilustración de los elementos estáticos.	35
<b>Figura 12.</b> Significado de los colores del semáforo.	36
<b>Figura 13.</b> Distribución de fases semafóricas.	37
<b>Figura 14.</b> Diagrama de fases semafóricas.	38
<b>Figura 15.</b> Estudios de campo para tránsito vehicular.	39
<b>Figura 16.</b> Modelo Wiedeman.	41
<b>Figura 17.</b> Composición del sistema Vissim.	42
<b>Figura 18.</b> Ejemplo de simulación en el software Vissim 9.	42
<b>Figura 19.</b> Esquema de movimientos vehiculares Rilsa.	43
<b>Figura 20.</b> Mapa del distrito de La Victoria.	48
<b>Figura 21.</b> Mapa de Lima.	49
<b>Figura 22.</b> Intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	50
<b>Figura 23.</b> Isleta ubicada en la intersección.	50
<b>Figura 24.</b> Pasos para el Desarrollo de la Investigación.	57
<b>Figura 25.</b> Realización del Estudio de Tráfico.	58
<b>Figura 26.</b> Cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	59
<b>Figura 27.</b> Maniobras en la Intersección.	60
<b>Figura 28.</b> Variación de volúmenes.	62
<b>Figura 29.</b> Gráfica del ciclo semafórico.	62
<b>Figura 30.</b> Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección O-E.	65
<b>Figura 31.</b> Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección E-O.	65
<b>Figura 32.</b> Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección S-N.	66
<b>Figura 33.</b> Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección N-S.	66
<b>Figura 34.</b> Diseño Geométrico del Proyecto.	69
<b>Figura 35.</b> Puntos de parada de los vehículos.	70
<b>Figura 36.</b> Fases del ciclo semafórico.	70
<b>Figura 37.</b> Movimientos realizados en la intersección.	71
<b>Figura 38.</b> Volúmenes horarios de máxima demanda.	72
<b>Figura 39.</b> Composición por tipo de vehículo.	72
<b>Figura 40.</b> Modelo Wiedeman.	73
<b>Figura 41.</b> Parámetros de simulación.	74
<b>Figura 42.</b> Ajustes de ancho de carril.	75

	<b>Página</b>
<b>Figura 43.</b> Distancia del cambio en el ancho de carriles.	75
<b>Figura 44.</b> Vía auxiliar de la Avenida Nicolás Arriola.	76
<b>Figura 45.</b> Señalización de ingreso a las vías auxiliares.	77
<b>Figura 46.</b> Reubicación del paradero en Av. Canadá.	78
<b>Figura 47.</b> Reubicación del paradero en Av. Nicolás Arriola.	78
<b>Figura 48.</b> Cambio en el orden de las fases semafóricas.	79
<b>Figura 49.</b> Semáforos peatonales.	80
<b>Figura 50.</b> Bolardos.	80
<b>Figura 51.</b> Bolardos en la intersección.	81
<b>Figura 52.</b> Paso a desnivel elevado.	81
<b>Figura 53.</b> Avenida Nicolás Ariola.	82
<b>Figura 54.</b> Cambio de ubicación del paradero.	82
<b>Figura 55.</b> Cambio de ubicación del giro.	83
<b>Figura 56.</b> Carril derecho de la Avenida Nicolás Arriola.	84
<b>Figura 57.</b> Ciclo semafórico del modelo base.	84
<b>Figura 58.</b> Intersección DLT.	85
<b>Figura 59.</b> Cambio en el giro O-N de la Avenida Canadá.	86
<b>Figura 60.</b> Aumento de semaforización giro O-N.	86
<b>Figura 61.</b> Cambio en el giro E-S de la Avenida Canadá.	87
<b>Figura 62.</b> Aumento de semaforización giro E-S.	88
<b>Figura 63.</b> Cambio en la semaforización del modelo base.	89
<b>Figura 64.</b> Diseño de la Intersección.	90
<b>Figura 65.</b> Histograma día lunes 18.	92
<b>Figura 66.</b> Histograma día martes 19.	94
<b>Figura 67.</b> Histograma día miércoles 20.	96
<b>Figura 68.</b> Histograma día jueves 21.	98
<b>Figura 69.</b> Histograma día viernes 22.	100
<b>Figura 70.</b> Histograma día sábado 23.	102
<b>Figura 71.</b> Histograma día lunes 25.	104
<b>Figura 72.</b> Imagen a nivel de nodo.	112
<b>Figura 73.</b> Imagen a nivel de nodo.	114
<b>Figura 74.</b> Gráfica a nivel de nodo.	117
<b>Figura 75.</b> Demora por vehículo.	119

	<b>Página</b>
<b>Figura 76.</b> Longitudes de cola.	120
<b>Figura 77.</b> Niveles de servicio.	121
<b>Figura 78.</b> Consumo de combustible.	122
<b>Figura 79.</b> Imagen 3D Av. Canadá dirección O-E.	123
<b>Figura 80.</b> Imagen 3D Av. Canadá dirección E-O.	124
<b>Figura 81.</b> Imagen 3D cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	124
<b>Figura 82.</b> Simulación de propuestas de solución vial (a).	126
<b>Figura 83.</b> Simulación de propuestas de solución vial (b).	126
<b>Figura 84.</b> Simulación de propuestas de solución vial (c).	127
<b>Figura 85.</b> Nivel de Servicio y demoras por vehículo en cada dirección.	128
<b>Figura 86.</b> Vuelo con vehículo aéreo no tripulado en la Intersección.	129
<b>Figura 87.</b> Gráfica de los resultados del estudio de tráfico.	132

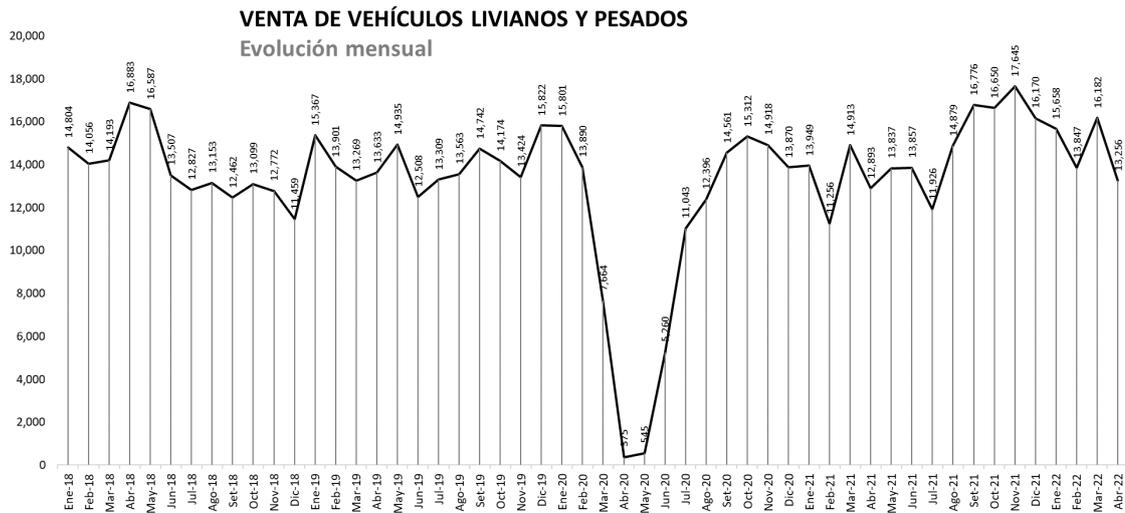
## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Situación Problemática**

Cendrero y Truyols (como se citó en Causas de la congestión de tránsito en Lima Centro y sus consecuencias sobre la salud y el medio ambiente, 2007), afirman que “la congestión es un estado de las condiciones de circulación en que se produce un entorpecimiento mutuo entre los usuarios de una misma infraestructura; sostienen que es difícil determinar a partir de qué momento existe congestión, pero que se acostumbra a detectarla cuando hay que esperar más de un ciclo para cruzar una intersección”.

El problema de la congestión vehicular se debe a que con el pasar de los años el parque automotor ha ido en aumento lo que en su gran mayoría ha provocado la saturación de las vías. (Figura 1). Lima es la región que genera mayor actividad económica, es por esto que aquí se existe una mayor concentración de personas que necesitan un transporte, el cual ocasiona un gran impacto ambiental.

**Figura 1. Venta de vehículos livianos y pesados mensualmente.**



Fuente: Asociación Automotriz del Perú, 2022.

A esto se suma, el aumento del transporte público (formal e informal) y la mala planificación urbana, así como también la poca orientación ciudadana y el deficiente sistema de transporte público. Otra de las causas que generan el caos vehicular es el mal estado de las vías, la escasa señalización, la mala ubicación de los paraderos y el alto porcentaje de vehículos obsoletos que circulan día a día generando mayor contaminación.

La congestión vehicular tiene como consecuencias la reducción de las velocidades de los vehículos que transitan por las avenidas, el retraso en los tiempos de viaje, la baja libertad de maniobra y un mayor consumo de combustible. Todos estos factores se representan en el nivel de servicio que tienen las avenidas, ya que este describe la forma en que opera el flujo vehicular.

La compañía holandesa Tom Tom Traffic, a través de la recopilación de datos de navegación de los diversos dispositivos móviles y los tableros de los autos indica los niveles de congestión y los representa en forma de porcentaje. Este porcentaje está en base al tiempo de viaje adicional que se experimenta a comparación de los tiempos de viaje en condiciones de flujo libre.

En el año 2021, de acuerdo con el Índice de Tráfico del TomTom Traffic referente a la ciudad de Lima, muestra una variación entre el 19% y 80% en días hábiles en el horario de 6 a.m. a 8p.m., siendo las 6 p.m. la hora más crítica a nivel nacional. (Figura 2).

**Figura 2. Congestión vehicular semanal por hora en Lima.**

	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
12:00 a. m.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
02:00 a. m.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
04:00 a. m.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	0%	7%	5%	5%	5%	6%	4%
06:00 a. m.	0%	23%	19%	19%	19%	20%	15%
	4%	39%	34%	34%	33%	34%	26%
08:00 a. m.	8%	44%	42%	42%	40%	42%	33%
	10%	42%	42%	43%	41%	45%	40%
10:00 a. m.	15%	42%	45%	45%	44%	48%	49%
	20%	43%	47%	48%	46%	52%	61%
12:00 p. m.	23%	41%	44%	45%	45%	51%	67%
	21%	37%	40%	42%	42%	49%	69%
02:00 p. m.	17%	36%	39%	40%	40%	48%	61%
	16%	41%	43%	44%	44%	54%	53%
04:00 p. m.	19%	48%	50%	51%	52%	62%	53%
	24%	57%	58%	60%	61%	72%	54%
06:00 p. m.	28%	64%	66%	68%	68%	80%	57%
	23%	53%	54%	57%	56%	69%	51%
08:00 p. m.	16%	33%	35%	37%	34%	47%	38%
	10%	16%	19%	21%	18%	27%	25%
10:00 p. m.	4%	6%	8%	8%	7%	13%	15%
	0%	0%	0%	0%	0%	4%	7%

Fuente: TomTom Traffic, 2021.

Esta problemática se ve reflejada en las distintas avenidas y calles de la ciudad y el distrito de La Victoria no es la excepción, tiene varias avenidas e intersecciones con problemas de congestión vehicular por lo que es uno de los distritos con mayor densidad empresarial. Es por ello, que la investigación se centró en la intersección de las avenidas Canadá y Nicolas Arriola, ya que son avenidas que están rodeadas de comercio zonal lo que conlleva a tener un mayor flujo de vehículos generando la congestión vehicular.

Esta intersección tiene varias causas que provocan el caos vehicular, una de las causas más importantes tal y como se muestra en la Figura 3, es el desorden que originan los usuarios de los distintos vehículos de transporte al pasar de un carril a otro raudamente ya sea por el hecho de recoger pasajeros o simplemente adelantar a los demás vehículos para reducir los tiempos de viaje.

**Figura 3. Congestión Vehicular.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

A esto se le suman distintos factores que afectan gravemente el tránsito vehicular como la mala señalización de los carriles de circulación y giro tanto para los vehículos como para las bicicletas y peatones ocasionando confusiones en los distintos usuarios y en algunos casos, accidentes de tránsito, así como se observa en la Figura 4.

**Figura 4. Mala señalización de los carriles de circulación y giro.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La falta de mantenimiento de las vías, los baches en la superficie del pavimento (Figura 5) ocasionan que los usuarios realicen maniobras que perjudican el tránsito vehicular al intentar esquivarlos.

**Figura 5. Falta de mantenimiento de las vías.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Por otra parte, la mala ubicación del paradero de transporte público (Figura 6) del cruce en dirección Sur-Norte, interfiere en el avance de los vehículos por la vía auxiliar.

**Figura 6.** *Mala ubicación de los paraderos.*



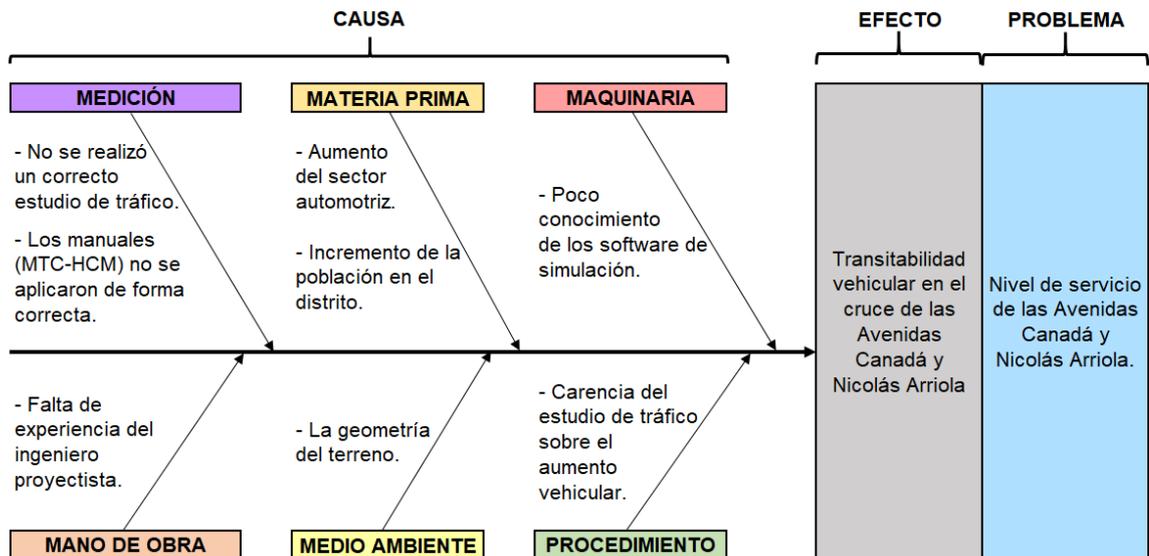
Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 1.2 Argumentación del Problema

La congestión vehicular tiene como consecuencias: la reducción de las velocidades de los vehículos que transitan por las avenidas, el retraso en los tiempos de viaje, la baja libertad de maniobra y un mayor consumo de combustible. Todos estos factores se representan en el nivel de servicio que tienen las avenidas, ya que este describe la forma en que opera el flujo vehicular.

Al concluir el estudio de la zona, se realizó una validación externa a 7 expertos mediante encuestas en donde se les preguntó acerca de la importancia, objetivos, aportes y cuál es el principal problema que genera la demora al cruzar la intersección. Con las respuestas obtenidas se elaboró el diagrama de causa-efecto que se muestra como Figura 7.

**Figura 7. Diagrama de Causa-Efecto.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Por ello, la investigación brinda tres propuestas de mejora del nivel del servicio de las cuales se elegirá a la que tenga un mejor flujo vehicular y, por ende, un mejor nivel de servicio. Para ello, se realizó un estudio de tráfico y para conocer cuál es la mejor alternativa de solución, se utilizó el software Vissim 9.

### 1.3 Formulación del Problema

#### 1.3.1 Problema General

¿Cómo influye la propuesta de solución vial en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola en la mejora del nivel de servicio?

#### 1.3.2 Problemas Específicos

Producto del análisis realizado, se han identificado los principales problemas:

- ¿Cuál es la influencia del vuelo con vehículo aéreo no tripulado en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola?

- ¿Cuál es la importancia del estudio de tráfico en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola?
- ¿Cuáles son los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola?
- ¿Cómo realizar el modelamiento del tránsito vehicular en el cruce de las Avenida Canadá y Nicolás Arriola?

## **1.4 Objetivos de la Investigación**

### **1.4.1 Objetivo General**

Proponer una solución vial en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola para la mejora del nivel de servicio.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Producto del análisis realizado a los problemas específicos, se han identificado los principales objetivos:

- Determinar la influencia del vuelo con vehículo aéreo no tripulado en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.
- Realizar el estudio de tráfico en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.
- Identificar los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.
- Ejecutar el modelamiento del tránsito vehicular del cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola con ayuda del software Vissim 9.

## **1.5 Justificación de la Investigación**

Esta investigación se justifica en encontrar alternativas que, mediante la reducción del nivel de servicio, reduzcan los tiempos de movilización de los usuarios en la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola mediante la identificación de los factores que agravan el tránsito vehicular.

### **1.5.1 Importancia de la Investigación**

El modelamiento real que ofrece el software Vissim 9 hace más factible la determinación de las posibles soluciones que logren aliviar el tránsito vehicular mediante la propuesta de análisis del nivel de servicio de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.

## **1.6 Limitaciones del Estudio**

La pandemia mundial Covid-19 fue la principal limitación en la realización de este proyecto ocasionando dos principales inconvenientes:

- La reducción significativa en el uso de automóviles debido al confinamiento o cuidado personal.
- Para la realización del estudio de tráfico, lo más recomendable es recolectar los datos durante varias semanas, siendo en esta ocasión realizado por 13 horas durante 7 días.

## **1.7 Viabilidad de la Investigación**

Viable ya que, por medio de la obtención de datos de campo y estudio de tráfico, se obtendrán los resultados que permitirán la identificación del nivel de servicio de la intersección y con esto, conseguir propuestas que mejoren el tránsito vehicular existente.

### **1.7.1 Viabilidad Técnica**

En el desarrollo de la investigación se recolectaron datos teóricos como manuales, libros, páginas web y tesis relacionadas al tema, así como también, datos prácticos como el vuelo con vehículo aéreo no tripulado y el estudio de tráfico, los cuales ayudaron a conocer el nivel de servicio actual de la intersección.

### **1.7.2 Viabilidad Económica**

Para el estudio de tráfico, vuelo con vehículo aéreo no tripulado y modelamiento se realizaron gastos ya que requirieron de personal de apoyo, equipos y licencia para que se tenga la simulación del tránsito completa.

## **1.8 Impacto Potencial de la Investigación**

### **1.8.1 Impacto Teórico**

Por medio de la obtención de datos de campo y estudio de tráfico, se obtendrán los resultados que permitirán la identificación del nivel de servicio de la intersección y con esto, elaborar propuestas que mejoren el tránsito vehicular existente y por ende mejore el nivel de servicio.

### **1.8.2 Impacto Práctico**

La mejora del nivel de servicio de la intersección impactará de forma positiva tanto en los usuarios que transiten por la intersección como en los pobladores del distrito, disminuyendo los accidentes de tránsito, los tiempos de espera en el cruce y la contaminación del aire y acústica.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

#### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

Estrada, L. & Rodríguez, L. (2017) “Propuesta para mejorar los niveles de servicio en dos intersecciones de la Av. Simón Bolívar comprendidas entre las Avenidas José de San Martín y Paso de los Andes – Pueblo Libre”. En esta investigación se busca una solución para la congestión vehicular mejorando los niveles de servicio actuales de dos intersecciones en base al Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010). Para el modelamiento se utilizó el programa Synchro 10.0. Ambas intersecciones se encuentran a una distancia de 280 metros aproximadamente y con los datos obtenidos en campo, se analizó el grado de saturación de ambos cruces. Se verificó que no basta con la optimización del ciclo semafórico para mejorar los niveles de servicio y finalmente, como solución se propone que se adecúe a la realidad de las intersecciones analizadas, siendo esta la propuesta la que incluye la eliminación de giros a la izquierda, que, en su mayoría, son los movimientos que causan mayor cola. Con esta propuesta se obtuvo un Nivel de Servicio D con una demora aproximada de 38 segundos.

Vega, Z. (2018). “Análisis de la Capacidad y Niveles de Servicio de las vías de ingreso a la ciudad de Cajamarca pertenecientes a la Red Vial Nacional”. Esta investigación fue realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene como finalidad determinar la capacidad y nivel de servicio de las vías por donde se ingresa a la ciudad de Cajamarca y se desarrolló en 5

obteniéndose los datos de campo mediante un estudio de tránsito. La investigación tuvo como base el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000) y con los datos obtenidos en campo se concluyó de que el espacio reducido de los carriles y bermas dificultan el flujo vehicular en las avenidas estudiadas. A su vez el trabajo de investigación menciona que, para un mayor alcance de éste, se deben de realizar estudios más amplios ya que el flujo vehicular es cambiante año tras año.

Chacón, J. (2018). "Determinación del Nivel de Servicio en las Av. Ferrocarril, Av. Mariscal Castilla y Av. Torrechayoc de la Ciudad de Urubamba". La investigación busca analizar el flujo vehicular y el estado actual de la superficie de los pavimentos para determinar el nivel de servicio, la zona de estudio son las Avenidas Ferrocarril, Torrechayoc y jirón Comercio ubicadas en la ciudad de Urubamba, departamento de Cuzco. El autor propone soluciones enfocadas al pavimento que mejoren el nivel de servicio de las vías de Urubamba. Para ello, se realizaron estudios de campo teniendo como bases teóricas al Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2010) y la metodología Pavement Condition Index (PCI). La solución planteada fue hacer el mantenimiento respectivo a los pavimentos de modo que se puedan evitar fisuras u otras fallas.

Cisterna, C. (2020). "Propuesta de Intercambio Vial a desnivel en la intersección av. Néstor Gambetta y av. Carlos Izaguirre para disminuir la congestión vehicular". La autora señala que existe una gran congestión vehicular en la intersección ubicada en el distrito del Callao por lo que la investigación busca determinar la influencia de la propuesta de intercambio vial a desnivel para mejorar el flujo vehicular. La investigación se realizó con un estudio de campo y gabinete, se usaron como bases teóricas los manuales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Diseño Geométrico y Diseño de Puentes. El modelamiento se realizó con el programa Synchro 10.0 en donde se pudo simular la situación actual y las propuestas pudiéndose determinar los tiempos de recorrido y en el caso de que la congestión vehicular aumentara, la propuesta de intercambio vial a desnivel tipo trébol

rotatorio sería la propuesta más adecuada ya que disminuye en un 60% el tiempo de recorrido con respecto a la situación actual.

Vértiz, J. & Ramón, V. (2020). “Propuesta de mejora de niveles de servicio en la intersección vial entre la carretera Panamericana Sur km 37.5 y el puente Arica en la ciudad de Lima”. La presente investigación busca la mejora de los niveles de servicio de la intersección de la Carretera Panamericana Sur km 37.5 con el puente Arica. Los autores realizaron un levantamiento de información para el modelamiento con el software Synchro 8.0 y así obtener los niveles de servicio de las avenidas y los tiempos de demora. Como alternativas de solución se presentaron siete propuestas, siendo la más eficiente la implementación de la intersección Diamante Divergente la cual menciona un cambio en la intersección y geometría. Esta propuesta muestra mejores longitudes de ciclo semafórico, mejor diseño vial para giros libres y una mayor capacidad vial con una proyección de 5 a 10 años.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Granda, C. & Martínez, I. (2017). “Análisis de Tráfico en las Principales Intersecciones del Área de Influencia de la Universidad del Azuay”. La investigación se realizó en las zonas que afectan directamente el área de influencia de la Universidad del Azuay con el fin de rediseñar las intersecciones con mayor congestión vehicular. Son seis las intersecciones de estudio, se determinó la hora de máxima demanda y se modeló en el software AINSUM 8.1.0 para calibrar y validar estadísticamente los datos. Todas las intersecciones, con excepción de Av. Francisco Moscoso y Av. 27 de febrero, Av. 24 de mayo y subida a Turi y Vía Rápida Cuenca – Azogues y Calle Hernán Malo, se prestaron para su rediseño, siendo el principal motivo por el que no se puede rediseñar o hacer algún cambio, la condición topográfica de las vías.

Brito, C. & Torres, N. (2017). “Efecto de la Condición de la Superficie de Rodamiento en la Estimación de la Capacidad Vial y el Nivel de Servicio aplicando la Metodología HCM, en la vía Zhud – Biblián”. En este estudio, se

implementa una variante de cálculo de la capacidad y niveles de servicio propuestos en el HCM 2000 de modo que se ajuste a las características de la red vial de la zona de estudio. Esta investigación busca determinar el efecto causado por el estado superficial del pavimento en el cálculo de la capacidad vial de las carreteras, aplicando la metodología HCM de modo que se reflejen las condiciones reales en la que opera el flujo vehicular. Los resultados mostraron una disminución de la velocidad promedio de viaje del 10% entre el método HCM 2000 y el implementado, en donde se está considerando el estado superficial del pavimento y como consecuencia se obtuvo una disminución de categoría en el nivel de servicio pasando de Nivel “E” a Nivel “D”.

Pulido, P. & Gómez, M. (2018). “Evaluación de la Capacidad y Nivel de Servicio de La Glorieta ubicada en la Calle 63 con Carrera 50 en Bogotá D.C. – Colombia por medio de Métodos No Convencionales”. Para esta investigación se buscó determinar la capacidad vehicular y nivel de servicio de La Glorieta ubicada en la Calle 63 con Carrera 50 de modo que se mejore la calidad de vida de los usuarios. Se emplearon tres métodos no convencionales: francés, danés y setur, en los cuales se analizó el flujo vehicular para verificar que no exceda en su capacidad vial. Se identificó la hora de máxima demanda, siendo esta de 5:30 pm a 6:30 pm, también se determinó que la capacidad vehicular de la intersección en función de su geometría y flujo vehicular se encuentra en un estado de saturación. Se llegó a la conclusión de que los métodos no convencionales (francés, danés y setur) no se recomiendan para el estudio de la zona ya que no están diseñados para analizar una intersección con alto flujo vehicular.

Muñoz, C. (2018). “Micro Simulación del Tráfico Actual y Alternativas de Solución de la Intersección en la Av. Simón Bolívar & Juan Bautista Aguirre Aplicando el Software PTV Vissim”. La investigación buscó analizar el impacto de tráfico generado en la intersección de la Av. Simón Bolívar y Juan Bautista Aguirre mediante la micro simulación con el software PTV Vissim para plantear posibles soluciones que disminuyan la accidentabilidad. Se encontraron cuatro alternativas: mejora de los ciclos semafóricos, creación de

una rotonda en una de las intersecciones, incremento de un carril y un paso deprimido. Finalmente se concluye que la alternativa paso deprimido es la más adecuada pero la más cara ya que mejora los niveles de servicio, tiempo de viaje y consumo de combustible a diferencia de la alternativa que incrementa un carril que es una solución más económica.

Carrera, L. & Maldonado, E. (2019). "Diagnóstico del Estado Actual de la Intersección Avenida Ciudad de Cali con Avenida La Esperanza con el Uso del Programa Vissim". La presente investigación busca diagnosticar el estado actual de la intersección de las Avenidas Ciudad de Cali y La Esperanza realizando un modelamiento con ayuda del software Vissim. Durante el estudio, se evidenció el estado aceptable de la capa asfáltica, se realizó el conteo vehicular y se definió la hora de máxima demanda (6:00 pm). La utilización del software Vissim asegura que el comportamiento de la modelación sea realista. Se demostró también que, en el caso de la intersección, a pesar de no ser hora punta, se muestra de manera general un flujo vehicular estable, pero es la presencia de vehículos de carga pesada que hace que la longitud de cola supere los 120 m. Finalmente se recomienda el replanteo de los tiempos semafóricos con el fin de mejorar los niveles de servicio y una reducción en las longitudes de cola.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 HCM 2010**

El Highway Capacity Manual (HCM, 2010) es un manual estadounidense que brinda información sobre capacidad vial y niveles de servicio en carreteras e intersecciones.

#### **2.2.1.1 Transporte vehicular**

Se describe como el acto de traslado vehicular de un lado a otro y se encuentra conformado por flujos vehiculares, sin embargo, la incrementación

de estos provoca la congestión vehicular. En este caso se tomarán en cuenta a los vehículos ligeros y vehículos pesados.

- **Vehículos ligeros:** Se consideran a los autos, camionetas y microbuses como los más comunes.
- **Vehículos pesados:** Se consideran a los camiones, semi tráileres y tráileres. Su circulación es menor pero su volumen es mayor a comparación de los vehículos ligeros.

#### 2.2.1.2 Flujo vehicular

Representa el modo en la que transitan los vehículos.

- **Flujo continuo:** Cuando los vehículos transitan por la vía sin necesidad de detenerse a menos que sea por razones inherentes al tráfico.
- **Flujo discontinuo:** Cuando existen diversos tipos de interferencias como, por ejemplo: semáforos o señales en alto.

#### 2.2.1.3 Tránsito Vehicular

Se refiere al fenómeno causado por la circulación de autos, camiones, buses en una autopista o carretera.

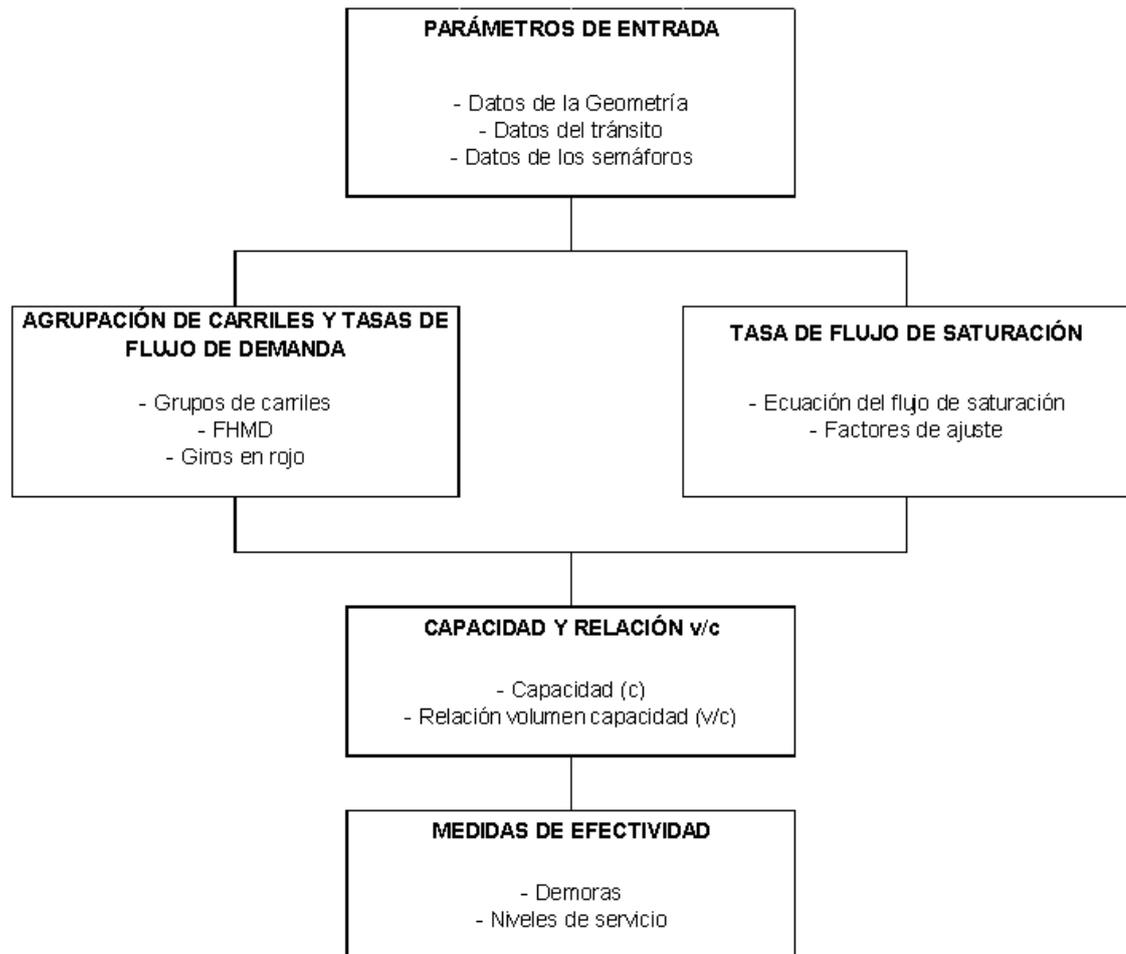
#### 2.2.1.4 Capacidad vial

Es la máxima proporción horaria durante un determinado tiempo y en un tramo de sección uniforme en que los vehículos transitan bajo las condiciones dadas en los dispositivos de control, tránsito y vías. Esto permite obtener el nivel de servicio y conocer el fenómeno de la congestión.

### 2.2.1.5 Análisis Operacional

El análisis operacional, presentado en forma de esquema en la Figura 8, cuenta con la información necesaria para realizar los cálculos adecuados que finalmente permitan identificar el nivel de servicio.

**Figura 8. Esquema de Análisis para Intersecciones Semaforzadas.**



Fuente: HCM, 2010.

La Tabla 1 muestra como parámetros de entrada a los datos recolectados en campo que son la base del desarrollo de los procedimientos del Esquema de Análisis para Intersecciones Semaforzadas.

**Tabla 1. Parámetros de entrada.**

TIPO DE CONDICIÓN	PARÁMETRO
<b>GEOMÉTRICAS</b>	Tipo de área Número de carriles, N Ancho promedio de carriles, W (m) Pendiente, G (%) Existencia de carriles exclusivos Estacionamiento
<b>TRÁNSITO</b>	Volumen de demanda por movimiento, V (veh/h) Porcentaje de vehículos pesados, HV (%) Factor de la hora de máxima demanda, FHMD Tasa de flujo de saturación, S
<b>SEMÁFOROS</b>	Plan de fases Longitud del ciclo, C (s) Ciclo semafórico

Fuente: HCM, 2010.

#### **2.2.1.6 Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD)**

Es el número máximo de vehículos que pasan por una determinada sección de un carril durante 60 minutos. Representa la máxima demanda en hora punta en un día determinado.

#### **2.2.1.7 Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)**

Representa las máximas relaciones de flujo dentro de la hora, este se calculará con 4 veces el volumen de 15 min máximos.

$$FHMD = \frac{VHMD}{(4 \times V_{15})}$$

VHMD = Volumen máximo de máxima demanda.

$V_{15}$  = Volumen máximo durante 15 minutos (vehículos/15 minutos).

### 2.2.1.8 Demanda de Tasa de Flujo ( $V_p$ )

Determina la demanda horaria, basándose en conteo de tráfico o estimaciones. Es usada en los análisis de nivel de servicio.

$$V_p = \frac{V}{FHP * f_G * f_{HV}}$$

$V_p$  = Tasa de flujo equivalente en vehículos livianos para el periodo pico de 15min (pe/h).

$V$  = Demanda de volumen para una hora pico completa (veh/h).

$FHP$  = Factor hora pico.

$f_G$  = Factor de ajuste por pendiente.

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

### 2.2.1.9 Capacidad Vial en una Intersección ( $Q_c$ )

Se refiere al número de vehículos que puede llegar a ocupar una intersección regulada por un semáforo, señal de prioridad o rotondas. Es por ello, que el ( $Q_c$ ) depende de la forma en la que se regula o controla el tránsito que llega a la intersección.

$$Q_c = \left( \frac{Vei}{C} \right) * N * Si$$

$Vei$  = Verde efectivo del acceso  $i$ .

$C$  = Tiempo del ciclo semafórico.

$N$  = Número de carriles.

$Si$  = Flujo de saturación del acceso  $i$ .

$$V_{ei} = V_i - \lambda_1 + \lambda_2$$

$V_i$  = Verde presentado al acceso.

$\lambda_1$  = Pérdida inicial.

$\lambda_2$  = Ganancia inicial.

### 2.2.1.10 Tasa de flujo de saturación

Esta tasa se refiere a la saturación de la velocidad de flujo, ya que esta es la unión de diversos ajustes que se le hace a la velocidad de flujo.

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

$S$  = Flujo de saturación real del grupo de carriles (veh/hora de verde).

$S_0$  = Flujo de saturación básico por carril (veh/h/carril).

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

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

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

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

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

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

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

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

#### a. Flujo de saturación básico por carril ( $S_0$ )

Conocido también como flujo de saturación ideal. Según recomendación del (HCM, 2010) se deberá considerar el valor de 1900 vehículos livianos por hora por carril (veh/hora/carril).

**b. Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )**

Representa una incorporación del impacto negativo que pueden tener los diferentes carriles.

$$f_w = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$$

W = ancho de carril (m).

W  $\geq$  2.4 m

Si: W  $\geq$  4.8 m, analizar como dos carriles.

**c. Factor de ajuste por presencia de vehículos pesados ( $f_{HV}$ )**

El vehículo pesado tiene un equivalente a 2 vehículos livianos, ya que usan mayor espacio en la vía se utiliza la siguiente fórmula.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$$

%HV = Porcentaje de vehículos pesados del grupo.

$E_T = 2.4$  (autos/pesado).

**d. Factor de ajuste por pendiente ( $f_g$ )**

Este factor considera el efecto del terreno en las velocidades de viaje.

$$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$$

%G = Porcentaje de pendiente del acceso.

**e. Factor de ajuste por estacionamiento ( $f_p$ )**

Este ajuste representa a los vehículos que entran y salen de los estacionamientos a una distancia de 75 metros corriente arriba de la línea de parada.

$$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} \geq 0.050$$

N = Número de carriles del grupo.

$N_m$  = Número de maniobras de estacionamiento por hora.

Se considera 180 maniobras como máximo.

Cuando no se cuenta con estacionamiento, el  $f_p = 1$ .

**f. Ajuste por bloqueo de buses ( $f_{bb}$ )**

Este factor se emplea cuando en la intersección existen buses detenidos que bloquean el flujo, ya sea para dejar o recoger pasajeros.

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14.4N_B}{3600}}{N} \geq 0.050$$

N = Número de carriles por grupo.

$N_B$  = Número de buses que paran por hora.

Se considera 250 buses como máximo.

### g. Ajuste por factor por tipo de área ( $f_a$ )

Factor que controla las ineficiencias operacionales que corresponden a la complejidad y congestión existente.

$f_a = 0.90$  en CBD

$f_a = 1.00$  en otras áreas

CBD = Distrito Central de Negocios (Centro de la Ciudad)

### h. Ajuste por utilización de carriles ( $f_{LU}$ )

El factor de ajuste detallado en la Tabla 2 se utiliza ya que muchas veces existe una distribución desigual del uso de carriles cuando una vía cuenta con más de un carril.

**Tabla 2.** Factor de ajuste por carril para intersecciones semaforizadas.

Movimientos en los grupos de carriles	N° de carriles en los grupos de carriles	Porcentaje del tránsito en el carril de mayor carga	Factor de utilización de carril recomendado $f_{LU}$
Flujos directos	1	100.0	1.0
	2	52.5	0.952
	3	36.7	0.908
Giro izquierdo exclusivo	1	100.0	1.0
	2	51.5	0.971
Giro derecho exclusivo	1	100.0	1.0
	2	56.5	0.885

Fuente: HCM, 2010.

**i. Ajuste por giros a la izquierda ( $f_{LT}$ )**

Factor de ajuste para giros, que varían dependiendo de si son protegidos o permitidos y si se hacen desde un carril exclusivo o compartido.

Carril exclusivo:

$$f_{LT} = 0.95$$

Carril compartido:

$$f_{LT} = \frac{1}{1.0 + 0.05P_{LT}}$$

$P_{LT}$  = Proporción de vueltas a la izquierda en el grupo de carriles.

En caso el grupo de carril cuente con un carril compartido o exclusivo:

$$f_{LT} = 1.0$$

**j. Ajuste por giros a la derecha ( $f_{RT}$ )**

Factor de ajuste para giros, que varían dependiendo de si se hacen desde un carril exclusivo o compartido y de la proporción de vehículos en el grupo de carriles que voltean a la derecha.

Carril exclusivo:

$$f_{RT} = 0.85$$

Carril compartido:

$$f_{RT} = 1.0 - 0.15P_{RT}$$

$P_{RT}$  = Proporción de vueltas a la derecha en el grupo de carriles.

$$f_{RT} \geq 0.050$$

En caso el grupo de carriles no incluya giro a la derecha:

$$f_{RT} = 1.0$$

### k. Ajuste por peatones y ciclistas ( $f_{Lpb}$ , $f_{Rpb}$ )

Este factor se usa para determinar el bloqueo que causan los peatones y ciclistas en los giros de los vehículos.

$$f_{Lpb} = f_{Rpb} = A_{pbT}$$

$A_{pbT} = 1 - 0.5C_{cr}$ , si los carriles receptores son iguales a los carriles de giro.

$A_{pbT} = 1 - 0.6C_{cr}$ , si los carriles receptores son mayores a los carriles de giro.

En caso no existiera conflicto de los vehículos con el peatón o ciclistas:

$$f_{Lpb} = 1.0$$

#### 2.2.1.11 Capacidad de un grupo de carriles

La capacidad de un grupo de carriles que alimenta el tráfico vehicular y para el cual no hay movimientos de giro a la izquierda protegidos.

$$c = N * s * \frac{G}{C}$$

c = Capacidad (veh/h).

N = Número de carriles.

S = Tasa de flujo de saturación (veh/h).

C = Tiempo total del ciclo semafórico.

G/C = Proporción de verde efectivo.

### 2.2.1.12 Demora

Representa el tiempo de demora de control que experimentan los vehículos.

$$d = d1 + d2 + d3$$

$d$  = Demora de control por vehículo (s/veh).

$d1$  = Demora por control uniforme asumiendo llegadas uniformes (s/veh).

$$d1 = \frac{0.5 * C * (1 - \frac{G}{C})}{1 - [\min(1, X) \frac{G}{C}]}$$

$C$  = duración del ciclo (s).

$G$  = Tiempo de verde efectivo para el grupo de carriles (s).

$X$  = Relación v/c o grado de saturación del grupo analizado.

$d2$  = Demora incremental de llegas aleatorias y colas de sobresaturación, ajustada por la duración del periodo analizado y el tipo de señal controladora; se asume que no existe cola inicial para el grupo de carriles al inicio del periodo de análisis (s/veh).

$$d2 = 900T[(X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X}{C * T}}]$$

$T$  = Duración del periodo de análisis en horas (h).

$k$  = Factor de demora incremental que depende de la configuración del controlador.

Para semáforos con tiempo fijo se considera:  $k = 0.50$ .

$I$  = Factor de ajuste por tipo de ingreso a la intersección corriente arriba.

Para intersecciones aisladas se considera:  $I = 1$ .

$C$  = Capacidad del grupo de carriles (veh/h).

$X$  = Relación v/c o grado de saturación del grupo analizado.

$d_3$  = Demora de cola inicial, toma en cuenta todos los vehículos en el periodo de análisis debido a la cola inicial al empezar el periodo analizado (s/veh).

Para la presente investigación se considera:  $d_3 = 0$ .

Para hallar el factor de ajuste por tipo de ingreso a la intersección corriente arriba se utiliza la Tabla 3 que se encuentra basada en el grado de saturación.

**Tabla 3.** Valores para grupos de carriles con señales ascendentes.

	Grado de saturación de intersecciones corriente arriba, $X_u$						
	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	$\geq 1.0$
$I$	0.922	0.858	0.8	0.65	0.5	0.314	0.09

Fuente: HCM, 2010.

### 2.2.1.13 Niveles de servicio

Según Cerquera (2007), es una dimensión que define de forma cualitativa como opera el flujo vehicular. Para su identificación, al ser una intersección semaforizada, se tomará como factor principal a la demora por control.

La Tabla 4 muestra las medidas de eficiencia utilizadas para identificar el nivel de servicio.

**Tabla 4. Medidas de Eficiencia para la Definición de Niveles de Servicio.**

TIPO DE INFRAESTRUCTURA VIAL	MEDIDAS DE EFICIENCIA
<b>AUTOPISTAS</b> - Segmentos básicos - Tramos de entrecruzamientos - Rampas de enlaces	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad (v/c) Densidad, velocidad Densidad
<b>CARRETERAS</b> - Múltiples carriles - Dos carriles	Densidad, velocidad, relación volumen a capacidad (v/c) Velocidad, % de tiempo de seguimiento
<b>INTERSECCIONES</b> - Con semáforos - De prioridad	Demora por controles Demora por controles
<b>ARTERIAS URBANAS</b>	Velocidad de recorrido
<b>TRANSPORTE COLECTIVO</b>	Frecuencia, horas de servicio, carga de pasajeros
<b>CICLO RUTAS</b>	Eventos, demoras, velocidad
<b>PEATONES</b>	Espacio, eventos, demoras, velocidad

Fuente: HCM, 2010.

## DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO:

### a. Nivel A

Los conductores tienen la libre disposición de transitar como deseen y poseen facilidad de maniobra a través de la vía. En este nivel no existe interferencia con otros vehículos.

### b. Nivel B

Se encuentra en el rango de flujo equilibrado y a pesar de que en este nivel se integran más vehículos, los usuarios aún cuentan con la libertad de cambiar sus velocidades.

### c. Nivel C

Esta dentro del flujo estable. En este nivel se puede apreciar una afectación significativa a los usuarios ya que el interactuar con otros implica el cambio o reducción de las velocidades.

**d. Nivel D**

El flujo es denso, lo que significa que la velocidad y la facilidad de maniobra quedan seriamente delimitadas.

**e. Nivel E**

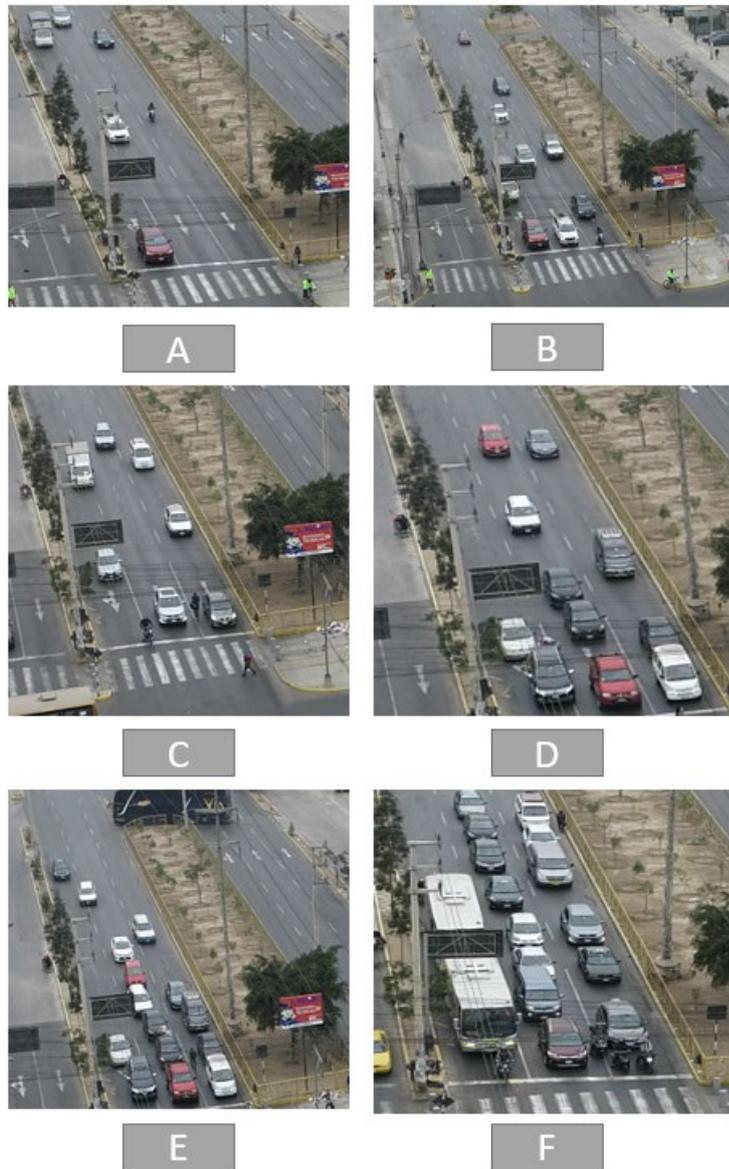
Su capacidad está muy saturada, el cambio de velocidad se ve reducido y bastante uniforme. La facilidad de maniobra llega a ser muy difícil.

**f. Nivel F**

El flujo en este nivel es forzado y se produce porque el volumen de la demanda es muy superior a la capacidad que tiene la vía dificultando el flujo continuo.

La Figura 9 muestra una ilustración de como se aprecia los niveles de servicio.

**Figura 9. Ilustración de los niveles de servicio.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La inclusión de los valores límite de la demora por control (Tabla 5) en el Manual de Capacidad de Carreteras del año 2010, permite acceder a resultados más confiables ya que, además, desde el año 2000, cuenta con su identificación mediante la relación volumen capacidad.

**Tabla 5. Criterios para definir los niveles de servicio.**

Nivel de Servicio		Demora por Control
$v/c \leq 1$	$v/c > 1$	(s/Vehículos)
A	F	$\leq 10$
B	F	$> 10 - 20$
C	F	$> 20 - 35$
D	F	$> 35 - 55$
E	F	$> 55 - 80$
F	F	$> 80$

Fuente: HCM, 2010.

## 2.2.2 Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado

El vuelo de un vehículo aéreo no tripulado o dron, permite obtener la data del campo mediante la toma georreferenciada de fotografías aéreas verticales consecutivas y homogéneas que se superponen entre ellas y crean una representación detallada en 2D o 3D.

## 2.2.3 Revista Public Roads

Para la elaboración de la propuesta de solución vial, se consultó a la Revista Public Roads (2009) ya que propone una intersección a nivel no convencional.

### 2.2.3.1 Intersección a Nivel No Convencional

#### *a. Un nuevo giro a la izquierda*

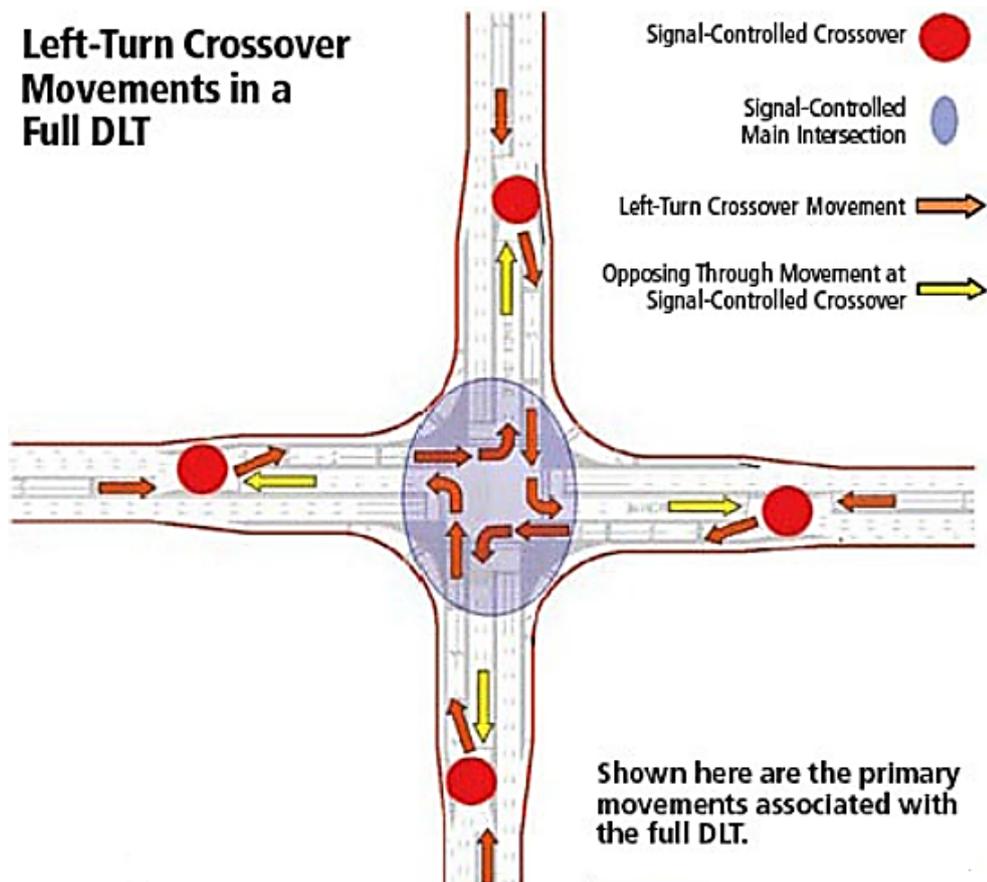
La congestión del tráfico en las intersecciones empeora cuando se agrega una fase semafórica para el giro a la izquierda, si se eliminarán los giros en la intersección principal, se podría incrementar el tiempo semafórico en verde.

La intersección DLT o también conocida como intersección de flujo continuo, elimina los posibles conflictos entre los vehículos que giran a la izquierda y el tráfico que se aproxima al agregar una bahía de giro a la

izquierda del tráfico que se aproxima en sentido contrario antes de la intersección principal. Los vehículos acceden a la bahía de giro a la izquierda aguas arriba de la intersección principal señalizada y cruzan por encima de la mediana y el segmento opuesto y, por lo tanto, eliminan el cruce de giro a la izquierda dentro de la intersección principal.

La característica principal de una intersección a nivel no convencional es la reubicación del movimiento de giro a la izquierda como lo muestra la Figura 10.

**Figura 10.** *Cruce de giros a la izquierda en una intersección DLT.*



Fuente: Public Roads Magazine, 2009.

### ***b. Operaciones de Tráfico***

El mayor beneficio de la intersección DLT es que tiene un mayor rendimiento a comparación de la capacidad ya que este eliminaría una fase semafórica. Al aplicar este tipo de intersecciones se produce una reducción considerable en los retrasos.

### **2.2.4 Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018)**

El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG-2018) elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) brinda las siguientes definiciones en cuanto a intersecciones.

#### ***a. Diseño Geométrico de Intersecciones***

Una intersección vial es donde se interceptan dos o más caminos permitiendo el cambio entre sí, su diseño geométrico depende fundamentalmente de la topografía del terreno y pueden ser a nivel o a desnivel.

#### **a.1 Intersecciones a Nivel**

Según el MTC, 2018. Una intersección a nivel es un cruce donde no existe diferencia en los niveles y puede ser entre dos o más vías.

La Tabla 6 muestra los tipos de intersección a nivel, número de ramales y el ángulo de cruzamiento según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Tabla 6. Tipos de Intersección a Nivel.**

INTERSECCIÓN	RAMALES	ÁNGULO DE CRUZAMIENTO
En T	3	Entre 60° y 120°
En Y	3	< 60° y > 120°
En X	4	< 60°
En +	4	> 60°
En Estrella	> 4	-
Intersecciones rotatorias o rotondas	> 4	-

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018.

## **a.2 Intersecciones a Desnivel**

Según el MTC, 2018. Una intersección a desnivel es un cruce donde existe diferencia en los niveles y puede ser entre dos o más vías. Se conoce también como “bypass”.

### **b. Criterios de Diseño**

La solución a nivel es la más segura y simple, mientras que la solución a desnivel siempre va a requerir de mayor espacio.

## **2.2.5 Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras**

### **a. Ingeniería de Tráfico Vehicular**

Cuando las vías se saturan debido a la gran demanda, producen una mayor demora lo que produce el congestionamiento vehicular, donde se puede mayor tráfico vehicular es en las intersecciones.

La ingeniería de tráfico se puede determinar como la rama de la ingeniería civil la cual se encarga de diseñar, planificar y ver de qué manera opera el

tráfico de las vías, avenidas y calles tomando en cuenta sus conocimientos en infraestructura y los impactos visuales que existen.

### ***b. Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular.***

Dentro de la ingeniería de tráfico existen dos tipos de elementos:

**b.1 Elementos estáticos:** Se encuentran de forma pasiva en el diseño, operación y planificación en la ingeniería de tráfico y como lo ilustra la Figura 11.

**Figura 11.** *Ilustración de los elementos estáticos.*



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, 2016.

**b.2 Elementos dinámicos:** Estos actúan activamente en el diseño, planificación y operación de la ingeniería de tránsito siendo uno de ellos los sensores, que son componentes electrónicos capaces de monitorear algún evento mediante señales.

### ***c. Semáforos***

Mecanismo que controla y regula el tránsito vehicular o peatonal mediante la utilización de luces de colores detallada en la Figura 12.

**Figura 12. Significado de los colores del semáforo.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### **d. Tiempo del semáforo**

##### **d.1 Intervalo de cambio de fase**

Tiempo de reacción que el conductor tiene para despejar el cruce de vías.

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

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 aceleración (valor usual  $3.05 \text{ m/s}^2$ ).

W = Ancho de la intersección (m).

L = Longitud del vehículo (valor sugerido 6.10 m).

## d.2 Longitud del ciclo semafórico

Tiempo que indica que el semáforo ha realizado una secuencia completa de transición de luces. Está conformado por el tiempo en segundos en color rojo, verde, ámbar y el intervalo todo rojo.

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} y_i}$$

$C_o$  = Tiempo óptimo de ciclo(s).

$L$  = Tiempo total perdido por ciclo (s).

$y_i$  = Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación.

para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase  $i$ .

$\phi$  = Número de fases.

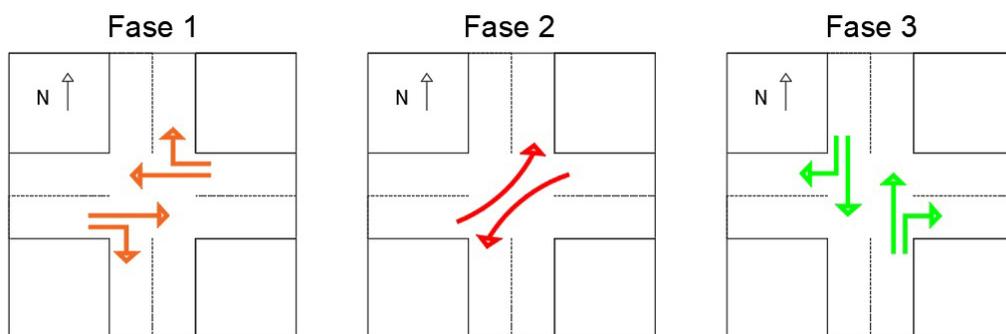
El tiempo  $L$  resulta de la siguiente ecuación:

$$L = \left( \sum_{i=1}^{\phi} H_i \right) + TR$$

$TR$  = Tiempo total del color rojo durante todo el ciclo (s).

La Figura 13 muestra la distribución de las fases semafóricas.

**Figura 13.** *Distribución de fases semafóricas.*

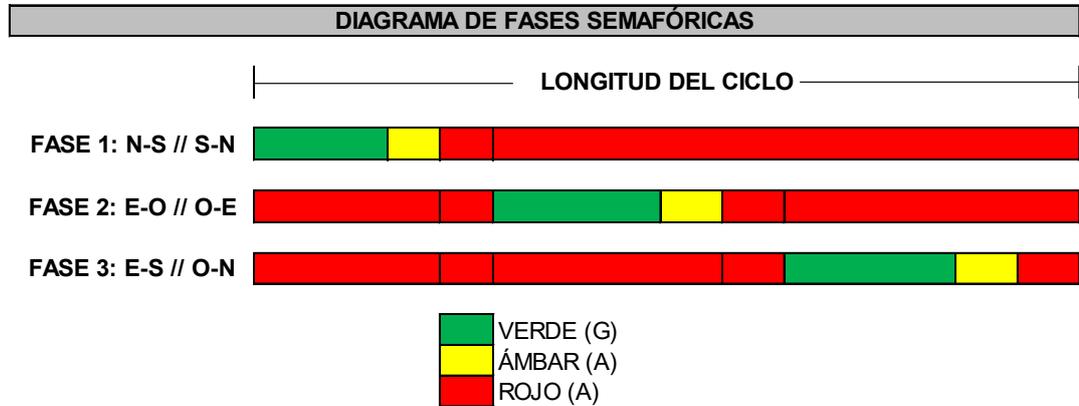


Fuente: Elaboración propia, 2022.

La Figura 14 representa el diagrama de fases semafóricas que se encuentra conformado por intervalos de todo rojo y 3 fases en diferentes direcciones. Inicia en la fase 1 (dirección Norte-Sur y Sur-Norte), luego la fase

2 (dirección Este-Oeste y Oeste-Este) y finalmente la fase 3 (dirección Este-Sur y Oeste-Norte).

**Figura 14. Diagrama de fases semafóricas.**



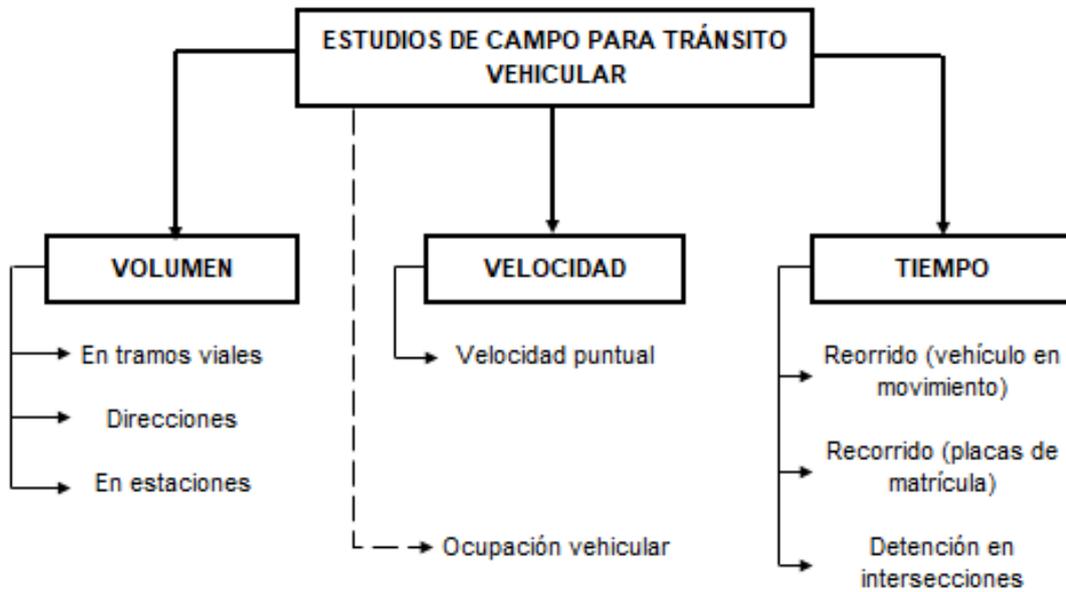
Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 2.2.6 Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte

### a. Organización

Para realizar un buen estudio del volumen de tránsito en tramos viales se necesita realizar una visita a campo y proceder con las mediciones que muestra la Figura 15 y se puede realizar de 2 formas, conteo manual o mecánico.

**Figura 15.** Estudios de campo para tránsito vehicular.



Fuente: Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, 2005.

### **b. Ejecución**

La toma de información se realiza en periodos de 15 minutos en donde se debe clasificar el tipo de vehículo y tipo de movimiento. Si existen varios tipos de transporte público, se clasifica de acuerdo al tipo y para realizar un buen estudio de tráfico es importante que los encargados de realizarlo estén en campo 30 minutos antes de iniciar el conteo vehicular.

### **c. Volúmenes de tránsito direccionales**

Para determinar los volúmenes de tránsitos de las vías se hacen en intersecciones controladas con semáforos, los volúmenes se deben registrar de acuerdo a los movimientos de los vehículos.

### **d. Planeación**

Se debe conocer bien la geometría de la intersección en estudio, las fases semafóricas y los tipos de vehículos que circulan, así como también, codificar

todos los movimientos que se realizan en la intersección con la codificación Rilsa.

#### **e. Presentación de datos**

Se presenta los valores de mayor volumen acompañados de histogramas.

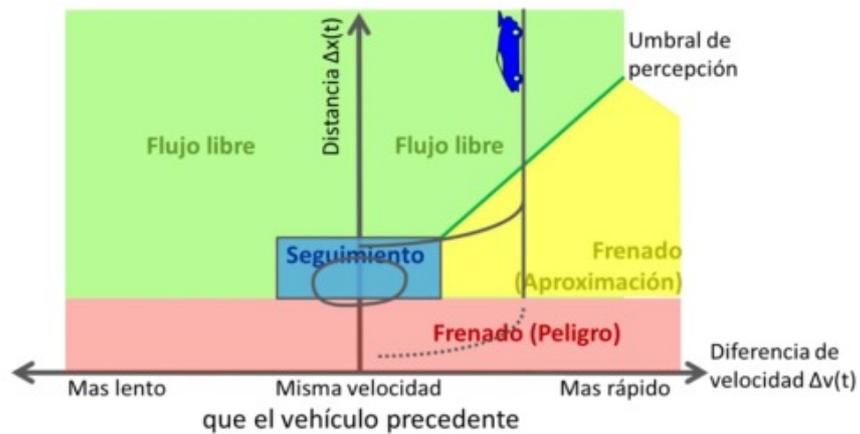
### **2.2.7 Modelamiento con el Software Vissim 9**

El modelamiento permite un mejor funcionamiento de la red vial al conocer y predecir las características actuales y futuras del flujo vehicular mediante la información de la demanda, capacidad y los dispositivos de control empleados.

Vissim utiliza el modelo Wiedeman desarrollado en 1974 para el seguimiento vehicular, este es un algoritmo psicofísico para el movimiento longitudinal de vehículos y un algoritmo basado en reglas para los movimientos laterales. A la actualidad existen dos tipos de versiones del Modelo Wiedeman para el seguimiento vehicular, el modelo 74 y 99. La versión 74 es la más adecuada para los modelos en zonas urbanas y la 99, que cuenta con diez parámetros es más adecuada para vías rápidas o autopistas.

La Figura 16 explica el modelo Wiedeman, donde la línea del diagrama muestra el comportamiento de un vehículo que alcanza a otro. En la zona verde, los vehículos no perciben a los otros y avanzan a flujo libre, en la zona amarilla, los vehículos empiezan a reducir su velocidad y en la zona azul, el conductor del vehículo no tiene control de su velocidad y aceleración.

**Figura 16. Modelo Wiedeman.**

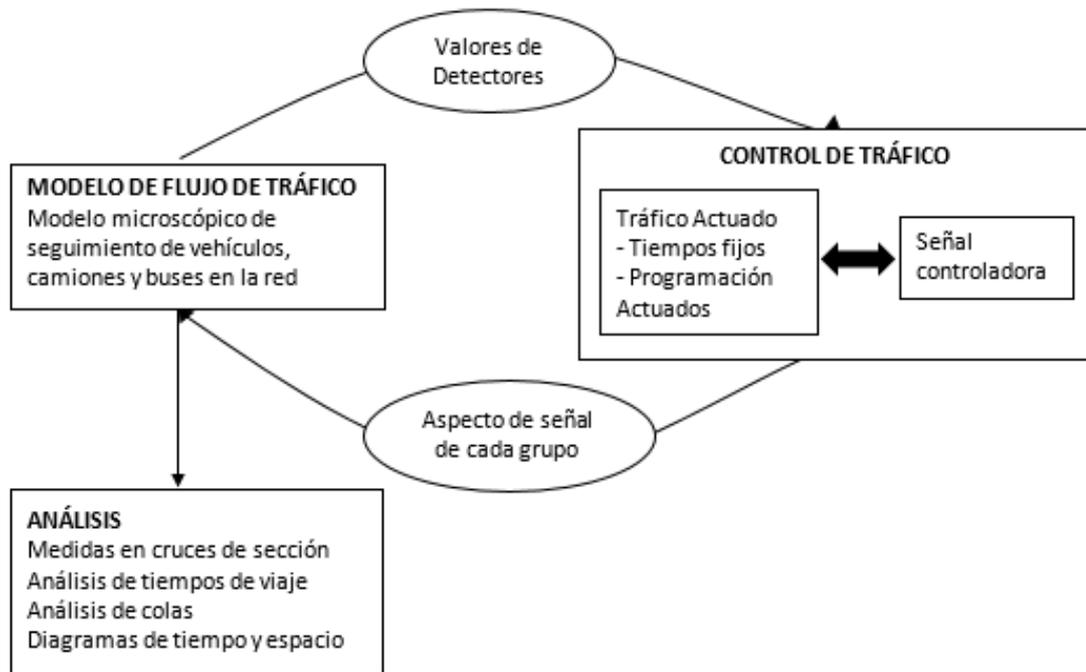


Fuente: PTV, 2006.

Para la presentación de esta propuesta, se eligió el software Vissim 9 ya que permite el modelamiento en intersecciones semaforizadas y ofrece una simulación microscópica de los componentes del flujo de tránsito, sus características y la interacción mutua y con los elementos viales, permitiendo además que se realice el modelamiento con más de un tipo de tránsito (ya sea tránsito vehicular, de transporte público, de bicicletas, de peatones, entre otros).

La Figura 17 muestra la composición del sistema Vissim y la Figura 18 ejemplifica la simulación de la intersección en el software Vissim 9.

**Figura 17. Composición del sistema Vissim.**



Fuente: PTV, 2006.

**Figura 18. Ejemplo de simulación en el software Vissim 9.**

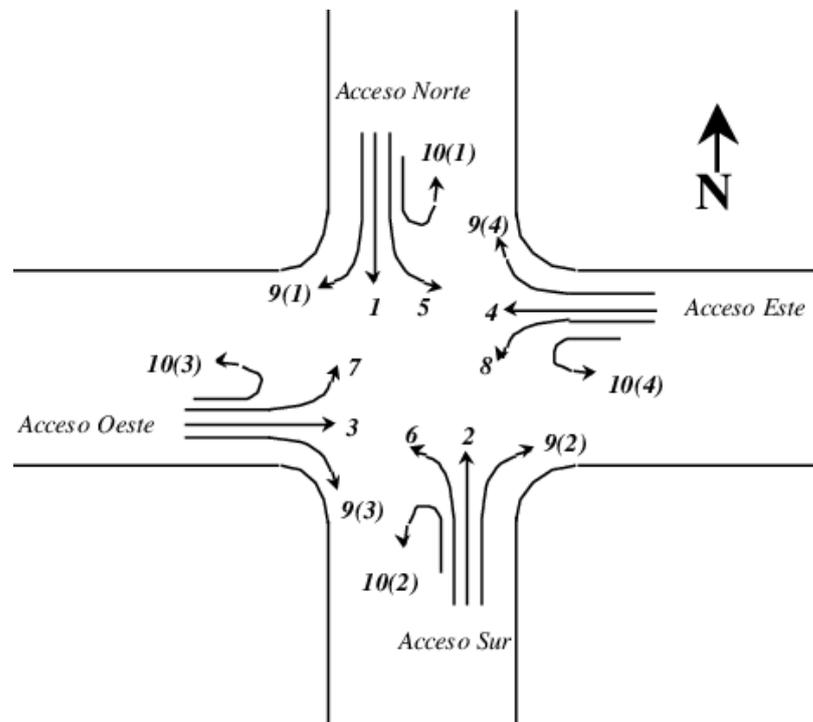


Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 2.2.8 Norma Rilsa

La codificación que ofrece la norma alemana Rilsa sirve para la descripción de los movimientos permitidos en una intersección vial (Figura 19).

Figura 19. Esquema de movimientos vehiculares Rilsa.



Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2019.

## 2.3 Definición de Términos Básicos

**Avenida:** Vía ancha con mucha afluencia.

**Capacidad vial:** Se define como la mayor proporción horaria vehicular que transita por un carril durante un determinado tiempo.

**Carril:** Se denomina carril a la parte destinada a una sola fila de flujo de vehículos.

**Ciclo semafórico:** Tiempo que transcurre desde el cambio de un grupo semafórico hasta la repetición de este mismo en una secuencia de maniobra completa en los semáforos conectados a un mismo regulador.

**Congestión Vehicular:** Estado del flujo vehicular en el que las vías se saturan debido a la demanda.

**Cruce:** Intersección de dos o más vías.

**Demora por control:** Demora provocada por la existencia de un dispositivo de control de tránsito, siendo en este caso, por la presencia de semáforos en la intersección.

**Fase semafórica:** Parte del ciclo semafórico asignado al derecho de paso durante uno o más intervalos durante las cuales la configuración de colores de todos los grupos permanece invariable.

**Flujo vehicular:** Modo en el que circulan los vehículos.

**Hora pico:** Se denomina a un periodo de tiempo en el que regularmente existe una mayor congestión vehicular.

**Intersección Vial:** Se define como la infraestructura vial donde se interceptan dos o más caminos permitiendo el cambio entre sí.

**Intervalo todo rojo:** Intervalo en el que todos los semáforos se encuentran en color rojo dando tiempo a que los vehículos que pierden el derecho de paso dejen totalmente libre intersección para que no exista peligro de colisión.

**Longitud de ciclo:** Tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo.

**Nivel de Servicio:** Dimensión que define de forma cualitativa como opera el flujo vehicular.

**Pendiente:** Cualquier inclinación con respecto al nivel del terreno.

**Propuesta:** Idea que se plantea para la mejora de algo.

**Transporte vehicular:** Recurso por el que se trasladan mercancías o personas.

**Usuario:** Persona que habitualmente usa un servicio.

**Vehículos:** Máquinas que transitan por el suelo y puede llevar personas o cosas.

**Velocidad:** Medida entre el espacio y tiempo que se demora en recorrer un objeto o persona (km/h, m/s, etc.).

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis General**

H.G. La propuesta de solución vial con la simulación a través del software Vissim 9 permite la mejora del nivel de servicio del cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.

### **2.4.2 Hipótesis Específicas**

H.1 El vuelo con vehículo aéreo no tripulado determina el diseño de las vías de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permitiendo realizar modificaciones para la mejora del nivel de servicio.

- H.2 El estudio de tráfico determina la cantidad de vehículos que transitan por el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola mejorando los niveles de servicio al calcular y reducir los tiempos de demora al cruzar la intersección.
- H.3 La identificación de los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permite que se identifique el nivel de servicio "E" y se mejore obteniendo un nivel de servicio "C".
- H.4 El modelamiento con el software Vissim 9 determina que en la propuesta a nivel no convencional se logra reducir la longitud de cola, una mayor capacidad vehicular en la intersección y mejorar el nivel de servicio con respecto a la situación actual de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño Metodológico**

#### **3.1.1 Enfoque de Investigación**

Será cuantitativo porque se utilizarán datos y mediciones donde se conocerán las características del tránsito vehicular lo que permitirá alcanzar los objetivos.

#### **3.1.2 Tipo de Investigación**

Tipo aplicada, ya que se recolectará la información necesaria y los datos que permitirán proponer alternativas de mejora del tránsito vehicular y así llegar a probar las hipótesis.

#### **3.1.3 Nivel de Investigación**

Nivel descriptivo y explicativo, ya que describe la situación actual de la vía y analiza los datos estadísticos propios.

#### **3.1.4 Diseño de Investigación**

Investigación experimental, ya que con los datos obtenidos en campo y el modelamiento, se realizarán 3 propuestas las cuales se usarán para probar las hipótesis.

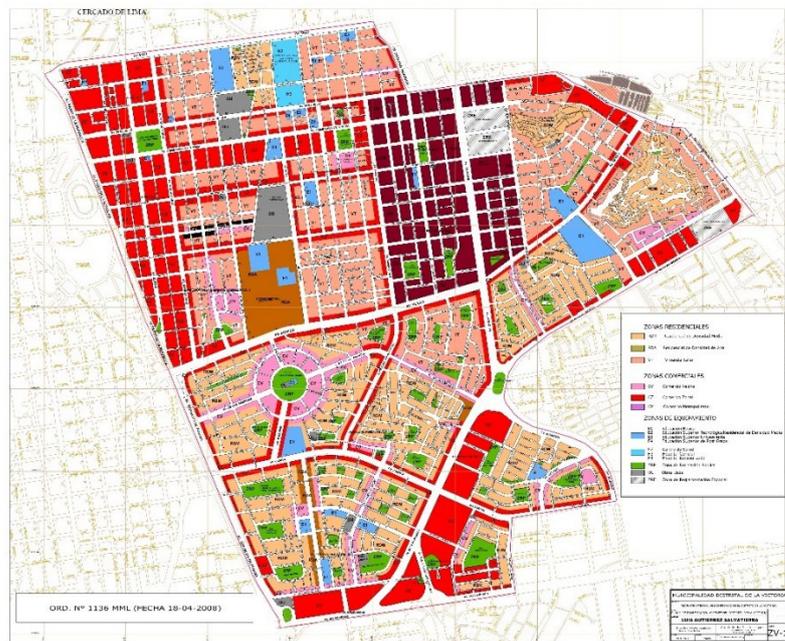
## 3.2 Población y Muestra

### 3.2.1 Población

El Distrito de La Victoria (Figura 20) se encuentra ubicado en el departamento y provincia de Lima (Figura 21), a 133 msnm con una superficie de 8.74 km<sup>2</sup> con una población aproximada de 192 724 habitantes. Limita con los siguientes distritos:

- Norte: Lima.
- Sur: San Isidro.
- Este: El Agustino, San Luis y San Borja.
- Oeste: Lince y Lima.

**Figura 20.** Mapa del distrito de La Victoria.



Fuente: Municipalidad de La Victoria, 2008.

Figura 21. Mapa de Lima.



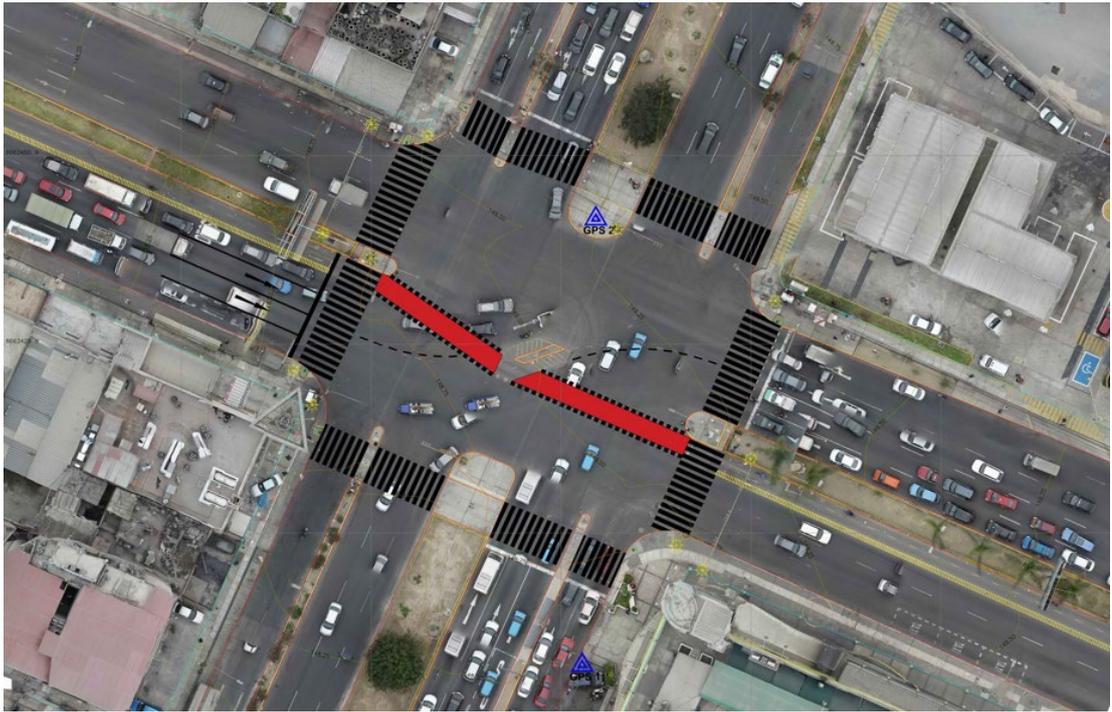
Fuente: Mapa de Lima, 2022.

### 3.2.2 Muestra

La muestra se encuentra conformada por la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolas Arriola, tal y como se grafica en la Figura 22, con un aforo vehicular de 7102 vehículos que transitan por la zona en la hora de mayor demanda.

La avenida Canadá presenta 9 carriles (4 en sentido Oeste - Este y 5 en sentido Este - Oeste), la avenida Nicolás Arriola cuenta con 10 carriles (3 en cada sentido y 2 en la auxiliar de cada sentido) y existe una pequeña isleta en el medio de la intersección (Figura 23).

**Figura 22.** *Intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 23.** *Isleta ubicada en la intersección.*



Fuente: Elaboración propia, 2021.

### 3.3 Definición de Variables

#### 3.3.1 Variable Independiente

##### *Propuesta de Solución Vial (X)*

Solución Vial se refiere a las alternativas de los proyectos de infraestructura y a los elementos aplicables en puntos donde exista tránsito vehicular.

#### 3.3.2 Variable Dependiente

##### *Mejora del Nivel de Servicio (Y)*

Nivel de servicio es definido como una dimensión cualitativa que define los parámetros operacionales del tránsito vehicular.

### 3.4 Operacionalización de las variables

**Tabla 7. Operacionalización de las variables.**

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICES	INSTRUMENTOS	
<b>INDEPENDIENTE (X)</b>	Propuesta de Solución Vial	Transitabilidad	Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado	Volumen de Tránsito	- Contador Manual. - Cronómetro. - Dron. - Software Vissim 9.
			Estudio de Tráfico		
			Niveles de Servicio Actuales		
			Modelamiento Software Vissim 9		
<b>DEPENDIENTE (Y)</b>	Mejora del Nivel de Servicio	Congestión vehicular	Semaforización	Demora por Control	- Excel. - Manuales.
			Tiempo de Recorrido		
			Señalización		

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se utilizarán las siguientes técnicas:

- a. La información teórica fue recolectada de trabajos de investigación y tesis anteriores relacionadas al mismo tema.
- b. Manuales:

**Tabla 8. Manuales.**

MANUAL	AÑO
CAPACIDAD DE CARRETERAS (HCM)	2010
DISEÑO GEOMÉTRICO (DG)	2014 - 2018
DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS	2016

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- c. El vuelo con vehículo aéreo no tripulado se realizó para una mejor visión de la intersección y sus componentes y para una mejor medición de las vías de estudio.
- d. Los aforos vehiculares se realizaron en las 4 direcciones de la intersección y en base al formato de Estudio de Tráfico (MTC 2011).
- e. Los datos del estudio de tráfico se obtuvieron con la ayuda de un contador manual que facilitó el conteo de los vehículos que circulan por la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.
- f. El modelamiento del tráfico en la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola se realizó con el software Vissim 9.

### 3.6 Técnicas e Instrumentos para el Procesamiento de Información

#### a) Formato de Conteo y Clasificación Vehicular.

Para obtener los datos de campo se utiliza como guía el modelo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del año 2011 que brinda el Formato de Conteo y Clasificación Vehicular como lo muestra la Tabla 9.

**Tabla 9.** Formato de Conteo y Clasificación Vehicular.

PERÚ		Ministerio de Transportes y Comunicaciones		FORMATO N°13																	
FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR																					
FRANCO DE LA CARRETERA				ESTACION																	
SENIDO		E ←		S →		CODIGO DE LA ESTACION															
UBICACION				DIR. Y FECHA																	
HORA	SERVIDO	AUG.	STACION WAGON	CATEGORIAS			MOTOCICLO	BUS		CAMION			SIN TRAFICAR				TRAFICAR				
				TICKET	PANEL	TRAFICAR		2 E.	3 E.	2 E.	3 E.	4 E.	25' / 25'	25'	35' / 35'	45' / 35'	212	213	312	413	
DIR.	VEH.																				
00	E																				
A																					
01	S																				
01	E																				
A																					
02	S																				

Fuente: MTC.

**b) Formato de Estudio de Tráfico.**

Se realizará un Estudio de Tráfico bajo el modelo del MTC (2011). El conteo de vehículos se dividirá en 15 minutos durante aproximadamente 13 horas del día con el Formato de Conteo y Clasificación Vehicular (Tabla 10 y 11).

**Tabla 10. Formato 1 de Estudio Tráfico.**

HORAS DE CONTROL	Ubicación:					Fecha:	
	AUTOS 	CAMIONETA 	COMBI 	MICRO 	VEHICULO PESADO 	motos	TOTAL
Inicio - Fin							
07:00 - 07:15							
07:15 - 07:30							
07:30 - 07:45							
07:45 - 08:00							
08:00 - 08:15							
08:15 - 08:30							
08:30 - 08:45							
08:45 - 09:00							
09:00 - 09:15							
09:15 - 09:30							
09:30 - 09:45							
09:45 - 10:00							
10:00 - 10:15							
10:15 - 10:30							
10:30 - 10:45							
10:45 - 11:00							
11:00 - 11:15							
11:15 - 11:30							
11:30 - 11:45							
11:45 - 12:00							
12:00 - 12:15							
12:15 - 12:30							
12:30 - 12:45							
12:45 - 13:00							
13:00 - 13:15							
13:15 - 13:30							
13:30 - 13:45							
13:45 - 14:00							
14:00 - 14:15							
14:15 - 14:30							
14:30 - 14:45							
14:45 - 15:00							
15:00 - 15:15							
15:15 - 15:30							
15:30 - 15:45							
15:45 - 16:00							
16:00 - 16:15							
16:15 - 16:30							
16:30 - 16:45							
16:45 - 17:00							
17:00 - 17:15							
17:15 - 17:30							
17:30 - 17:45							
17:45 - 18:00							
18:00 - 18:15							
18:15 - 18:30							
18:30 - 18:45							
18:45 - 19:00							
19:00 - 19:15							
19:15 - 19:30							
19:30 - 19:45							
19:45 - 20:00							

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Tabla 11. Formato 2 de Estudio Tráfico.**

Ubicación :			fecha:					
AUTOS 			CAMIONETA 			motos		
↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸
VEHICULO PESADO 			COMBI 			MICRO 		
↶	↷	↸	↶	↷	↸	↶	↷	↸

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### **3.7 Procedimiento**

Para formular las propuestas de mejora del nivel de servicio, como primer paso se realizará el conteo vehicular en campo, el vuelo con vehículo aéreo no tripulado en la intersección, se identificará la señalización, velocidades y los tiempos de los semáforos.

La recolección de los datos de campo se realiza a través de un estudio de tráfico en el cual se contabilizan los vehículos que circulan por la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola, luego se divide el conteo entre el tipo de vehículo y las maniobras que realiza en la intersección (ya sea vuelta en “u” o giro a la derecha o izquierda).

Estos datos son pasados a Excel para poder utilizar las fórmulas que nos brindan los distintos manuales y realizar los cálculos para conocer el nivel de servicio actual de la intersección.

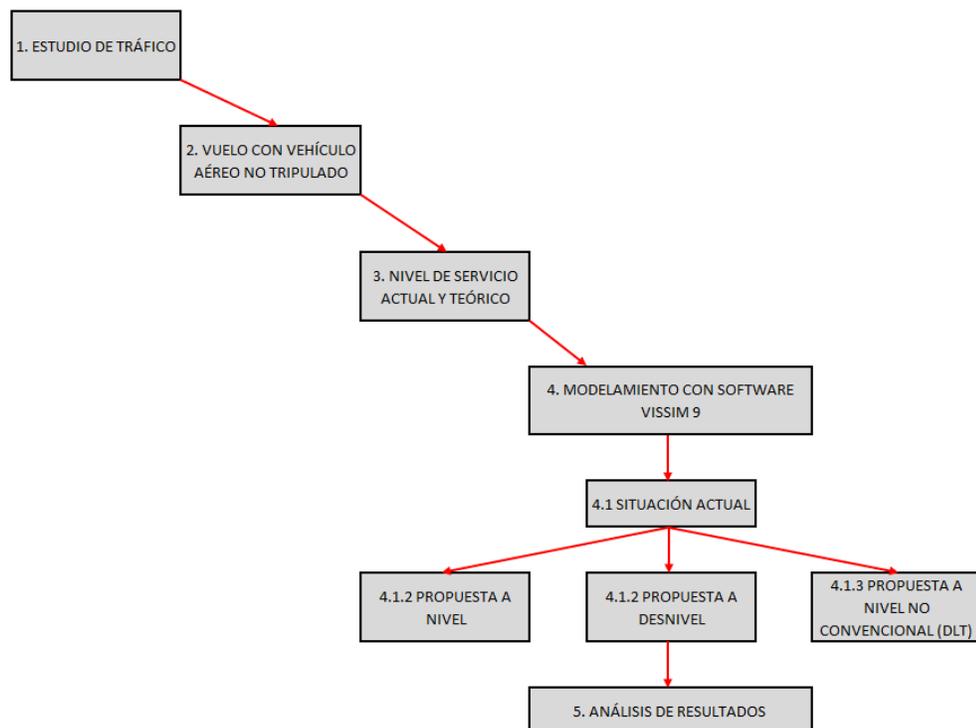
Posteriormente, con los datos del estudio de tráfico y las medidas de las calzadas, se realiza el modelamiento de la situación actual de la intersección a través del software Vissim 9. Del mismo modo, se elabora el modelamiento de las tres propuestas que son dos a nivel (convencional y no convencional) y la otra a desnivel.

Finalmente, con los resultados obtenidos con el modelamiento en el software Vissim 9 se realiza la comparación de alternativas y se verifica cual es la propuesta más óptima.

## CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló en 4 pasos, como se grafica en la Figura 24, con el fin de obtener los resultados y la propuesta más óptima con respecto a la reducción de demoras en la intersección lo que significaría una mejora del nivel de servicio de la intersección.

**Figura 24.** *Pasos para el Desarrollo de la Investigación.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### 4.1 Puntos para el aforo vehicular

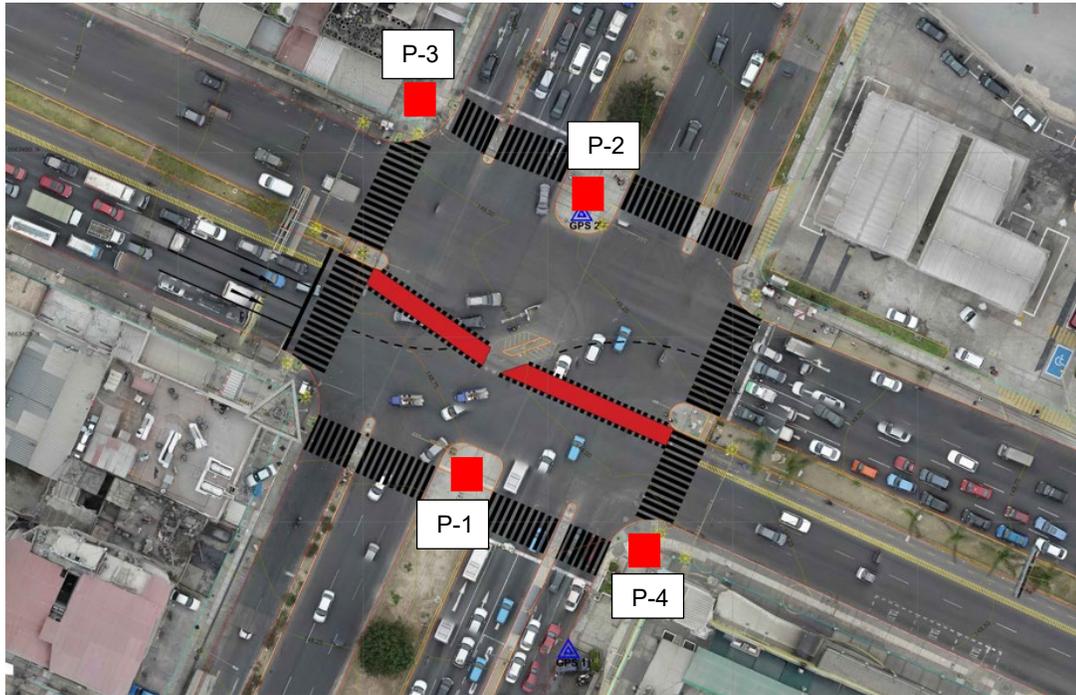
Para la realización del aforo vehicular desarrollado por las autoras de la presente tesis (Figura 25), se establecieron 4 puntos de control que permitan una mejor recolección de datos (Figura 26).

**Figura 25.** *Realización del Estudio de Tráfico.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 26. Cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

- P – 1: En este punto se realizará el conteo de todos los vehículos que circulen por la avenida Canadá con dirección a las avenidas Del Aire y Nicolás Arriola (O-E).
- P – 2: En este punto se realizará el conteo de todos los vehículos que circulen por la avenida Canadá con dirección a las avenidas Paseo de la República y Nicolás Arriola (E-O).
- P – 3: En este punto se realizará el conteo de todos los vehículos que circulen por la avenida Nicolás Arriola con dirección a las avenidas Javier Prado Este y Canadá (N-S).
- P – 4: En este punto se realizará el conteo de todos los vehículos que circulen por la avenida Nicolás Arriola con dirección a las avenidas Aviación y Canadá (S-N).

## 4.2 Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado

Se realizó el vuelo con vehículo aéreo no tripulado o dron con el fin de obtener imágenes reales de la intersección que permitan identificar el número actual de carriles y las maniobras realizadas actualmente en la intersección.

## 4.3 Estudio de Tráfico

Durante la realización del Estudio de Tráfico se contabilizaron los vehículos que transitan por la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola. Se realizó en intervalos de 15 minutos durante 13 horas al día y tuvo una duración de 7 días. Además, permitió identificar la cantidad de maniobras realizadas en la intersección por hora como se muestra en la (Figura 27).

**Figura 27.** Maniobras en la Intersección.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

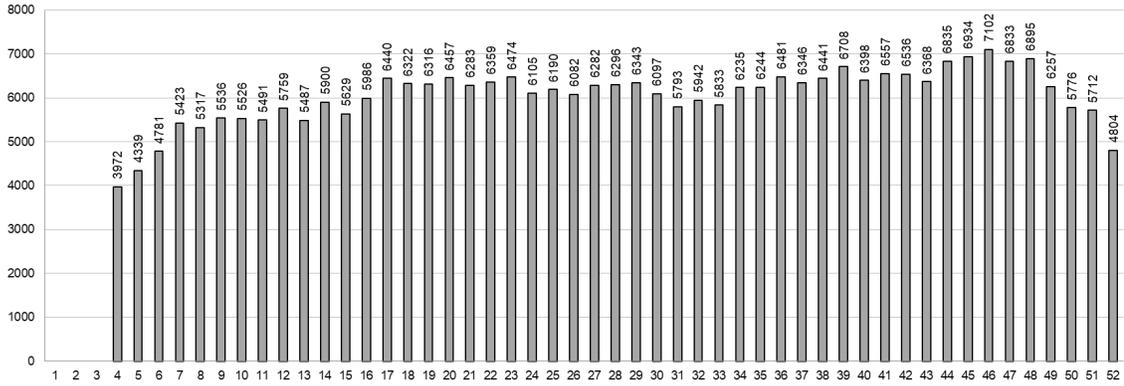
En la Tabla 12 se muestra la hora pico de la intersección, que fue establecida entre las 05:30 y 06:30 de la tarde y en la Figura 28 se observa la variación de los volúmenes del flujo vehicular de las 13 horas de estudio.

**Tabla 12. Identificación de la Hora Pico.**

HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 15 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S-N	N-S		
07:00 - 07:15	220	320	150	154	844	
07:15 - 07:30	303	209	186	220	918	
07:30 - 07:45	260	320	140	200	920	
07:45 - 08:00	407	323	276	284	1290	3972
08:00 - 08:15	329	450	198	234	1211	4339
08:15 - 08:30	435	252	304	370	1360	4781
08:30 - 08:45	450	572	245	295	1562	5423
08:45 - 09:00	373	222	271	319	1184	5317
09:00 - 09:15	520	420	245	245	1430	5536
09:15 - 09:30	285	333	371	361	1350	5526
09:30 - 09:45	450	502	289	286	1527	5491
09:45 - 10:00	442	345	317	349	1453	5759
10:00 - 10:15	352	305	245	256	1158	5487
10:15 - 10:30	505	533	393	332	1763	5900
10:30 - 10:45	240	450	298	268	1256	5629
10:45 - 11:00	651	441	398	320	1810	5986
11:00 - 11:15	440	509	409	254	1612	6440
11:15 - 11:30	525	434	310	376	1644	6322
11:30 - 11:45	400	340	245	265	1250	6316
11:45 - 12:00	532	609	463	347	1951	6457
12:00 - 12:15	500	345	345	248	1438	6283
12:15 - 12:30	488	511	438	283	1720	6359
12:30 - 12:45	460	450	240	215	1365	6474
12:45 - 13:00	429	351	379	424	1582	6105
13:00 - 13:15	520	322	325	356	1523	6190
13:15 - 13:30	533	501	311	267	1612	6082
13:30 - 13:45	673	415	251	226	1565	6282
13:45 - 14:00	459	507	305	326	1597	6296
14:00 - 14:15	450	465	345	310	1570	6343
14:15 - 14:30	442	399	231	294	1366	6097
14:30 - 14:45	351	415	245	250	1261	5793
14:45 - 15:00	585	575	274	312	1745	5942
15:00 - 15:15	529	465	235	232	1461	5833
15:15 - 15:30	449	645	311	363	1768	6235
15:30 - 15:45	350	401	230	289	1270	6244
15:45 - 16:00	585	701	361	335	1982	6481
16:00 - 16:15	450	359	252	265	1326	6346
16:15 - 16:30	640	536	360	328	1863	6441
16:30 - 16:45	590	442	265	240	1537	6708
16:45 - 17:00	506	416	351	399	1672	6398
17:00 - 17:15	560	346	254	325	1485	6557
17:15 - 17:30	527	641	390	284	1842	6536
17:30 - 17:45	450	406	287	226	1369	6368
17:45 - 18:00	695	656	409	379	2139	6835
18:00 - 18:15	595	405	259	325	1584	6934
18:15 - 18:30	646	699	435	230	2010	7102
18:30 - 18:45	498	102	264	236	1100	6833
18:45 - 19:00	611	890	410	291	2202	6895
19:00 - 19:15	345	85	270	246	946	6257
19:15 - 19:30	572	427	324	206	1529	5776
19:30 - 19:45	420	220	198	198	1036	5712
19:45 - 20:00	449	354	243	248	1294	4804

Fuente: Elaboración propia, 2022.

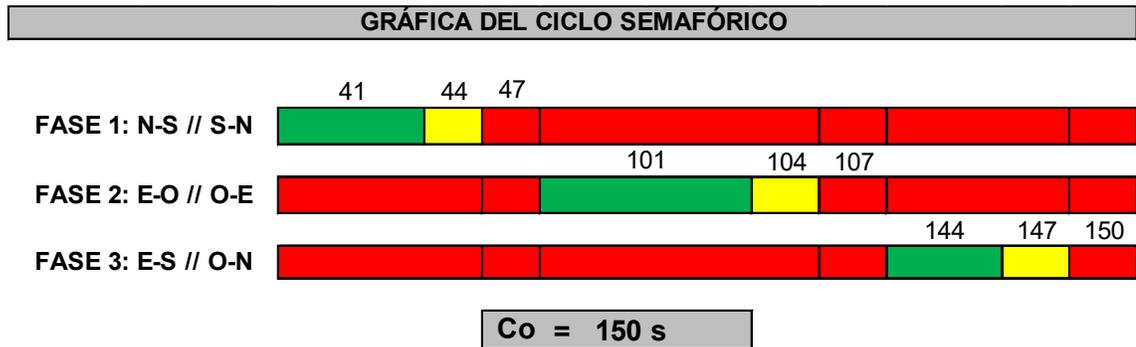
**Figura 28. Variación de volúmenes.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La Figura 29 muestra que la duración del ciclo del semáforo de la intersección es de 150 segundos y presenta intervalos de todo rojo de 3 segundos.

**Figura 29. Gráfica del ciclo semafórico.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La Tabla 13 muestra el cálculo del Vp durante los 15 minutos más cargados de la avenida Canadá dirección Oeste – Este.

**Tabla 13. Vp (O-E).**

OESTE - ESTE					
AV. CANADÁ					
Movimiento	VHMD	FHMD	Fhv	Vp carril	Vp total
 Derecha	801	0.94	1	856.53	2551
 De frente	1154	0.94	1	1234.01	
 Vuelta en U	10	0.94	1	10.69	
 Izquierda	421	0.94	1	450.19	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La Tabla 14 muestra el cálculo del Vp durante los 15 minutos más cargados de la avenida Canadá dirección Este – Oeste.

**Tabla 14. Vp (E-O).**

ESTE - OESTE					
AV. CANADÁ					
Movimiento	VHMD	FHMD	Fhv	Vp carril	Vp total
 Derecha	726	0.97	1	750.65	2240
 De frente	1130	0.97	1	1168.37	
 Vuelta en U	10	0.97	1	10.34	
 Izquierda	300	0.97	1	310.19	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La Tabla 15 muestra el cálculo del Vp durante los 15 minutos más cargados de la avenida Nicolas Arriola dirección Sur – Norte.

**Tabla 15. Vp (S-N).**

SUR - NORTE					
AV. NICOLÁS ARRIOLA					
Movimiento	VHMD	FHMD	Fhv	Vp carril	Vp total
 Derecha	224	0.97	1	230.32	1429
 De frente	750	0.97	1	771.14	
 Izquierda	416	0.97	1	427.73	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

La Tabla 16 muestra el cálculo del Vp durante los 15 minutos más cargados de la avenida Nicolas Arriola dirección Norte – Sur.

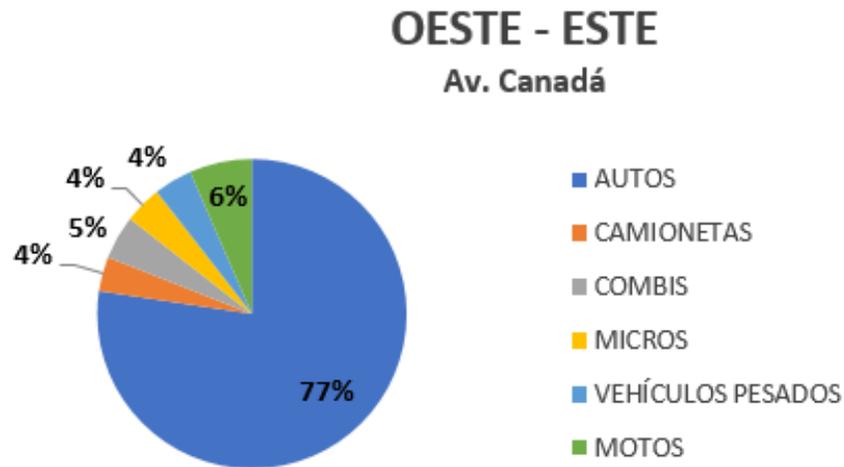
**Tabla 16. Vp (N-S).**

NORTE - SUR					
AV. NICOLÁS ARRIOLA					
Movimiento	VHMD	FHMD	Fhv	Vp carril	Vp total
 Derecha	360	0.70	1	513.70	1655
 De frente	720	0.70	1	1027.40	
 Izquierda	80	0.70	1	114.16	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Determinación del porcentaje de vehículos que circulan durante la hora de mayor demanda de la avenida Canadá dirección Oeste – Este. (Figura 30).

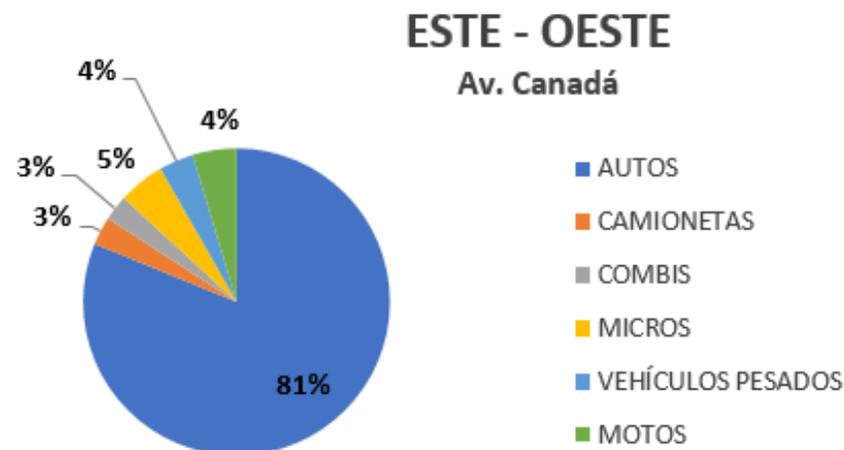
**Figura 30.** Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección O-E.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Determinación del porcentaje de vehículos que circulan durante la hora de mayor demanda de la avenida Canadá dirección Este – Oeste. (Figura 31).

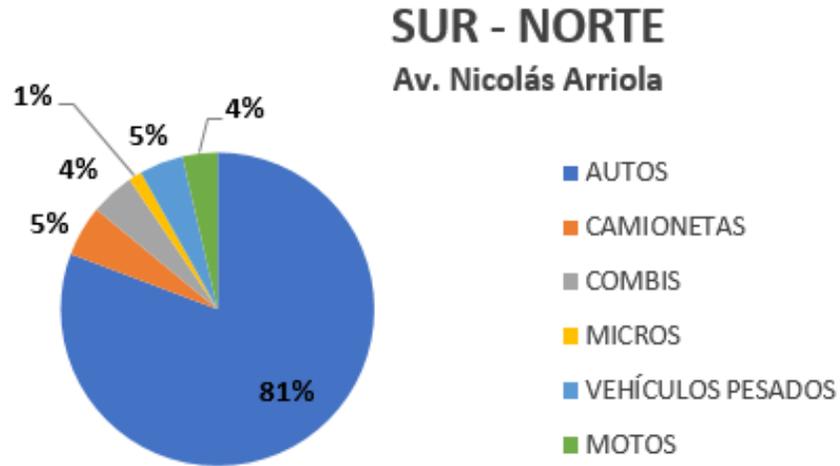
**Figura 31.** Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección E-O.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Determinación del porcentaje de vehículos que circulan durante la hora de mayor demanda de la avenida Nicolas Arriola dirección Sur– Norte. (Figura 32).

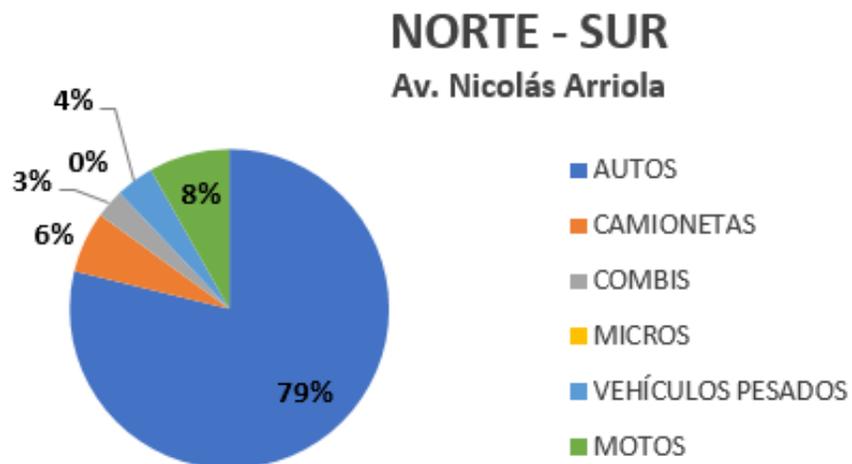
**Figura 32.** *Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección S-N.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Determinación del porcentaje de vehículos que circulan durante la hora de mayor demanda de la avenida Nicolas Arriola dirección Norte – Sur. (Figura 33).

**Figura 33.** *Porcentaje según tipo de vehículos en la dirección N-S.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

## **4.4 Calibración y Validación**

### **4.4.1 Calibración del Modelo**

Definidos los parámetros que forman parte del modelo base de cada intersección, se realizaron 11 corridas por modelo para un nivel de confianza del 95% como lo indica el protocolo de Vissim para la obtención de los indicadores de comparación con la situación observada. La calibración del modelo se realizó a partir de las longitudes de cola y tiempos de viaje en el movimiento W-N.

### **4.4.2 Validación del Modelo**

Para validar los resultados se empleó el estadístico GEH en base a los volúmenes y un segundo parámetro, también a partir de las diferencias para tres rangos de cantidad de volúmenes vehiculares. De acuerdo al contexto del modelo de simulación del presente proyecto (información agregada de volúmenes en los accesos, giros izquierdos no permitidos, disponibilidad de licencia y tiempos de desarrollo), se establecen los siguientes parámetros para la validación del modelo Base:

1. Parámetro 1 (P1). Indicador GEH por movimiento  $< 10$  en el 80% de los volúmenes direccionales por categoría vehicular.
2. Parámetro 2 (P2). Diferencia de volúmenes aforados respecto de los modelados:
  - a. Volúmenes observados menores a 700 vehículos/hora: diferencia menor a 100 vehículos/hora.
  - b. Si el volumen vehicular se encuentra entre 700 y 2700 vehículos/hora: diferencia porcentual menor a 15%.

- c. Si el volumen vehicular es mayor a 2700 vehículos/hora: el volumen no debe ser superior a 400 vehículos/hora.

Posterior a este proceso se podrá realizar el análisis, las modificaciones y propuestas de solución propias de la tesis planteada.

## 4.5 Modelamiento

Para realizar el modelamiento se necesita que los volúmenes de tránsito y los porcentajes según el tipo de vehículos sean codificados de acuerdo con la norma Rilsa (Tabla 17).

**Tabla 17. Tratamiento de volúmenes de tránsito.**

ACCESO	MOV.(RILSA)	VOL	AUTOS	CAMIONETAS	COMBI	MICROS	PESADOS	MOTOS
W	93	421	14%	0.99%	1%	0%	0%	1%
	3	1154	37%	3.00%	3%	4%	4%	4%
	103	10	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	7	801	26%	0%	1%	0%	0%	2%
E	94	300	11%	1%	1%	0%	0%	1%
	4	1130	42%	1%	1%	5%	4%	3%
	104	10	1%	0%	0%	0%	0%	0%
	8	726	27%	1%	1%	0%	0%	1%
S	92	416	24%	1%	1%	0%	0%	1%
	2	750	44%	3%	3%	1%	5%	2%
	6	224	13%	1%	1%	0%	0%	1%
N	91	360	25%	2%	1%	0%	1%	3%
	5	80	5%	0%	0%	0%	1%	1%
	1	720	49%	4%	2%	0%	2%	5%
S1(C.auxiliar)	92	120	25%	12%	0%	0%	1%	3%
	2	28	2%	1%	0%	0%	0%	1%
S2(C.auxiliar)	91	110	22%	10%	0%	0%	0%	1%
	1	16	1%	1%	1%	0%	1%	1%

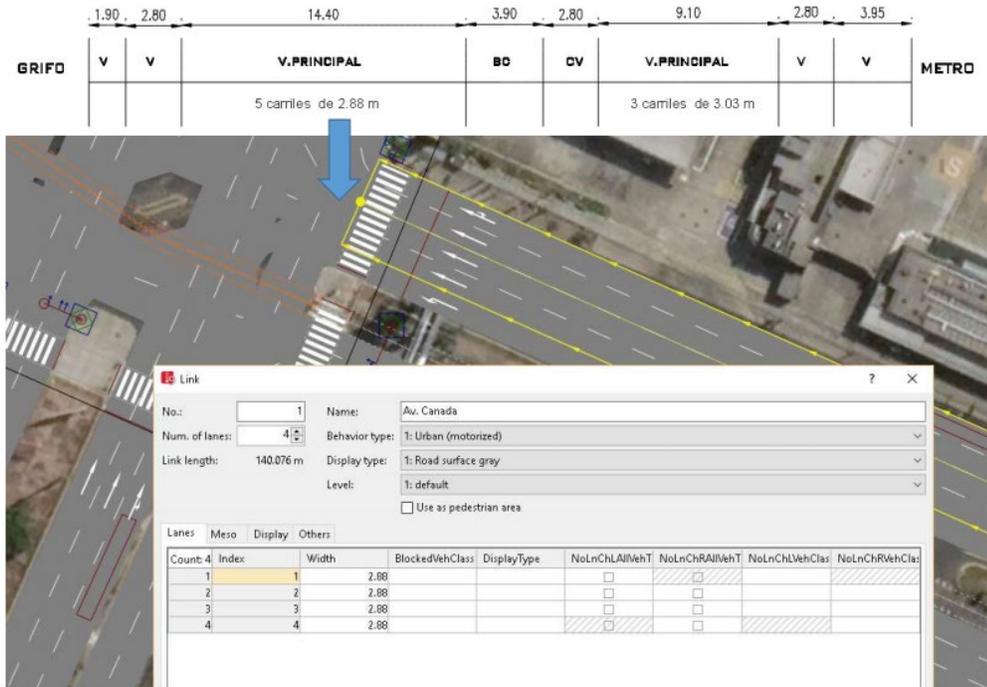
Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 4.5.1 Diseño y Construcción de la Red Vial

El diseño de la red que se modela se relaciona con el diseño geométrico del proyecto. Los elementos de la infraestructura son dimensionados guardando la

escala y geometría actual. Para ello se ingresan el número de carriles y el ancho de estos. (Figura 34).

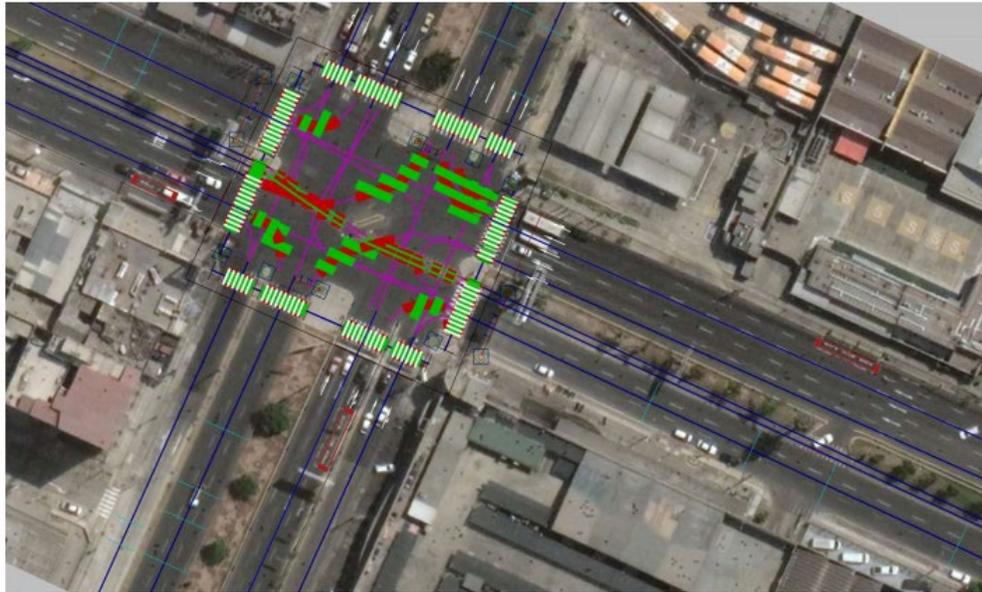
**Figura 34. Diseño Geométrico del Proyecto.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los tramos de la vía se completan con puntos de parada y prioridades en los carriles (Figura 35).

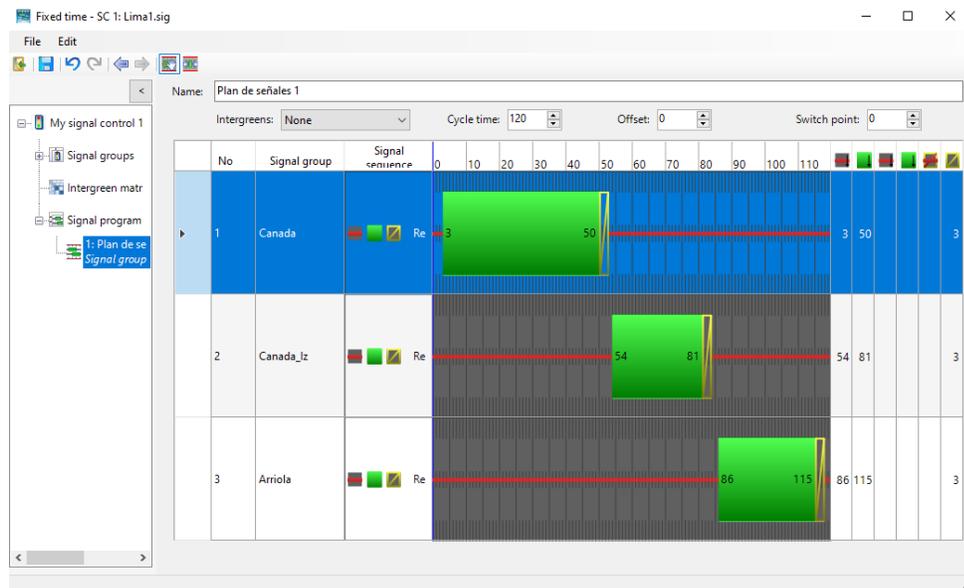
**Figura 35. Puntos de parada de los vehículos.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Fueron incluidas las 3 fases semafóricas vehiculares, las fases peatonales y la fase de ciclistas con un semáforo de tiempo fijo. El tiempo de duración del ciclo es de 150 segundos (Figura 36).

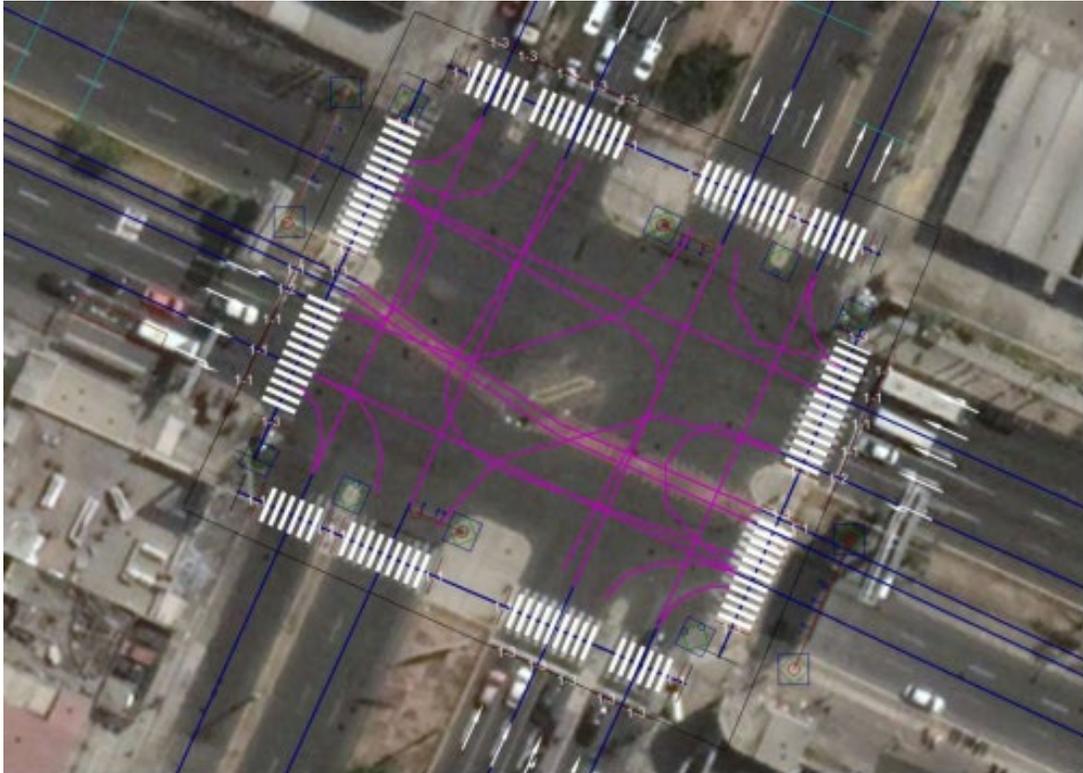
**Figura 36. Fases del ciclo semafórico.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En la Figura 37 se muestran los trazos de los movimientos realizados en la intersección.

**Figura 37.** *Movimientos realizados en la intersección.*

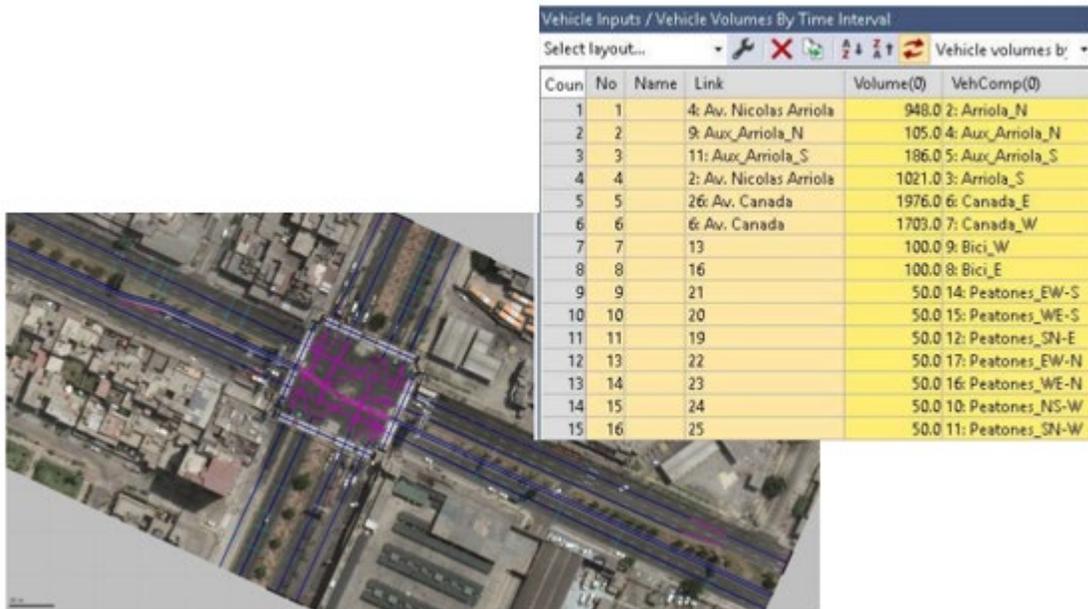


Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### **4.5.2 Configuración de Demanda y Comportamiento de Conducción**

Se emplearon los volúmenes de la hora de máxima demanda y las composiciones determinadas de los aforos recolectados en campo (Figura 38).

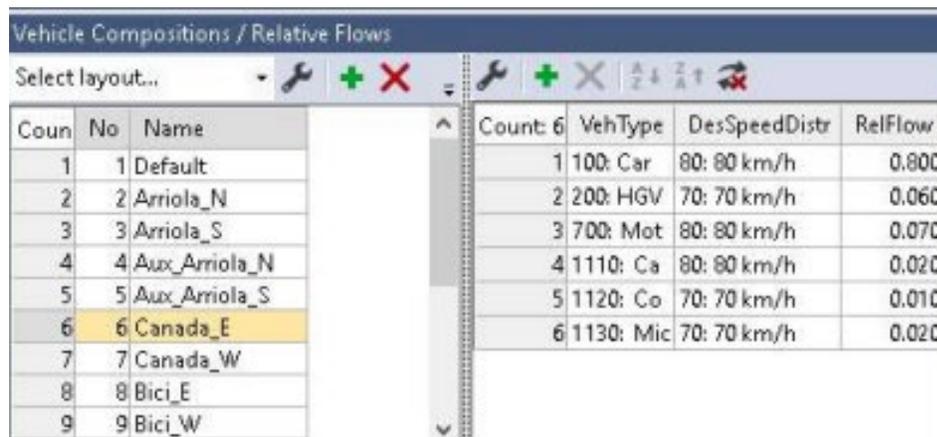
**Figura 38. Volúmenes horarios de máxima demanda.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Al no tener un estudio de velocidades a flujo libre, las velocidades “deseadas” son las configuradas por tipo de vehículo (Figura 39). Según el modelo de Vissim, esta velocidad es a la que se desplazarían los vehículos por la vía sin encontrar otros vehículos que lo obstaculicen.

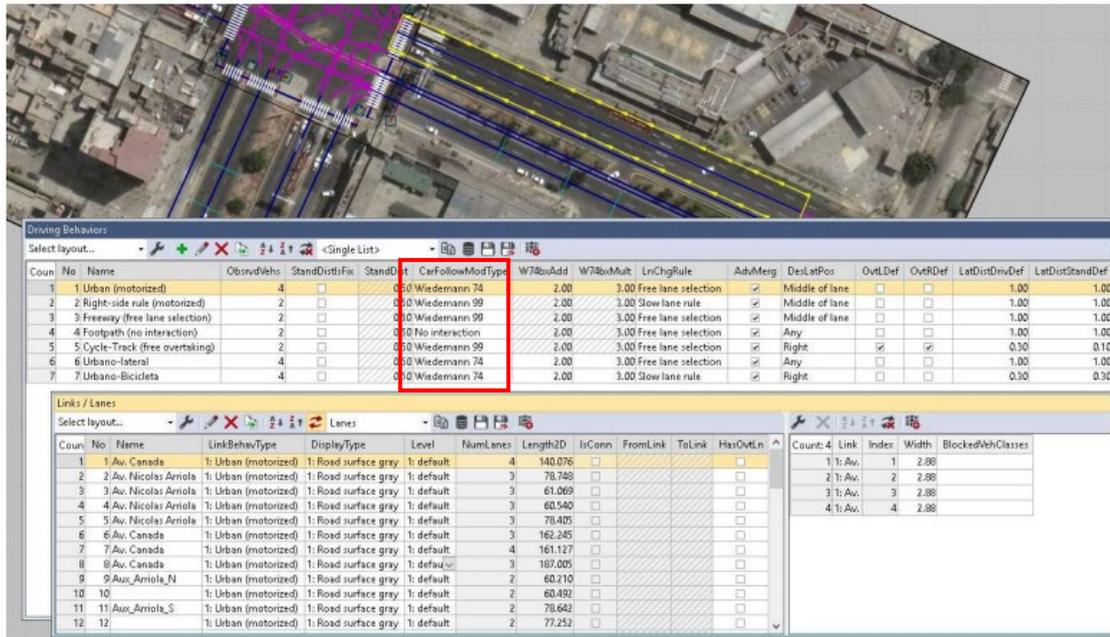
**Figura 39. Composición por tipo de vehículo.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El modelo Wiedeman como lo muestra la Figura 40, incorpora el comportamiento de los vehículos.

**Figura 40. Modelo Wiedeman.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 4.5.3 Período de Simulación

El período de simulación obedece a la hora de máxima demanda:

- 19 de abril de 2022 entre las 05:30 y 06:30 p.m.

El modelo tiene una precarga de 30 minutos, es decir que se empieza a saturar la red desde las 05:00 p.m. para reflejar las condiciones críticas.

La Figura 41 muestra el cuadro de diálogo del software Vissim 9 en el que se ingresa el día con la hora de máxima demanda.

**Figura 41. Parámetros de simulación.**

Simulation parameters

General Meso

Comment:

Period: 5400 Simulation seconds

Start time: 17:30:00 [hh:mm:ss]

Start date: 19.04.2022 [DD.MM.YYYY]

Simulation resolution: 10 Time step(s) / Sim. sec.

Random Seed: 40

Number of runs: 11

Random seed increment: 1

Dynamic assignment volume increment: 0.00 %

Simulation speed:  10.0 Sim. sec. / s  
 Maximum  
 Retrospective synchronization

Break at: 0 Simulation seconds

Number of cores: use all cores

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 4.6 Desarrollo de las Propuestas

### 4.6.1 Propuesta 1

Consiste en mejorar las operaciones de la infraestructura actual mediante una serie de cambios relacionados a la señalización, distribución de carriles y ordenamiento vial.

Primero, se ajustaron los anchos de carril del acceso oriental de la avenida Canadá a 3.5 metros cada uno con el fin de que exista una mejor seguridad vial dado que por las vías transitan frecuentemente vehículos de gran tamaño (Figura 42).

**Figura 42. Ajustes de ancho de carril.**

Link

No.: 1 Name: Av. Canada

Num. of lanes: 3 Behavior type: 1: Urban (motorized)

Link length: 140.738 m Display type: 1: Road surface gray

Level: 1: default

Use as pedestrian area

Lanes	Meso	Display	Others
Count: 3	Index	Width	BlockedVel DisplayTyp NoLnChLA NoLnChRA NoLnChLW NoLnChRV
1	1	3.50	<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	2	3.50	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	3	3.50	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Has overtaking lane

OK Cancel

Fuente: Elaboración propia, 2022.

El cambio en el ancho de los carriles se prevé desde un mínimo de 200 metros aguas arriba de la intersección (Figura 43).

**Figura 43. Distancia del cambio en el ancho de carriles.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Luego, en la Avenida Nicolás Arriola dirección Sur-Norte, se realizó el cambio en el uso de las calzadas auxiliares siendo únicamente para giros derechos y algunos directos (Figura 44).

**Figura 44.** *Vía auxiliar de la Avenida Nicolás Arriola.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

A la par del cambio en el uso de las vías auxiliares, se debe de implementar la señalización vertical y horizontal de modo que se regule el acceso desde las calzadas principales por lo menos 500 metros aguas abajo de la intersección (Figura 45).

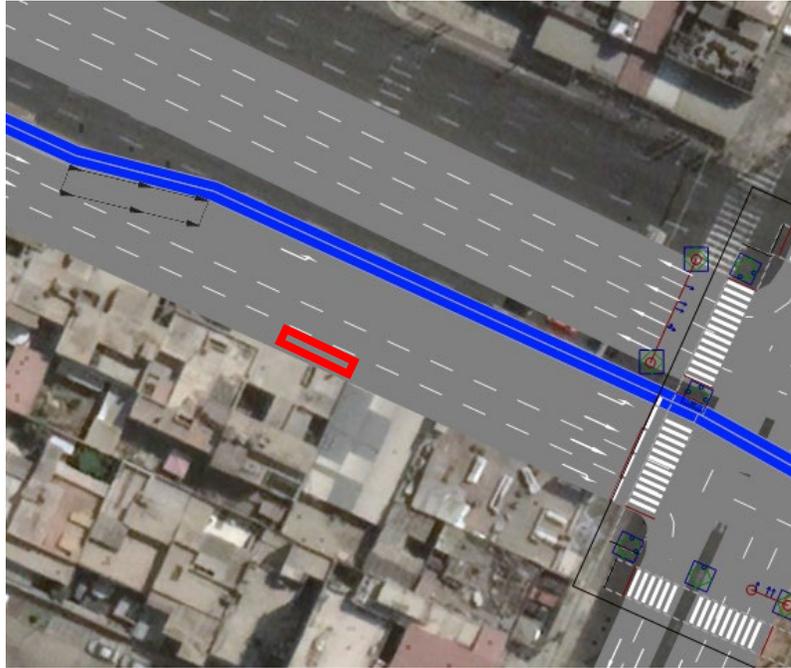
**Figura 45. Señalización de ingreso a las vías auxiliares.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Seguidamente, se realizó la reubicación de los paraderos de transporte público en la Avenida Canadá dirección Oeste-Este (Figura 46) y en la Avenida Nicolás Arriola dirección Sur-Norte (Figura 47), este último afecta una zona de estacionamiento existente.

**Figura 46.** *Reubicación del paradero en Av. Canadá.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

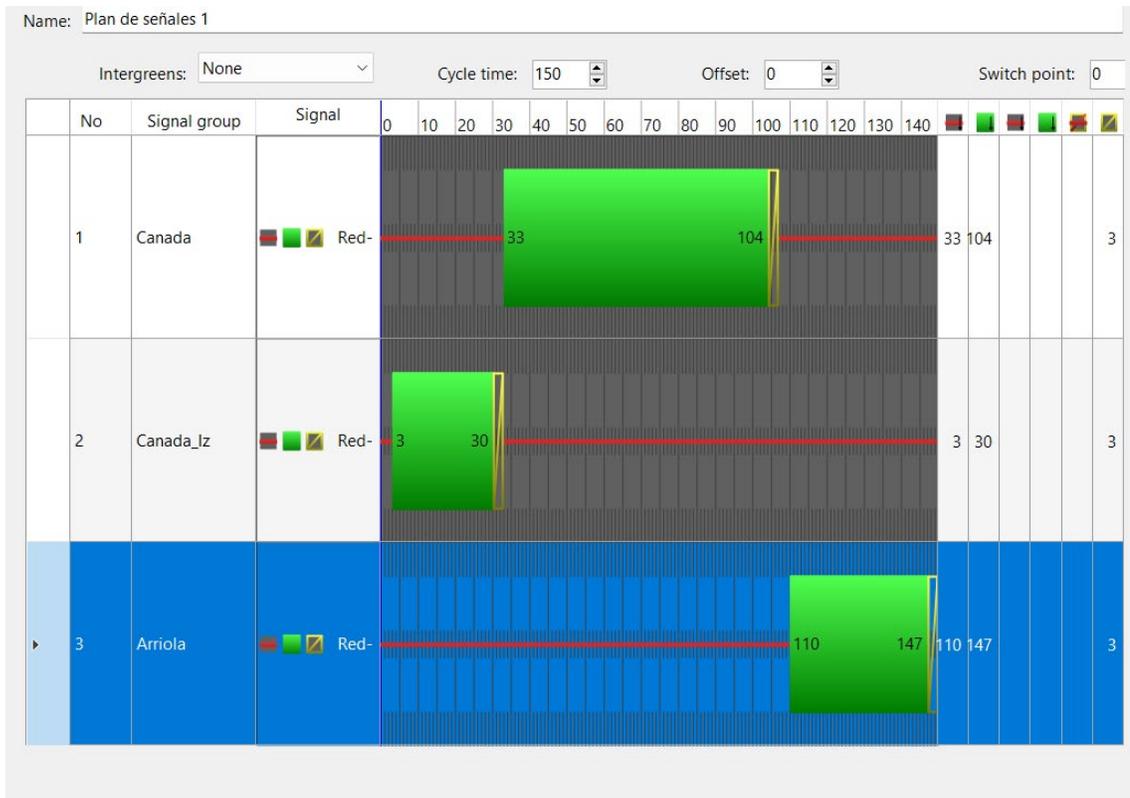
**Figura 47.** *Reubicación del paradero en Av. Nicolás Arriola.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

La propuesta también implica una modificación en el orden de las fases semafóricas actuales manteniendo su duración en 150 segundos (Figura 48). Este cambio tendría como inicio en la fase 2 (dirección E-O y O-E), luego la fase 3 (dirección E-S y O-N) y finalmente la fase 1 (dirección N-S y S-N).

**Figura 48.** Cambio en el orden de las fases semafóricas.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Finalmente, se aumentan 4 semáforos peatonales en la Avenida Canadá (Figura 49) además de la implementación de 4 bolardos (Figura 50) en la intersección, 2 a cada cara lateral de la Avenida Canadá (donde anteriormente se ubicaba la isleta) (Figura 51).

**Figura 49. Semáforos peatonales.**



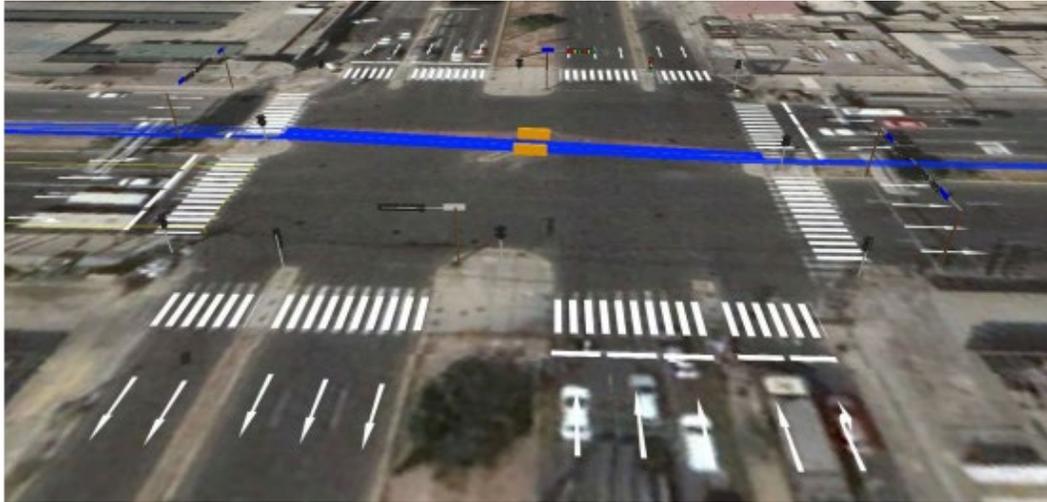
Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 50. Bolardos.**



Fuente: Traxpark, 2018.

**Figura 51.** *Bolardos en la intersección.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

#### **4.6.2 Propuesta 2**

Consiste en implementar un paso a desnivel elevado en la Avenida Nicolás Arriola y algunos cambios al modelo base (Figura 52).

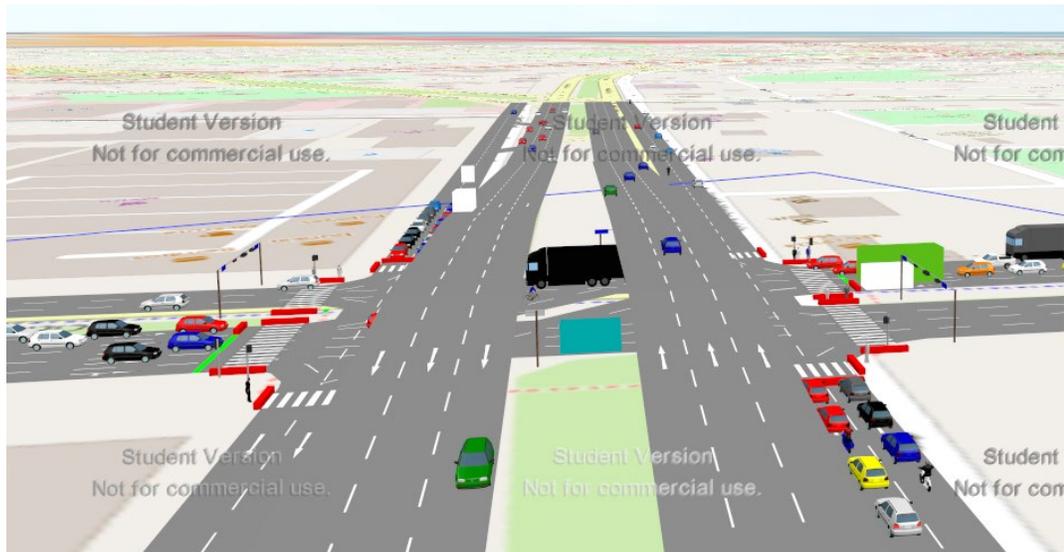
**Figura 52.** *Paso a desnivel elevado.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El paso a desnivel elevado en la Avenida Nicolás Arriola cubrirá 3 carriles de la vía principal en ambas direcciones (Figura 53).

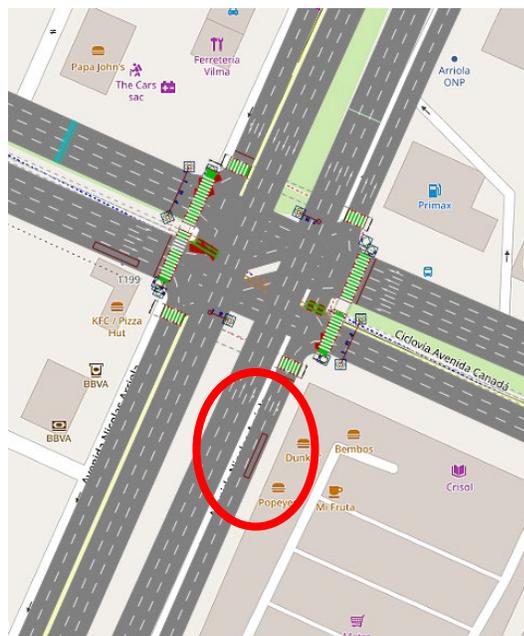
**Figura 53. Avenida Nicolás Ariola.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

También se realizará el cambio de ubicación del paradero de buses de la Avenida Nicolás Arriola dirección Sur-Norte. Este cambio implica que el paradero que antes se encontraba en la vía principal pasará a la vía auxiliar (Figura 54).

**Figura 54. Cambio de ubicación del paradero.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Uno de los cambios al modelo base es que el giro que se realiza de Este-Norte y de Este-Sur se realizará por vías aledañas (Figura 55).

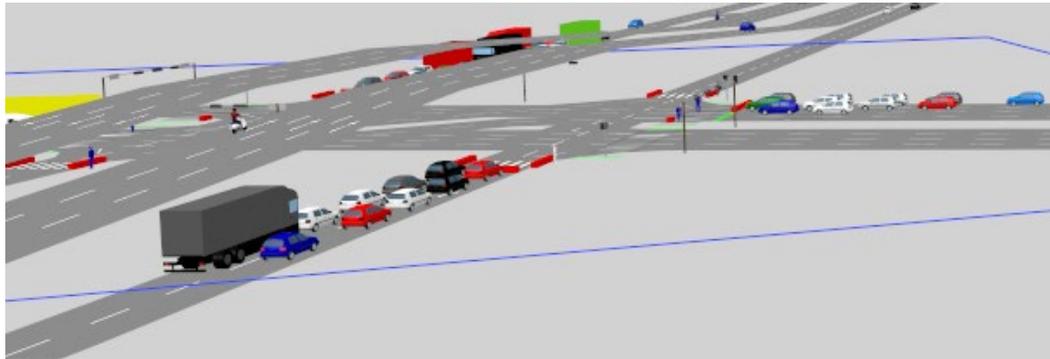
**Figura 55.** Cambio de ubicación del giro.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En cuanto al carril derecho de la Avenida Nicolás Arriola, el carril de cada calzada se mantiene a nivel (Figura 56).

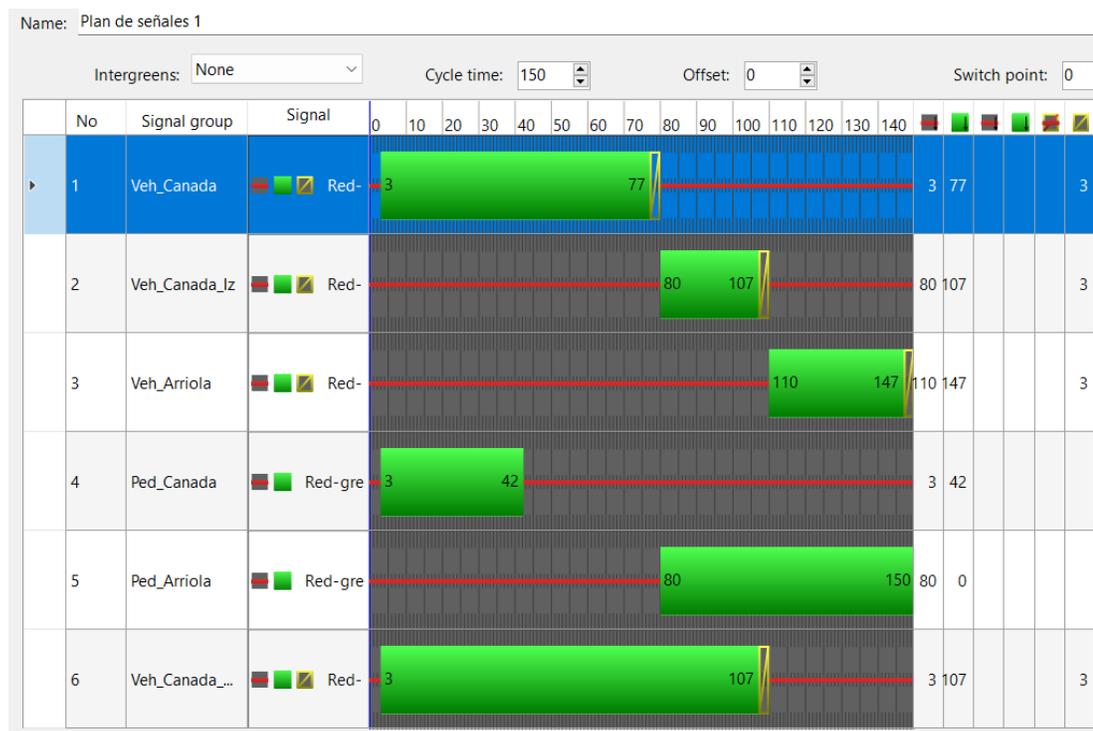
**Figura 56. Carril derecho de la Avenida Nicolás Arriola.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Finalmente, en el ciclo semafórico se agregan fases semafóricas, pero se mantiene el mismo ciclo semafórico del modelo base. (Figura 57).

**Figura 57. Ciclo semafórico del modelo base.**

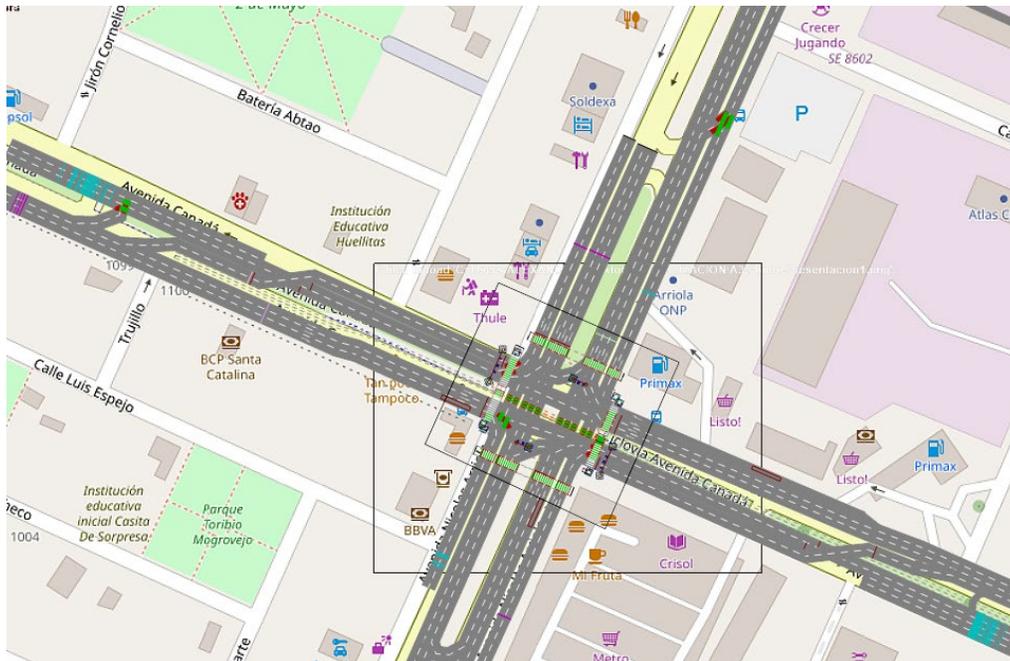


Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 4.6.3 Propuesta 3

Esta propuesta es a nivel, pero de un modelo no convencional. Este tipo de intersección se llama Giro a la Izquierda Desplazado, conocido por sus siglas en inglés como DLT (Displaced Left Turn). (Figura 58).

**Figura 58.** Intersección DLT.

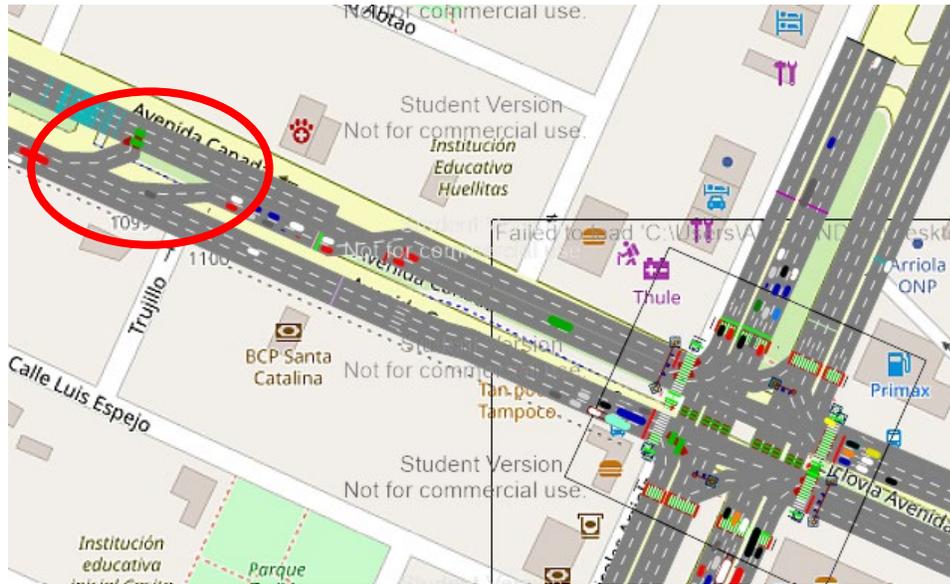


Fuente: Elaboración propia, 2022.

Con respecto al modelo base se realizaron los siguientes cambios:

El giro de la Avenida Canadá de Oeste-Norte se realiza a 200 metros de la intersección (Figura 59) y a 205 m se realiza el giro en U.

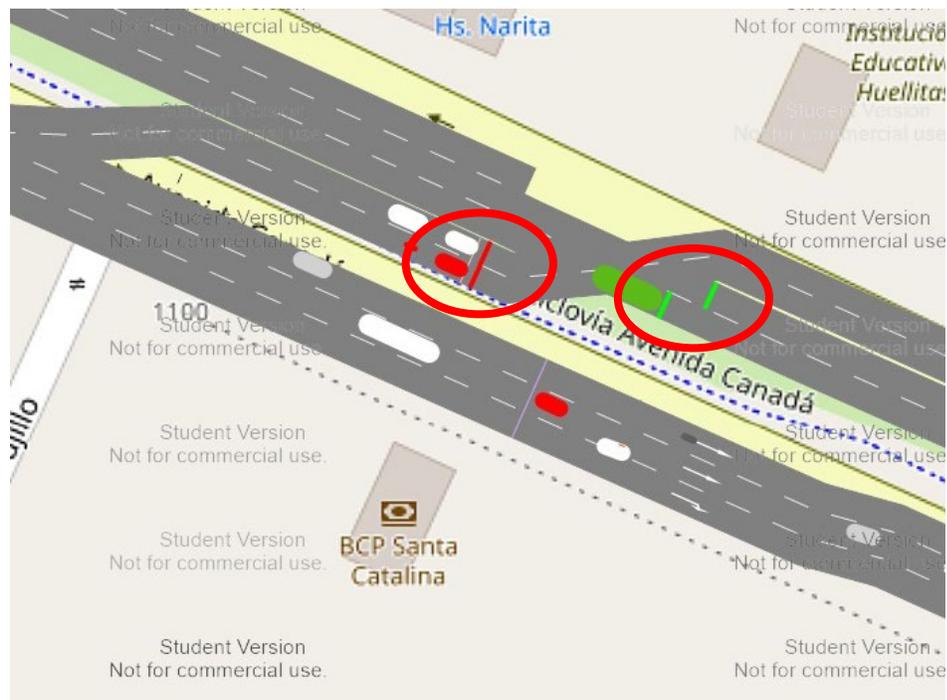
**Figura 59. Cambio en el giro O-N de la Avenida Canadá.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

También, se agregan dos semáforos vehiculares (Figura 60).

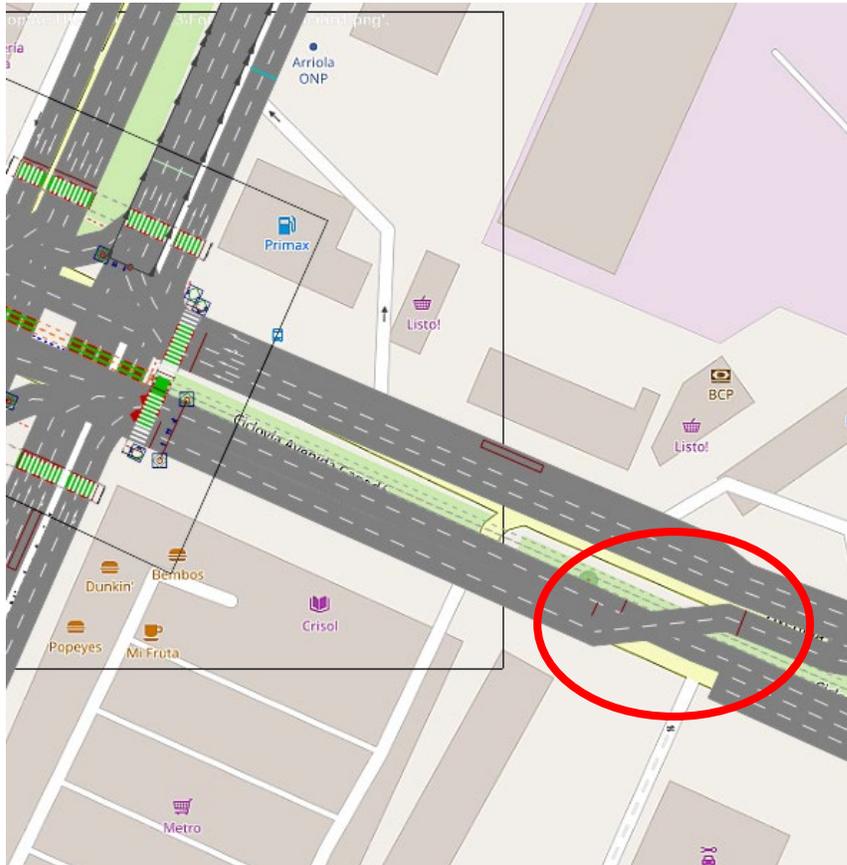
**Figura 60. Aumento de semaforización giro O-N.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

De igual manera, para realizar el giro Este-Sur se adiciona el giro a 200 m de la intersección (Figura 61).

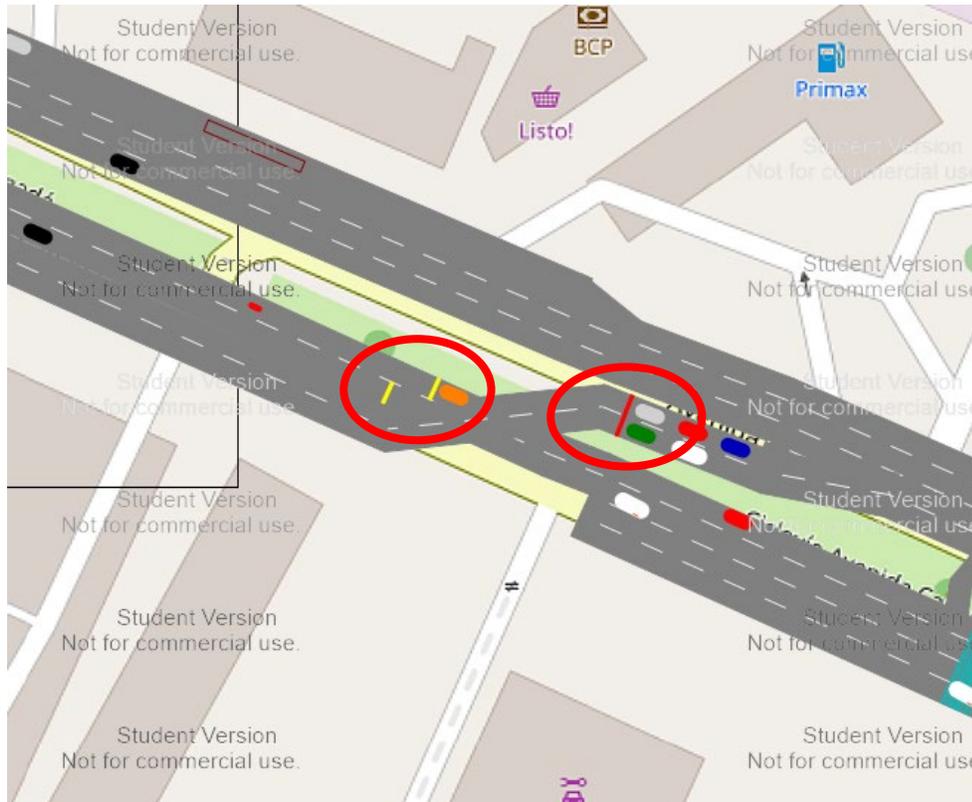
**Figura 61.** Cambio en el giro E-S de la Avenida Canadá.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Y también se implementaron dos semáforos adicionales. (Figura 62).

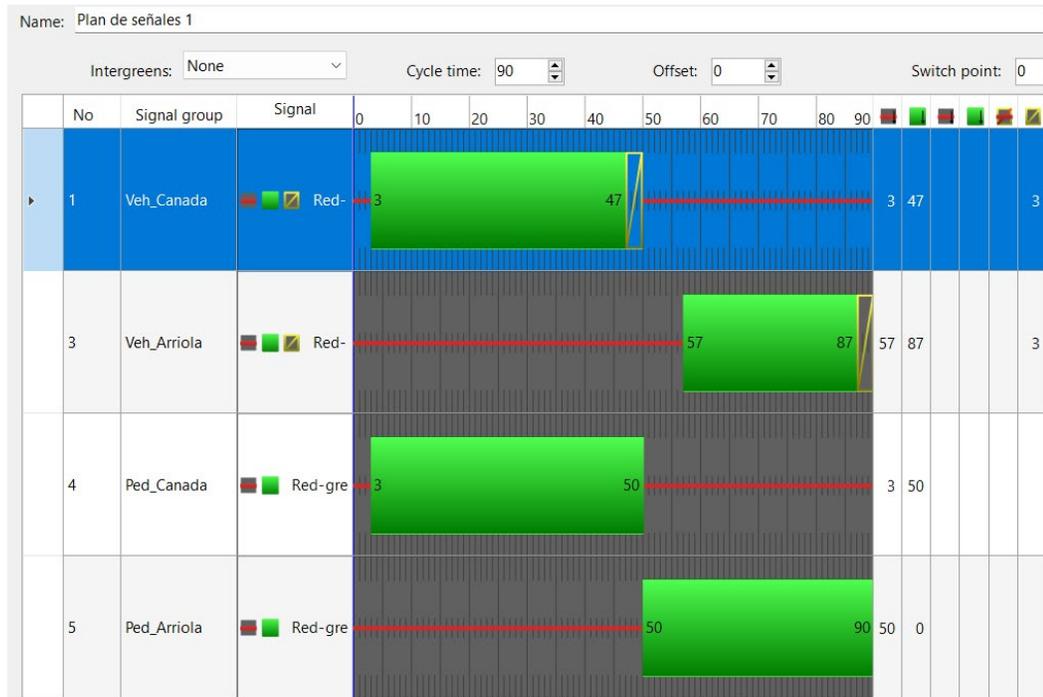
**Figura 62. Aumento de semaforización giro E-S.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Seguidamente, se realizó un cambio en el orden de las fases semafóricas y se redujo el ciclo semafórico a 90 segundos con respecto al modelo actual (Figura 63).

**Figura 63. Cambio en la semaforización del modelo base.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Por lo tanto, se eliminarían los giros de Canadá dirección Sur-Norte en la intersección, así como también los giros en U.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1 Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado

El vuelo con vehículo aéreo no tripulado o dron permitió que se obtenga el diseño de la intersección (Figura 64), número actual de carriles y las maniobras realizadas en la intersección.

- Avenida Canadá: 9 carriles (4 en sentido O-E y 5 en sentido E-O).
- Avenida Nicolás Arriola: 10 carriles (3 principales y 2 auxiliares de cada sentido).

**Figura 64.** *Diseño de la Intersección.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 5.2 Estudio de Tráfico

El estudio de tráfico se realizó durante 7 días desde el 18 de abril de 2022 hasta el 24 de abril de 2022. En el estudio se identificó la hora de mayor demanda diaria y luego de ello, se eligió el día con mayor demanda vehicular.

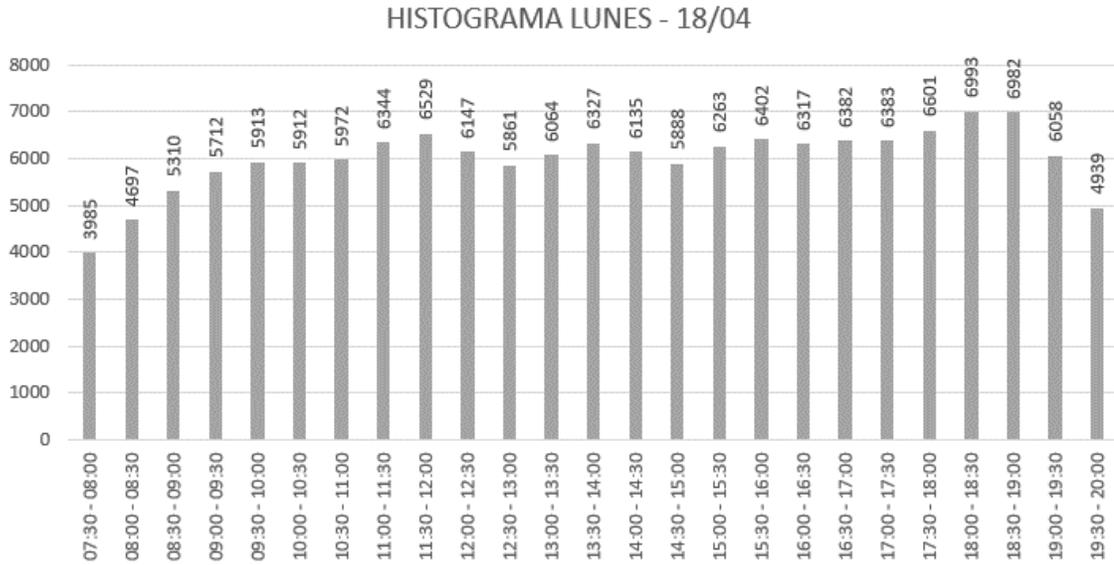
- a. Primer día: lunes 18 de abril de 2022, se realizó el conteo vehicular por 13 horas en todas las direcciones (N, S, E, O) en el cual, la hora de máxima demanda fue de 5:30 pm hasta las 6:30 pm. (Tabla 18).

**Tabla 18.** Hora de máxima demanda día lunes 18.

18/04/2022						
HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 30 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S -N	N-S		
07:00 - 07:30	513	517	381	371	1782	
07:30 - 08:00	587	738	401	477	2203	3985
08:00 - 08:30	711	787	506	490	2494	4697
08:30 - 09:00	807	808	566	635	2816	5310
09:00 - 09:30	797	810	610	679	2896	5712
09:30 - 10:00	882	889	604	642	3017	5913
10:00 - 10:30	837	835	629	594	2895	5912
10:30 - 11:00	887	892	690	608	3077	5972
11:00 - 11:30	947	933	708	679	3267	6344
11:30 - 12:00	927	1032	641	662	3262	6529
12:00 - 12:30	937	759	698	491	2885	6147
12:30 - 13:00	882	764	654	676	2976	5861
13:00 - 13:30	1047	758	639	644	3088	6064
13:30 - 14:00	1110	1026	561	542	3239	6327
14:00 - 14:30	887	832	563	614	2896	6135
14:30 - 15:00	932	927	556	577	2992	5888
15:00 - 15:30	978	1109	570	614	3271	6263
15:30 - 16:00	932	975	580	644	3131	6402
16:00 - 16:30	1087	887	597	615	3186	6317
16:30 - 17:00	1088	859	600	649	3196	6382
17:00 - 17:30	1086	837	635	629	3187	6383
17:30 - 18:00	1143	985	681	605	3414	6601
18:00 - 18:30	1239	1107	678	555	3579	6993
18:30 - 19:00	1090	1037	654	622	3403	6982
19:00 - 19:30	907	736	561	451	2655	6058
19:30 - 20:00	816	585	456	427	2284	4939

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 65. Histograma día lunes 18.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

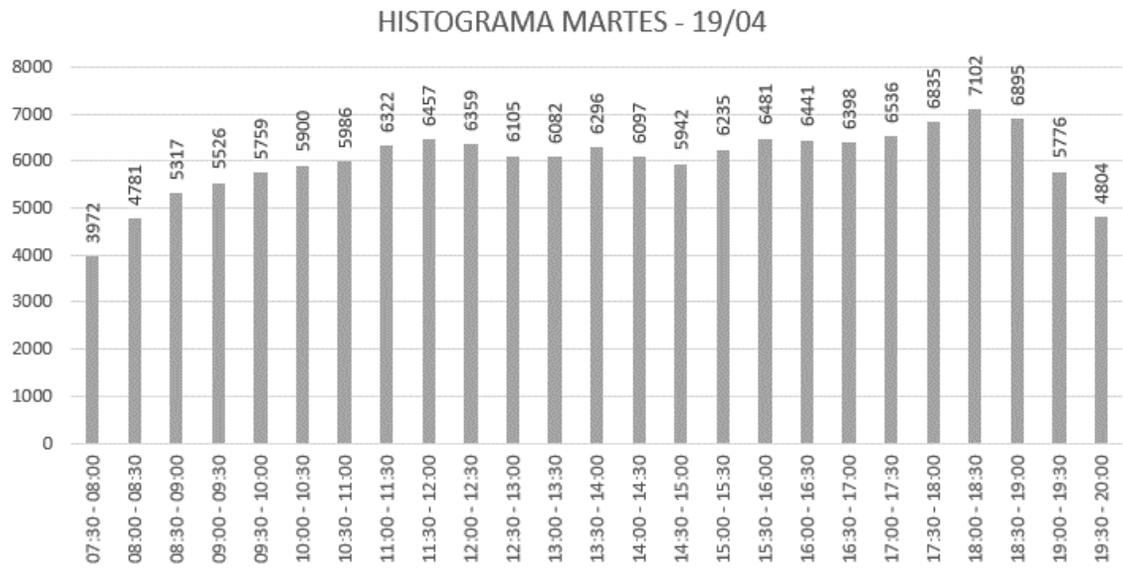
- b. Segundo día: martes 19 de abril de 2022, se realizó el conteo vehicular por 13 horas en todas las direcciones (N, S, E, O) en el cual, la hora de máxima demanda fue de 5:30 pm hasta las 6:30 pm. Este fue el día que se eligió para realizar el modelo base e identificar el nivel de servicio por ser el día con mayor demanda vehicular en la intersección. (Tabla 19).

**Tabla 19. Hora de máxima demanda martes 19.**

19/04/2022						
HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 30 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S -N	N-S		
07:00 - 07:30	523	529	336	374	1762	
07:30 - 08:00	667	643	416	484	2210	3972
08:00 - 08:30	764	702	502	604	2571	4781
08:30 - 09:00	823	794	516	614	2746	5317
09:00 - 09:30	805	753	616	606	2780	5526
09:30 - 10:00	892	847	606	635	2980	5759
10:00 - 10:30	857	838	638	588	2921	5900
10:30 - 11:00	891	891	696	588	3066	5986
11:00 - 11:30	965	943	719	630	3256	6322
11:30 - 12:00	932	949	708	612	3201	6457
12:00 - 12:30	988	856	783	531	3158	6359
12:30 - 13:00	889	801	619	639	2947	6105
13:00 - 13:30	1053	823	636	623	3135	6082
13:30 - 14:00	1132	922	556	552	3162	6296
14:00 - 14:30	892	864	576	604	2936	6097
14:30 - 15:00	936	990	519	562	3006	5942
15:00 - 15:30	978	1110	546	595	3229	6235
15:30 - 16:00	935	1102	591	624	3252	6481
16:00 - 16:30	1090	895	612	593	3189	6441
16:30 - 17:00	1096	858	616	639	3209	6398
17:00 - 17:30	1087	987	644	609	3327	6536
17:30 - 18:00	1145	1062	696	605	3508	6835
18:00 - 18:30	1241	1104	694	555	3594	7102
18:30 - 19:00	1109	992	674	527	3302	6895
19:00 - 19:30	917	512	594	452	2475	5776
19:30 - 20:00	869	574	441	446	2330	4804

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 66. Histograma día martes 19.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

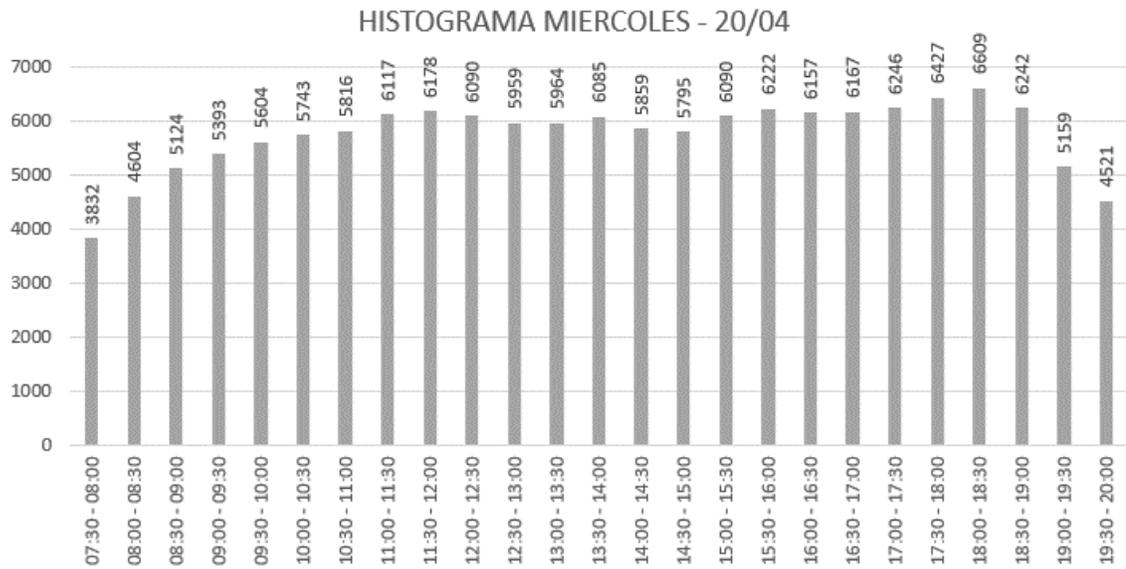
- c. Tercer día: miércoles 20 de abril de 2022, se realizó el conteo vehicular por 13 horas en todas las direcciones (N, S, E, O) en el cual, la hora de máxima demanda fue de 5:30 pm hasta las 6:30 pm. (Tabla 20).

**Tabla 20. Hora de máxima demanda miércoles 20.**

20/04/2022						
HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 30 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S -N	N-S		
07:00 - 07:30	533	532	320	284	1669	
07:30 - 08:00	747	625	393	399	2163	3832
08:00 - 08:30	816	675	486	465	2441	4604
08:30 - 09:00	838	777	526	543	2683	5124
09:00 - 09:30	812	748	590	561	2710	5393
09:30 - 10:00	901	850	587	557	2894	5604
10:00 - 10:30	876	852	613	509	2849	5743
10:30 - 11:00	894	888	669	516	2967	5816
11:00 - 11:30	982	902	694	573	3150	6117
11:30 - 12:00	937	886	650	555	3028	6178
12:00 - 12:30	1039	885	710	429	3063	6090
12:30 - 13:00	895	819	608	576	2897	5959
13:00 - 13:30	1059	855	602	552	3067	5964
13:30 - 14:00	1154	869	530	465	3018	6085
14:00 - 14:30	897	879	538	527	2841	5859
14:30 - 15:00	939	1021	507	488	2954	5795
15:00 - 15:30	978	1107	528	523	3136	6090
15:30 - 16:00	937	1040	558	552	3087	6222
16:00 - 16:30	1092	898	558	522	3070	6157
16:30 - 17:00	1104	858	574	562	3097	6167
17:00 - 17:30	1088	917	608	537	3149	6246
17:30 - 18:00	1147	952	657	523	3278	6427
18:00 - 18:30	1242	960	657	473	3331	6609
18:30 - 19:00	1127	647	645	493	2911	6242
19:00 - 19:30	927	399	553	370	2248	5159
19:30 - 20:00	922	568	429	355	2273	4521

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 67. Histograma día miércoles 20.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

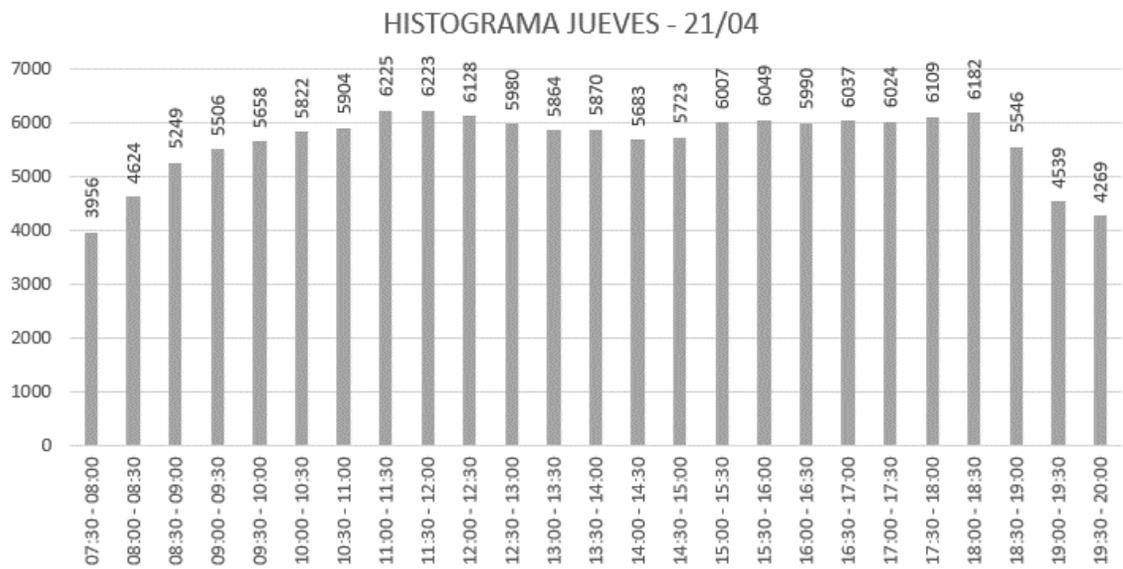
- d. Cuarto día: jueves 21 de abril de 2022, se realizó el conteo vehicular por 13 horas en todas las direcciones (N, S, E, O) en el cual, la hora de máxima demanda fue de 10:30 pm hasta las 11:30 pm. (Tabla 21).

**Tabla 21. Hora de máxima demanda jueves 21.**

21/04/2022						
HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 30 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S -N	N-S		
07:00 - 07:30	516	657	339	288	1799	
07:30 - 08:00	666	716	385	390	2157	3956
08:00 - 08:30	763	795	449	460	2466	4624
08:30 - 09:00	816	943	474	550	2783	5249
09:00 - 09:30	786	856	522	560	2723	5506
09:30 - 10:00	889	980	516	549	2934	5658
10:00 - 10:30	857	997	535	499	2888	5822
10:30 - 11:00	889	1042	575	510	3016	5904
11:00 - 11:30	974	1106	589	540	3209	6225
11:30 - 12:00	928	962	563	562	3015	6223
12:00 - 12:30	1042	1035	607	430	3113	6128
12:30 - 13:00	931	837	537	562	2867	5980
13:00 - 13:30	1042	887	538	530	2997	5864
13:30 - 14:00	1136	817	485	435	2873	5870
14:00 - 14:30	889	895	493	533	2810	5683
14:30 - 15:00	935	1052	471	456	2914	5723
15:00 - 15:30	977	1111	485	520	3093	6007
15:30 - 16:00	931	977	503	545	2956	6049
16:00 - 16:30	1086	902	516	530	3034	5990
16:30 - 17:00	1096	857	518	532	3003	6037
17:00 - 17:30	1097	846	539	539	3021	6024
17:30 - 18:00	1146	841	572	529	3088	6109
18:00 - 18:30	1240	815	570	469	3094	6182
18:30 - 19:00	1106	301	556	490	2453	5546
19:00 - 19:30	917	287	498	385	2087	4539
19:30 - 20:00	848	562	412	360	2182	4269

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 68. Histograma día jueves 21.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

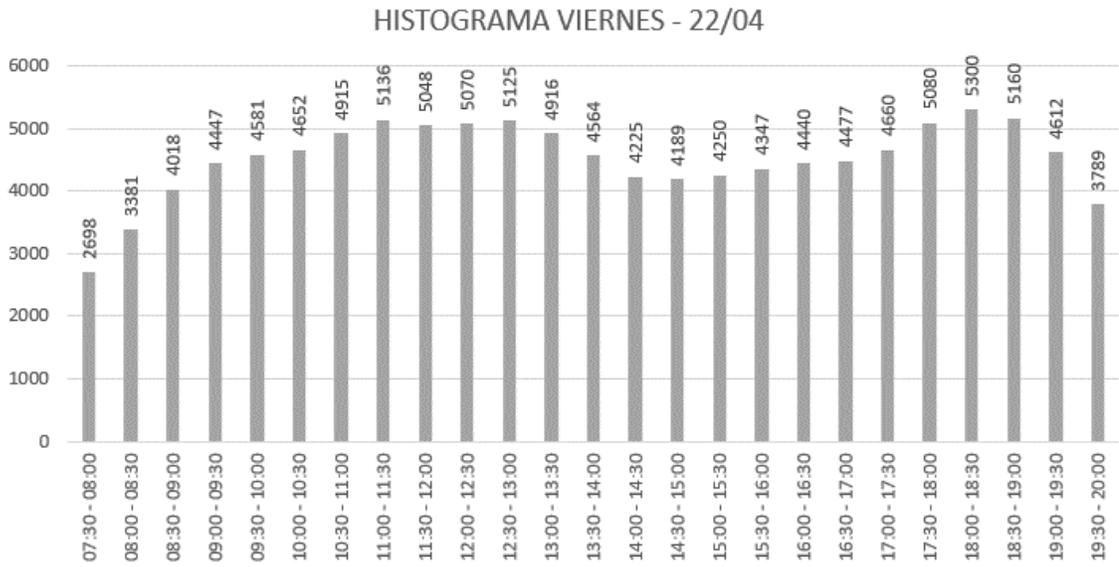
- e. Quinto día: viernes 22 de abril de 2022, se realizó el conteo vehicular por 13 horas en todas las direcciones (N, S, E, O) en el cual, la hora de máxima demanda fue de 5:30 pm hasta las 6:30 pm. (Tabla 22).

**Tabla 22. Hora de máxima demanda viernes 22.**

22/04/2022						
HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 30 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S -N	N-S		
07:00 - 07:30	331	295	341	245	1212	
07:30 - 08:00	391	389	401	305	1486	2698
08:00 - 08:30	496	483	506	410	1895	3381
08:30 - 09:00	556	531	566	470	2123	4018
09:00 - 09:30	600	600	610	514	2324	4447
09:30 - 10:00	594	551	604	508	2257	4581
10:00 - 10:30	619	614	629	533	2395	4652
10:30 - 11:00	680	556	690	594	2520	4915
11:00 - 11:30	698	598	708	612	2616	5136
11:30 - 12:00	631	615	641	545	2432	5048
12:00 - 12:30	688	650	698	602	2638	5070
12:30 - 13:00	644	631	654	558	2487	5125
13:00 - 13:30	629	618	639	543	2429	4916
13:30 - 14:00	551	558	561	465	2135	4564
14:00 - 14:30	553	507	563	467	2090	4225
14:30 - 15:00	546	537	556	460	2099	4189
15:00 - 15:30	560	547	570	474	2151	4250
15:30 - 16:00	570	562	580	484	2196	4347
16:00 - 16:30	587	559	597	501	2244	4440
16:30 - 17:00	590	539	600	504	2233	4477
17:00 - 17:30	625	628	635	539	2427	4660
17:30 - 18:00	671	716	681	585	2653	5080
18:00 - 18:30	668	719	678	582	2647	5300
18:30 - 19:00	644	657	654	558	2513	5160
19:00 - 19:30	551	522	561	465	2099	4612
19:30 - 20:00	446	428	456	360	1690	3789

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 69. Histograma día viernes 22.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

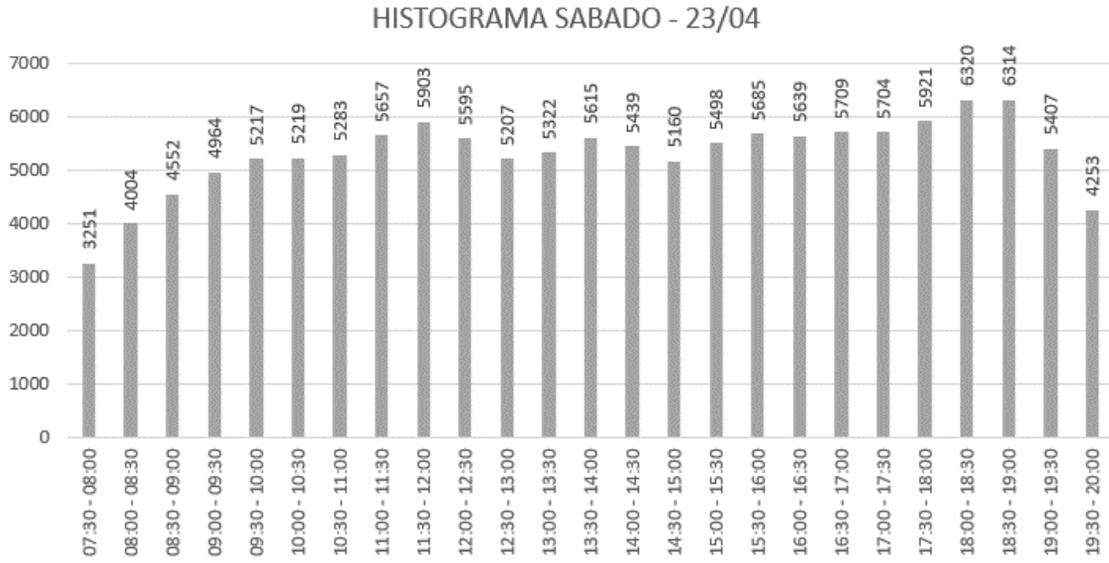
- f. Sexto día: sábado 23 de abril de 2022, se realizó el conteo vehicular por 13 horas en todas las direcciones (N, S, E, O) en el cual, la hora de máxima demanda fue de 5:30 pm hasta las 6:30 pm. (Tabla 23).

**Tabla 23. Hora de máxima demanda sábado 23.**

23/04/2022						
HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 30 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S -N	N-S		
07:00 - 07:30	426	430	240	289	1385	
07:30 - 08:00	500	651	320	395	1866	3251
08:00 - 08:30	624	700	406	408	2138	4004
08:30 - 09:00	720	721	420	553	2414	4552
09:00 - 09:30	710	723	520	597	2550	4964
09:30 - 10:00	795	802	510	560	2667	5217
10:00 - 10:30	750	748	542	512	2552	5219
10:30 - 11:00	800	805	600	526	2731	5283
11:00 - 11:30	860	846	623	597	2926	5657
11:30 - 12:00	840	945	612	580	2977	5903
12:00 - 12:30	850	672	687	409	2618	5595
12:30 - 13:00	795	677	523	594	2589	5207
13:00 - 13:30	960	671	540	562	2733	5322
13:30 - 14:00	1023	939	460	460	2882	5615
14:00 - 14:30	800	745	480	532	2557	5439
14:30 - 15:00	845	840	423	495	2603	5160
15:00 - 15:30	891	1022	450	532	2895	5498
15:30 - 16:00	845	888	495	562	2790	5685
16:00 - 16:30	1000	800	516	533	2849	5639
16:30 - 17:00	1001	772	520	567	2860	5709
17:00 - 17:30	999	750	548	547	2844	5704
17:30 - 18:00	1056	898	600	523	3077	5921
18:00 - 18:30	1152	1020	598	473	3243	6320
18:30 - 19:00	1003	950	578	540	3071	6314
19:00 - 19:30	820	649	498	369	2336	5407
19:30 - 20:00	729	498	345	345	1917	4253

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 70. Histograma día sábado 23.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

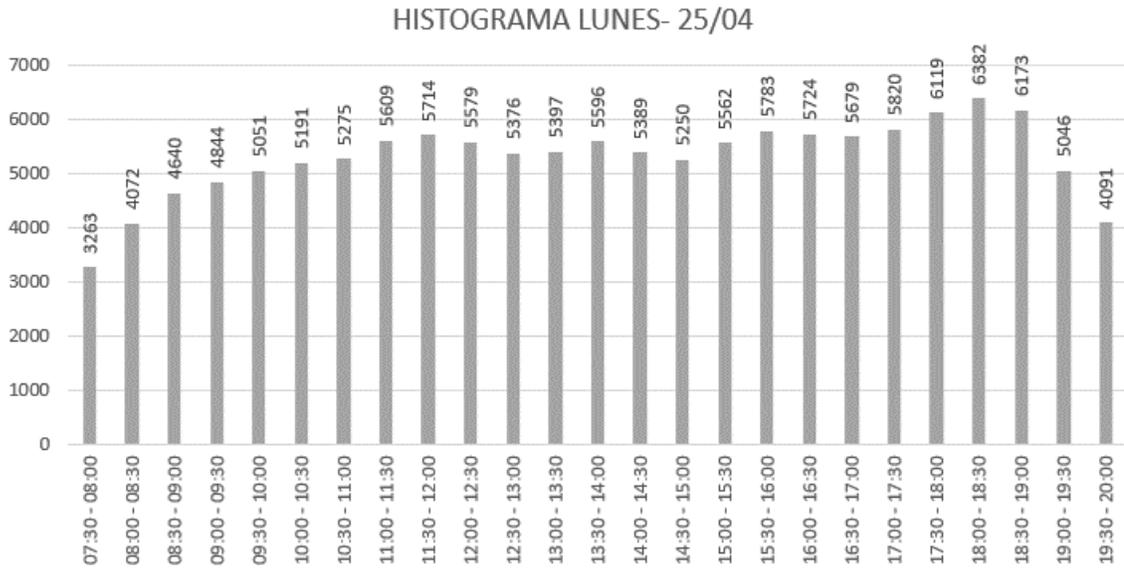
- g. Séptimo día: lunes 25 de abril de 2022, se realizó el conteo vehicular por 13 horas en todas las direcciones (N, S, E, O) en el cual, la hora de máxima demanda fue de 5:30 pm hasta las 6:30 pm. (Tabla 24).

**Tabla 24. Hora de máxima demanda lunes 25.**

25/04/2022						
HORAS DE CONTROL	VEHICULOS MIXTOS				TOTAL POR 30 MIN	TOTAL POR HORA
	O-E	E-O	S -N	N-S		
07:00 - 07:30	436	442	243	292	1413	
07:30 - 08:00	580	556	313	402	1851	3263
08:00 - 08:30	677	615	408	522	2221	4072
08:30 - 09:00	736	707	445	532	2419	4640
09:00 - 09:30	718	666	517	524	2425	4844
09:30 - 10:00	805	760	509	553	2627	5051
10:00 - 10:30	770	751	538	506	2564	5191
10:30 - 11:00	804	804	597	506	2711	5275
11:00 - 11:30	878	856	618	548	2899	5609
11:30 - 12:00	845	862	579	530	2816	5714
12:00 - 12:30	901	769	645	449	2763	5579
12:30 - 13:00	802	714	541	557	2613	5376
13:00 - 13:30	966	736	542	541	2784	5397
13:30 - 14:00	1045	835	463	470	2812	5596
14:00 - 14:30	805	777	474	522	2577	5389
14:30 - 15:00	849	903	442	480	2673	5250
15:00 - 15:30	891	1023	462	513	2889	5562
15:30 - 16:00	848	1015	490	542	2894	5783
16:00 - 16:30	1003	808	509	511	2830	5724
16:30 - 17:00	1009	771	512	557	2849	5679
17:00 - 17:30	1000	900	544	527	2971	5820
17:30 - 18:00	1058	975	593	523	3149	6119
18:00 - 18:30	1154	1017	590	473	3234	6382
18:30 - 19:00	1022	905	568	445	2940	6173
19:00 - 19:30	830	425	482	370	2106	5046
19:30 - 20:00	782	487	353	364	1985	4091

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 71. Histograma día lunes 25.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 5.3 Nivel de Servicio Actual

El nivel de servicio actual se halló mediante las fórmulas que brinda el Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010) y fueron comprobadas con el software Vissim 9. Por lo que a continuación se presentan los niveles de servicio actual de forma teórica y práctica.

#### 5.3.1 Nivel de Servicio Actual: Teórico

Los datos obtenidos en la Tabla 25 son del cálculo del flujo y grado de saturación los que sirvieron para la determinación del nivel de servicio "F" en la Av. Canadá dirección Oeste-Este mediante el cálculo de la demora.

**Tabla 25. Nivel de Servicio en la Dirección O-E.**

OESTE - ESTE	
AV. CANADÁ	
So = 1900	
fw = 0.97	
fnv = 1.00	
fg = 1.00	
fp = 0.75	
fbb = 1.00	
fa = 1.00	
fLU = 0.91	
fLT = 1.00	
fRT = 0.96	
fLpb = 1.00	
fRpb = 1.00	
<b>S = 1189</b>	
	S = 1189
	Qc = 2344
	Vp = 1429
	<b>X = 0.61</b>
	d = 123.23
<b>NIVEL DE SERVICIO "F"</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los datos obtenidos en la Tabla 26 son del cálculo del flujo y grado de saturación los que sirvieron para la determinación del nivel de servicio "F" en la Av. Canadá dirección Este-Oeste mediante el cálculo de la demora.

**Tabla 26. Nivel de Servicio en la Dirección E-O.**

ESTE - OESTE	
AV. CANADÁ	
So = 1900	
fw = 0.92	
fnv = 1.00	
fg = 1.00	
fp = 0.75	
fbb = 1.00	
fa = 1.00	
fLU = 0.91	
fLT = 1.00	
fRT = 0.95	
fLpb = 1.00	
fRpb = 1.00	
<b>S = 1129</b>	
	S = 1129
	Qc = 2226
	Vp = 1429
	<b>X = 0.64</b>
	d = 85.93
<b>NIVEL DE SERVICIO "F"</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los datos obtenidos en la Tabla 27 son del cálculo del flujo y grado de saturación los que sirvieron para la determinación del nivel de servicio "E" en la Av. Nicolás Arriola dirección Sur-Norte mediante el cálculo de la demora.

**Tabla 27. Nivel de Servicio en la Dirección S-N.**

SUR - NORTE	
AV. NICOLÁS ARRIOLA	
So = 1900	
fw = 0.95	
f <sub>nv</sub> = 1.00	
fg = 1.00	
fp = 0.80	
f <sub>bb</sub> = 1.00	
fa = 1.00	
f <sub>LU</sub> = 0.91	
f <sub>LT</sub> = 0.99	
f <sub>RT</sub> = 0.98	
f <sub>Lpb</sub> = 1.00	
f <sub>Rpb</sub> = 1.00	
<b>S = 1254</b>	
	S = 1254
	Qc = 1643
	Vp = 1429
	<b>X = 0.87</b>
	<b>d = 72.60</b>
<b>NIVEL DE SERVICIO "E"</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los datos obtenidos en la Tabla 28 son del cálculo del flujo y grado de saturación los que sirvieron para la determinación del nivel de servicio "E" en la Av. Nicolás Arriola dirección Norte-Sur mediante el cálculo de la demora.

**Tabla 28. Nivel de Servicio en la Dirección N-S.**

<b>NORTE - SUR</b>	
<b>AV. NICOLÁS ARRIOLA</b>	

So = 1900
fw = 0.96
f <sub>hv</sub> = 1.00
fg = 1.00
fp = 0.80
f <sub>bb</sub> = 1.00
fa = 1.00
f <sub>LU</sub> = 0.91
f <sub>LT</sub> = 1.00
f <sub>RT</sub> = 0.95
f <sub>Lpb</sub> = 1.00
f <sub>Rpb</sub> = 1.00
<b>S = 1255</b>

S = 1255
Qc = 1644
Vp = 1429
<b>X = 0.87</b>

<b>d = 67.64</b>
------------------

<b>NIVEL DE SERVICIO "E"</b>
------------------------------

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 5.3.2 Nivel de Servicio Actual: Práctico

#### 5.3.2.1 Modelo Actual a Nivel de Nodo

La Tabla 29 muestra los siguientes resultados en base al modelo actual.

**Tabla 29. Resultados del modelo actual.**

MOVIMIENTO RILSA	VEHDELAY(seg)	STOPS	QLEN (m)	LOSVAL	FUELCONSUMPTION (gln)	EMISSIONSCO (gr)
1	39.86	0.66	22.54	4.00	1577.00	110203.00
2	101.08	1.70	61.36	6.00	7604.00	531519.00
3	52.01	1.80	116.04	6.00	0.97	67785.00
4	83.37	3.57	152.25	6.00	24120.00	1686015.00
5	36.57	0.66	22.54	5.00	6624.00	462985.00
6	93.60	1.37	61.36	6.00	21894.00	1530423.00
7	64.75	1.61	116.04	6.00	20425.00	1427735.00
8	75.78	2.95	152.25	6.00	17106.00	1195678.00
91	37.97	0.66	22.54	5.00	13966.00	976193.00
92	117.98	2.71	61.36	6.00	19841.00	1386879.00
93	58.16	1.92	116.04	5.00	17587.00	1229327.00
94	73.35	2.73	152.25	5.00	30786.00	2151929.00
103	66.51	1.64	116.04	5.00	10073.00	704105.00
104	78.32	3.00	152.25	5.00	79077.00	5527476.00
103b	20.74	0.95	1.11	5.00	1213.00	84785.00
103b	20.55	1.36	1.05	5.00	1238.00	86547.00
1a	22.50	0.40	2.65	5.00	0.45	31111.00
3b	45.18	0.79	8.37	5.00	2473.00	172859.00
91a	26.10	0.44	2.65	5.00	1220.00	85256.00
92a	45.52	0.75	8.37	5.00	2837.00	198281.00
93a	63.02	1.53	116.04	6.00	41879.00	2927362.00
94a	66.49	1.89	45.67	6.00	316752.00	22140965.00
94a	93.65	3.93	152.25	6.00	0.78	54142.00
<b>PROMEDIO</b>	60.13	1.70	72.31	5.39	27751.92	1946502.61
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>E</b>					

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- La demora por vehículo es de 60.13 segundos, este valor nos permite identificar el nivel de servicio de la intersección (Nivel E) así como también, nos indica el tiempo perdido que tienen los vehículos a causa de la congestión vehicular.
- El promedio del número de vehículos que paran en la intersección es de 1.70.
- La longitud de cola promedio que está constituida por los accesos O-E y N-S es de 72.31 m.
- La cantidad de contaminantes que emiten los vehículos es de 1'946,502.61 gr de monóxido de carbono (CO).
- El consumo de combustible por vehículo es de 27,751.92 galones.

### 5.3.2.2 Modelo Actual a Nivel de Red

La Tabla 30 muestra los siguientes resultados en base al modelo actual:

**Tabla 30.** Resultados del modelo actual.

Promedio de VEHACT (ALL)	220
Promedio de VEHARR (ALL)	7105
Promedio de DEMANDLATENT	829.45
Promedio de TRATMTOT (ALL)	699718.76
Promedio de DELAYTOT (ALL)	582328

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- En la red permanecen 220 vehículos.
- La capacidad vehicular en la intersección es de 7,105 vehículos.
- Los vehículos que no pudieron pasar por la intersección en una fase semafórica son 829.45 vehículos.
- El tiempo que toma el cruce de todos los vehículos por la intersección es de 699,718.76 que por vehículo es 98 segundos.
- El retraso que tuvieron todos los vehículos que transitaron por la red fue de 582.328 segundos que por vehículo es 81 segundos.

## 5.4 Modelamiento con el software Vissim 9

La simulación del tránsito vehicular se realizó en base a la situación actual de la intersección, es decir, se trabajó con el flujo vehicular correspondiente al estudio de tráfico.

### 5.4.1 Análisis de Resultados

La investigación analizará los resultados a nivel de nodo y red. El número de corridas que se realizaron en el software Vissim 9 fueron 11 ya que es una

cantidad recomendada por la Administración Federal de Carreteras conocida por sus iniciales en inglés “FHWA”.

Los términos usados normalmente en el lenguaje Vissim son los siguientes:

- VEHDELAY: Demora por vehículo.
- STOPDELAY: Parada por vehículo.
- STOPS: Paradas.
- QLEN: Longitud de cola.
- QLENMAX: Longitud máxima de cola.
- FUELCONSUMPTION: Consumo de combustible.
- EMISSIONSCO: Emisión de monóxido de carbono.
- EMISSIONSNOX: Emisión de óxido de nitrógeno.
- EMISSIONSVOC: Emisión de compuestos orgánicos volátiles.
- DELAYAVG: Demora promedio por vehículo.
- STOPSAVG: Paradas promedio por vehículo.
- SPEEDAVG: Velocidad promedio por vehículo.
- DELAYSTOPAVG: Demora por parada promedio por vehículo.
- DISTTOT: Distancia total de los vehículos en la red.
- TRAVTMTOT: Tiempo de viaje total de los vehículos dentro de la red.
- VEHACT: Número total de vehículos en la red.
- VEHARR(ALL): Número total de vehículos que han abandonado la red.
- DELAYLATENT: Demora latente.
- DEMANDLATENT: Demanda latente.

#### **5.4.1.1 Modelo Propuesta 1**

##### **a. A Nivel de Nodo**

La Tabla 31 muestra los siguientes resultados en base a la propuesta 1.

**Tabla 31. Resultados de la propuesta 1 a nivel de nodo.**

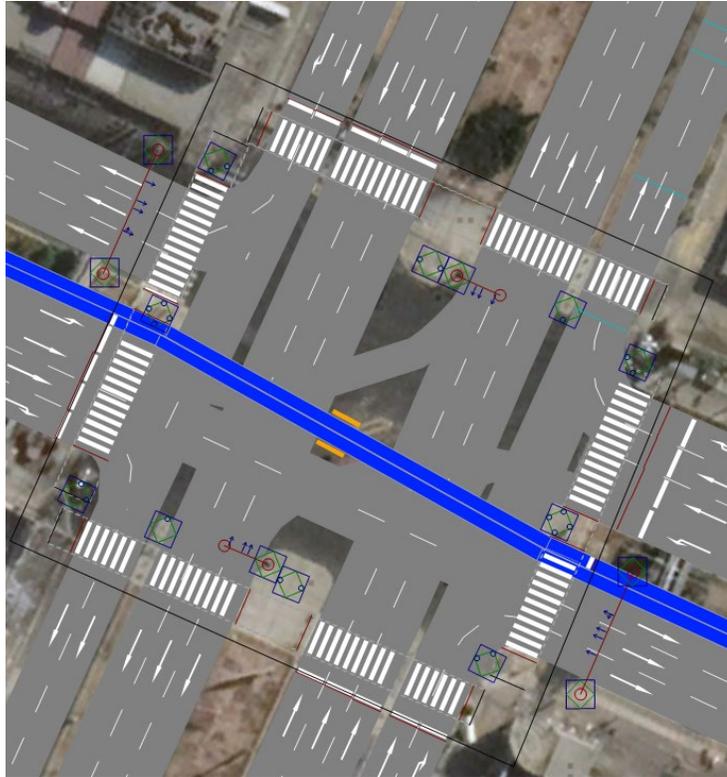
MOVIMIENTO RILSA	VEHDELAY(seg)	STOPS	QLEN (m)	LOSVAL	FUELCONSUMPTION (gln)	EMISSIONSCO (gr)
1	37.82	0.66	22.43	4.00	14012.00	979417.00
2	92.56	1.33	60.95	6.00	21938.00	1533464.00
3	47.16	1.31	107.45	4.00	39008.00	2726691.00
4	48.86	2.02	94.80	4.00	54183.00	3787391.00
5	37.85	0.64	22.43	4.00	1519.00	106170.00
6	117.16	2.62	60.95	6.00	19989.00	1397206.00
7	44.67	1.60	107.45	4.00	16319.00	1140670.00
8	42.91	2.03	94.80	4.00	13950.00	975100.00
91	36.53	0.65	22.43	4.00	6552.00	457999.00
92	98.58	1.60	60.95	6.00	7517.00	525418.00
93	63.20	1.91	107.45	5.00	12260.00	856990.00
94	55.96	2.30	94.80	4.00	13417.00	937857.00
103	40.93	1.53	107.45	4.00	0.91	63400.00
104	40.49	1.90	94.80	4.00	0.38	26481.00
103b	20.73	1.40	1.06	3.00	1242.00	86847.00
1a	26.08	0.45	2.52	3.00	1235.00	86343.00
2a	45.55	0.77	9.28	4.00	2874.00	200879.00
3b	20.01	0.86	0.40	2.00	1194.00	83483.00
91a	19.19	0.36	2.52	2.00	0.40	28166.00
92a	48.51	0.86	9.28	4.00	2696.00	188462.00
93a	59.34	1.71	107.45	5.00	23012.00	1608551.00
94a	60.28	2.35	94.80	5.00	26435.00	1847827.00
<b>PROMEDIO</b>	50.20	1.40	58.48	4.14	12697.89	892946.00
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>D</b>					

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- La demora por vehículo es de 50.20 segundos, este valor nos permite identificar el nivel de servicio de la intersección, así como también, nos indica el tiempo perdido que tienen los vehículos a causa de la congestión vehicular.
- El promedio del número de vehículos que paran en la intersección es de 1.40.
- La longitud de cola promedio que está constituida por los accesos O-E y N-S es de 58.48 m.
- El promedio del nivel de servicio es 4.14 por que la intersección a nivel de nodo tiene el nivel “D”.
- La cantidad de contaminantes que emiten los vehículos es de 892,946 gr de monóxido de carbono (CO).
- El consumo de combustible por vehículo es de 12697.89 galones.

La Figura 72 muestra una ilustración de la propuesta 1 a nivel de nodo.

**Figura 72.** *Imagen a nivel de nodo.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

### **b. A Nivel de Red**

La Tabla 32 muestra los siguientes resultados en base a la propuesta 1:

**Tabla 32.** *Resultados de la propuesta 1 a nivel de red.*

Promedio de VEHACT (ALL)	187
Promedio de VEHARR (ALL)	7360
Promedio de DEMANDLATENT	475.36
Promedio de TRATMTOT (ALL)	586610.32
Promedio de DELAYTOT (ALL)	465035.3

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- En la red permanecen 187 vehículos.
- La capacidad de la intersección es de 7360 vehículos.
- Los vehículos que no pudieron pasar por la intersección en una fase semafórica es 475.36.
- El tiempo que toma que crucen todos los vehículos por la intersección es 586,610.32 y por vehículo sería 80 segundos.
- El retraso que tuvieron todos los vehículos que transitaron por la red fue de 465,035.3 segundos y por vehículo sería 63 segundos.

#### 5.4.1.2 Modelo Propuesta 2

##### a. A Nivel de Nodo

La Tabla 33 muestra los siguientes resultados en base a la propuesta 2:

**Tabla 33.** Resultados de la propuesta 2 a nivel de nodo.

MOVIMIENTO RILSA	VEHDELAY(seg)	STOPS	QLEN (m)	LOSVAL	FUELCONSUMPTION (gln)	EMISSIONSCO (gr)
1	34.72	0.38	14.91	2.00	9862.00	689328.00
2	0.49	0.00	0.00	1.00	3322.00	232186.00
3	43.21	1.12	479.09	4.00	46705.00	3264691.00
4	74.84	2.90	478.42	5.00	68613.00	4796044.00
103	40.23	1.05	479.09	4.00	0.69	48050.00
104	56.49	2.56	478.42	4.00	0.40	27830.00
103b	20.48	1.35	2.24	3.00	1162.00	81209.00
1a	47.80	0.82	16.57	4.00	2193.00	153257.00
2a	110.09	1.98	150.30	6.00	17807.00	1244737.00
3b	19.98	0.84	0.51	2.00	1135.00	79357.00
7a	58.80	2.08	479.09	4.00	0.39	27511.00
8a	57.81	2.50	478.42	5.00	12401.00	866857.00
91a	48.83	0.90	16.57	4.00	9013.00	630009.00
92a	86.10	1.40	150.30	5.00	9283.00	648904.00
93a	55.63	1.51	479.09	5.00	29735.00	2078475.00
94a	109.68	3.88	478.42	6.00	42618.00	2979015.00
PROMEDIO	54.07	1.58	261.34	4.00	15865.65	1115466.25
NIVEL DE SERVICIO	D					

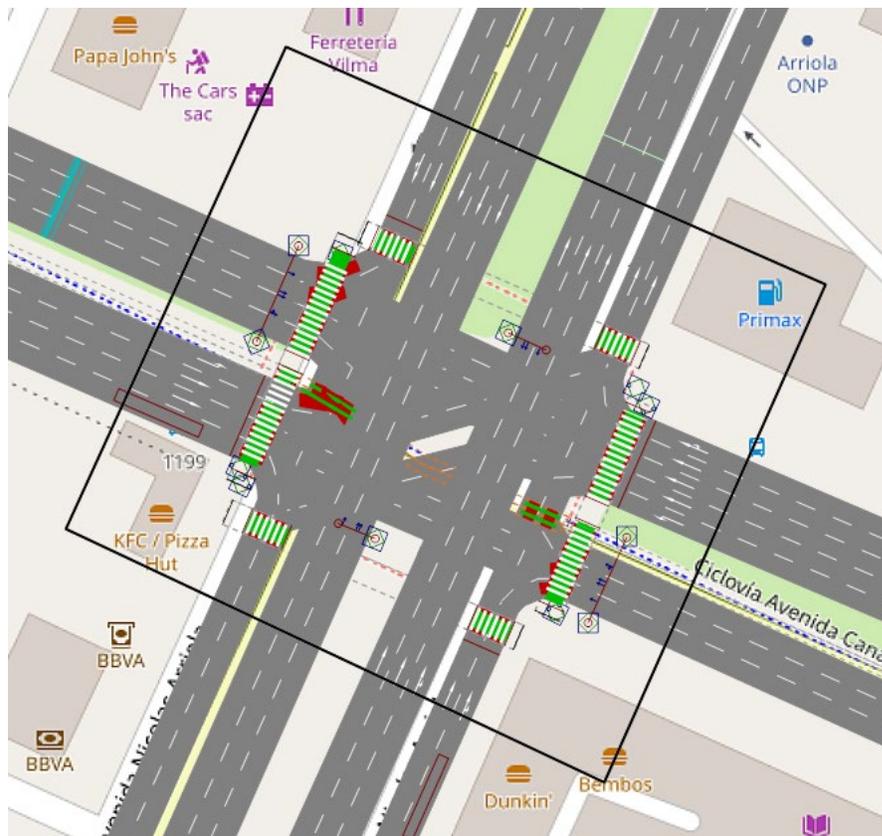
Fuente: Elaboración propia, 2022.

- La demora por vehículo es de 54.07 segundos, este valor nos permite identificar el nivel de servicio de la intersección, así como también, nos indica el tiempo perdido que tienen los vehículos a causa de la congestión vehicular.

- El promedio del número de vehículos que paran en la intersección es de 1.58.
- La longitud de cola promedio que está constituida por los accesos O-E y N-S es de 261.34 m
- El promedio del nivel de servicio es 4.14 por que la intersección a nivel de nodo tiene el nivel "D"
- La cantidad de contaminantes que emiten los vehículos es de 1,115,466.25 gr de monóxido de carbono (CO).
- El consumo de combustible por vehículo es de 15,865.65 galones.

La Figura 73 muestra una ilustración de la propuesta 2 a nivel de nodo.

**Figura 73.** Imagen a nivel de nodo.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

## b. A Nivel de Red

La Tabla 34 muestra los siguientes resultados en base a la propuesta 2:

**Tabla 34.** Resultados de la propuesta 2 a nivel de red.

Promedio de VEHACT (ALL)	767
Promedio de VEHARR (ALL)	6221
Promedio de DEMANDLATENT	1086.73
Promedio de TRATMTOT (ALL)	1797531.93
Promedio de DELAYTOT (ALL)	1596134.78

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- En la red permanecen 767 vehículos.
- La capacidad de la intersección es de 6221 vehículos.
- Los vehículos que no pudieron pasar por la intersección en una fase semafórica es 1086.73.
- El tiempo que toma que crucen todos los vehículos por la intersección es 1,797,531.93 y por vehículo sería 288 segundos.
- El retraso que tuvieron todos los vehículos que transitaron por la red fue de 1,596,134.78 segundos y por vehículo sería 256 segundos.

### 5.4.1.3 Modelo Propuesta 3

#### a. A Nivel de Nodo

La Tabla 35 muestra los siguientes resultados en base a la propuesta 3:

**Tabla 35. Resultados de la propuesta 3 a nivel de nodo.**

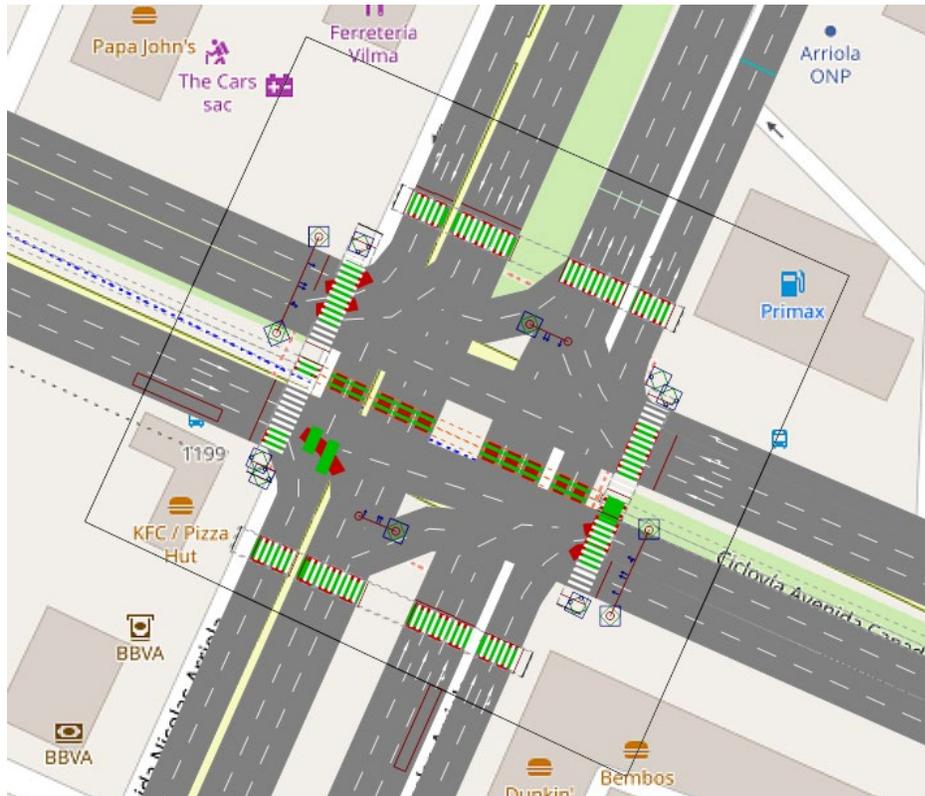
MOVIMIENTO RILSA	VEHDELAY(seg)	STOPS	QLEN (m)	LOSVAL	FUELCONSUMPTION (gln)	EMISSIONSCO (gr)
2a	23.10	0.61	3.69	3.00	2156.00	150731.00
92a	23.83	0.67	3.69	3.00	1929.00	134865.00
3b	11.96	0.78	0.19	2.00	1022.00	71430.00
103b	22.68	2.07	1.16	3.00	1308.00	91428.00
8	28.97	1.22	5.78	3.00	8820.00	616499.00
2	32.06	0.82	24.06	3.00	25422.00	1776995.00
92	31.31	0.77	24.06	3.00	6272.00	438404.00
7	32.27	1.46	8.90	3.00	14720.00	1028902.00
94a	2.20	0.00	0.04	1.00	1991.00	139189.00
93a	42.23	1.53	72.74	4.00	20334.00	1421380.00
3	45.44	1.44	72.74	4.00	9776.00	683361.00
93a	39.94	1.22	72.74	4.00	37130.00	2595357.00
94	46.94	1.71	157.65	4.00	10115.00	707068.00
4	67.58	3.09	157.65	5.00	104539.00	7307273.00
1	29.34	0.78	16.99	3.00	16673.00	1165426.00
91	43.42	1.71	16.99	4.00	13313.00	930555.00
1a	23.65	0.60	2.03	3.00	1478.00	103312.00
91a	28.10	0.83	2.03	3.00	0.78	54320.00
<b>PROMEDIO</b>	31.95	1.18	35.73	3.22	15388.82	1078694.17
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>C</b>					

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- La demora por vehículo es de 31.95 segundos, este valor nos permite identificar el nivel de servicio de la intersección, así como también, nos indica el tiempo perdido que tienen los vehículos a causa de la congestión vehicular.
- El promedio del número de vehículos que paran en la intersección es de 1.18.
- La longitud de cola promedio que está constituida por los accesos O-E y N-S es de 35.73 m
- El promedio del nivel de servicio es 3.22 por que la intersección a nivel de nodo tiene el nivel “C”
- La cantidad de contaminantes que emiten los vehículos es de 1,078,694.17gr de monóxido de carbono (CO).
- El consumo de combustible por vehículo es de 15,388.82 galones.

La Figura 74 muestra una gráfica de la propuesta 3 a nivel de nodo.

**Figura 74. Gráfica a nivel de nodo.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**b. A Nivel de Red**

La Tabla 36 muestra los siguientes resultados en base a la propuesta 3:

**Tabla 36. Resultados de la propuesta 3 a nivel de red.**

Promedio de VEHACT (ALL)	246
Promedio de VEHARR (ALL)	7651
Promedio de DEMANDLATENT	4.18
Promedio de TRATMTOT (ALL)	758805.58
Promedio de DELAYTOT (ALL)	557908

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- En la red permanecen 246 vehículos.
- La capacidad de la intersección es de 7651 vehículos.
- Los vehículos que no pudieron pasar por la intersección en una fase semafórica es 4.18.
- El tiempo que toma que crucen todos los vehículos por la intersección es 758,805.58 y por vehículo sería 99 segundos.
- El retraso que tuvieron todos los vehículos que transitaron por la red fue de 557908 segundos y por vehículo sería 73 segundos.

## 5.5 Comparación de Resultados

Los resultados a comparar serán solo a nivel de nodo ya que este refleja realmente como opera el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.

### 5.5.1 Demora por vehículo

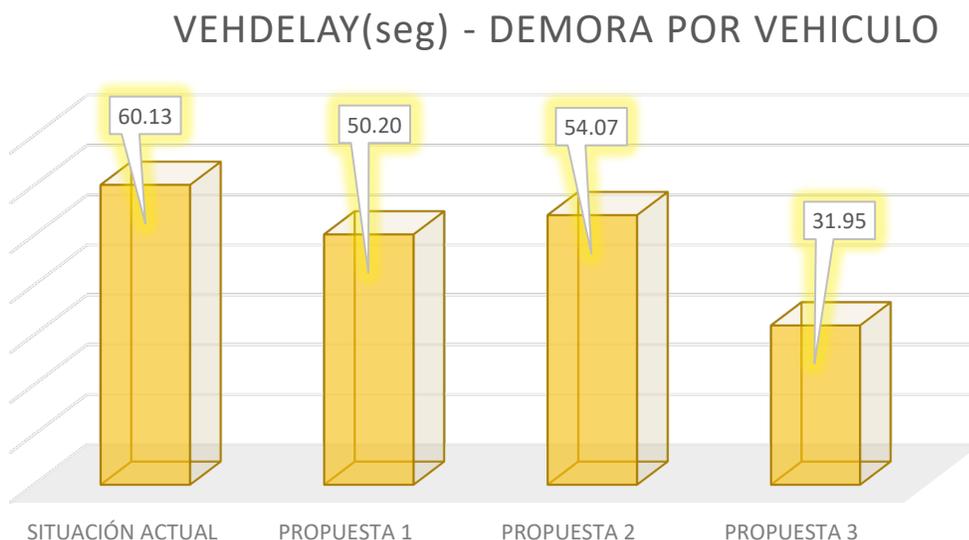
La simulación con el software Vissim 9 permitió identificar el tiempo de demora por vehículo en la intersección. Con los datos obtenidos se realiza la comparación por demora del modelo actual y las propuestas como lo muestra la Tabla 37 y lo grafica la Figura 75.

**Tabla 37.** Comparación de la demora por vehículo.

ETIQUETA DE FILA	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
DEMORA POR VEHÍCULO (seg)	60.13	50.20	54.07	31.95

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 75. Demora por vehículo.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Luego de este análisis se muestra que la propuesta 3 genera menos demora por vehículo a comparación de las otras 2 propuestas y la situación actual.

### 5.5.2 Longitud de cola

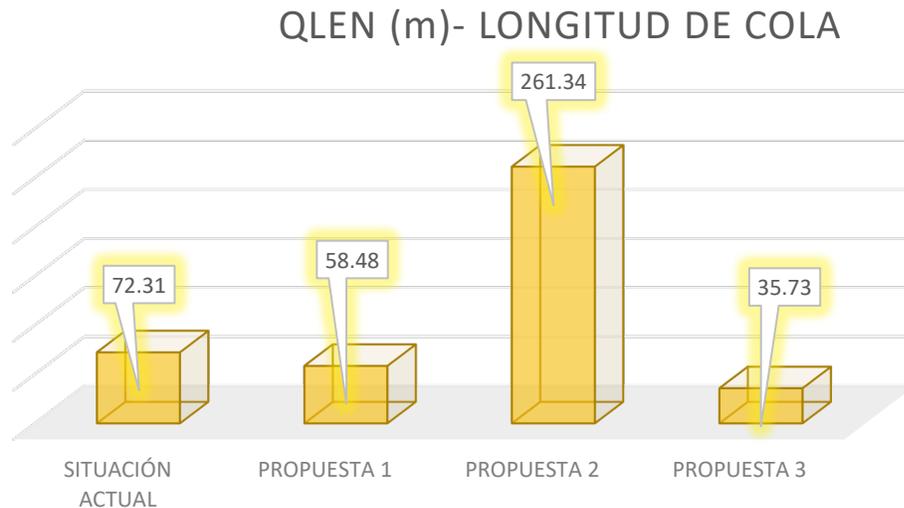
La simulación con el software Vissim 9 permite identificar las longitudes de cola en la intersección. Con los datos obtenidos se realiza la comparación por demora del modelo actual y las propuestas como lo muestra la Tabla 38 y lo grafica la Figura 76.

**Tabla 38. Comparación de las longitudes de cola.**

ETIQUETA DE FILA	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
LONGITUD DE COLA (m)	72.31	58.48	261.34	35.73

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 76. Longitudes de cola.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Luego de este análisis se muestra que la longitud de cola de la propuesta 2 es mayor ya que al realizar el paso a desnivel y habiendo semáforos algunos metros delante se genera una mayor cola, caso contrario a la propuesta 3, que genera menor longitud de cola a comparación de las dos propuestas y la situación actual.

### 5.5.3 Nivel de Servicio

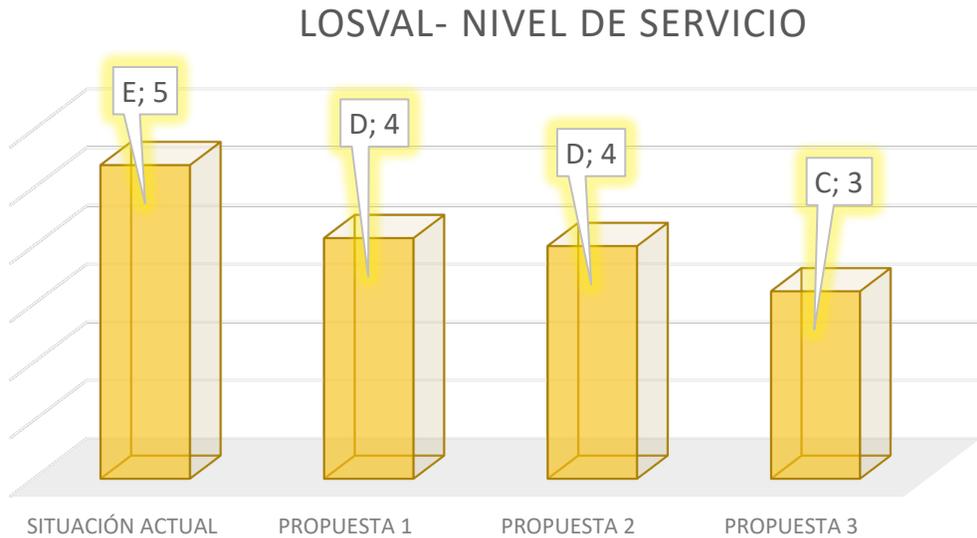
La simulación con el software Vissim 9 permitió identificar los niveles de servicio de la situación actual y de las 3 propuestas. Con los datos obtenidos se realiza la comparación de los niveles de servicio actual y de las propuestas como lo muestra la Tabla 39 y lo grafica la Figura 77.

**Tabla 39. Comparación de los niveles de servicio.**

ETIQUETA DE FILA	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
NIVEL DE SERVICIO	5	4	4	3
	E	D	D	C

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 77. Niveles de servicio.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Luego de este análisis se muestra que la propuesta 3 cuenta con el mejor nivel de servicio (nivel de servicio “D”) a comparación de las otras 2 propuestas y la situación actual.

#### 5.5.4 Consumo de combustible

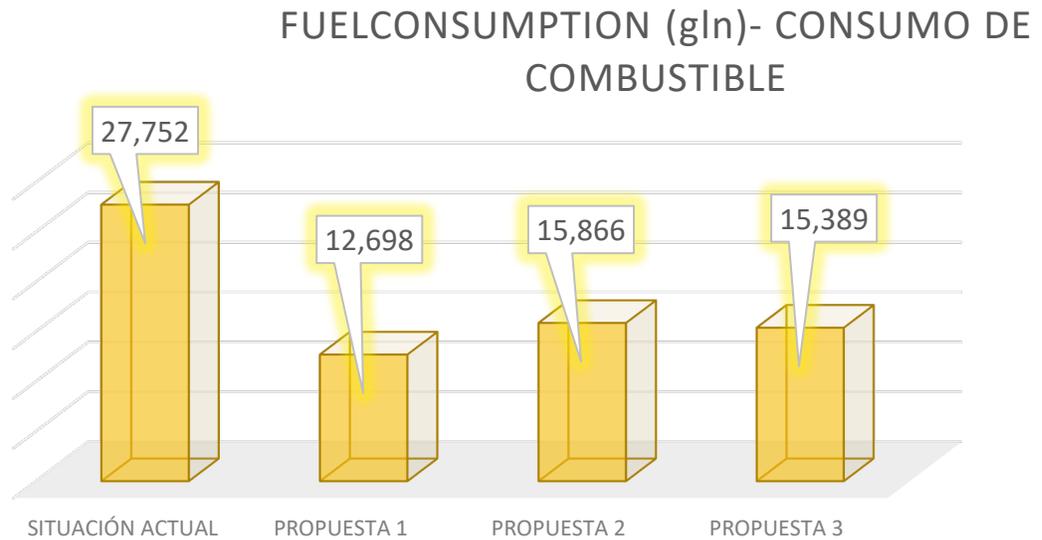
La simulación con el software Vissim 9 permite identificar los valores de consumo de combustible promedio que usan los vehículos al transitar por la intersección. Con los datos obtenidos se realiza la comparación del consumo de combustible del modelo actual y las propuestas como lo muestra la Tabla 40 y lo grafica la Figura 78.

**Tabla 40. Comparación de consumo de combustible.**

ETIQUETA DE FILA	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA 1	PROPUESTA 2	PROPUESTA 3
CONSUMO DE COMBUSTIBLE	27,752	12,698	15,866	15,389

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 78. Consumo de combustible.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Luego de este análisis se muestra que la propuesta 1 genera un menor consumo de combustible con un promedio de 12,698 galones.

## 5.6 Propuesta de Solución Vial

Con respecto al nivel de servicio, todas las propuestas son viables ya que en los 3 casos se reduce el nivel de servicio de “E” a “D” (propuesta 1 y 2) y de “E” a “C” (propuesta 3). Sin embargo, si se analiza factor por factor dentro de la intersección, la propuesta más óptima es la número 3 ya que muestra una disminución notable en cuanto a demora por vehículo, longitud de cola y consumo de combustible, todo con respecto a la situación actual.

Los valores obtenidos por cada factor influyente en el nivel de servicio se muestran en la Tabla 41.

**Tabla 41.** Propuesta de solución vial.

PROPUESTA 3	
NIVEL DE SERVICIO	3
	C
DEMORA POR VEHÍCULO (seg)	31.95
LONGITUD DE COLA (m)	35.73
CONSUMO DE COMBUSTIBLE (gln)	15,388.82

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Las imágenes de la propuesta 3 en 3D se muestran a continuación.

**Figura 79.** Imagen 3D Av. Canadá dirección O-E.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 80.** Imagen 3D Av. Canadá dirección E-O.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 81.** Imagen 3D cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

## **CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

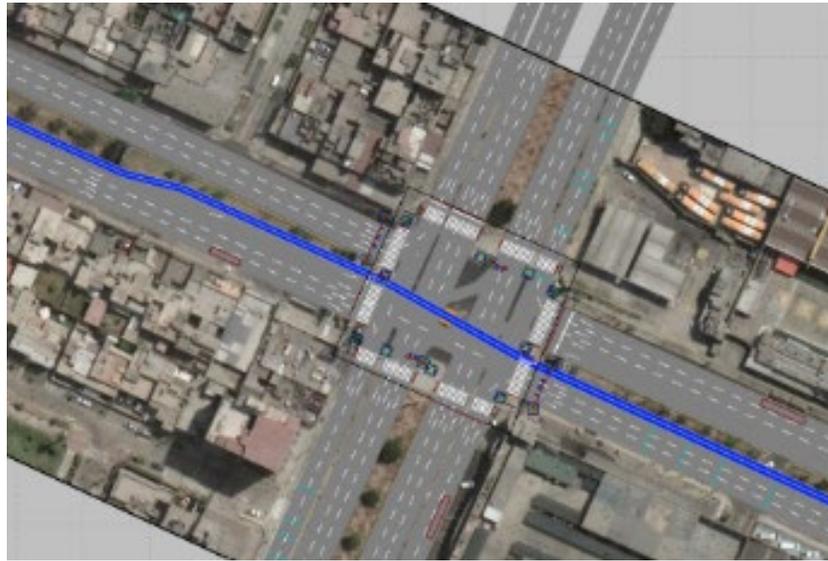
### **6.1 Contrastación de Hipótesis**

#### **6.1.1 Hipótesis General**

##### **Mejora del Nivel de Servicio**

H.G. La propuesta de solución vial con la simulación a través del software Vissim 9 permite la mejora del nivel de servicio del cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.

**Figura 82.** Simulación de propuestas de solución vial (a).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 83.** Simulación de propuestas de solución vial (b).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 84.** Simulación de propuestas de solución vial (c).



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Comentario:

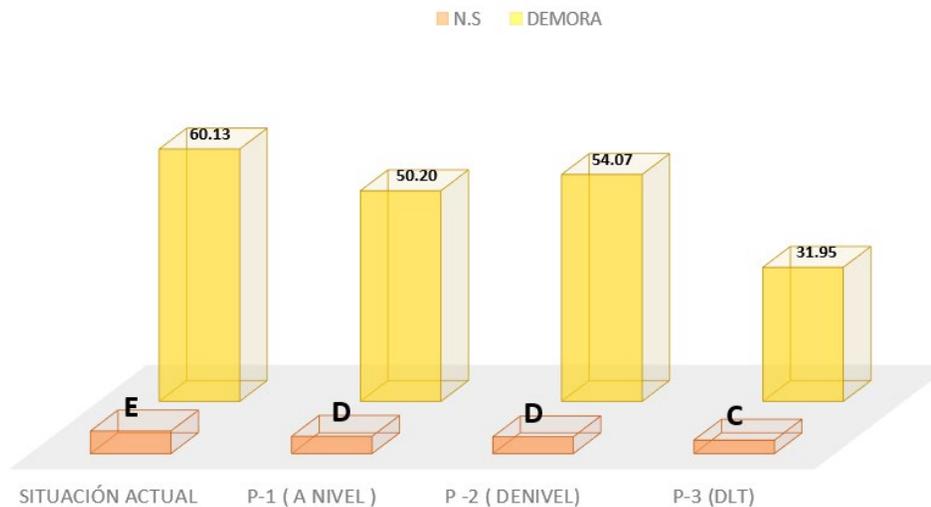
La hipótesis es válida ya que después del modelamiento de las propuestas se pudo obtener el nivel de servicio de cada una y muestran notablemente una reducción en las demoras por vehículo (Tabla 42). Esto indica que la propuesta óptima ya sea a nivel o desnivel, mejora el nivel de servicio como lo muestra la Figura 78.

**Tabla 42. Contrastación de Hipótesis General.**

HIPÓTESIS PLANTEADA	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
H.G: La propuesta de solución vial con la simulación a través del software Vissim 9 permite la mejora del nivel de servicio del cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	Simulación con software Vissim 9	Se obtuvo que en la propuesta 1 (a nivel) se reduce la demora a 50.20 seg teniendo un nivel de servicio "D", en la propuesta 2 (desnivel) se reduce la demora a 54.07 seg obtenido un nivel de servicio "D" y en la propuesta 3 a nivel no convencional (DLT) se reduce a la demora a 31.95 seg. obteniendo un nivel de servicio "C".	La hipótesis es válida ya que después del modelamiento de las propuestas se pudo obtener el nivel de servicio de estas y muestran notablemente la reducción de demoras, esto indica que ya sea a nivel, desnivel o no convencional mejorarían el nivel de servicio.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 85. Nivel de Servicio y demoras por vehículo en cada dirección.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

## 6.1.2 Hipótesis Específicas

### Vuelo con Vehículo Aéreo No Tripulado

H.1 El vuelo con vehículo aéreo no tripulado determina el diseño de las vías de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permitiendo realizar modificaciones al diseño para la mejora del nivel de servicio.

**Figura 86.** *Vuelo con vehículo aéreo no tripulado en la Intersección.*



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que el vuelo con vehículo aéreo no tripulado contribuye en la solución de la mejora del nivel de servicio ya que el conocer el diseño de las vías de la intersección permite la elaboración de 3 propuestas de mejora del nivel de servicio. (Tabla 43).

**Tabla 43. Contrastación de Hipótesis Específica 1.**

HIPÓTESIS PLANTEADA	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
H.1: El vuelo con vehículo aéreo no tripulado determina el diseño de las vías de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permitiendo realizar modificaciones al diseño para la mejora del nivel de servicio.	Vehículo aéreo no tripulado	Se obtuvo que el ancho de la Avenida Canadá es de 41.56 ml, teniendo 4 carriles en cada sentido y en la Avenida Nicolás Arriola tiene un ancho de 48.76 ml, teniendo 3 carriles centrales en cada sentido y dos carriles en cada auxiliar.	La hipótesis es válida ya que el vuelo con vehículo aéreo no tripulado contribuye en la solución de la mejora del nivel de servicio, ya que al conocer el diseño de las vías de la intersección permite la elaboración de 3 propuestas de mejora.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### Estudio de Tráfico

H.2 El estudio de tráfico determina la cantidad de vehículos que transitan por el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola mejorando los niveles de servicio al calcular y reducir los tiempos de demora al cruzar la intersección.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que con el estudio de tráfico se obtuvo la cantidad de vehículos que transitan por la intersección en la hora de máxima demanda (7102 vehículos). Además, es de suma importancia ya que permite conocer el volumen de tráfico, tiempo de demora y el nivel de servicio del cruce. (Tabla 44).

**Tabla 44. Contrastación de Hipótesis Específica 2.**

HIPÓTESIS PLANTEADA	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
H.2: El estudio de tráfico determina la cantidad de vehículos que transitan por el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola mejorando los niveles de servicio al calcular y reducir los tiempos de demora al cruzar la intersección.	* Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte * Manual de Capacidad de Carreteras	Se obtuvo la cantidad de 7102 vehículos que transitan por la intersección en la hora de máxima demanda y que la hora de máxima demanda es de 5:30 a 6:30 pm.	La hipótesis es válida ya que con los resultados del estudio de tráfico se pudo realizar la simulación de las tres propuestas.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los resultados que se obtuvieron con las 3 propuestas reducen considerablemente el tiempo de demora por vehículo, teniendo como porcentaje de reducción en la propuesta 1, 16.52% (Tabla 45), en la propuesta 2, 10.08% (Tabla 46) y en la propuesta 3, 46.88% (Tabla 47).

**Tabla 45. Resultados de estudio de tráfico propuesta 1.**

PROPUESTA 1		
Demora por vehículo actual (Seg)	Demora por vehículo propuesta (Seg)	Reducción de tiempo por demora (%)
60.13	50.20	16.52%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Tabla 46. Resultados de estudio de tráfico propuesta 2.**

PROPUESTA 2		
Demora por vehículo actual (Seg)	Demora por vehículo propuesta (Seg)	Reducción de tiempo por demora (%)
60.13	54.07	10.08%

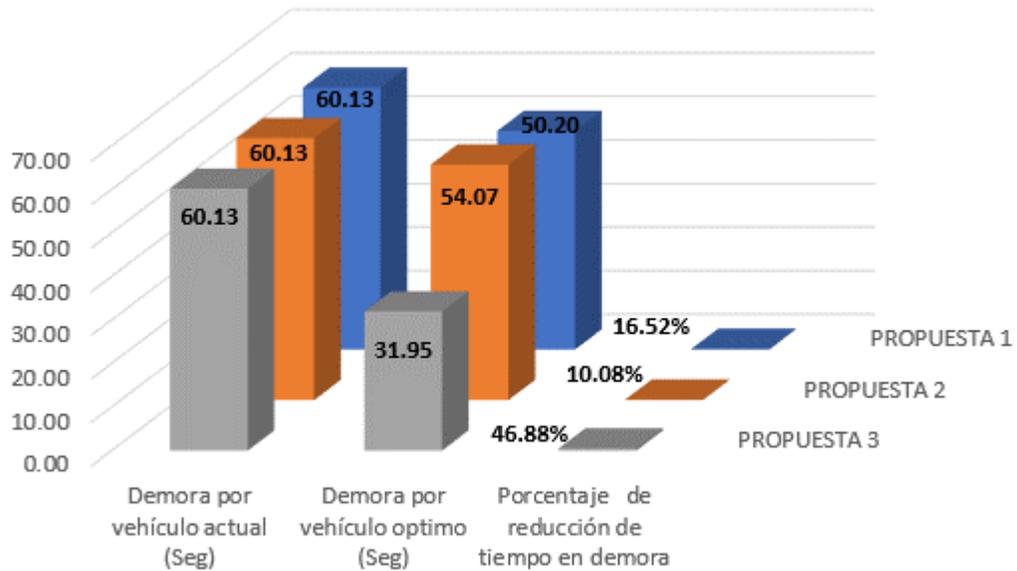
Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Tabla 47. Resultados de estudio de tráfico propuesta 3.**

PROPUESTA 3		
Demora por vehículo actual (Seg)	Demora por vehículo propuesta (Seg)	Reducción de tiempo por demora (%)
60.13	31.95	46.88%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Figura 87. Gráfica de los resultados del estudio de tráfico.**



Fuente: Elaboración propia, 2022.

## Nivel de Servicio Actual

H.3 La identificación de los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permite que se identifique el nivel de servicio “E” y se mejore obteniendo un nivel de servicio “C”.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que, con el procesamiento de los datos obtenidos, las fórmulas brindadas por el manual HCM y el software Vissim 9, se observa que el nivel de servicio actual de la intersección es “E” y al aplicar la propuesta 3, se logra obtener un nivel de servicio “C” como lo muestra la Tabla 48. (Tabla 49).

**Tabla 48.** *Comparación de la situación actual y propuesta 3.*

	SITUACION ACTUAL	PROPUESTA 3
Nivel de servicio	E	C
Demora (seg)	60.13	31.95

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Tabla 49. Contrastación de Hipótesis Específica 3.**

HIPÓTESIS PLANTEADA	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
H.3: La identificación de los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permite que se identifique el nivel de servicio "E" y se mejore a un nivel de servicio "C".	*Manual de capacidad de carreteras (HCM) *Software Vissim 9	Se obtuvo de forma teórica y a través de la simulación que el nivel de servicio actual es nivel "E" y luego de la simulación de las propuestas, resulta que la propuesta 3 (a nivel no convencional DLT) logra un nivel de servicio "C".	La hipótesis es válida ya que se comprobó que con la propuesta 3 se logra mejorar notablemente el nivel de servicio de la intersección.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### **Modelamiento con software Vissim 9**

H.4 El modelamiento con el software Vissim 9 determina que en la propuesta a nivel no convencional (propuesta 3) se logra reducir la longitud de cola, una mayor capacidad vehicular en la intersección y mejorar el nivel de servicio con respecto a la situación actual de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.

Comentario:

La hipótesis es válida ya que, con el modelamiento de la tercera propuesta a nivel no convencional (propuesta DLT) se pudo evidenciar que la reducción de longitud de cola es de 36.58 m, la capacidad vehicular del cruce se incrementa en un 7.18% y el nivel de servicio logra una mejora en 2 niveles de servicio volviéndose un nivel "C" como lo muestra la Tabla 50. (Tabla 51).

**Tabla 50.** Comparación de la situación actual y propuesta 3.

	SITUACION ACTUAL	PROPUESTA 3
Longitud de cola (m)	72.31	35.73
Mejora	36.58 m	
Capacidad vehicular	7102.00	7651.00
Porcentaje de mejora	7.18%	
Nivel de servicio	E	C
Mejora	2 niveles	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

**Tabla 51.** Contrastación de Hipótesis Específica 4.

HIPÓTESIS PLANTEADA	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
H.4: El modelamiento con el software Vissim 9 determina que en la propuesta a nivel no convencional se produce una reducción de cola, mayor capacidad y un mejor nivel de servicio en comparación a la situación actual de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	Software Vissim 9	Se obtuvo una reducción de cola de 36.58 ml, se incrementó la capacidad vehicular de la intersección en un 7.18 % con respecto a la situación actual y el nivel de servicio, logró una mejora de 2 niveles volviéndose nivel "C".	La hipótesis es válida ya que con el modelamiento de la propuesta 3, a nivel no convencional (DLT), se comprobó la reducción de cola, el incremento en la capacidad vehicular y la mejora del nivel de servicio.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

## **6.2 Contratación de Antecedentes**

### **6.2.1 Antecedente Nacional**

En la Tesis “Propuesta para mejorar los niveles de servicio en dos intersecciones de la Av. Simón Bolívar comprendidas entre las Avenidas José de San Martín y Paso de los Andes – Pueblo Libre”. Se planteó como objetivo principal el proponer una solución para la congestión vehicular, mejorando los niveles de servicio actuales mediante un adecuado modelamiento mesoscópico que permita aligerar el flujo vehicular. Las intersecciones de estudio fueron dos, la primera es la Avenida Simón Bolívar con la Avenida San Martín y la segunda es la Avenida Simón Bolívar con la Avenida Paso de los Andes. Se realizaron aforos vehiculares en ambas intersecciones y el nivel de servicio se halló por la relación  $v/c$  (volumen capacidad), metodología brindada por el Manual de Capacidad de Carreteras 2010 y la simulación se realizó con el software Synchro 10. Finalmente, se concluyó que no bastaba con la optimización del ciclo semafórico para mejorar el nivel de servicio “F” de las intersecciones y, por ende, se eligió a la propuesta número 4 de un total de 4 propuestas que incluía la eliminación de giros a la izquierda desde todos los carriles y se habilita el último carril para dicho giro, esta propuesta obtuvo un nivel de servicio “D” en ambas intersecciones. (Tabla 52).

**Tabla 52. Contratación de Antecedente Nacional.**

ANTECEDENTE NACIONAL	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
Propuesta para mejorar los niveles de servicio en dos intersecciones de la Av. Simón Bolívar comprendidas entre las Avenidas José de San Martín y Paso de los Andes - Pueblo Libre.	* Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010) * Software Synchro 10	<b>Eliminación del giro a la izquierda desde todos los carriles y habilitación del último carril para dicho giro</b> En la intersección 1 se obtuvo un nivel de servicio "D" con una demora aproximada de 38 segundos y para la intersección 2, un nivel de servicio "D" con una demora aproximada de 41 segundos.	La semaforización de ambas intersecciones debe estar en constante mantenimiento y los estudios de tráfico y aforos vehiculares deben de ser constantemente actualizados.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

### 6.2.2 Antecedente Internacional

En la Tesis “Efecto de la condición de la superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio aplicando la metodología HCM, en la vía Zhud-Biblián”. Se planteó como objetivo principal el analizar el impacto de tráfico generado en la intersección entre la Av. Simón Bolívar & Juan Bautista Aguirre, mediante la creación de un modelo de micro simulación para plantear posibles soluciones que permita disminuir la accidentabilidad. La intersección de estudio fue la Avenida Simón Bolívar y Juan Bautista Aguirre que genera gran congestión vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito. Se analizó mediante la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM, 2010) y la simulación se realizó a través del software PTV Vissim que fue determinante para descartar posibles soluciones como la mejora de la semaforización entre otras. Se identificaron 4 alternativas, luego se realizó el análisis de los factores que implican el nivel de servicio y descartar 2 posibles soluciones, se procedió a analizar los costos que implicarían las 2 alternativas (3 y 4). Finalmente se concluyó que

la alternativa 4 (ejecución de un paso a desnivel deprimido) es la mejor solución al tráfico ya que pasa de un nivel de servicio "F" a un nivel "B". (Tabla 53).

**Tabla 53.** *Contrastación de Antecedente Internacional.*

ANTECEDENTE INTERNACIONAL	MÉTODOS APLICADOS	RESULTADOS OBTENIDOS	OBSERVACIONES
<p>Micro Simulación del Tráfico Actual y Alternativas de Solución de la Intersección en la Av. Simón Bolívar &amp; Juan Bautista Aguirre Aplicando el Software PTV Vissim.</p>	<p>*Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) *Software PTV Vissim</p>	<p><b>Ejecución de un paso a desnivel deprimido.</b> La intersección pasó de un nivel de servicio "F" a un nivel "B" superando, en todos los factores que implica el nivel de servicio, a las otras 3 propuestas.</p>	<p>Los conteos vehiculares deben realizarse bien con videograbaciones o con un equipo de trabajo para garantizar una buena recolección de datos y la simulación debe realizarse lo más real posible considerando las cotas de nivel de la intersección y así obtener los resultados más aproximados en cuanto a valores de consumo de combustible, entre otros.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

## CONCLUSIONES

1. Las 3 propuestas planteadas mejoran el nivel de servicio de la intersección ya que la propuesta 1 (a nivel con cambio en la semaforización) y la propuesta 2 (a desnivel) logran una mejora del nivel de servicio pasando a ser un nivel "D" y la propuesta 3 (a nivel no convencional) logra una mejora a un nivel "C".
2. El vuelo con vehículo aéreo no tripulado proporcionó el diseño de la intersección: la Av. Canadá en sentido E-O cuenta con 5 carriles antes de cruzar la intersección y luego al cruzar disminuyen a 4 carriles, la Av. Canadá en sentido O-E cuenta con 4 carriles, la Av. Nicolás Arriola cuenta con 3 carriles en la vía principal y 2 auxiliares en ambas direcciones. Además, mostró las maniobras que se realizan actualmente en la intersección.
3. El estudio de tráfico mostró que la máxima demanda de la intersección es de 7102 vehículos y que el horario de máxima demanda es de 5:30 pm a 6:30 pm.
4. El nivel de servicio de la Avenida Canadá dirección Este-Oeste es nivel "F" con una demora de 85.93 segundos, mientras que en la dirección Oeste-Este, el nivel de servicio es "F" con una demora de 123.23 segundos. En la Avenida Nicolás Arriola dirección Norte-Sur el nivel de servicio es "E" con una demora de 67.64 segundos y en la dirección Sur-Norte, el nivel de servicio es "E" con una demora de 72.60 segundos, siendo el nivel de servicio actual "E" de la intersección.
5. El modelamiento con el software Vissim 9 mostró que en la propuesta a nivel no convencional la longitud de cola se reduce en un 50.59%, la capacidad en un 7.18% y el nivel de servicio sube 2 niveles en comparación a la situación actual.

## RECOMENDACIONES

1. Ampliar la presente investigación y elaborar un presupuesto para la propuesta 3 (DLT) ya que muestra una mejora significativa en el tránsito vehicular de la intersección.
2. Realizar el vuelo con dron en la hora de máxima demanda hallada en la presente investigación para la obtención de imágenes reales del congestionamiento vehicular en la intersección de estudio.
3. En futuros proyectos, considerar la realización del estudio de tráfico para las vías destinadas a los vehículos no motorizados.
4. Las universidades del Perú deben incorporar en la malla curricular cursos relacionados a la ingeniería de tránsito ya que no es una rama muy desarrollada en el país y muestra de ello son las pocas soluciones que se le da al congestionamiento vehicular que tiene la ciudad de Lima y el escaso mantenimiento que tienen las vías de tránsito.
5. Se recomienda a las municipalidades tener en cuenta las propuestas elaboradas en la presente investigación, implementar cámaras de videovigilancia y aplicar sanciones que minimicen las malas prácticas de los conductores.
6. Actualizar los manuales peruanos sobre ingeniería de tránsito y tomar en cuenta manuales de otros países como el de Colombia o Estados Unidos, entre otros.

## ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>Anexo N° 1.</b> Matriz de Consistencia.	142
<b>Anexo N° 2.</b> Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010.	143
<b>Anexo N° 3.</b> Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014.	144
<b>Anexo N° 4.</b> Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018.	145
<b>Anexo N° 5.</b> Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.	146
<b>Anexo N° 6.</b> Aforos vehiculares en la intersección (30 min).	147
<b>Anexo N° 7.</b> Intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola: Situación Actual.	149
<b>Anexo N° 8.</b> Intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola: Intersección a Nivel No Convencional.	150



Anexo N° 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROPUESTA DE SOLUCIÓN VIAL PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO DEL CRUCE DE LAS AVENIDAS CANADÁ Y NICOLÁS ARRIOLA DISTRITO DE LA VICTORIA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA

Aldave Robles, Liseth María

Elaborado por:

Chávez Cantera, Alexandra Ariana

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICE	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			Diseño
¿Cómo influye la propuesta de solución vial en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola en la mejora del nivel de servicio?	Proponer una solución vial en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola para la mejora del nivel de servicio.	La propuesta de solución vial con la simulación a través del software Vissim 9 permite la mejora del nivel de servicio del cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	Propuesta de Solución Vial	Vuelo aéreo con vehículo no tripulado	Volumen de Tránsito	Tipo de Investigación: Aplicada
				Estudio de Tráfico		Enfoque de Investigación: Cuantitativo
				Niveles de Servicio Actuales		Diseño de Investigación: Experimental
				Modelamiento Software Vissim 9		Nivel de Investigación: Descriptivo y explicativo
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis específicos	Variable Dependiente			Muestra
¿Cuál es la influencia del vuelo con vehículo aéreo no tripulado en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola?	Determinar la influencia del vuelo con vehículo aéreo no tripulado en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	El vuelo con vehículo aéreo no tripulado determina el diseño de las vías de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permitiendo realizar modificaciones para la mejora del nivel de servicio.	Mejora del Nivel de Servicio	Semaforización	Demora por Control	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población: Intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola en el distrito de la Victoria.</li> <li>• Muestra: Aforo vehicular de 7102 vehículos.</li> </ul>
¿Cuál es la importancia del estudio de tráfico en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola?	Realizar el estudio de tráfico en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	El estudio de tráfico determina la cantidad de vehículos que transitan por el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola mejorando los niveles de servicio al calcular y reducir los tiempos de demora al cruzar la intersección.		Tiempo de Recorrido		
¿Cuáles son los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola?	Identificar los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.	La identificación de los niveles de servicio actuales de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola permite que se identifique el nivel de servicio "E" y se mejore obteniendo un nivel de servicio "C".		Diseño Geométrico de las Vías		
¿Cómo realizar el modelamiento del tránsito vehicular en el cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola?	Ejecutar el modelamiento del tránsito vehicular del cruce de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola con ayuda del software Vissim 9.	El modelamiento con el software Vissim 9 determina que en la propuesta a nivel no convencional se logra reducir la longitud de cola, una mayor capacidad vehicular en la intersección y mejorar el nivel de servicio con respecto a la situación actual de la intersección de las Avenidas Canadá y Nicolás Arriola.		Señalización		
						Instrumentos
						<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contador Manual.</li> <li>- Cronómetro.</li> <li>- Dron.</li> <li>- Software Vissim 9.</li> <li>- Excel.</li> <li>- AutoCad.</li> </ul>

Anexo N° 2. Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010.

Manuel Romana  
Miguel Nuñez  
Juan Miguel Martínez  
Rafael Díez de Arizaleta

# MANUAL de CAPACIDAD de CARRETERAS HCM 2010

 FC  
EDITORIAL

Anexo N° 3. Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014.



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

# MANUAL DE CARRETERAS

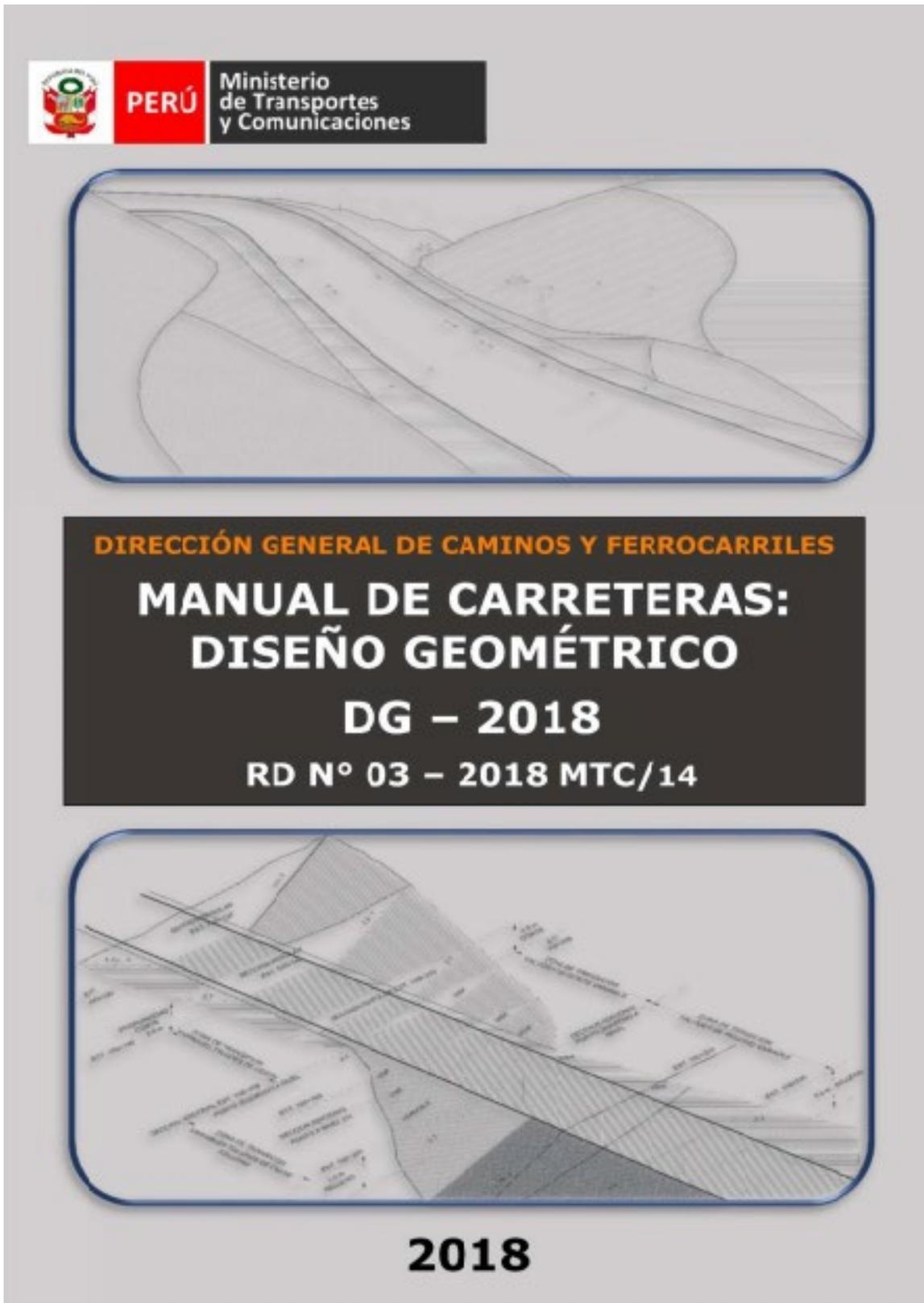
## DISEÑO GEOMÉTRICO

### DG-2014



**Revisada y Corregida a Octubre 2014**

Anexo N° 4. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018.



**Anexo N° 5.** Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.



Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles



# MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRANSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS



Edición Mayo 2016



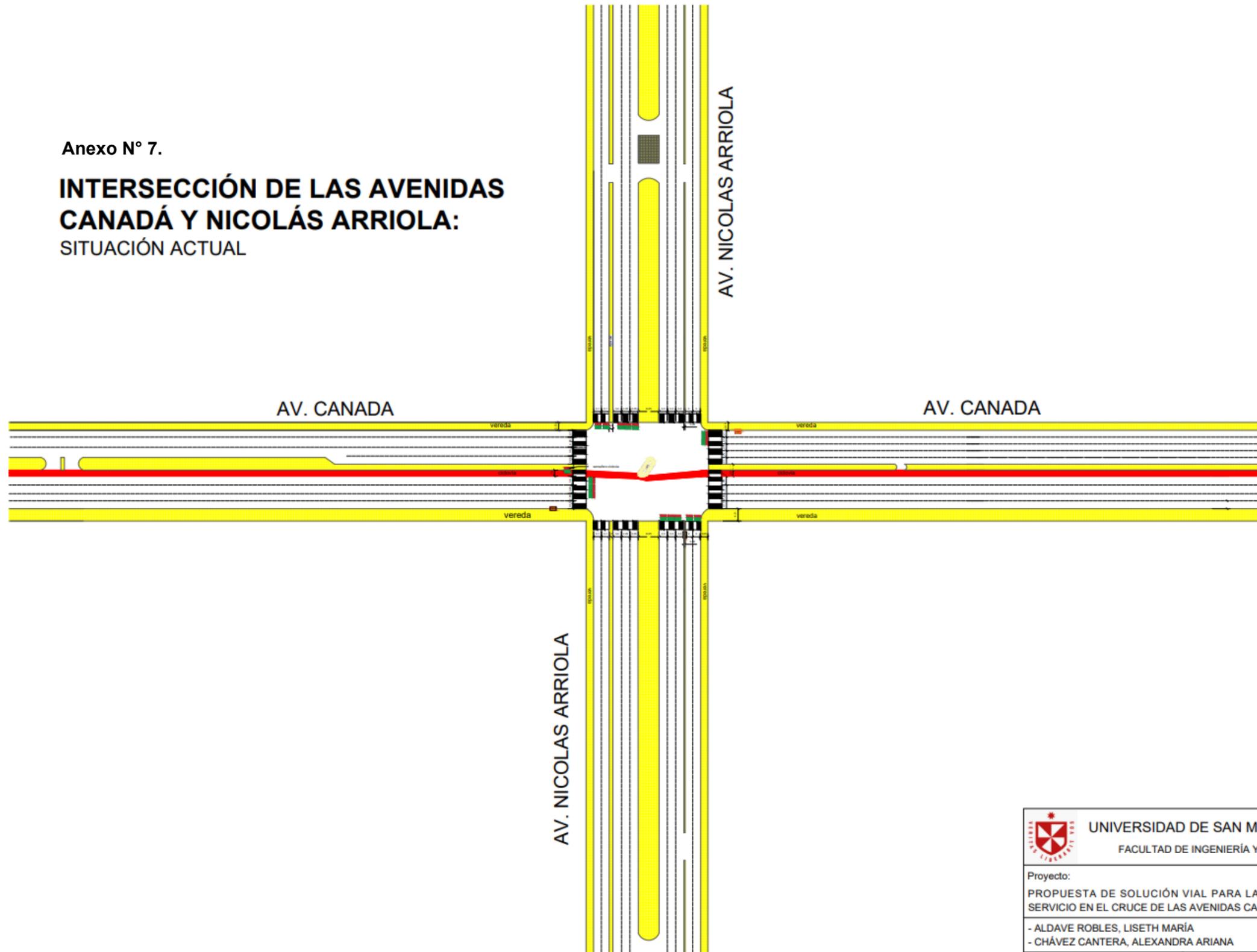


UBICACIÓN: AVENIDA CANADÁ CRUCE CON AVENIDA NICOLÁS ARRIOLA																																																		
OESTE - ESTE																																																		
HORAS DE CONTROL		18/04/2022						19/04/2022						20/04/2022						21/04/2022						22/04/2022						23/04/2022						24/04/2022												
INICIO	FIN	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOTO S	T	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMION ETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMION ETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMION ETA	COMBI	MICRO	V.PES ADDO	MOTO S	T
07:00	07:30	346	36	23	55	20	33	513	355	35	23	57	19	35	523	364	34	22	58	18	37	533	349	35	22	56	19	36	516	230	39	25	6	18	13	331	306	10	20	50	16	24	426	315	9	20	52	15	26	436
07:30	08:00	464	38	13	24	28	20	587	558	35	13	22	20	20	667	652	31	12	20	12	20	747	565	33	12	20	16	20	666	300	36	14	5	13	23	391	424	12	10	19	24	11	500	518	9	10	17	16	11	580
08:00	08:30	528	34	24	57	36	32	711	566	37	24	65	31	42	763.5	804	40	24	72	25	51	816	559	39	24	67	28	46	763	410	31	18	6	18	13	496	488	8	21	52	32	23	624	526	11	21	60	27	33	677
08:30	09:00	595	32	28	55	46	51	807	597	34	32	63	46	52	822.5	599	35	35	71	46	52	838	585	34	33	66	46	52	816	458	31	19	7	15	26	556	555	6	25	50	42	42	720	557	8	29	58	42	43	736
09:00	09:30	576	38	29	70	30	54	797	573	40	28	73	36	56	805	569	41	26	76	42	58	812	550	40	27	74	39	57	786	497	31	13	5	23	31	600	536	12	26	65	26	45	710	533	14	25	68	32	47	718
09:30	10:00	676	40	27	63	27	49	882	659	40	28	67	41	58	891.5	641	39	29	70	55	67	901	844	39	29	67	48	63	889	475	39	19	6	18	37	594	636	14	24	58	23	40	795	619	14	25	62	37	49	805
10:00	10:30	634	42	18	55	33	55	837	640	38.5	27	59	41.5	50.5	856.5	646	35	36	63	50	46	876	635	37	32	60	46	48	857	501	34	20	6	22	36	619	594	16	15	50	29	46	750	600	13	24	54	38	42	770
10:30	11:00	681	49	16	55	29	57	887	677	48	16	55	46.5	48.5	890.5	672	47	16	55	64	40	894	672	48	16	54	55	44	889	548	36	15	5	31	45	680	641	23	13	50	25	48	800	637	22	13	50	43	40	804
11:00	11:30	736	46	24	54	36	51	947	734	47	22.5	57.5	41.5	62	964.5	732	48	21	61	47	73	982	735	48	22	58	44	68	974	565	37	23	6	24	43	698	696	20	21	49	32	42	860	694	21	20	53	38	53	878
11:30	12:00	703	30	27	66	49	52	927	690	36	25.5	60	53.5	67	932	677	42	24	54	58	62	937	678	39	25	66	56	75	928	514	36	5	7	20	49	631	663	4	24	61	45	43	840	650	10	23	55	50	58	845
12:00	12:30	723	31	33	67	29	54	937	737	36.5	37	66.5	47.5	64	988	750	42	41	66	66	74	1039	773	39	39	65	67	69	1042	538	38	15	8	45	44	688	683	5	30	62	25	45	850	697	11	34	62	44	55	901
12:30	13:00	840	44	23	54	52	69	882	846	42.5	27	50	57.5	65.5	888.5	652	41	31	46	63	62	895	889	42	29	47	60	64	931	513	33	21	8	36	33	644	600	18	20	49	48	60	795	606	17	24	45	54	57	802
13:00	13:30	836	50	18	53	19	71	1047	798	45.5	35	49.5	48	77.5	1053	759	41	52	46	77	84	1059	765	43	44	47	63	81	1042	471	35	38	8	42	35	629	796	24	15	48	15	62	960	758	20	32	45	44	69	966
13:30	14:00	874	41	38	52	44	61	1110	871	41	44	48	58	71	1132	867	41	49	44	72	81	1154	863	41	46	45	65	76	1136	397	42	24	8	39	41	551	834	15	35	47	40	52	1023	831	15	41	43	54	62	1045
14:00	14:30	856	45	27	53	74	32	887	835	45	35	44	73	61	892	614	45	43	35	71	89	897	620	45	39	39	72	75	889	416	36	27	8	41	25	553	616	19	24	48	70	23	800	595	19	32	39	69	62	805
14:30	15:00	704	36	26	54	69	43	932	680	38	33	48	73	65	935.5	655	39	40	42	77	86	939	666	38	37	44	75	75	935	391	35	23	8	44	45	546	664	10	23	49	65	34	845	640	12	30	43	69	56	849
15:00	15:30	732	37	29	52	49	79	978	720	37	40	44	56	62	85	978	37	51	35	62	85	978	717	37	46	38	59	84	977	412	40	30	8	41	29	560	692	11	26	47	45	70	891	680	11	37	39	62	73	891
15:30	16:00	701	40	24	50	43	72	932	673	46	42	44	54	78	934.5	644	51	59	38	64	81	937	655	48	50	40	59	79	931	422	40	32	8	35	33	570	661	14	21	45	39	65	845	633	29	39	50	69	848	
16:00	16:30	865	28	36	44	42	74	1087	812	37	49	44	60	88	1089.5	758	46	42	44	78	104	1092	717	42	56	43	69	96	1086	458	33	22	7	46	21	587	825	2	33	39	38	63	1000	772	11	46	39	56	79	1003
16:30	17:00	859	34	37	43	42	73	1088	821	47	56	44	54	76	1096	783	59	75	44	65	78	1104	799	53	66	43	59	77	1096	467	32	27	8	28	28	590	819	8	34	38	38	64	1001	781	21	53	39	50	67	1009
17:00	17:30	891	35	29	54	44	73	1086	804	45	49	45	56	90	1097	55	68	35	67	107	1088	790	50	58	39	81	99	1097	508	38	18	8	28	25	625	811	9	26	49	40	64	999	764	19	46	40	52	81	1000	
17:30	18:00	819	42	33	52	38	59	1143	868	49	52	49	50	80	1145	813	55	70	46	62	101	1147	841	52	61	47	56	91	1146	548	38	23	9	34	19	671	879	16	30	47	34	50	1056	828	23	49	44	46	71	1058
18:00	18:30	1034	28	34	53	29	61	1239	980	37	58	45	46	76	1240.5	925	46	82	36	62	91	1242	952	40	70	39	54	84	1240	526	51	28	8	26	29	668	994	2	31	48	25	52	1152	840	11	55	40	42	67	1154
18:30	19:00	805	30	38	30	28	59	1090	870	39	60	32	41	68	1108.5	834	48	82	34	53	76	1127	841	44	71	32	47	72	1106	540	33	22	6	20	21	644	865	4	35	25	24	50	1003	830	13	57	27	37	59	1022
19:00	19:30	733	35	18	25	33	63	907	713	38	35	24	36	71	917	693	41	52	23	39	79	927	699	40	44	23	38	75	917	441	31	20	10	23	26	551	693	9	15	20	29	54	820	673	12	32	19	32	62	830
19:30	20:00	663	40	20	20	19	54	816	700	38	27	20	25	61	869	736	36	33	20	30	67	922	671	37	30	19	27	64	848	360	31	8	7	16	24	446	623	14	17	15	15	45	729	660	12	24	15	21	52	782

UBICACIÓN: AVENIDA CANADÁ CRUCE CON AVENIDA NICOLÁS ARRIOLA																																																		
ESTE - OESTE																																																		
HORAS DE CONTROL		18/04/2022						19/04/2022						20/04/2022						21/04/2022						22/04/2022						23/04/2022						24/04/2022												
INICIO	FIN	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOTO S	T	AUT OS	CAMIO NETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMION ETA	COM BI	MIC RO	V.PES ADDO	MOT OS	T	AUT OS	CAMION ETA	COMBI	MICRO	V.PES ADDO	MOTO S	T							
07:00	07:30	341	31	16	54	43	32	517	350	32	16	55	43	34	529	329	35	24	55	54	35	532	481	36	12	55	39	35	657	204	35	25	6	15	10	295	301	5	13	49	39	23	430	310	6	13	50	39	25	442
07:30	08:00	511	44	24	66	42	51	738	437	42	24	52	42	46	643	422	47	35	37	43	41	625	525	41	24	37	48	41	718	310	30	14	5	10	20	389	471	18	21	61	38	42	651	397	16	21	47	38	37	556
08:00	08:30	547	50	27	67	42	54	787	476	46	27	66	42	45	702	436	48	26	65	65	35	675	573	43	33	65	46	35	795	405	31	18	6	12	11	483	507	24	24	62	38									

Anexo N° 7.

# INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS CANADÁ Y NICOLÁS ARRIOLA: SITUACIÓN ACTUAL



		UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES	
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
Proyecto:			
PROPUESTA DE SOLUCIÓN VIAL PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO EN EL CRUCE DE LAS AVENIDAS CANADÁ Y NICOLÁS ARRIOLA			
- ALDAVE ROBLES, LISETH MARÍA		N° Lámina:	
- CHÁVEZ CANTERA, ALEXANDRA ARIANA		P - 01	
Fecha: JUNIO 2022	Escala: 1/500		

Anexo N° 8.

# INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS CANADÁ Y NICOLÁS ARRIOLA: INTERSECCIÓN A NIVEL NO CONVENCIONAL



	UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES	
	FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA	
Proyecto:		
PROPUESTA DE SOLUCIÓN VIAL PARA LA MEJORA DEL NIVEL DE SERVICIO EN EL CRUCE DE LAS AVENIDAS CANADÁ Y NICOLÁS ARRIOLA		
- ALDAVE ROBLES, LISETH MARÍA		N° Lámina:
- CHÁVEZ CANTERA, ALEXANDRA ARIANA		
Fecha: JUNIO 2022	Escala: 1/500	<b>P - 02</b>

## REFERENCIAS

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2005). Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. [https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/16-03-2020/7.\\_manual\\_de\\_planeacion\\_y\\_diseno\\_para\\_la\\_administracion.pdf](https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/16-03-2020/7._manual_de_planeacion_y_diseno_para_la_administracion.pdf)

Asociación Automotriz del Perú (2022). Informe del Sector Automotor abril 2022. <https://aap.org.pe/informes-estadisticos/abril-2022/Informe-Abril-2022.pdf>

Ávila, R. (2018, septiembre). Parque automotor en Lima es cada vez más obsoleto y contaminante. Revista Tinta Verde. <http://www.revistatintaverde.com/medio-ambiente/parque-automotor-en-lima-es-cada-vez-mas-obsoleto-y-contaminante/>

Belloti, M. (2019). *Vissim 8, Uso Y Aplicación en una Intersección Urbana: Avenida Pablo Ricchieri, Bernardo O`Higgins Y Celso Barrios*. Repositorio Digital Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/12702/ITF%20Mariana%20Belloti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Brito, C., & Torres, L. (2017). Efecto de la condición de la superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio aplicando la metodología HCM, en la vía Zhud – Biblián. Tesis de maestría. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28411>

Cabieses, G. (2019, Julio 26). Guillermo Cabieses: Contra el tráfico. Diario Gestión. <https://gestion.pe/opinion/guillermo-cabieses-trafico-274286-noticia/?ref=gesr>

Carrera, L., & Maldonado, E. (2019). Diagnóstico del Estado Actual de la Intersección Avenida Ciudad de Cali con Avenida La Esperanza con el Uso del Programa Vissim. Tesis de Grado. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25936/1/Diagnostico%20AK%2086%20X%20AC%2024%20Biblioteca.pdf>

Cerquera, F. (2007). Capacidad y niveles de servicio de la infraestructura vial – Texto técnico de la Escuela Ingeniería de Transporte y Vías. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1222>

Chacón, J. (2018). Determinación del nivel de servicio en las Av. Ferrocarril, Av. Mariscal Castilla y Av. Torrechayoc de la ciudad de Urubamba. Tesis de Grado. Universidad Andina del Cusco. <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1849>

Cisterna, C. (2020). Propuesta de intercambio vial a desnivel en la intersección av. Néstor Gambetta y av. Carlos Izaguirre para disminuir la congestión vehicular. Tesis de Grado. Repositorio Académico USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/6802>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2003). Congestión del Tránsito. El problema y cómo enfrentarlo. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/6/S0301049\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27813/6/S0301049_es.pdf)

Estrada, L., & Rodríguez, L. (2017). Propuesta para mejorar los niveles de servicio en dos intersecciones de la Av. Simón Bolívar, comprendidas entre las avenidas José de San Martín y Paso de Los Andes – Pueblo Libre. Tesis de Grado. Repositorio Académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624577>

Fernández, R. & Dextre, J. (2011). Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/173103>

Granda, C., & Martínez, I. (2017). Análisis de Tráfico en las Principales Intersecciones del Área de Influencia de la Universidad del Azuay. Trabajo de Grado.

Repositorio Institucional Universidad del Azuay.  
<https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7071>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2013). Análisis de la Densidad Empresarial.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1178/cap05.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1178/cap05.pdf)

Jagannathan, R., Hughes, W. & Bared, J. (2009). *A New Left Turn. Public Roads Magazine, Vol. 73 No.1.* <https://highways.dot.gov/public-roads/julaug-2009/new-left-turn>

López, E. (2014). Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo. Trabajo de Grado. Repositorio Académico Universidad Nacional de Trujillo. <https://docplayer.es/22975189-Universidad-nacional-de-trujillo-facultad-de-ciencias-fisicas-y-matematicas-escuela-academico-profesional-de-informatica.html>

López, L., & Medina, C. (2018). Propuesta de mejora en los niveles de servicio del óvalo José quiñones empleando el software vissim 7.0. Tesis de Grado. Repositorio Académico Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624597/MEDINA\\_MC\\_Y\\_LOPEZ\\_BL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624597/MEDINA_MC_Y_LOPEZ_BL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mapa de Lima. (2018). Mapa de los distritos de Lima Metropolitana. <https://www.mapadelima.com/mapa-de-distritos-de-lima/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). Índice Medio Diario Anual. [http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/#:~:text=El%20Índice%20Medio%20Diario%20Semanal%20\(IMDS\)%20se%20obtiene%20a%20partir,red%20vial%20durante%207%20días.&text=∑Vi%20%2F%207-,Donde%3A,7%20días%20de%20conteo%20volumétrico](http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/#:~:text=El%20Índice%20Medio%20Diario%20Semanal%20(IMDS)%20se%20obtiene%20a%20partir,red%20vial%20durante%207%20días.&text=∑Vi%20%2F%207-,Donde%3A,7%20días%20de%20conteo%20volumétrico)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3730.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3730.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras Diseño Geométrico. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Diseño%20Geometrico%20DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Diseño%20Geometrico%20DG-2018.pdf)

Montoya, G. (2005, noviembre). Ingeniería de Tránsito. Universidad Nacional de Ingeniería. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/apuntes-ingenieria-de-transito.pdf>

Municipalidad de La Victoria. (2008). Plano de Zonificación del distrito de La Victoria. <https://web.munilavictoria.gob.pe/mlv/municipalidad?id=32>

Muñoz, C. (2018). Micro Simulación del Tráfico Actual y Alternativas de Solución de la Intersección en la Av. Simón Bolívar & Juan Bautista Aguirre aplicando el Software PTV Vissim. Tesis de Grado. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/13920/T-ESPE-057552.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PTV Group. (2022). Modelado de simulación del movimiento de transporte. [https://tadviser.com/index.php/Product:PTV\\_Vissim](https://tadviser.com/index.php/Product:PTV_Vissim)

Pulido, P., & Gómez, M. (2018). Evaluación de la Capacidad y Nivel de Servicio de la Glorieta ubicada en la Calle 63 con Carrera 50 en Bogotá D.C. – Colombia por Medio de Métodos No Convencionales. Tesis de Grado. Repositorio Institucional Universidad La Gran Colombia.

[https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5316/Evaluación\\_capacidad\\_nivel\\_servicio\\_glorieta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5316/Evaluación_capacidad_nivel_servicio_glorieta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Salazar, L., Solis, J., & Rosales, J. (2018). Causas de la congestión de tránsito en Lima Centro y sus consecuencias sobre la salud y el medio ambiente. Unidad de Investigación y Desarrollo de la FIIS de la Universidad Nacional Federico Villarreal. [http://www.unfv.edu.pe/facultades/fiis/images/oficinas/unidad\\_investigacion/INVESTIGACION\\_2019/MIERCOLES8/FIIS\\_IF2018\\_SALAZAR\\_BRAVO\\_CAROLINA.pdf](http://www.unfv.edu.pe/facultades/fiis/images/oficinas/unidad_investigacion/INVESTIGACION_2019/MIERCOLES8/FIIS_IF2018_SALAZAR_BRAVO_CAROLINA.pdf)

Scientific Electronic Library Online. (2010). Análisis de los factores de ajuste por utilización de carril en intersecciones semaforizadas de Bogotá D. C. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v30n1/v30n1a01.pdf>

Scribd. (2015). Curso Básico de Vissim. <https://es.scribd.com/document/405080396/Curso-Vissim-Basico-pdf>

TomTom Traffic. (2021). Lima Traffic. [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/lima-traffic/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/lima-traffic/)

Transportation Research Board. (2010). Highway Capacity Manual 2010. [https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway\\_capacital\\_manual.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf)

TV Perú. (2018, mayo 20). Estos son los 12 distritos de Lima donde se genera tráfico vehicular a cualquier hora. <https://www.tvperu.gob.pe/noticias/locales/estos-son-los-12-distritos-de-lima-donde-se-genera-trafico-vehicular-a-cualquier-hora#:~:text=Se%20trata%20de%20las%20jurisdicciones,Santa%20Anita%20y%20La%20Victoria.>

Vega, Z. (2018). Análisis de la Capacidad y Niveles de Servicio de las vías de ingreso a la ciudad de Cajamarca pertenecientes a la Red Vial Nacional. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1834/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vértiz, J., & Ramón, V. (2020). Propuesta de mejora de niveles de servicio en la intersección vial entre la carretera Panamericana Sur km 37.5 y el puente Arica en la ciudad de Lima. Tesis de Grado. Repositorio Académico Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648867>