



# UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

## FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Cambio de geometría y módulo de dirección  
vehicular para reducir la congestión vial en las  
intersecciones

### TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

### AUTORES

Medina Ordoñez, Lucero Eleane  
ORCID: 0000-0002-4108-7574

Ramirez Rojas, Renzo Alfredo  
ORCID: 0000-0001-7499-9951

### ASESOR

Arévalo Lay, Víctor Eleuterio  
ORCID: 0000-0002-2518-8201

**Lima, Perú**

**2022**

## **Metadatos Complementarios**

### **Datos del autor(es)**

Medina Ordoñez, Lucero Eleane

DNI: 72744555

Ramirez Rojas, Renzo Alfredo

DNI: 72635022

### **Datos de asesor**

Arévalo Lay, Víctor Eleuterio

DNI: 04434662

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel

DNI: 31615059

ORCID: 0000-0002-4568-9759

JURADO 2

Huamán Guerrero, Néstor Wilfredo

DNI: 10281360

ORCID: 0000-0002-7722-8711

JURADO 3

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 02.01.01

Código del Programa: 732016

## RESUMEN

Uno de los mayores problemas de Lima en la actualidad es la congestión vehicular producto del continuo crecimiento demográfico, el centralismo financiero, la falta de planificación urbanística y el crecimiento sostenible del parque automotor. El presente trabajo se centra en el análisis de tráfico usando un modelo de microscópico en una intersección del distrito de San Borja. Se empleará el software VISSIM con la finalidad de crear un modelo de micro simulación que nos permitirá evaluar las condiciones actuales, así como plantear los mecanismos de mejora que permitan mejorar las condiciones del nivel de servicio.

El proyecto consta de los siguientes pasos: alcance del proyecto, propósito y la zona a desarrollarse. Inicialmente se describirá claramente las necesidades del proyecto considerando la data recolectada para luego obtener los datos de geometría de intersección, las demandas existentes, las señales de control, los tiempos de viaje peatonales y vehiculares, etc. Con los datos obtenidos desarrollaremos el modelo y procederemos a realizar la calibración de los parámetros individuales que representan las condiciones de tráfico a ser validadas. En el proyecto se plantearon tres propuestas, la primera consiste en un rediseño geométrico, la segunda en un cambio del módulo de dirección y la tercera una variación en el módulo de dirección para la ciclovía. En todas las propuestas se ha podido verificar que se produce una mejora en el tiempo de espera, pero con la segunda propuesta se observa un menor tiempo de servicio.

**Palabras Claves:** Congestión vehicular, VISSIM, mejoramiento, tiempo de servicio, tráfico y simulación.

## **ABSTRACT**

One of the biggest problems in Lima today is vehicular congestion as a result of continuous demographic growth, financial centralism, the lack of urban planning and the sustainable growth of the vehicle fleet. The present work focuses on the traffic analysis using a microscopic model at an intersection in the district of San Borja. The VISSIM software will be used in order to create a micro-simulation model that will allow us to evaluate the current conditions, as well as propose improvement mechanisms that allow improving the conditions of the service level.

The project consists of the following steps: scope of the project, purpose and the area to be developed. Initially, the needs of the project will be clearly described considering the data collected to later obtain the intersection geometry data, the existing demands, the control signals, the pedestrian and vehicular travel times, etc. With the data obtained, we will develop the model and proceed to calibrate the individual parameters that represent the traffic conditions to be validated. Three proposals were proposed in the project, the first consists of a geometric redesign, the second in a change of the address module and the third a variation in the address module for the cycle path. In all the proposals it has been possible to verify that there is an improvement in the waiting time, but with the second proposal a shorter service time is observed.

Keywords: Vehicle congestion, VISSIM, improvement, service time, traffic and simulation.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi bisabuela, mis padres y hermanos quienes me brindaron consejos y constante apoyo a lo largo de mis años de estudio.

Lucero Eleane Medina Ordoñez

Esta tesis está dedicada a todos mis seres amados; y en especial a mi abuelo Juan Rojas, quien impulso mi vocación a esta carrera con su apoyo y sabiduría.

Renzo Ramirez Rojas

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Lucero Medina y Renzo Ramirez

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos .....	1
1.2. Problema general .....	3
1.3. Problemas específicos.....	3
1.4. Objetivo general.....	3
1.5. Objetivos Específicos .....	3
1.6. Delimitación de la investigación .....	4
1.6.1. Espacial .....	4
1.6.2. Temporal .....	5
1.6.3. Temática.....	6
1.7. Justificación e importancia .....	6
1.7.1. Social .....	6
1.7.2. Económico .....	7
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1. Antecedentes del estudio de investigación .....	9
2.1.1. Investigaciones Nacionales.....	9
2.1.2. Investigaciones internacionales .....	11
2.2. Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio .....	14
2.2.1. Intersecciones.....	14
2.2.2. Diseño geométrico de intersecciones.....	15
2.2.3. Elementos de control de intersecciones a nivel .....	18
2.2.4. Cambio de geometría .....	25
2.2.5. Niveles de servicio.....	30
2.2.6. Software VISSIM .....	33
2.2.7. Definición de términos.....	35
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS</b> .....	<b>37</b>
3.1. Hipótesis .....	37
3.1.1. Hipótesis principal .....	37
3.1.2. Hipótesis secundarias.....	37

3.2.	Variables .....	37
3.2.1.	Definición conceptual de las variables .....	37
3.2.2.	Operacionalización de las variables.....	39
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>40</b>
4.1.	Tipo y nivel.....	40
4.2.	Diseño de investigación .....	40
4.3.	Población de muestra .....	40
4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	40
4.5.	Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	41
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS.....</b>		<b>42</b>
5.1.	Diagnóstico de la intersección .....	42
5.1.1.	Flujo Vehicular .....	42
5.2.	Construcción del modelo .....	50
5.2.1.	Links y conectores .....	50
5.2.2.	Composición Vehicular y peatonal.....	57
5.2.3.	Datos de entrada.....	59
5.2.4.	Signal Control (Módulo de dirección).....	61
5.2.5.	Áreas de conflicto .....	63
5.3.	Verificación y calibración del modelo.....	64
5.3.1.	Verificación del modelo.....	64
5.3.2.	Propuesta de mejora geométrica .....	65
5.4.	Simulación de tráfico mediante el software PTV VISSIM y Análisis .....	66
5.4.1.	Escenario cambio de geometría .....	70
5.4.2.	Escenario cambio de módulo de dirección .....	72
5.4.3.	Escenario módulo de dirección para ciclovía .....	74
5.5.	Contrastación de hipótesis .....	77
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>80</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Ranking de cogestión mundial 2021” .....	1
Tabla 2 "Tipos de intersección a nivel" .....	16
Tabla 3 “Valores según Caso II” .....	27
Tabla 4 "Niveles de Servicio" .....	31
Tabla 5 "Parámetros de Wiedemann 74" .....	35
Tabla 6 “Matriz de Operacionalización” .....	39
Tabla 7 “Estudio de Tráfico – E-01” .....	43
Tabla 8 “Estudio de Tráfico – E-02” .....	45
Tabla 9 “Estudio de Tráfico – E-03” .....	46
Tabla 10 "Estudio de Tráfico E-O" .....	48
Tabla 11 "N° de carriles, ancho de carril y dirección para creación de Links" .....	50
Tabla 12 “Nivel de servicio por volumen situación actual” .....	50
Tabla 13 “Carril de giro a la izquierda" .....	66
Tabla 14 "Resultados de nivel de servicio actual" .....	70
Tabla 15 "Resultados de nivel de servicio Propuesta 1" .....	72
Tabla 16 "Resultados de nivel de servicio Propuesta 2" .....	74
Tabla 17 "Resultados de nivel de servicio Propuesta 3" .....	76

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 “Intersección de Av. San Luis con Av. San Borja Norte” .....	2
Figura 2 : "Mapa de sectores - San Borja" .....	4
Figura 3 “Rango de Horario Horas Pico” .....	5
Figura 4 “Mapa de Intersección de San Luis con San Borja Norte” .....	7
Figura 5 “Mapa de comercio – San Borja”.....	8
Figura 6 "Clasificación Vehicular" .....	15
Figura 7 "Tipos de Intersección a nivel" .....	16
Figura 8 “Concepto de modelación con regla de prioridades” .....	17
Figura 9 "Tipo de intersecciones a desnivel" .....	18
Figura 10 "Ejemplos de señales reguladoras" .....	20
Figura 11 "Ejemplo de señales preventivas" .....	20
Figura 12 "Ejemplo de señales informativa" .....	21
Figura 13 "Señalamiento horizontal" .....	21
Figura 14 "Ejemplo de soporte de semáforo tipo poste" .....	23
Figura 15 “Ejemplo de configuración de cabeza de semáforos”.....	23
Figura 16 "Esquema de intersección tipo rotonda" .....	25
Figura 17 “Carril de deceleración Caso I”.....	26
Figura 18 “Carril de deceleración Caso II” .....	26
Figura 19 “Carril central de deceleración” .....	27
Figura 20 “Long. de carriles de deceleración ( $i=0/V_c = 50$ a $80$ km/h” .....	28
Figura 21 “Long. de carriles de deceleración ( $i=0/V_c=90$ a $120$ Km/h”.....	28
Figura 22 "Intersec. en “T” y en “+“, para giros a la izquierda y de cruce" .....	29
Figura 23 "Mejora la congestión vehicular en Latinoamérica”.....	32
Figura 24 "Ejemplo de intersección modelada por VISSIM" .....	33
Figura 25 "Representación de los cuatro bloques de construcción.".....	34
Figura 26 “Flujo vehicular por estación” .....	42
Figura 27 "Gráfico de flujo vehicular N° a S° por horario" .....	43
Figura 28 "Gráfico flujo vehicular N° a S° semanal".....	44
Figura 29 "Gráfico de composición Tráfico Av. San Luis N a S" .....	44
Figura 30 "Gráfico de flujo vehicular S° a N° por horario" .....	45
Figura 31 "Gráfico flujo vehicular S° a N° semanal" .....	46
Figura 32 "Gráfico de flujo vehicular O° a E° por horario" .....	47
Figura 33 "Gráfico flujo vehicular O° a E° semanal" .....	47

Figura 34 "Gráfico de flujo vehicular E° a O° por horario" .....	48
Figura 35 "Gráfico flujo vehicular E° a O° semanal" .....	49
Figura 36 "Gráfico de composición Tráfico Av. San Borja E a O" .....	49
Figura 37 "Cuadro de creación de Tramo Av. San Luis".....	51
Figura 38 "Creación de Tramo Av. San Luis " .....	51
Figura 39 " Cuadro de creación de Tramo Av. San Borja Norte" .....	52
Figura 40 " Creación de Tramo Av. San Borja Norte".....	52
Figura 41 " Carriles conectores en el modelo Norte a Este" .....	53
Figura 42 " Cuadro de edición de conector NE en el modelo".....	53
Figura 43 " Carriles conectores en el modelo Sur a Oeste".....	54
Figura 44 " Cuadro de edición de conector SO en el modelo".....	54
Figura 45 " Cuadro de creación de Tramo Ciclovía" .....	55
Figura 46 " Creación de Tramo Ciclovía".....	55
Figura 47 " Cuadro de creación de Vías Peatonales" .....	56
Figura 48 " Creación de Tramos Peatonales".....	56
Figura 49 "Composición Vehicular Av. San Luis" .....	57
Figura 50 "Composición Vehicular Av. San Borja Norte" .....	57
Figura 51 "Composición Vehicular Carriles de Giros" .....	58
Figura 52 "Composición Vehicular Vías Peatonales" .....	58
Figura 53 "Composición Vehicular Ciclovías" .....	58
Figura 54 "Ingreso de Volumen vehicular Av. San Luis/Av. San Borja Norte" .....	59
Figura 55 "Asignación de ruta estática vehicular – Giro NE".....	60
Figura 56 "Asignación de ruta estática vehicular – Flujo NS" .....	60
Figura 57 "Asignación de ruta estática vehicular – Giro NO" .....	61
Figura 58 "Asignación de ruta estática vehicular – Giro NO" .....	61
Figura 59 "Creación de módulos de dirección" .....	62
Figura 60 "Distribución de intervalos semafóricos por cada fase" .....	62
Figura 61 "Áreas de conflicto del modelo" .....	63
Figura 62 "Ejemplo de designación de prioridad en Áreas de conflicto" .....	64
Figura 63 "Esquema carril de giro a la izquierda".....	65
Figura 64 "Creación de Área de análisis de Intersección" .....	67
Figura 65 "Cuadro de edición de análisis de Intersección" .....	67
Figura 66 "Cuadro de tramos con análisis de Tiempo" .....	68
Figura 67 "Cuadro de edición de parámetros de Evaluación" .....	68

Figura 68 "Cuadro de edición de parámetros de Simulación" .....	69
Figura 69 "Simulación Propuesta 1 - Horario 7:45" .....	71
Figura 70 "Promedio de tiempo de viaje por N° de veh. en la Propuesta 1" .....	71
Figura 71 "Simulación Propuesta 2 - Horario 7:45" .....	73
Figura 72 "Promedio de tiempo de viaje por N° de veh. en la Propuesta 2" .....	73
Figura 73 "Simulación Propuesta 3 - Horario 7:45" .....	75
Figura 74 "Promedio de tiempo de viaje por N° de veh. en la Propuesta 3" .....	75

## INTRODUCCIÓN

La congestión vehicular es un problema considerable en Lima en los últimos años, esto se refleja en el crecimiento demográfico continuo, el centralismo financiero, la escasa planificación urbanística y el crecimiento sostenido del parque automotor. Las entidades responsables, como la Municipalidad de Lima, optan por el aumento de infraestructura vial que sea capaz de soportar este crecimiento; más bien, estos intentos no son adecuados y generan el aumento del parque vehicular. Todo ello, se traduce en largas colas y tiempos de espera por parte de los conductores que se ven agobiados por la demora en sus trayectos. Por lo anterior, se plantea el uso adecuado de un modelo de micro simulación, para replicar los patrones de tráfico, así como el comportamiento del conductor limeño en una intersección ubicada en San Borja, en el cruce entre la avenida San Borja Norte y el Avenida San Luis.

El presente trabajo se centra en el análisis de tráfico usando un modelo de microscópico en una intersección del distrito de San Borja. Se empleará el software VISSIM con la finalidad de crear un modelo de micro simulación que nos permitirá evaluar las condiciones actuales, así como plantear los mecanismos de mejora que permitan mejorar las condiciones del nivel de servicio. De las tres propuestas, la primera consiste en un rediseño geométrico, la segunda en un cambio del módulo de dirección y la tercera una variación en el módulo de dirección para la ciclovía. En todas las propuestas se ha podido verificar que se produce una mejora en el tiempo de espera, pero con la segunda propuesta se observa un menor tiempo de servicio.

# CAPITULO I

## 1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos

A nivel global, la problemática de congestión es muy común en las grandes urbes debido a la proliferación de la población y la necesidad de los medios de transporte vehiculares. Esto trae consigo una necesidad de planificación de servicio vehicular por parte de la ingeniería de tránsito, la cual tiene como función, en estos casos, la disminución de los índices de congestión mediante el manejo de indicaciones viales como las señalizaciones, o mediante los módulos de dirección tales como los semáforos y constante estudio de sus umbrales de intervalos.

Con todos estos esfuerzos, nuestra posición como ciudad, no ha mejorado. Por lo cual pertenecemos en el puesto 2 de ciudad con más congestión en América, y dentro de las 20 principales ciudades con mayor congestión en todo el mundo.

Tabla 1  
“Ranking de congestión mundial 2021”

TOMTOM		Traffic Index 2021		
#	World rank	City	Country	Congestion level   Diff to 2020
1	4	Bogota	Colombia	55% ↑ 2%p
2	19	Lima	Peru	42% - 0%p
3	24	Recife	Brazil	40% ↑ 3%p
4	26	Santiago	Chile	39% ↑ 8%p
5	28	Mexico City	Mexico	38% ↑ 2%p
6	39	Rio de Janeiro	Brazil	36% ↑ 4%p
7	43	New York	United States of America	35% ↑ 9%p
8	53	Vancouver	Canada	33% ↑ 3%p
9	59	Los Angeles	United States of America	33% ↑ 6%p
10	67	Buenos Aires	Argentina	31% ↑ 7%p

Fuente: TOMTOM TRAFFIC INDEX – (2021)

Las demoras suelen ser causadas por diversos aparatos de control del tránsito cuando se restringe el movimiento vehicular y el mismo flujo de vehículos en situaciones de flujo continuo. En primer lugar, los diversos tipos de semáforos, al igual que las señales de “alto” y “ceda el paso” tienden a producir interrupciones en un viaje regular. En el segundo lugar, se tienen retrasos periódicos sucedidos corriente arriba de los conocidos “cuellos de botella” durante las mismas horas del día, y los retrasos no periódicos generados de incidentes (como son accidentes o vehículos descompuestos) o también cierres eventuales de una calzada o un carril.

En el sector que realizaremos la investigación se trata del distrito de San Borja, específicamente de la intersección de la avenida San Luis con San Borja Norte. Dado al plan urbano distrital de estrategias de desarrollo urbano, propuestas por el distrito de San Borja, tenemos la información de la problemática de giro a la izquierda en todas direcciones.



*Figura 1 “Intersección de Av. San Luis con Av. San Borja Norte”*

Fuente: Elaboración Propia

Junto a esto, también está la nula fluidez de la ciclovía establecida sin pases de módulos de dirección inteligentes con función para pase y alto de bicicletas. Esto empeora en las horas de mayor uso de las vías de la intersección y expone a los usuarios a estas condiciones.

## **1.2. Problema general**

¿En qué medida el cambio de geometría y módulo de dirección mejora el nivel de servicio vehicular en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte utilizando software PTV VISSIM?

## **1.3. Problemas específicos**

- a) ¿En qué medida el cambio de geometría mejora el nivel de servicio vehicular aplicando el software PTV VISSIM en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte?
- b) ¿En qué medida el cambio de módulo de dirección mejora el nivel de servicio vehicular en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte utilizando software PTV VISSIM?
- c) ¿En qué medida la mejora de la ciclovía mejora el nivel de servicio en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte utilizando software PTV VISSIM?

## **1.4. Objetivo general**

Proponer el cambio de geometría y módulo de dirección para mejorar el nivel de servicio vehicular en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte utilizando software PTV VISSIM.

## **1.5. Objetivos Específicos**

- a) Proponer el cambio de geometría para mejorar el nivel de servicio vehicular aplicando el software PTV VISSIM en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte.
- b) Proponer el cambio del módulo de dirección para mejorar el nivel de servicio vehicular aplicando el software PTV VISSIM en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte.
- c) Proponer el módulo de dirección de la ciclovía para mejorar el nivel de servicio en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte utilizando el software PTV VISSIM.

## 1.6. Delimitación de la investigación

### 1.6.1. Espacial

Para dicha problemática, utilizaremos un mapa de sectores de la municipalidad de San Borja donde se limitará la zona de trabajo de los sectores 03, 04 y 07. Toda esta delimitación se enfocará en la viabilidad del flujo norte de dicha intersección. Esto nos dará un límite en las variables a interceder en dicho problema, las cuales nos permitirá dar un enfoque más acertado a dicha investigación.

La intersección proviene desde el sector comercial (Norte), hasta el sector residencial/social (Sur) y desde oeste a este se comprende la línea vecinal netamente residencial y de ciclismo.



Figura 2 : "Mapa de sectores - San Borja"

Fuente: Municipalidad de San Borja

## 1.6.2. Temporal

Según el TEC Corporation, que es una empresa especializada en el tránsito que ha sido contratada para la instalación de semáforos y ha realizado el montaje de más de la mitad de estos en Lima, así como se muestra en la siguiente imagen.

De la imagen podemos decir que el horario de horas pico en la ciudad de Lima ha ido incrementándose en tres intervalos principales de tiempo: en la mañana de 7 a.m. y 9 a.m. se extendió de las 6:30 a.m. hasta las 9:30 a.m., al medio día solía ser de 1 p.m. a 2 p.m. se amplió a las 12:30 p.m. hasta las 2:30 y en la tarde era de 6 p.m. a 8 p.m. se amplió a las 5 p.m. hasta las 9 p.m., por consiguiente, podemos observar que afecta la calidad de vida de las personas.

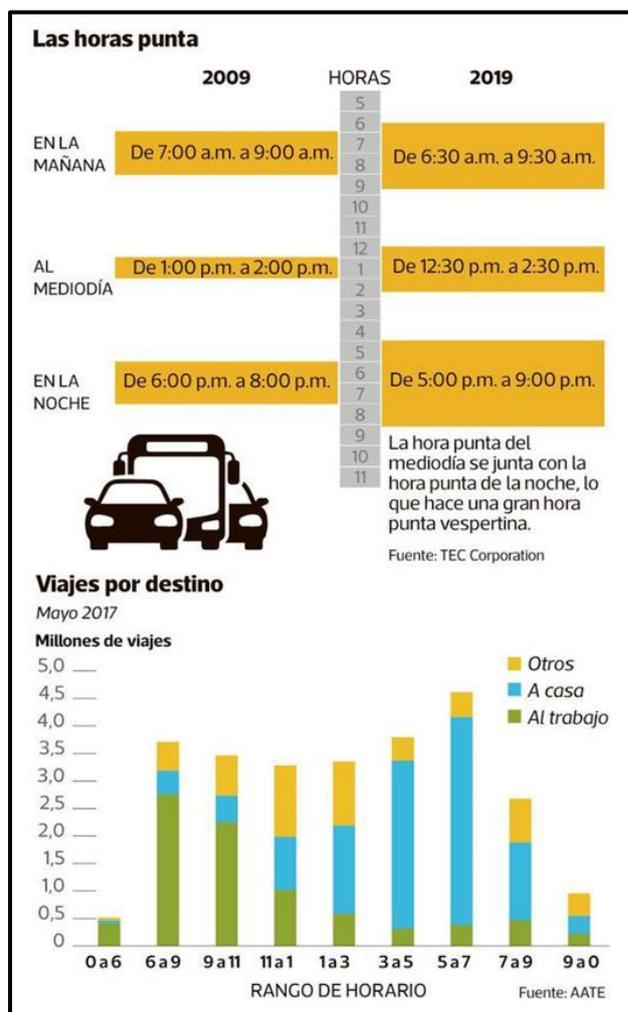


Figura 3 "Rango de Horario Horas Pico"  
 Fuente: TEC Corporation

Esta medida en el tiempo nos da un ambiente en el cual se puede estudiar de mejor manera el flujo vehicular en momentos de alto tránsito, que es donde nuestra problemática se da.

### **1.6.3. Temática**

Debido a que esta investigación se produce en el ámbito del transporte, se entiende por análisis de esta para determinar las limitaciones a esta tales como el nivel de servicio en el cual se determina la finalidad de la investigación. Esta estará mejor definida en el marco teórico, sin embargo, se define en esta limitante como la sensación del público a reacción a esta problemática en dicha intersección. Ya sea mediante los peatones como principalmente los conductores. También es necesario mencionar que en el Perú no existe una normativa orientada al Diseño Geométrico en Vías Urbanas que cuente con parámetros definidos a utilizar, por lo que en nuestro caso se procedió a utilizar la normativa de Colombia.

## **1.7. Justificación e importancia**

El presente trabajo está orientado al mejoramiento del actual nivel de servicio en la intersección de la Avenida San Luis con la Avenida San Borja Norte por lo cual mediante el uso del PTV Vissim realizaremos micro simulaciones del tráfico para poder evaluar las condiciones existentes y proponer soluciones de mejora ya sea mediante un cambio de geometría, así como de mejoras en la semaforización.

### **1.7.1. Social**

La investigación tiene la finalidad de evaluar las condiciones del tráfico evaluadas en las condiciones de alto tránsito en la intersección de la Avenida San Luis con la Avenida San Borja Norte, en el distrito de San Borja. También cabe mencionar que la intersección es semaforizada y cuenta con carriles preferenciales de giro además de la presencia de una ciclovía que cruza la Avenida San Borja.

Cabe mencionar que en la intersección existen problemas de volteo en todas las direcciones y por lo tanto buscamos proponer una propuesta de mejora que logre mejorar las condiciones de servicio y satisfaga a la población.

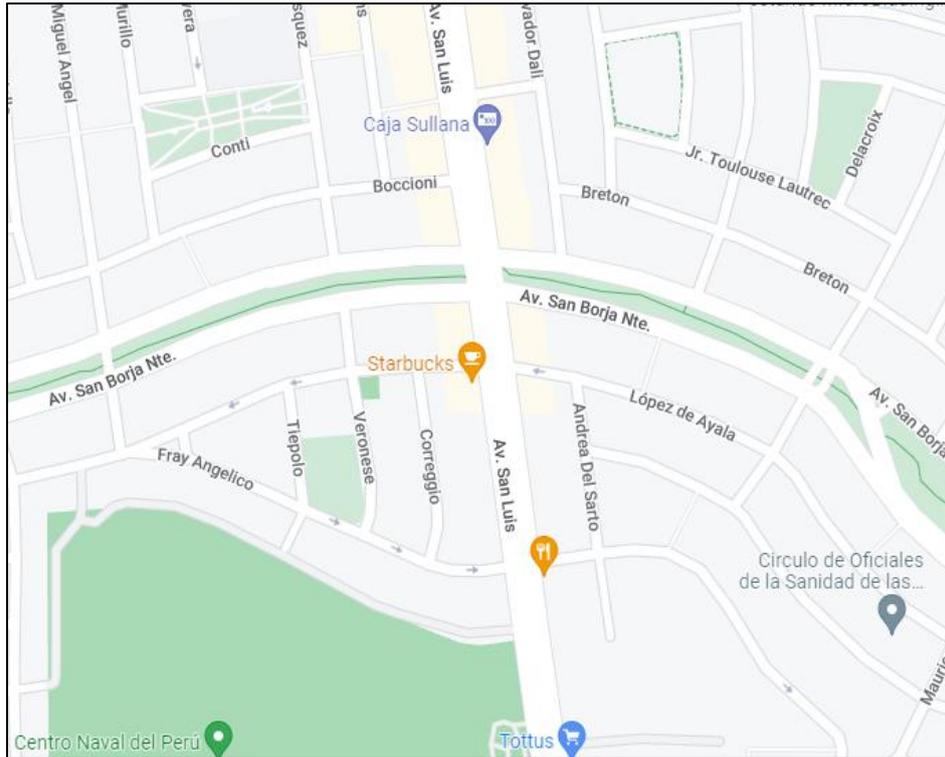


Figura 4 “Mapa de Intersección de San Luis con San Borja Norte”  
Fuente: Google Maps 2022

### 1.7.2. Económico

Tanto la problemática expuesta como sus factores están sujetos al aumento de uso de dichas vías por la necesidad de puntos estratégicos de comercio para la zona. Dicho esto, se puede demostrar con la información provista por la Municipalidad distrital de San Borja.

Toda la zona norte de la intersección es provista de comercio, por lo cual se entiende como restricciones para el libre flujo vehicular tales como descarga de materiales, herramientas, estacionamiento de clientes, salida y entrada de inquilinos en las residencias aledañas, etc.

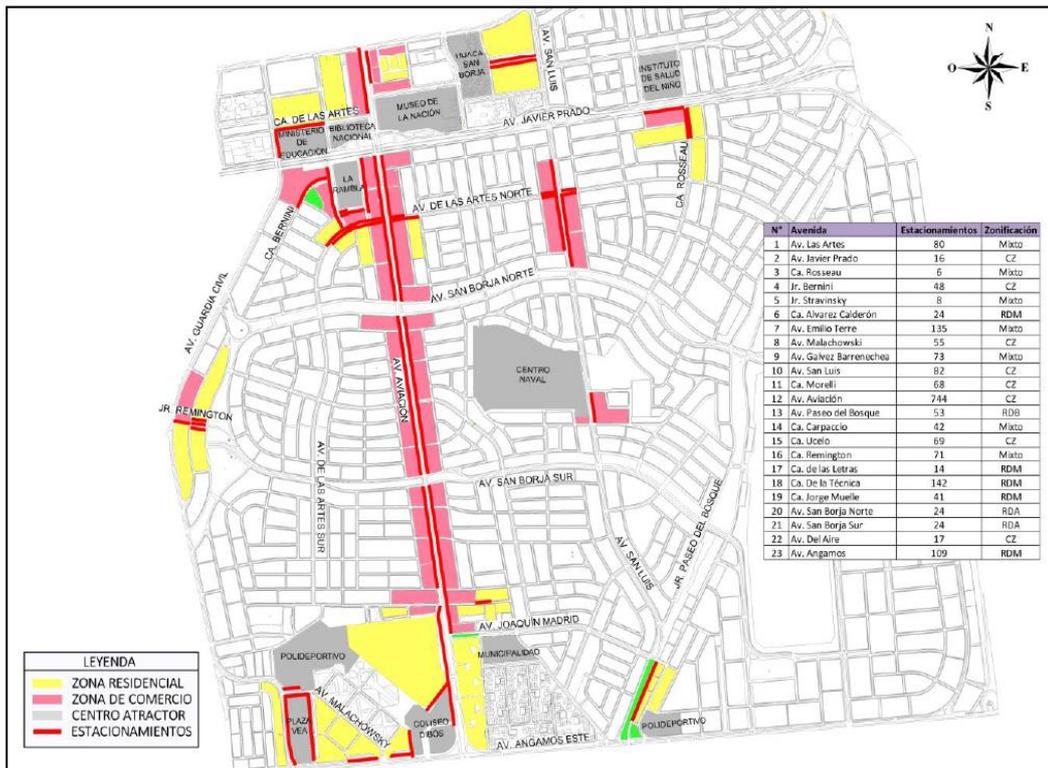


Figura 5 “Mapa de comercio – San Borja”  
Fuente: Plan Urbano Distrital de San Borja 2020 – 2030

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes del estudio de investigación**

#### **2.1.1. Investigaciones Nacionales**

Salazar Solano, César Joao (2018) en su tesis de pregrado titulada “Análisis por micro simulación de la intersección entre la Av. Brasil y el Jr. General Borgoño empleando Vissim 8”, manifiesta que un problema importante de Lima es la congestión vehicular debido al centralismo financiero, crecimiento demográfico, crecimiento del parque automotor y la falta de planificación urbanística. El proyecto se encuentra ubicado en la intersección del distrito de Jesús María, de modo que mediante un modelo microscópico se puede analizar los desplazamientos de todos los modos de transporte empleando el software VISSIM y VISWALK 8.0, creando una micro simulación que representa efectivamente la realidad y en búsqueda de una mejora en la intersección con la reducción en el tiempo de viaje vehicular y peatonal.

Inicialmente consta del alcance del proyecto, las necesidades a considerar en la recolección y procesamiento de datos. Posteriormente, con los datos de entrada como son la geometría de intersección, demandas existentes, señales de control, datos de calibración y validación obtenidos se procede a desarrollar un modelo donde los parámetros iniciales son ajustados de manera que se proceda con el análisis de alternativas y soluciones a través de tres medidas de efectividad para verificar la existencia de errores. Los parámetros individuales de la calibración deben ser validados a partir de los datos de campo de manera que se proceda al análisis de alternativas como la velocidad, la demora y las longitudes.

Finalmente, teniendo en cuenta los resultados se plantearon dos alternativas de mejora, una de ellas consiste en la aplicación de un rediseño geométrico mientras que la otra consiste en un cambio semafórico. Por lo tanto, mediante el software Vissim 8.0 para rediseñar la intersección en beneficio de los usuarios variación positiva de los parámetros de eficiencia se logró un incremento de velocidad promedio por los móviles en 30%, una reducción de la demora promedio del 65% y un acortamiento de la

longitud de la cola vehicular de 28 a 15 metros. En conclusión, podemos decir que con ayuda del software es posible rediseñar e incrementar la eficiencia de los usuarios.

Arguedas Bernal, Carlos Alberto & Mosqueira Grosso, Roberth Enrique (2018) en su tesis de pregrado titulado “Propuesta de solución integral en la Av. del Aire entre las avenidas Aviación, San Luis y Rosa Toro, mediante un análisis de la congestión vehicular aplicando la metodología HCM 2010”, nos permitirá analizar las condiciones de la congestión vehicular de la Av. Del Aire entre las Avenidas Aviación, San Luis y Rosa Toro, con el propósito de proponer una solución integral a la congestión vehicular y obtener la mejora de los niveles de servicio en el área de estudio.

Inicialmente se describe el problema, los objetivos, el alcance y limitaciones del proyecto. A continuación, nos centraremos en el marco teórico que se centra en varios conceptos relacionados a flujo de tránsito que serán necesarios al realizar la tesis. Luego como parte de la metodología de la investigación se verificará los conceptos del Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010). Por último, con la data obtenida con respecto a los aforos en zonas, los tiempos de semáforos y las características geométricas de las vías e intersecciones para realizar los cálculos para que se determine el nivel de servicio en cada una de las intersecciones y que mediante el software Synchro Traffic ese realiza un modelado. Finalmente se propone una solución que se acerque a la realidad del estudio mediante diversas simulaciones del software Synchro Traffic que nos muestre que se mejora los niveles de servicio, así como facilita el uso de los usuarios con las optimizaciones.

Sanchez Cruz, Luis Alberto (2019) en su tesis de pregrado titulado “Evaluación y mejora de tres intersecciones de la Avenida Canadá utilizando herramienta de micro simulación de tráfico” nos dice que para identificar las condiciones de circulación se realizará la micro simulación

de tráfico de las intersecciones en la Av. Canadá con la Avenida Aviación, Avenida San Luis y Avenida de la Arqueología en el Distrito de San Luis, utilizando el software Vissim 10 para obtener una representación de las condiciones actuales de circulación a partir de la recolección y procesamiento de los datos de campo como flujo vehicular, peatonal, las condiciones geométricas de vía, etc.

Inicialmente comenzaremos con la formulación de la problemática en base a un objetivo, definición de la hipótesis y la metodología empleada que precisa el tipo de investigación, así como definición de las variables, instrumentos de investigación, de donde se tomarán las muestras y los procedimientos de recolección de datos.

A continuación, se abordará el marco teórico, el cual se centra en los antecedentes y en la teoría requerida para el desarrollo del proyecto al revisar diferente documentación y bibliografía relacionada con los conceptos de micro simulación y transporte urbano. Luego nos centraremos en los fundamentos del software, así como se realiza el proceso de las micro simulaciones comenzando de la recolección de datos hasta adquirir el reporte de los parámetros de efectividad teniendo en cuenta que las intersecciones serán evaluadas en condiciones de alto nivel de servicio.

De esta manera, se realizará la evaluación y análisis de los resultados obtenidos para así se puedan presentar las conclusiones y recomendaciones. Además de que se incluirá el presupuesto de los recursos, presupuesto económico, presupuesto tecnológico, presupuesto de infraestructura, presupuesto de investigación de micro simulación de las intersecciones de la Avenida Canadá con las Avenidas Aviación, San Luis y de la Arqueología en el Distrito de San Luis.

### **2.1.2. Investigaciones internacionales**

Riquetti Morales, Juan Pablo & Pinos Mata, Víctor Fernando (2016) en su tesis de Magíster en Tránsito y Transporte y Seguridad Vial titulado “Diseño de intersecciones en vías urbanas” manifiesta que el sistema de operación existente trabaja por encima de capacidad para ser capaz de

satisfacer la demanda lo que origina problemas de tránsito. Nos centraremos en este caso, en el embotellamiento de la ciudad de Cuenca que se considera se relaciona con: diferentes tipos de vehículos circulando en la misma vía como son los automóviles, autobuses, camiones, motocicletas y bicicletas; la superposición del tránsito motorizado en vías inadecuadas que se relaciona con el trazado de vías existentes que puedan ser muy angostas o sin acero suficiente; la falta de planificación del tránsito; el papel del automóvil como una necesidad pública y la falta de acción por parte del Gobierno y el usuario en el caso de las legislaciones y reglamentos así como la falta de educación vial del conductor, pasajero y peatón.

La presente tesis propone que en los elementos de mejora para un desplazamiento urbano del usuario está orientada en tres elementos: La ingeniería de tránsito; la educación vial y; la legislación y el control de tránsito. Se estudiarán tres grandes grupos de intersecciones utilizadas en el diseño de vías urbanas.

El objetivo de este trabajo es, contar con una guía que permita identificar el tipo de intersección a elegir, de acuerdo con los parámetros analizados para cada caso. Para cada grupo de intersecciones, se da a conocer la definición, los tipos que se consideran, las especificaciones técnicas de diseño y su ámbito de aplicación. El primer capítulo contiene, intersecciones convencionales a nivel, en cual se detallan las diversas soluciones a emplear, tales como: intersecciones sin sistemas de regulación, como son las intersecciones en “T” e intersecciones de cuatro ramales o las intersecciones semaforizadas. El segundo capítulo contiene, intersecciones giratorias, que considera: intersecciones giratorias con diámetro inferior a cuatro metros; intersecciones giratorias dobles; intersecciones giratorias a diferente nivel; intersecciones giratorias partidas; e intersecciones giratorias semaforizadas. El tercer capítulo contiene, intersecciones a distinto nivel, dentro de este tipo tenemos: intersecciones de tres ramales tipo “Y” y “T” e intersecciones de cuatro ramales.

Parrado Méndez, Albert Fabián & García Home, Andrés Mauricio (2017) en su tesis de pregrado titulado “Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá”, nos dice que el propósito desarrollar una posible solución con respecto al problema de movilidad vial en la ciudad de Mosquera y Funza, departamento de Cundinamarca y el cómo se comunica con la ciudad de Bogotá por el sur occidente, con una propuesta de diseño geométrico vial.

De la zona de estudio podemos decir que se produce bastante congestión producto del saturado parque automotor, incremento poblacional y expansión geográfica. La saturación del servicio guarda relación a qué Funza es una zona altamente industrializada con un gran movimiento de carga, para lo cual cabe mencionar que el desplazamiento de los camiones se realiza por una vía inadecuada, es por este motivo que la propuesta de mejora del diseño geométrico vehicular nos permitirá definir un tipo de vía alterna que garantizará la comodidad del usuario.

Con ayuda del software AutoCAD Civil 3D 2016 realizamos el diseño de la vía basándonos en la normatividad del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) tomando en cuenta que se debe realizar previamente un estudio social, económico, hidrológico y de suelos de la zona mencionada.

Tomando en consideración que la ciudad de Mosquera también es un área industrial se elaborarán diferentes posibilidades en el mejoramiento del trazado de la zona que buscan beneficiar a la población y se evalúan bajo efectos de comodidad y fluidez con el software, generando perfiles de nivel y un Modelo Digital del Terreno (MDT) en el que se por el costo del proyecto se escogerá el que menor cantidad de movimientos de tierra realice.

Ortega Guaricela, Hugo Esteban (2017) en su tesis de maestría en construcción civil titulada “Evaluación de la capacidad en rotondas, en función de la optimización de su diseño geométrico basado en un aumento de la seguridad. Caso de estudio cuenca” en el que se desarrolla el caso de la ciudad de Cuenca ubicado en Ecuador. Cabe mencionar que el estudio

tiene como fin un análisis comparativo de cinco manuales de diseño geométrico para rotondas en áreas urbanas. Tenemos que considerar que no existe una norma vigente de diseño geométrico para las rotondas que se muestra en la construcción de intersecciones heterogéneas con fallas en la operación y la seguridad.

En la ciudad de Cuenca las rotondas, al ser puntos críticos para el tráfico son dispuestos en la intersección de carreteras primarias. Se analizaron parámetros que nos permitirán disminuir la congestión vehicular, así como homogeneizar la velocidad de circulación y el impacto que tiene en el medio. Con los parámetros definidos se rediseño dos intersecciones, observándose una mejoría del 60% al 90% en los parámetros de diseño y una reducción potencial de la velocidad de desplazamiento generada por el incremento de la deflexión.

Producto del rediseño se observó un aumento en la capacidad de servicio que redujo las demoras, así como el riesgo y la gravedad de accidentes, buscando reducir el efecto en la calidad del diseño futuro y afianzando la seguridad vial del país.

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

### **2.2.1. Intersecciones**

Es parte de la red vial urbana que incluye el área donde se encuentran dos o más flujos vehiculares donde se produce un movimiento de congestión que considera como objetivo el mejorar la circulación del tráfico motorizado, disminuir la congestión en los puntos de conflicto y brindar confort y seguridad a los usuarios de circulación motorizada y no motorizada que considera la vial.

En nuestro caso de estudio, cabe mencionar que es una intersección muy concurrida en la que transitan varios tipos de vehículos, así como se muestra en Figura 6, que incluye todos los tipos de vehículos alguna vez utilizados. Sin embargo, de acuerdo con lo observado, en la zona de estudio transitan bicicletas, motos, vehículos de transporte privado, como coches y camionetas, así como transporte público en que transitan buses de gran tamaño.

Tipo	Clases	Componentes	Definición
	Carros	A 	Vehículos de tracción animal
	Ciclos	B  	(1) Bicicletas (2) Ciclomotores de 2, 3 o 4 ruedas (cilindrada inferior a 50 cm <sup>3</sup> y velocidad máxima inferior a 45 km/h)
I Motos	Motos	1  	Motocicletas con o sin transportín, scooters, motonetas, motocarros y otros triciclos a motor
II Vehículos ligeros	Coches	2  	Automóviles de turismo y microbuses destinados al transporte de personas (hasta 9 plazas)
	Camionetas (4 ruedas)	3  	Vehículos destinados al transporte de mercancías, dotados sólo de cuatro ruedas, es decir, furgonetas y camionetas (C. máx. ≤ 1 t), camiones ligeros (1 t < C. máx. ≤ 2 t) y tractores industriales sin remolque
	Tractores agrícolas	4  	Tractores agrícolas de ruedas, con o sin remolque
III Vehículos pesados	Camiones sin remolque	5  	Camiones rígidos (carga máxima > 2 t) dedicados al transporte de mercancías, de más de 4 ruedas y sin remolque
	Camiones con remolque y trenes de carretera	6  	Camiones rígidos con uno o varios remolques, camiones articulados y trenes de carretera
	Autocares	7 	Vehículos dedicados al transporte de personas con más de 9 plazas

Figura 6 "Clasificación Vehicular"

Fuente: Ingeniería de Carreteras, Carlos Kraemer (2004)

### 2.2.2. Diseño geométrico de intersecciones

Hay dos tipos de intersecciones, a nivel y desnivel. Esto se determina según los requerimientos del estudio de la avenida. Con ello se puede determinar el diseño adecuado de intersección, y de esta manera contribuir en la reducción de flujo vehicular. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

#### a) Intersecciones a nivel

Es un elemento de discontinuidad que representa situaciones críticas teniendo en consideración las maniobras de cruce y se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. (Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2018).

DE TRES RAMALES	EMPALME EN T	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADAS 	
	EMPALME EN Y	SIMPLE 	CANALIZADAS 		
DE CUATRO RAMALES	INTERSECCION EN +	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
	INTERSECCION EN X	SIMPLE 	ENSANCHADA 	CANALIZADA 	
ESPECIALES	EN ESTRELLA 		VEASE FIGURA 501.01		
	ROTONDA 				

Figura 7 "Tipos de Intersección a nivel"

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Tabla 2  
"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)

## b) Intersecciones no semaforizadas

Intersección que será modelada en el Vissim tomando en cuenta parámetros de prioridad entre vías y conectores por donde se desplazan los vehículos analizando la circulación del flujo vehicular prioritario es a la derecha dentro de la red vial como se muestra en la siguiente figura.

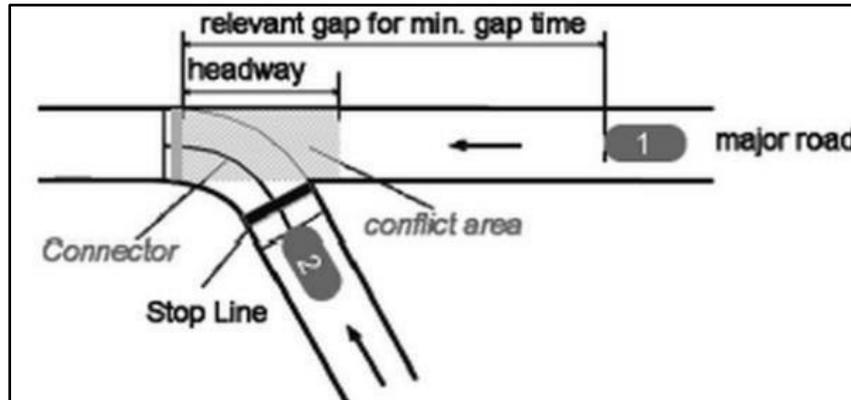


Figura 8 "Concepto de modelación con regla de prioridades"

Fuente: (Fellendorf & Vortisch, Microscopic traffic flow simulation VISSIM., 2010)

## c) Intersecciones semaforizadas

Una intersección se considera como el área de cruce o unión de dos o más movimientos direccionales vehiculares donde se pueden generar varios puntos de conflicto en un mismo nivel y donde debemos considerar que se pueden producir accidentes debido a la intensidad del tráfico en la misma (AASHTO, 2018).

Una intersección es un punto de conflicto en el maniobrar de un conductor y, por tanto, podemos definir dos tipos, las no semaforizadas y las semaforizadas. En el primer caso, las no semaforizadas las rutas son las más comunes y se caracterizan porque el conductor tiene que encontrar el momento preciso para maniobrar debido a que no existen señales de tránsito necesariamente (Depiante, 2011). En el otro caso debemos tomar en cuenta que los semáforos se colocan para reducir los puntos de conflicto y optimizar la seguridad en la intersección (Lu, 2013).

Tomando en cuenta la gran afluencia vehicular que existe, se conoce que uno de los métodos de control para tráfico es los semáforos que cuentan con una programación de tiempos conforme a los datos en tiempo real

mientras que los semáforos inteligentes tienen como característica variar su tiempo de acuerdo con el flujo de vehículos en la vía.

**d) Intersecciones a desnivel**

La construcción de pasos a desnivel tiene como finalidad mejorar o aumentar la capacidad de servicio en intersecciones que presentan gran demanda vehicular o alto volumen de congestión. Una intersección a desnivel debe contar con buenas condiciones de visibilidad, seguridad, capacidad y funcionalidad.

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

*Figura 9 "Tipo de intersecciones a desnivel"*  
 Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones , 2018)

**2.2.3. Elementos de control de intersecciones a nivel**

La implementación de los dispositivos de control del tránsito se realizará de acuerdo con los estudios de ingeniería vial que debe realizarse para cada caso, y que entre otros contemple, el tipo de vía, el uso del suelo del sector adyacente, las características de diseño acorde al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG vigente), características de operación, sus condiciones ambientales, y en concordancia con las normas de tránsito correspondientes. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

### **a) Señalización**

Para definir este concepto tenemos que tomar en cuenta lo que es la seguridad vial, los cuales están constituidos por dispositivos de control de tránsito referidos a los dispositivos que se encuentran ubicados sobre o junto a la carretera. Los dispositivos de control indican a los usuarios y transeúntes las precauciones que deben tener en cuenta al desplazarse por la vía, así como las restricciones que gobiernan el tramo en circulación. Por lo tanto, estos dispositivos afectan en forma directa a la seguridad y la operación eficiente del tránsito.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), existen una serie de requerimientos para que se presente exista un buen funcionamiento de los dispositivos de control, los cuales son los siguientes:

- Ser visible para el usuario.
- Debe brindar un mensaje claro.
- Debe imponer respeto.
- Surgen para cubrir una necesidad.
- Debe estar ubicada en un lugar estratégico.

### **b) Señalización vertical**

Destinadas a reglamentar el tránsito, así como de informar al usuario, ya sea el peatón o el conductor sobre direcciones, rutas, destinos y dificultades de la vía, y suelen colocarse donde se necesiten para evitar accidentes. Existen tres tipos: las señales reglamentarias, las señales preventivas y las señales informativas. Las primeras tienden a expresar o notificar al usuario las delimitaciones en la carretera, las segundas dan aviso anticipado al usuario de un peligro existente a ser tomado en cuenta y los últimos guían al usuario a lo largo de una ruta sobre lugares importantes.



Figura 10 "Ejemplos de señales reguladoras"

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

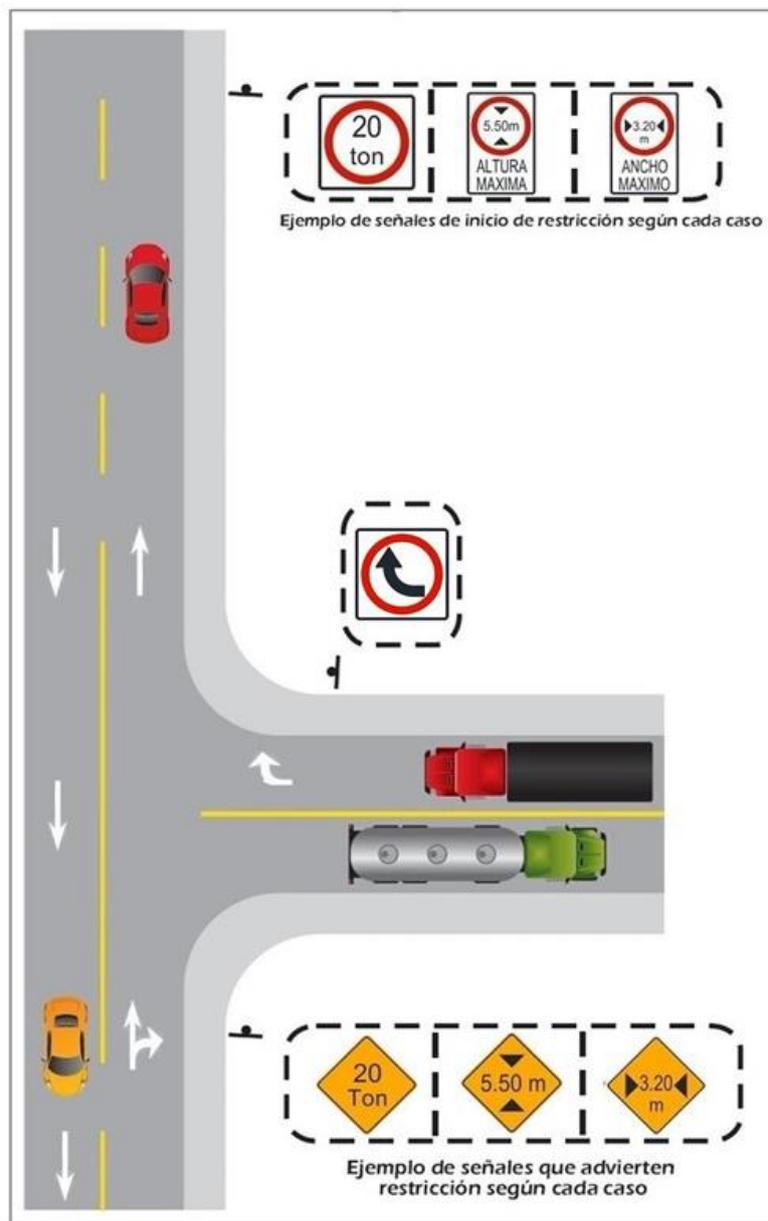


Figura 11 "Ejemplo de señales preventivas"

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018).



Figura 12 "Ejemplo de señales informativa"  
Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

### c) Señalización horizontal

Se utilizan para demarcar en el pavimento, específicamente en el centro de la calzada de circulación de dos carriles y también para delimitar la superficie de rodadura de la berma. Estas marcas en el pavimento se utilizan con la finalidad de regular o canalizar el movimiento de vehículos e indicar la presencia de objetos o estructuras sin distraer la atención del conductor. En algunos casos, se utilizan como suplemento a las señales verticales, con la finalidad de incrementar la seguridad del usuario de vía. Algunos ejemplos de este tipo de señales son las líneas transversales, las líneas longitudinales, la demarcación de cruces peatonales, las marcas viales para estacionamiento de vehículos, motocicletas y la simbología en las pistas.

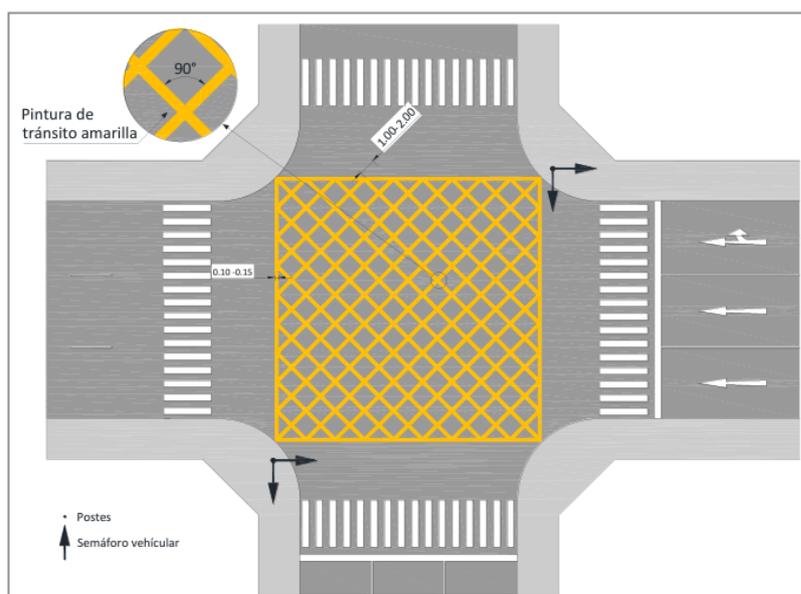


Figura 13 "Señalamiento horizontal"  
Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

#### **d) Módulo de dirección**

Son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016).

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe en los tramos dónde la carretera atraviesa zonas urbanas, y su coordinación, si la intersección forma parte de un eje o una red así regulada. El diseño debe contemplar que toda intersección a nivel esté provista de las señales informativas, preventivas, restrictivas y demás dispositivos, de acuerdo con lo establecido anteriormente. Además, que la señalización en la intersección misma será considerada restrictiva y responderá a la importancia de un camino sobre otros (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Un semáforo está compuesto de dos partes, el soporte que sujeta la cabeza de este y que está compuesto por un poste o ménsula, así como se muestra en la figura 14; y la cabeza de la que es constituida por las partes visibles del ascensor, así como se muestra en la figura 15.

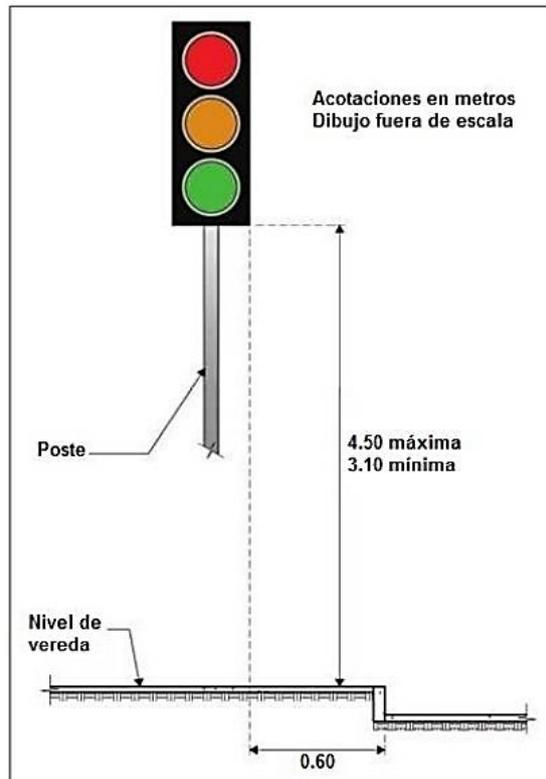


Figura 14 "Ejemplo de soporte de semáforo tipo poste"  
 Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016

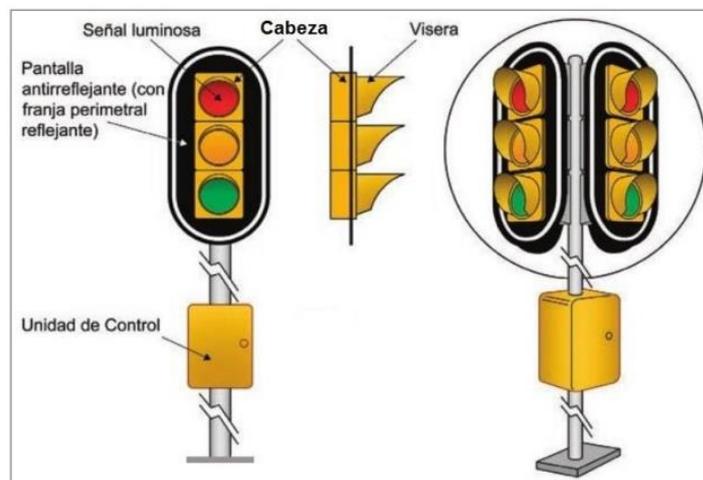


Figura 15 "Ejemplo de configuración de cabeza de semáforos"  
 Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el "Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", señala que los sistemas de semaforización o semáforos "son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar" (p. 365).

Estos tres colores representan, respectivamente, la prohibición del tránsito vehicular, el pase de vehículos y/o peatones y la disposición del conductor de “ceder el paso, detener el vehículo, y no ingresar al cruce o intersección vial” (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Según el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras se plantea la siguiente clasificación de los mecanismos de operación y forma de control:

- **Semáforos fijos o presincronizados:** Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidos no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración del ciclo, desfase, y otros, pueden ser modificados.
- **Semáforos sincronizados por el tránsito:** Son aquellos cuyo funcionamiento es sincronizado en todos los accesos a una intersección, en función a las demandas del flujo vehicular y disponen de medios (detectores de vehículos y/o peatones) para ser accionados por éste.
- **Semáforos adaptados al tránsito denominados también Semáforos Inteligentes:** son aquellos cuyo funcionamiento es ajustado continua y automáticamente en todos los accesos a una intersección, de acuerdo con la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, a una Estación Central o Control Maestro.

#### a) **Mini rotondas y rotondas**

Este tipo de intersecciones se identifican porque existe un anillo vial al que se accede mediante flujos vehiculares de trayectoria similar además de considerar que el volumen de vehículos que acceden a los ramales es grande. Este tipo de estructuras son ventajosas sobre todo en zonas urbanas porque alivian la congestión, el esquema básico de intersección se mostrará en la figura 16, que así mismo nos muestra el sentido que deben tomar las vías.

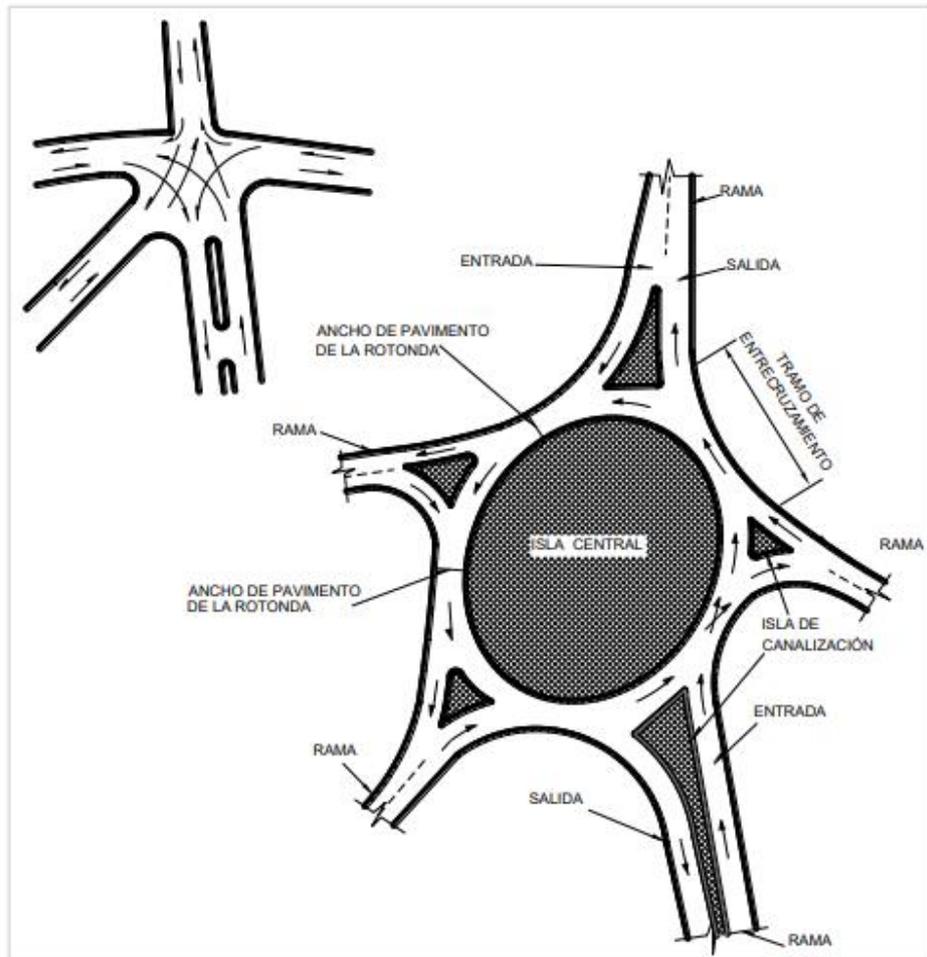


Figura 16 "Esquema de intersección tipo rotonda"

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones , 2018)

#### 2.2.4. Cambio de geometría

Para el cambio de geometría, la modalidad por la cual se realizaría es mediante un carril extra cuyo único uso es para doblar a la izquierda. Dicho esto, se realizaría mediante la formulación teórica de un **carril de deceleración**. Acorde con las funciones geométricas del carril de deceleración, se muestran los dos siguientes casos:

Caso I: Cuando la longitud de la curva de transición es mayor o igual que longitud de deceleración (LD), lo que vendría a ser el de mejor geometría para estos dispositivos, por cuanto se puede diseñar el ramal sobre la carretera con un ángulo de incidencia ( $\theta$ ) que haga claramente perceptible su función como se muestra en la figura 17

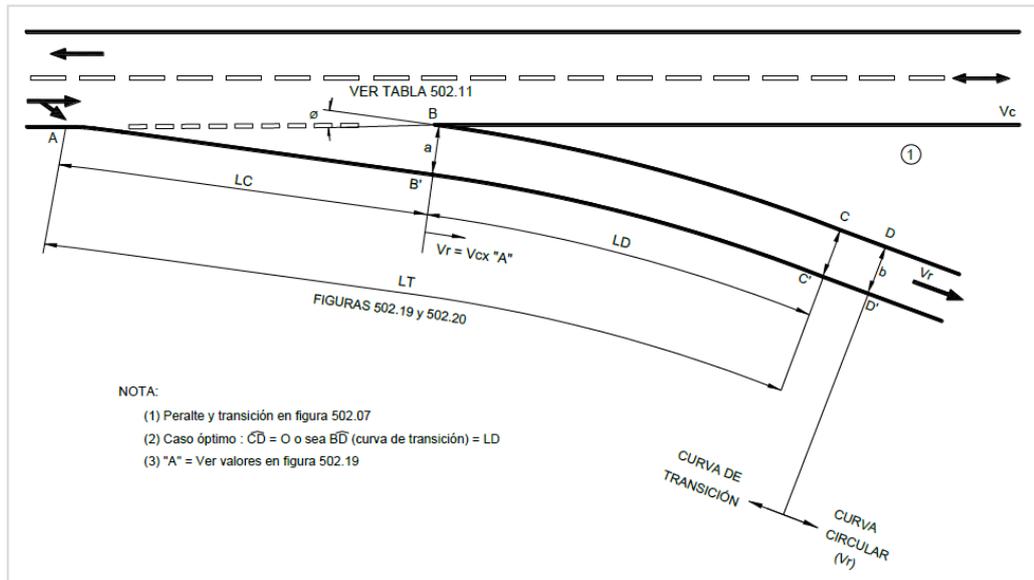


Figura 17 "Carril de deceleración Caso I"

Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018

Caso II: Cuando la longitud de la curva de transición es menor que la longitud de deceleración (LD) o no existe. Para este escenario, la cuña es, como en el Caso I, empezando con un ancho de 1.0 m, con la finalidad de compensar el efecto de la maniobra de curva – contra curva, que, por lo general, hace desaprovechar la zona de cuña, y hace más visible dicho inicio. El borde derecho, se define en forma similar según los valores de la tabla incluida en la Figura 18.

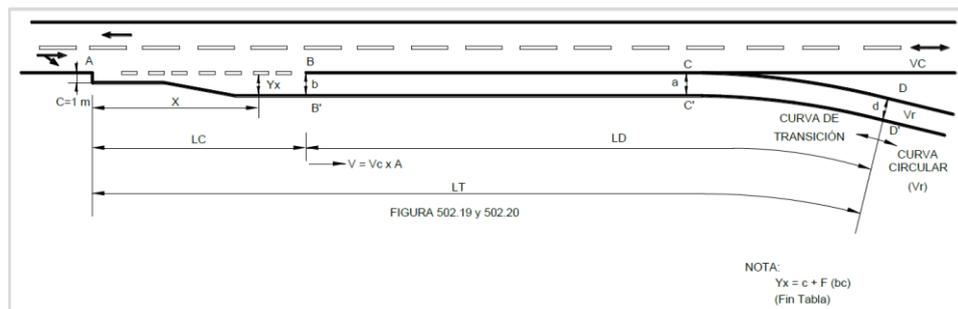


Figura 18 "Carril de deceleración Caso II"

Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018

Tabla 3  
 “Valores según Caso II”

Velocidad de Diseño (km/h)	Largo de Curva (Lc) (m)	DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO A (m)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
VALORES DE "FF" PARA EL CALCULO DE Yx																					
60	55	0.0104	0.0503	0.132	0.2688	0.416	0.594	0.7414	0.868	0.9497	0.9998	1									
70	60	0.0058	0.0411	0.1073	0.2119	0.3481	0.5	0.6519	0.7881	0.8927	0.9589	0.9814	1								
80	70	0.0061	0.0267	0.0742	0.1474	0.2481	0.3081	0.5	0.6309	0.7518	0.8525	0.9258	0.9713	0.9838	1						
90	80	0.0048	0.0211	0.054	0.1073	0.1822	0.2771	0.3851	0.5	0.6149	0.7229	0.8178	0.8927	0.946	0.9789	0.9894	1				
100	85	0.004	0.0183	0.0489	0.0828	0.158	0.2414	0.3395	0.4455	0.5545	0.6305	0.7584	0.842	0.9072	0.9531	0.9817	0.996	1			
110	90	0.0038	0.016	0.0411	0.0809	0.1386	0.2118	0.3	0.3876	0.5	0.6024	0.7	0.7661	0.8611	0.9181	0.9589	0.964	0.9969	1		
120	100	0.0029	0.0127	0.0321	0.0628	0.1073	0.1858	0.237	0.319	0.4077	0.5	0.5823	0.6810	0.783	0.8344	0.8927	0.9371	0.9678	0.9873	0.9971	1

Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018

Se puede lograr realizar el diseño de carriles de deceleración para girar a la izquierda desde una vía principal, los cuales por lo general se sitúan en el centro de la carretera, con esta finalidad y si los volúmenes de tránsito lo requieren, se diseñarán los ensanchamientos necesarios en la zona de cruzamiento. En la Figura 19, se muestra un carril de este tipo.

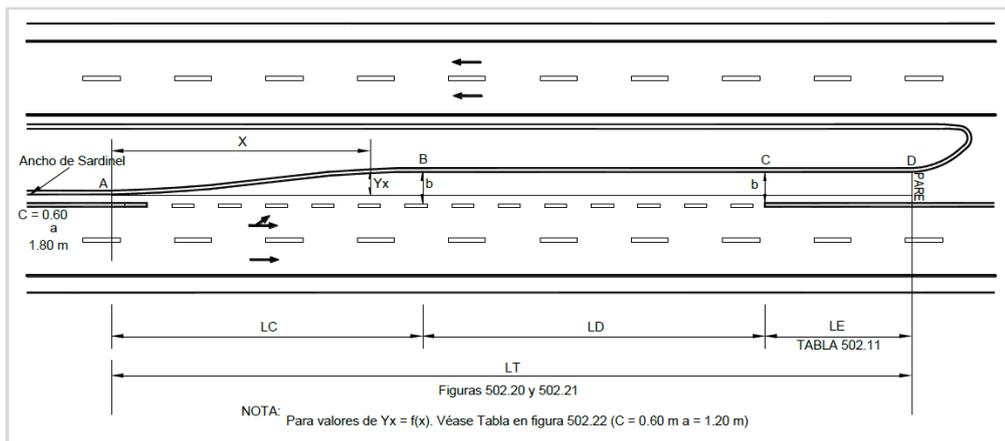


Figura 19 “Carril central de deceleración”

Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018

Las longitudes LC y LD son las que corresponden a las figuras 20 y 21 respectivamente, a las cuales hay que sumarle una longitud LE, a lo largo de la zona de espera, que depende del flujo vehicular.

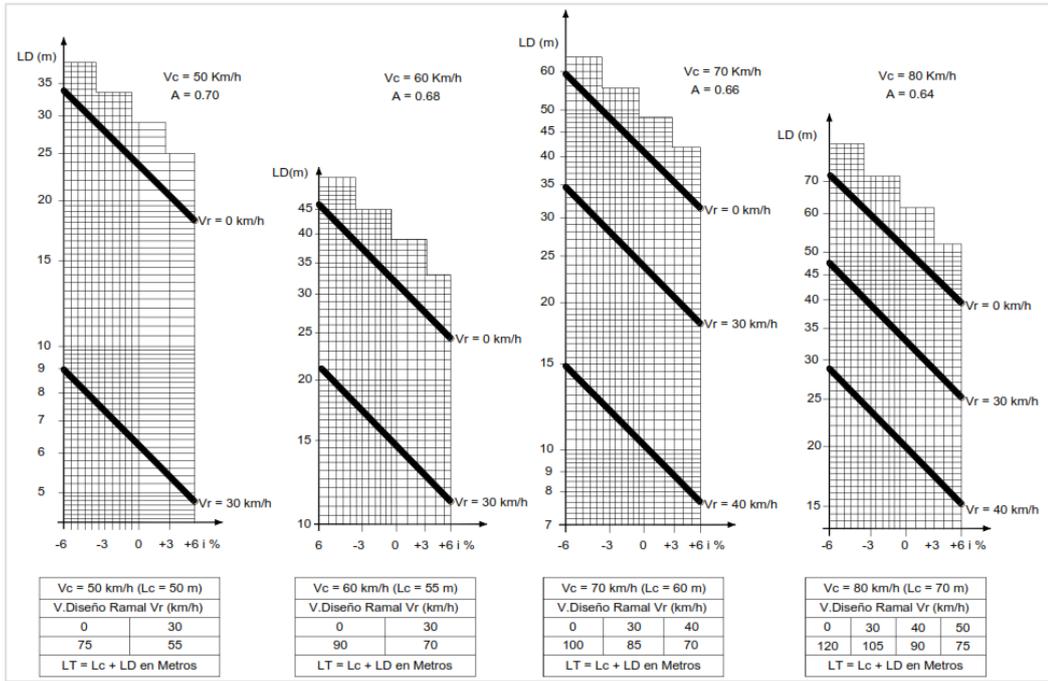


Figura 20 “Long. de carriles de deceleración ( $i=0/Vc = 50$  a  $80$  km/h”  
Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018

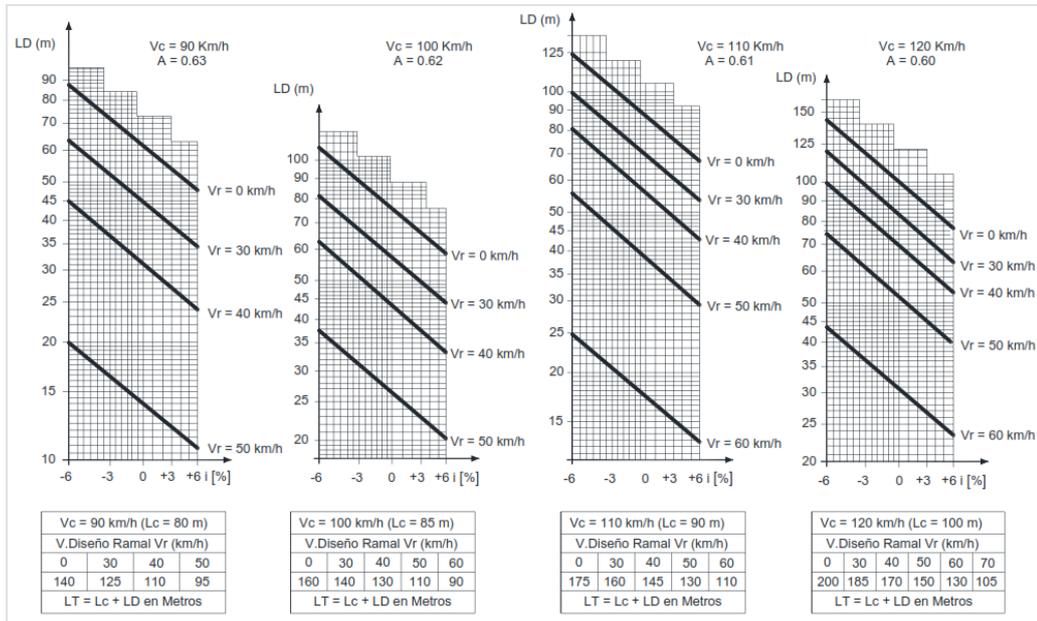


Figura 21 “Long. de carriles de deceleración ( $i=0/Vc=90$  a  $120$  Km/h”  
Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018

Si existe un semáforo en el punto D de la Figura 19, la longitud de espera (LE) se determinará del cálculo del largo de las filas de vehículos en espera en un ciclo, estimándose en 7,5 m el espacio promedio requerido por cada vehículo

En las autopistas, las intersecciones tienen por finalidad posibilitar el tránsito vehicular que cruza la vía o realiza giros a la izquierda, por la zona del separador central. La pendiente transversal en la zona del separador no debe superar el 5%, y el ancho de la abertura del separador central, no debe ser menor a 12 m. En todo caso, dichas dimensiones deben especificarse en el diseño, de acuerdo con los requerimientos de las vías que se cruzan.

Para lo que son los Cruces y giros a la izquierda se muestran algunos ejemplos de estos en separadores centrales y dimensiones de aberturas. En la Figura 22, se aprecia dos casos de intersecciones a nivel en “T” y en “+” para giros a la izquierda y de cruce.

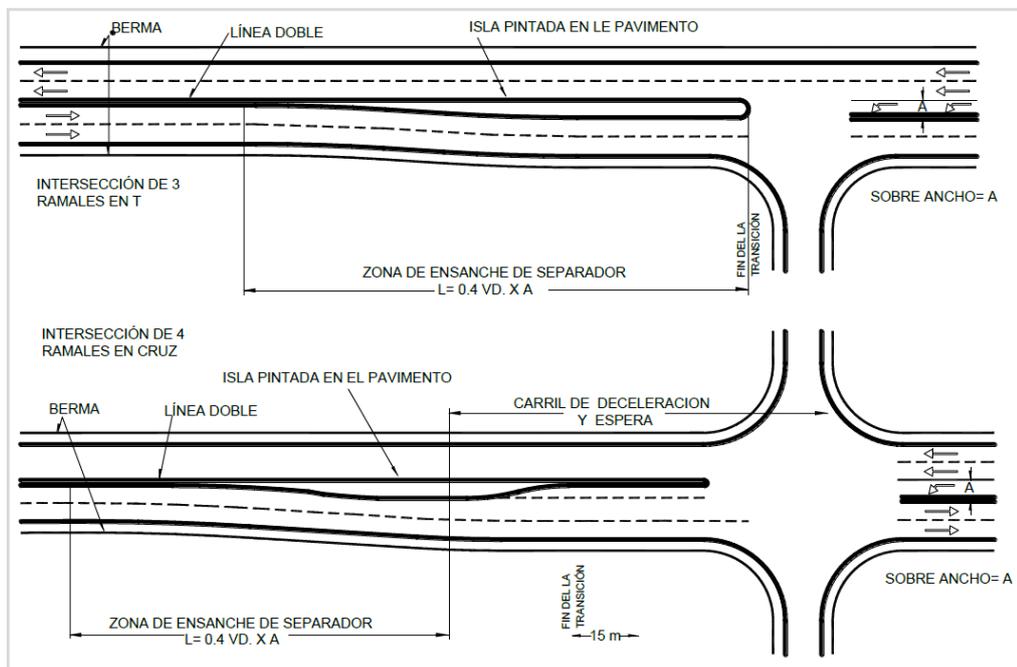


Figura 22 "Intersec. en "T" y en "+", para giros a la izquierda y de cruce"  
 Fuente: manual de carreteras: diseño geométrico dg – 2018

Esta mención a la norma peruana de diseños geométricos se estipula para carreteras y vías interestatales; sin embargo, se usará como norma para el diseño las especificaciones urbanas que nos fomenta la Norma

Colombiana que es determinada para el diseño en zona urbana. Este marco es similar al especificado por la norma peruana, solo que está destinado netamente al diseño urbano.

#### **2.2.5. Niveles de servicio**

La teoría de Capacidad de Carreteras desarrollada por el Transportation Research Board (TRB), a través del Comité de Capacidad de Carreteras y Calidad del Servicio de los Estados Unidos, Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual – HCM vigente), constituye una herramienta para analizar la calidad del servicio que cabe esperar para el conjunto de vehículos que operan en una carretera de características dadas. (Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2018)

Se basa principalmente en la teoría de Capacidad de Carreteras donde la metodología TRB determina cuatro niveles (A, B, C y D) que trabaja con un volumen de demanda menor a la capacidad, cuando se da el caso que la demanda sea mayor se opera a nivel E y si hay flujo forzado la demanda es nivel F. A continuación, se definirán las características de funcionamiento de cada uno de los niveles.

Nivel A: Circulación de flujo libre de vehículos que ofrece comodidad física y psicológica puesto que las interrupciones para circular son menores a 10 segundos por vehículo y no exigen variaciones en la velocidad.

Nivel B: Buenas condiciones de circulación libre, pero con la presencia de vehículos que van a diferentes velocidades, pero a diferencia del Nivel A los conductores tienen menor margen de maniobra.

Nivel C: La influencia del flujo de tráfico determina el ajuste de velocidad, menor margen de maniobra, así como posibilidad de adelantamiento debido al mayor número de vehículos. En una vía de varios carriles a alta velocidad se reducirá flujo libre y se formarán filas de móviles por las interrupciones de congestión, pero no se detiene totalmente.

Nivel D: La capacidad de maniobrar se ve restringida debido a la congestión hasta llegar a la detención total como consecuencia del alto flujo de vehículos que forman colas y el impedimento de adelantar.

Nivel E: La capacidad de circulación de la vía se ha superado y los vehículos son operados con un espacio mínimo margen de maniobra. En el caso de vías de libre flujo con velocidades entre 70 y 100 km/h se desarrollan velocidades menores y variables.

Nivel F: El nivel de flujo es forzado y hay un embotellamiento de móviles mayor, se forman colas que experimentan un lento movimiento seguido de paradas, es decir, el tiempo de espera es mayor. También se emplea el nivel para caracterizar un punto de colapso de la capacidad de operación de la vía.

Tabla 4  
"Niveles de Servicio"

<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN</b>	<b>DEMORA (s/veh)</b>
A	Baja demora, coordinación extremadamente favorable y ciclos cortos, los vehículos no se detienen.	<10
B	Ocurre con una buena coordinación y ciclos cortos, los vehículos empiezan a detenerse.	>10-20
C	Ocurre con una coordinación regular y/o ciclos largos, los ciclos en forma individual empiezan a fallar.	>20-35
D	Empieza a notarse la influencia de congestión ocasionada por un ciclo largo y/o una coordinación desfavorable o relaciones v/c altas, muchos vehículos se detienen.	>35-55
E	Es el límite aceptable de la demora indica una coordinación muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores, las fallas en los ciclos son frecuentes.	>55-80
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de conductores, ocurren cuando los valores de flujo exceden a la capacidad de la intersección o cuando las relaciones v/c son menores de 1.00 pero con una coordinación muy pobre y/o ciclos demasiados largos.	>80

Fuente: (Transportation research board, 2000)

## a) Congestión

La congestión vehicular es una condición relacionada con la alta demanda de vehículos en una determinada hora y un lugar específico, incrementando así el flujo de tránsito con el tiempo de circulación que presente de los demás (Thomson y Bull, 2001).

A nivel nacional, Lima es el departamento con mayor congestionamiento. En el 2018 la Universidad del Pacífico realizó una encuesta, el 21.1% de los encuestados pierden de dos a tres horas diarias (Redacción gestión, 2017). Por lo que, en su totalidad de habitantes requieren de la necesidad de recurrir a sus centros de trabajos, estudios u otros estudios, en un tiempo deseado.

Para tener un panorama más claro de la situación, tomamos la figura 23, la cual nos muestra que según el Traffic index el nivel de congestión vehicular disminuyó en un 15% en la ciudad de Lima tomando en cuenta que en ese periodo de tiempo nos encontrábamos enfrentando la pandemia de COVID-19.

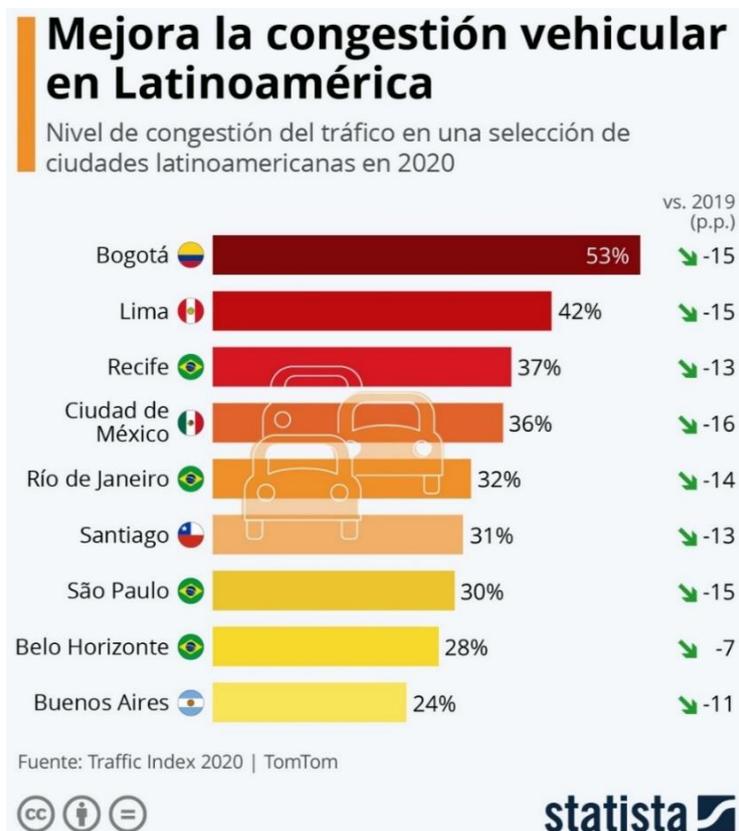


Figura 23 "Mejora la congestión vehicular en Latinoamérica"  
Fuente: (Pasquali, 2021)

### 2.2.6. Software VISSIM

VISSIM es un modelo de micro simulación que se desarrolló para modelar el tránsito urbano y operaciones del transporte público, como software líder para la simulación microscópica del tráfico, en un solo modelo permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones: autos, transporte de carga y cualquier otro tipo de transporte público, ya sea ferroviario o convencional. Para ello, los modelos de comportamiento vehicular, científicamente desarrollados y validados, proporcionan una simulación realista de todos los agentes. VISSIM se convierte así en una herramienta útil para la evaluación de varias alternativas basadas en el diseño y la planeación del tránsito y transporte. (PTV Group, 2022)

VISSIM puede ser aplicado para el desarrollo y análisis de las estrategias de gestión de autopistas donde se obtienen los impactos operativos durante la fase de construcción, así como la evaluación y optimización de la operación del tránsito en una red con combinación de semáforos de tiempo fijo y control sensible al tráfico. Para ello se hacen uso de herramientas tales como Linsig, Synchron o Transyt.

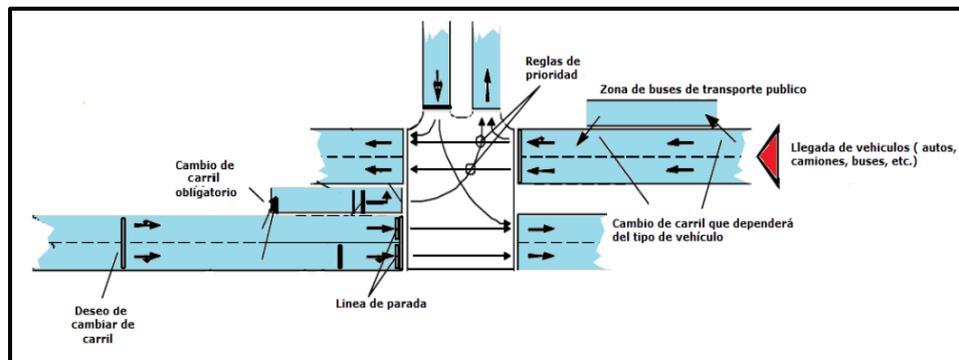


Figura 24 "Ejemplo de intersección modelada por VISSIM"

Fuente: (Fellendorf, 1994)

VISSIM está conformado por tres bloques de construcción, el primero está compuesto por la infraestructura de carreteras y pistas, postes de señalización y también las paradas de transporte público; el segundo bloque se ajusta a las características del vehículo y las especificaciones del tráfico y el tercer bloque contiene el control de tráfico y los elementos para

las intersecciones semaforizadas; además cuenta con un bloque adicional que genera los resultados de cada simulación realizada.

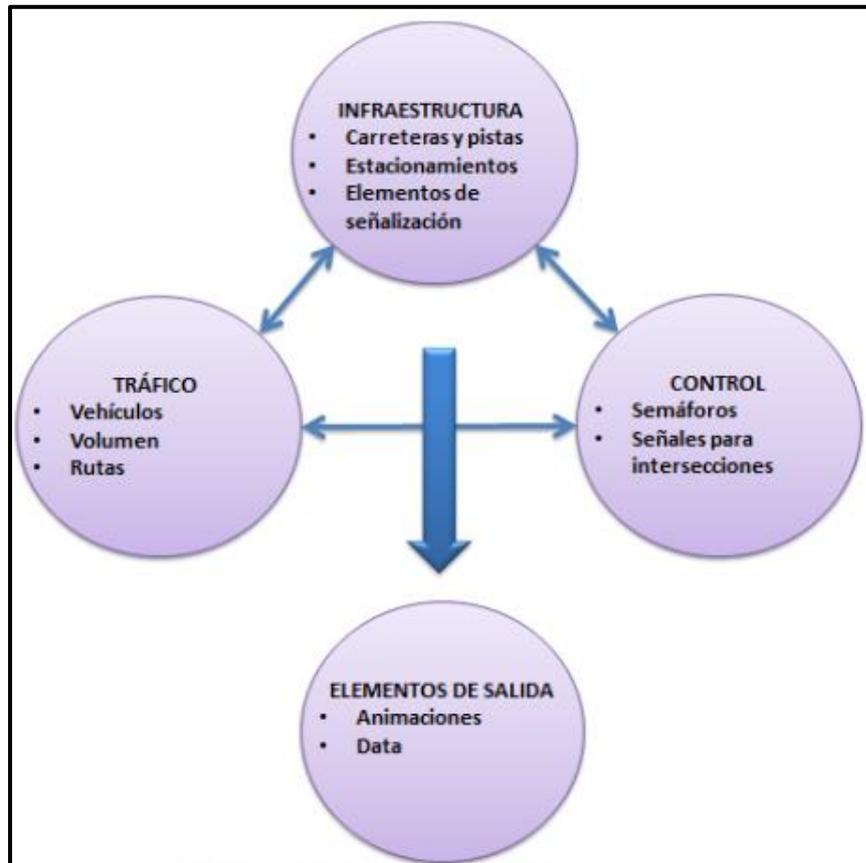


Figura 25 "Representación de los cuatro bloques de construcción."  
Fuente: (Barceló, 2011)

La micro simulación es el modelado del movimiento de vehículos individuales en un segundo con el propósito de evaluar el desempeño del tráfico de los sistemas carreteras y calles, tránsito y peatones. Los análisis de are de micro simulación de son cada vez más visibles e importantes, fomentados tanto por la evolución continua de la capacidad del software de micro simulación, como por la creciente aplicación en las prácticas de planificación e ingeniería del transporte. (Wunderlich, Vasudevan, & Wang, 2019).

Según el nivel de aleatoriedad existen dos tipos de modelos para micro simular el flujo de tráfico, los determinísticos y los estocásticos. En los modelos determinísticos se asumen que no hay variación en las características de conductores y vehículos. En contraste, los modelos estocásticos utilizan a partir de distribuciones estadísticas, números

aleatorios para asignar características y parámetros del conductor y del vehículo. La secuencia de números aleatorios generados depende del método utilizado y el valor inicial del número aleatorio (número de semilla). El cambio del número de semilla genera una secuencia de números aleatorios, que, a su vez, produce diferentes valores de las características tanto del conductor como del vehículo (Dowling, Skabardonis, & Alexiadis, 2004).

La calibración de nuestro modelo radica en representar las condiciones observadas en el proyecto y la interacción entre todos los vehículos que circulan por la intersección. Este procedimiento de calibración se realiza variando los parámetros de Wiedemann 74. Para poder calibrar el modelo se realizará mediciones de los tiempos de viaje los cuales serán ingresados al programa.

Tabla 5  
"Parámetros de Wiedemann 74"

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
<b>Distancia entre vehículos cuando están detenidos</b>	( <i>ax</i> ): Define la distancia media deseada entre ambos vehículos. La tolerancia se encuentra entre -1,0 m y 1,0 m, que se distribuye normalmente alrededor de 0,0 m, con una desviación estándar de 0,3 m. El valor por defecto 2.0.
<b>Distancia de seguridad (parte aditiva)</b>	( <i>bxadd</i> ): Valor utilizado para el cálculo de la distancia de seguridad deseada. Permite ajustar los valores requisito de tiempo 2.0 por defecto.
<b>Distancia de seguridad (parte multiplicativa)</b>	( <i>bxmult</i> ): Valor utilizado para el cálculo de la distancia de seguridad deseada. Permite ajustar los valores requisito de tiempo. Mayor valor = mayor distribución (Desviación estándar) de distancia de seguridad por defecto 3.0.

Fuente: Adaptado del manual PTV Vissim

### 2.2.7. Definición de términos

**CARRIL DE DECELERACIÓN:** Los principios del diseño geométrico para el cambio de dirección de vías se realiza mediante un carril extra en la vía el cual se añade para desvíos específicos tales como salida de la vía o cruce de la vía.

**MÓDULO DE DIRECCIÓN:** dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones e intervalos de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar en conjunto con señalizaciones de dirección de tránsito

**NIVELES DE SERVICIO:** Se puede definir como un umbral de satisfacción mediante las demoras; las cuales representan, para el usuario, una medida del tiempo que se ha perdido durante su viaje, del desperdicio de combustible, de la incomodidad y de la frustración que ocasiona. En pocas palabras, el nivel de servicio se da a entender en términos de la demora media por vehículo debido a los controles de tránsito. Las demoras cuantifican el aumento en el tiempo de viaje debido a la presencia de los semáforos, que obligan a los vehículos a parar y generar malestar.

**GIROS:** Las intersecciones tienen por fin habilitar el tránsito vehicular que cruza la vía o realiza giros a la izquierda, por la zona del separador central mediante un carril central de deceleración (disminución de velocidad).

**IMDA:** Es el promedio aritmético de los volúmenes diarios en todos los días del año. Este índice nos permite realizar los cálculos de factibilidad económica. Es utilizado para proyectos de iluminación, señalización y también se incluyen en estudios de tráfico, impactos medioambientales, acústicos, etc.

**FLUJO VEHICULAR:** El flujo vehicular se entiende como el comportamiento del tránsito, el cual comprende el volumen, la velocidad, la densidad y el espaciamiento de los vehículos. Este es usado como un factor para determinar la corriente de tránsito y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación por parte de estudio de este.

## **CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS**

### **3.1. Hipótesis**

#### **3.1.1. Hipótesis principal**

El cambio de geometría y módulo de dirección mejora el nivel de servicio vehicular en la intersección de las avenidas san Luis y san Borja Norte utilizando software "PTV Vissim"

#### **3.1.2. Hipótesis secundarias**

1. Proponiendo el cambio de geometría se mejora el nivel de servicio vehicular aplicando el software PTV VISSIM en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte.
2. Proponiendo el cambio de módulo de dirección se mejora el nivel de servicio vehicular aplicando el software PTV VISSIM en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte.
3. El nuevo sistema de señalización en ciclovía, mediante el simulador PTV VISSIM, influye en los niveles de congestión vehicular.

### **3.2. Variables**

#### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES:** Los principios del diseño geométrico de intersecciones se basan en reducir el número de puntos de conflicto en los movimientos vehiculares, controlar la velocidad promedio de los vehículos, tanto de los que entran como de los que salen de la intersección.

**SEMÁFOROS INTELIGENTES:** Tienen por fin controlar el tránsito vehicular, operan como fijos o automatizados previamente; parcialmente sincronizados por el tránsito vehicular; o totalmente sincronizados por el tránsito vehicular.

**SEÑALIZACIÓN:** Son Señales para el control del tránsito o movilidad, para ser utilizados en el diseño, construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, conservación o mantenimiento y

dispositivos de control del tránsito temporal en zonas de trabajo y emergencias o sucesos.

**NIVELES DE SERVICIO:** Se puede definir como un umbral de satisfacción mediante las demoras; las cuales representan, para el usuario, una medida del tiempo que se ha perdido durante su viaje, del desperdicio de combustible, de la incomodidad y de la frustración que ocasiona. En pocas palabras, el nivel de servicio se da a entender en términos de la demora media por vehículo debido a los controles de tránsito. Las demoras cuantifican el aumento en el tiempo de viaje debido a la presencia de los semáforos, que obligan a los vehículos a parar y generar malestar.

**GIROS:** Las intersecciones tienen por fin habilitar el tránsito vehicular que cruza la vía o realiza giros a la izquierda, por la zona del separador central mediante un carril central de deceleración (disminución de velocidad).

**IMDA:** Es el promedio aritmético de los volúmenes diarios en todos los días del año. Este índice nos permite realizar los cálculos de factibilidad económica. Es utilizado para proyectos de iluminación, señalización y también se incluyen en estudios de tráfico, impactos medioambientales, acústicos, etc.

**FLUJO VEHICULAR:** El flujo vehicular se entiende como el comportamiento del tránsito, el cual comprende el volumen, la velocidad, la densidad y el espaciamiento de los vehículos. Este es usado como un factor para determinar la corriente de tránsito y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación por parte de estudio de este.

### 3.2.2. Operacionalización de las variables

Tabla 6

“Matriz de Operacionalización”

TÍTULO: CAMBIO DE GEOMETRÍA Y MÓDULO DE DIRECCIÓN PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN VIAL EN LAS INTERSECCIONES				
VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	CONCEPTUALIZACIÓN	INDICADORES
Geometría de Intersección, Circulación Discontinua	Una intersección es una geometría de área común de dos o más vías que se cruzan. Para resolver los conflictos direccionales que se producen en esta área común, se les determina direcciones de circulación; tales como: unos vehículos deben ceder el paso a otros, ya sea en forma permanente (señal Pare o Ceda el Paso) o en forma alternada (semáforo). Por ello, a diferencia de un tramo de vía, una intersección es un lugar donde la circulación es total o parcialmente interrumpida.	Diseño geométrico de Intersecciones	Los principios del diseño geométrico de intersecciones están basados en reducir el número de puntos conflictivos en los movimientos vehiculares, controlar la velocidad relativa de los vehículos tanto de los que entran como de los que salen de la intersección, coordinar el tipo de dispositivos para el control de tránsito a utilizar (como las señales de alto o los semáforos) con el volumen de tránsito que utiliza la intersección, seleccionar el tipo apropiado de intersección de acuerdo con el volumen de tránsito servido.	Km
		Semáforos Inteligentes	Tienen por finalidad controlar el tránsito vehicular, operan como fijos o presincronizado; parcialmente sincronizados por el tránsito vehicular; o totalmente sincronizados por el tránsito vehicular.	Fases y Siglos en seg., min.
		Señalización	Son Señales para el control del tránsito o movilidad, para ser utilizados en el diseño, construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, conservación o mantenimiento y dispositivos de control del tránsito temporal en zonas de trabajo y emergencias o sucesos.	Unid
Congestión	la congestión es resultante de la fricción entre los diferentes tipos de vehículos en el flujo de tránsito vehicular. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, el Índice medio diario anual en dichos tramos, diversas intersecciones o giros, etc. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión.	Niveles de Servicio	Se define como un umbral de satisfacción a través de las demoras, las cuales representan para el usuario una medida del tiempo perdido de viaje, del consumo de combustible, de la incomodidad y de la frustración. Específicamente, el nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por vehículo debida a los controles. Las demoras cuantifican el incremento en el tiempo de viaje por la presencia de los semáforos, que obligan a los vehículos a detenerse.	seg/veh
		Giros	Las intersecciones tienen por finalidad posibilitar el tránsito vehicular que cruza la vía o realiza giros a la izquierda, por la zona del separador central mediante un carril central de deceleración.	Sentido (Izquierda, derecha, de frente, en U)
		IMDA	Es el promedio aritmético de los volúmenes diarios en todos los días del año. Este índice permite realizar cálculos de factibilidad económica. Se utiliza para proyectos de señalización, iluminación y también se incluyen en estudios de tráfico, impactos medio ambientales, acústicos, entre otros.	Veh/día
		Flujo Vehicular	El flujo vehicular se entiende como el comportamiento del tránsito, el cual comprende el volumen, la velocidad, la densidad y el espaciamiento de los vehículos. Este es usado como un factor para determinar la corriente de tránsito y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación por parte de estudio del mismo.	Km/hr

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4.1. Tipo y nivel**

El tipo de investigación es cuantitativa ya que se trata de cuantificar valores numéricos relacionados Flujo vehicular y medir sus cambios ocurridos conforme la aplicación de simulaciones realizadas por el software PTV VISSIM; exploratorios debido a que se evalúan los resultados obtenidos luego de realizar el análisis de flujo vehicular con los cambios estipulados por el objetivo general

### **4.2. Diseño de investigación**

El diseño es experimental porque se manipulan los Flujos vehiculares determinados por el IMDA y el flujo vehicular en las horas de mayor afluencia en dicha intersección. Es mediante correlación debido a los datos de predicción que se realizará mediante el programa, serán la resultante de la simulación provista por dicho programa.

### **4.3. Población de muestra**

La población y a la vez muestra consiste en una intersección con un uso vehicular, ubicado en el distrito de San Borja, entre las avenidas San Luis y San Borja Norte. El tamaño de muestra se considera apropiado ya que al llevar a cabo el análisis de otras intersecciones prolongará el tiempo de investigación al obtener resultados redundantes.

Lo que nos permite estudiar a mayor detalle cada uno de los detalles de análisis de la intersección de estudio antes mencionada, la cual nos permitirá dar un precedente investigativo para futuras problemáticas similares en otros sectores.

### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La observación bibliográfica es considerada como la revisión de todo material escrito existente, que aborde temas similares a los de la investigación realizada. El uso de estas técnicas favorecerá a la recolección y procesamiento de los datos e información requerida para el desarrollo de la investigación.

La técnica para recolectar los datos consistirá en la observación directa de los eventos y toma de datos, usando como herramienta de procesamiento y análisis de datos, un programa computacional especializado.

Uno de los programas principales es el PTV VISSIM del cual se obtendrán todos los datos de simulación de tráfico tanto de flujo vehicular como de desplazamientos umbrales de intervalo en semáforos como módulos de dirección.

#### **4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Inicialmente definimos la ubicación y pasamos a modelar el área de trabajo, en el cual se incluyen las vías, así como sus sentidos, el número de carriles, el tipo de transporte que circulará por los carriles y las especificaciones de los semáforos para así poder realizar la simulación a diferentes velocidades.

Los resultados obtenidos del programa antes y después de dimensionar los cambios geométricos, así como en los tiempos semaforicos nos permiten determinar si los resultados nos traerán algún beneficio tomando en cuenta que las simulaciones se realizan en periodos de volumen de alto tráfico.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1. Diagnóstico de la intersección

#### 5.1.1. Flujo Vehicular

Se realizó el estudio en campo del flujo vehicular, para el cual se elaboró la Tabla N°6 con la data obtenida de la Av. San Luis, así como de la Av. San Borja Norte que se observa en la Figura 26. Esta nos da un mejor entendimiento de la cantidad y el tipo de vehículos que circula por la zona.



Figura 26 “Flujo vehicular por estación”

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 7 podemos observar la data obtenida de la Avenida San Luis en el sentido Norte a Sur obtenido de las fechas del 17 al 24 de agosto.

Tabla 7  
 “Estudio de Tráfico – E-01”

ESTUDIO DE TRAFICO																												
CALLE	AVENIDA SAN LUIS						N° ESTACIONES	1																				
SENTIDO	NORTE A SUR						COD. DE LA ESTACION	E - 01																				
UBICACION	Distrito de San Borja						FECHA	17 al 24	08	2022																		
HORA	BICICLETA	MOTO CAR	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TOTAL	PORC.	%											
DIAGRA. VEH				PICKUP	RURAL (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3													
07-08	19	0	622	330	0	9	15	0	5	0	0	0	0	0	0	1.000	17%											
08-09	19	0	635	332	0	8	16	0	5	0	0	0	0	0	0	1.015	17%											
09-10	8	0	368	142	0	7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	538	9%											
10-11	5	0	250	106	0	5	12	0	3	0	0	0	0	0	0	381	6%											
11-12	6	0	279	141	0	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	445	7%											
12-13	12	0	323	163	0	9	15	0	4	0	0	0	0	0	0	526	9%											
13-14	5	0	280	134	0	5	11	0	2	0	0	0	0	0	0	437	7%											
14-15	7	0	276	140	0	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	445	7%											
15-16	6	0	296	172	0	9	14	0	0	0	0	0	0	0	0	497	8%											
16-17	15	0	425	213	0	7	13	0	3	0	0	0	0	0	0	676	11%											
17-18	20	0	642	315	0	9	19	0	4	0	0	0	0	0	0	1.009	17%											
18-19	20	0	651	321	0	10	17	0	5	0	0	0	0	0	0	1.024	17%											
<b>TOTAL</b>	<b>142.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5047.00</b>	<b>2509.00</b>	<b>0.00</b>	<b>92.00</b>	<b>172.00</b>	<b>0.00</b>	<b>31.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5.969</b>	<b>100%</b>											
%	2.38%	0.00%	84.55%	42.03%	0.00%	1.54%	2.88%	0.00%	0.52%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%													
<b>TOTAL VEHICULOS PESADOS</b>																<b>295.00</b>												
%	<b>VEHICULOS PESADOS</b>																<b>0.00</b>	<b>31.19</b>	<b>58.31</b>	<b>0.00</b>	<b>10.51</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>

FUENTE: Estudio elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos de la Av. San Luis pudimos elaborar los umbrales en los cuales se tiene problemas de niveles de servicio, consolidando en la Figura 27 que solo en las horas de tráfico llega a haber un aumento de flujo vehicular debido al cuello de botella generado por el carril en el cual los vehículos disponen doblar a la izquierda.

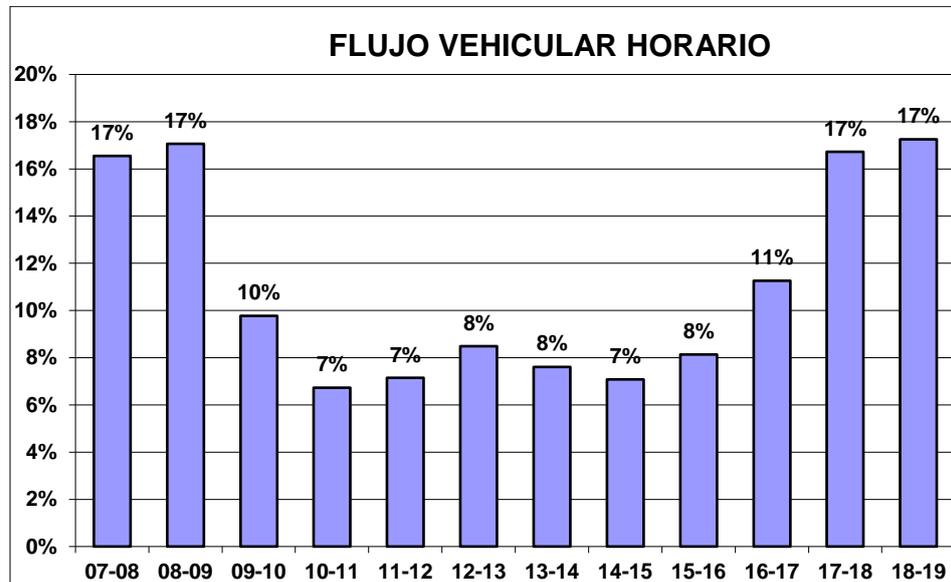


Figura 27 "Gráfico de flujo vehicular N° a S° por horario"

Fuente: Elaboración propia

Así mismo tomando en cuenta la data obtenida del flujo vehicular en la semana en la Av. San Luis podemos decir de la Figura 28 que el flujo vehicular disminuye el domingo y que el día de mayor afluente vehicular son los lunes como inicio de semana y viernes como inicio de fin de semana.

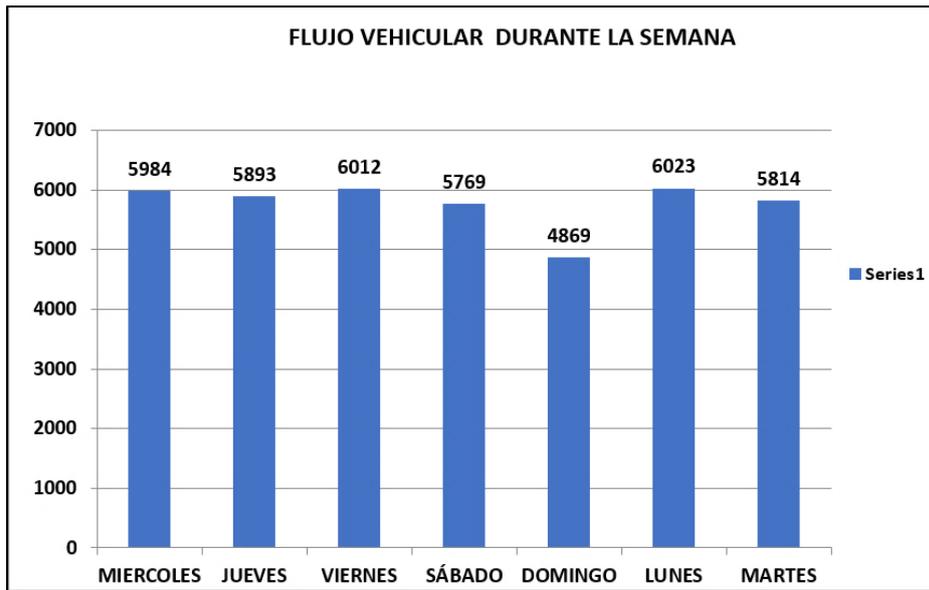


Figura 28 "Gráfico flujo vehicular N° a S° semanal"

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera obtuvimos en la Figura 29, valores que representan que en la intersección transitan pocos vehículos menores, entre los que se considera las bicicletas, así como un valor bajo de vehículos pesados entre los que se consideran los de transporte público y un gran porcentaje de vehículos livianos como son autos

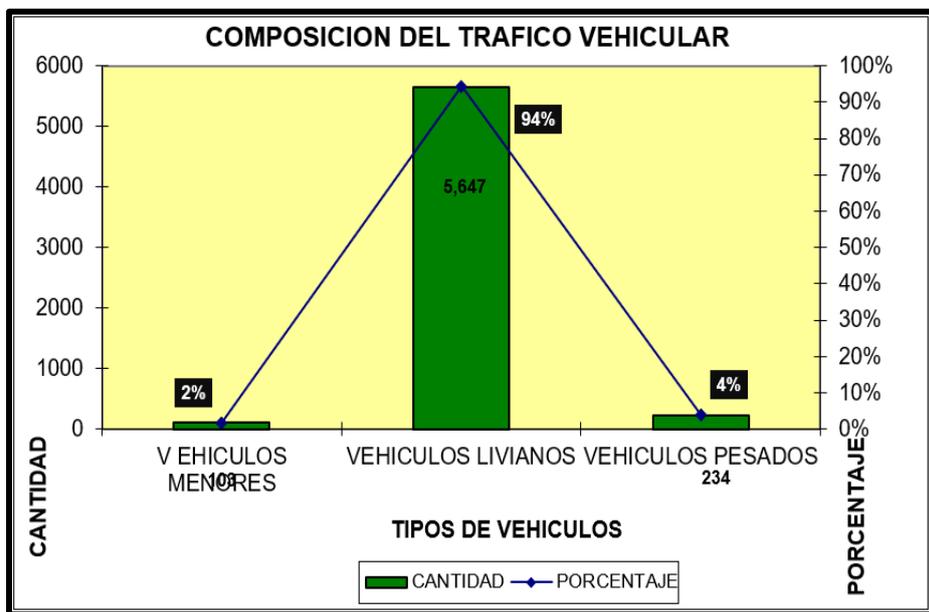


Figura 29 "Gráfico de composición Tráfico Av. San Luis N a S"

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo, en la Tabla 8 se observa la data del flujo de Sur a Norte de la vía de San Luis para insertar al software Vissim.

Tabla 8  
 “Estudio de Tráfico – E-02”

ESTUDIO DE TRAFICO																			
CALLE		AVENIDA SAN LUIS				N° ESTACIONES		2											
SENTIDO		SUR A NORTE				COD. DE LA ESTACION		E - 02											
UBICACION		Distrito de San Borja				FECHA		25 al 31		08		2022							
HORA	BICICLETA	MOTO CAR.	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL	PORC.	%
DIAGRA. VEH				PICKUP	RURAL		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3				
07-08	20	0	622	330	0	9	15	0	5	0	0	0	0	0	0	1,001	17%		
08-09	18	0	635	332	0	8	16	0	5	0	0	0	0	0	0	1,014	17%		
09-10	6	0	368	142	0	7	13	0	0	0	0	0	0	0	0	536	9%		
10-11	5	0	250	106	0	5	12	0	3	0	0	0	0	0	0	381	6%		
11-12	8	0	279	141	0	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	447	7%		
12-13	13	0	323	163	0	9	15	0	4	0	0	0	0	0	0	527	9%		
13-14	7	0	280	134	0	5	11	0	2	0	0	0	0	0	0	439	7%		
14-15	5	0	276	140	0	8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	443	7%		
15-16	8	0	296	172	0	9	14	0	0	0	0	0	0	0	0	499	8%		
16-17	15	0	425	213	0	7	13	0	3	0	0	0	0	0	0	676	11%		
17-18	21	0	642	315	0	9	19	0	4	0	0	0	0	0	0	1,010	17%		
18-19	18	0	651	321	0	10	17	0	5	0	0	0	0	0	0	1,022	17%		
TOTAL	144.00	0.00	6047.00	2509.00	0.00	92.00	172.00	0.00	31.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5,972	100%		
%	2.41%	0.00%	84.51%	42.01%	0.00%	1.54%	2.88%	0.00%	0.52%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%				
TOTAL VEHICULOS PESADOS																295.00			
%				0.00	31.19	58.31	0.00	10.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00		

FUENTE: Estudio elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Así mismo obtuvimos los datos del flujo vehicular horario en la Av. San Luis de Sur a Norte en la *Figura 30* que nos muestra los datos tomados por horarios que así mismo nos muestra que existen dos periodos de tiempo en que el volumen de tráfico es mayor, de 7 a 9 a.m. y de 5 a 7 p.m.

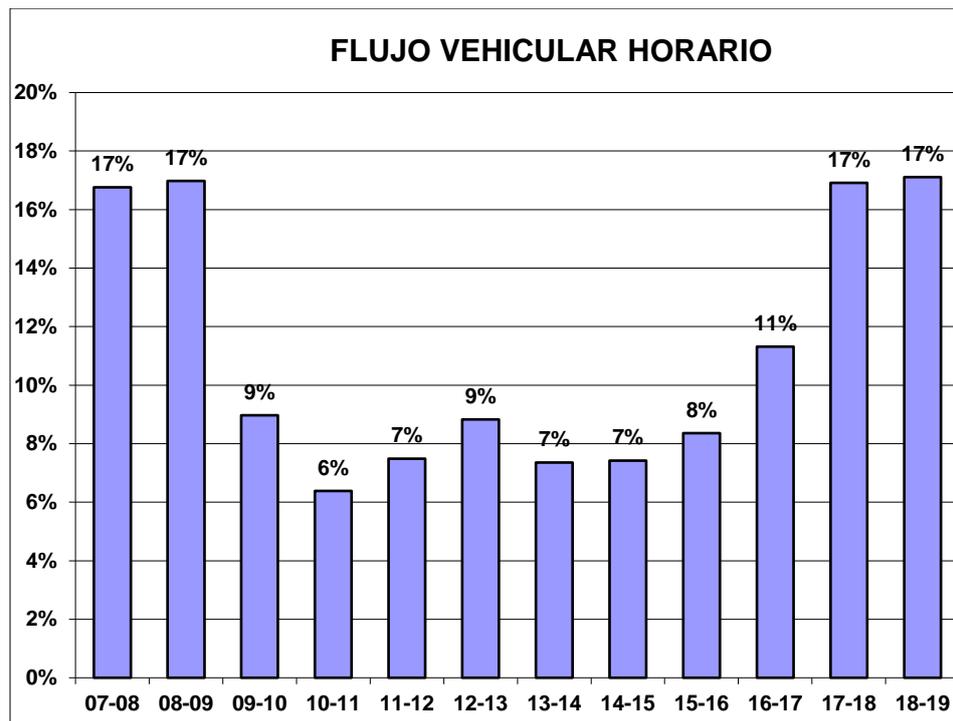
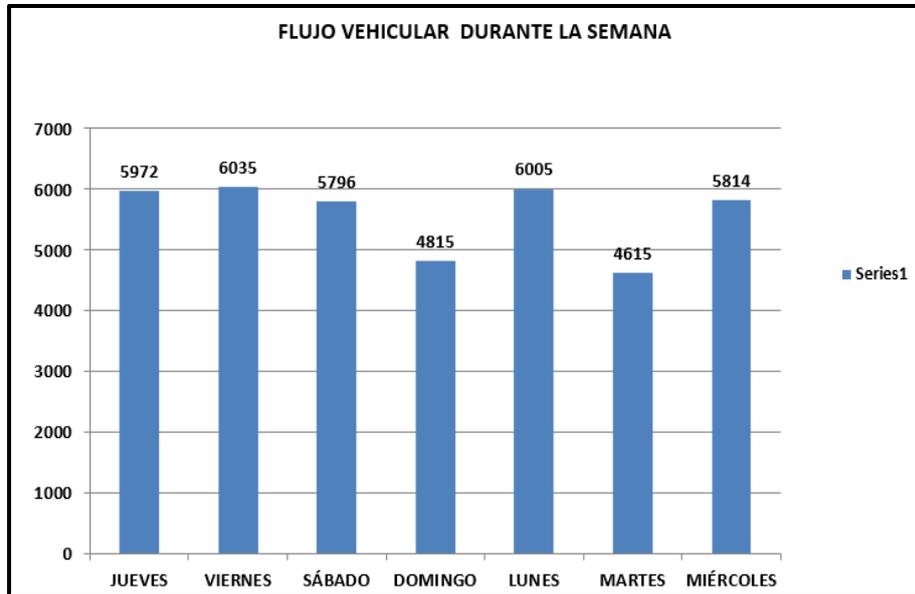


Figura 30 "Gráfico de flujo vehicular S° a N° por horario"

Fuente: Elaboración propia

Y finalmente en la *Figura 31* podemos observar los valores del flujo de la semana observada que nos muestra que los lunes y viernes son de mayor volumen de tráfico vehicular en la Av. San Luis flujo de Sur a Norte.



*Figura 31 "Gráfico flujo vehicular S° a N° semanal"*  
Fuente: Elaboración Propia

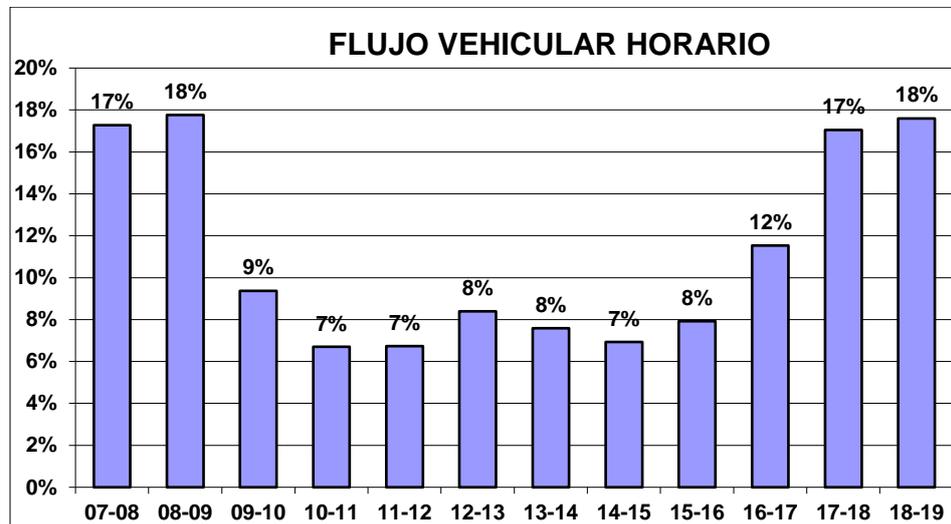
Para la avenida de San Borja Norte, se realizó la misma obtención de data para obtener el flujo vehicular para el simulador PTV VISSIM en la Tabla 9

Tabla 9  
"Estudio de Tráfico – E-03"

ESTUDIO DE TRAFICO																			
CALLE	AVENIDA SAN BORJA NORTE						N° ESTACIONES	3											
SENTIDO	OESTE A ESTE						COD. DE LA ESTACION	E - 03											
UBICACIÓN	Distrito de San Borja						FECHA	01 al 07 08 2022											
HORA	BICICLETA	MOTO CAR	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYER				TOTAL	PORC.	%	
DIAGRA. VEH				PICKUP	RURAL (Combi)		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3				
07-08	21	0	605	321	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	951	17%	
08-09	17	0	621	336	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	978	18%	
09-10	5	0	352	159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	516	9%	
10-11	6	0	249	113	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	369	7%	
11-12	9	0	232	127	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	371	7%	
12-13	14	0	298	148	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	462	8%	
13-14	7	0	271	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	418	8%	
14-15	5	0	253	123	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	382	7%	
15-16	9	0	245	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	436	8%	
16-17	16	0	415	201	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	635	12%	
17-18	21	0	603	311	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	938	17%	
18-19	19	0	630	316	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	969	18%	
<b>TOTAL</b>	<b>149.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4774.00</b>	<b>2477.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>25.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5,505</b>	<b>100%</b>							
%	2.71%	0.00%	86.72%	45.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.45%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%			
<b>TOTAL VEHICULOS PESADOS</b>																	<b>25.00</b>		
%	<b>VEHICULOS PESADOS</b>																<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
FUENTE: Estudio elaboración propia																			

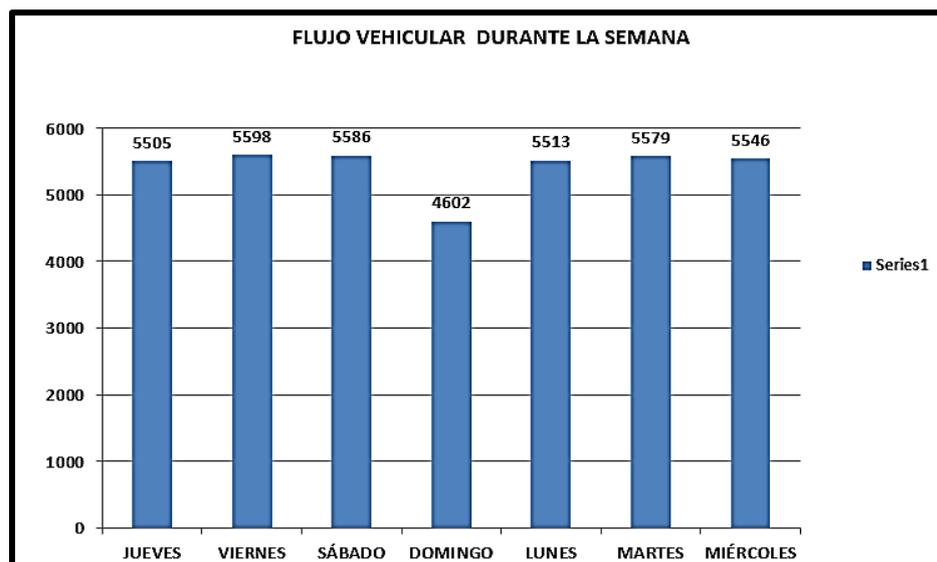
Fuente: Elaboración Propia

Obtuvimos los datos del flujo vehicular horario en la Av. San Borja Norte de flujo Oeste a Este de acuerdo con horario, en la *Figura 32* podemos apreciar que el mayor volumen vehicular ocurre de 7 a 9 a.m. y de 5 a 7 p.m.



*Figura 32 "Gráfico de flujo vehicular O° a E° por horario"*  
Fuente: Elaboración propia.

En la *Figura 33* pudimos apreciar que el volumen de tráfico en la semana es casi constante de lunes a sábado y el domingo disminuye el flujo vehicular con respecto de los otros días. Así como que el viernes se produjo el mayor flujo vehicular.



*Figura 33 "Gráfico flujo vehicular O° a E° semanal"*  
Fuente: Elaboración Propia

Para la Av. San Borja Norte en el sentido de Oeste a Este se obtuvo la siguiente data para el software y se refleja en la Tabla 10

Tabla 10  
"Estudio de Tráfico E-O"

ESTUDIO DE TRAFICO																											
CALLE		AVENIDA SAN BORJA NORTE				N° ESTACIONES		4																			
SENTIDO		ESTE A OESTE				COD. DE LA ESTACION		E - 04																			
UBICACIÓN		Distrito de San Borja				FECHA		08 al 14 09 2022																			
HORA	BICICLETA	MOTO CAR	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TOTAL	PORC. %											
				PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2			>=3S3										
07-08	21	0	621	304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	946	17%										
08-09	17	0	612	331	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	962	18%										
09-10	5	0	343	170	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	522	10%										
10-11	6	0	253	116	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	378	7%										
11-12	10	0	219	129	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	361	7%										
12-13	12	0	278	157	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	449	8%										
13-14	7	0	270	143	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	421	8%										
14-15	5	0	246	122	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	374	7%										
15-16	9	0	238	166	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	416	8%										
16-17	16	0	406	202	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	627	12%										
17-18	15	0	601	316	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	936	17%										
18-19	17	0	625	322	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	968	18%										
TOTAL	140,00	0,00	4712,00	2478,00	0,00	0,00	0,00	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5.446	100%										
%	2,57%	0,00%	86,52%	45,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,55%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%												
TOTAL VEHICULOS PESADOS															30,00												
%	VEHICULOS PESADOS															0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

Obtuvimos los datos del flujo vehicular horario en la Av. San Borja Norte de flujo Oeste a Este de acuerdo con horario, en la Figura 34 podemos apreciar que el mayor volumen vehicular ocurre de 7 a 9 a.m. y de 5 a 7 p.m.

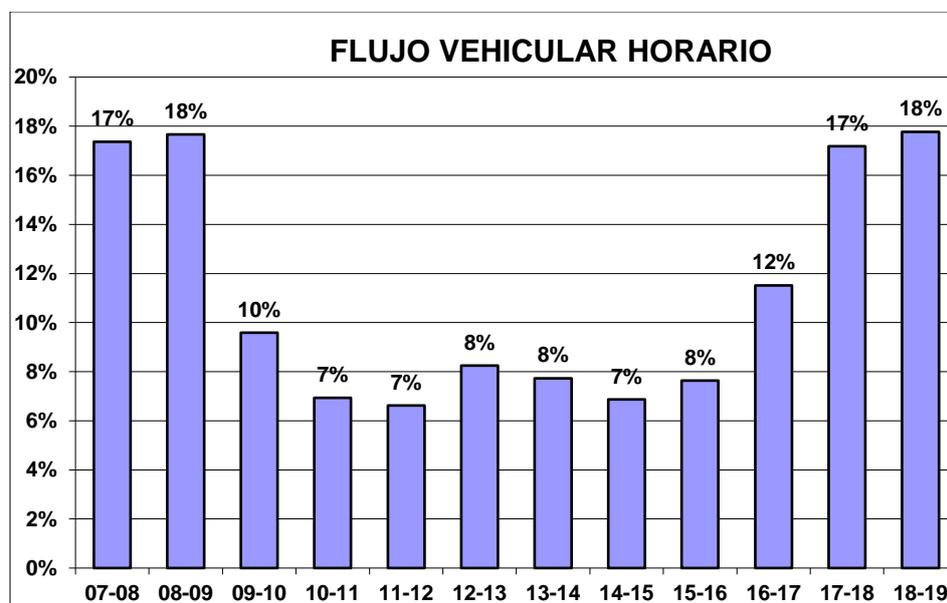


Figura 34 "Gráfico de flujo vehicular E° a O° por horario"  
Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 35 podemos apreciar que el volumen de tráfico en la semana es casi constante de lunes a sábado y el domingo disminuye el flujo vehicular con respecto de los otros días. Así como que el viernes se produjo el mayor flujo vehicular.

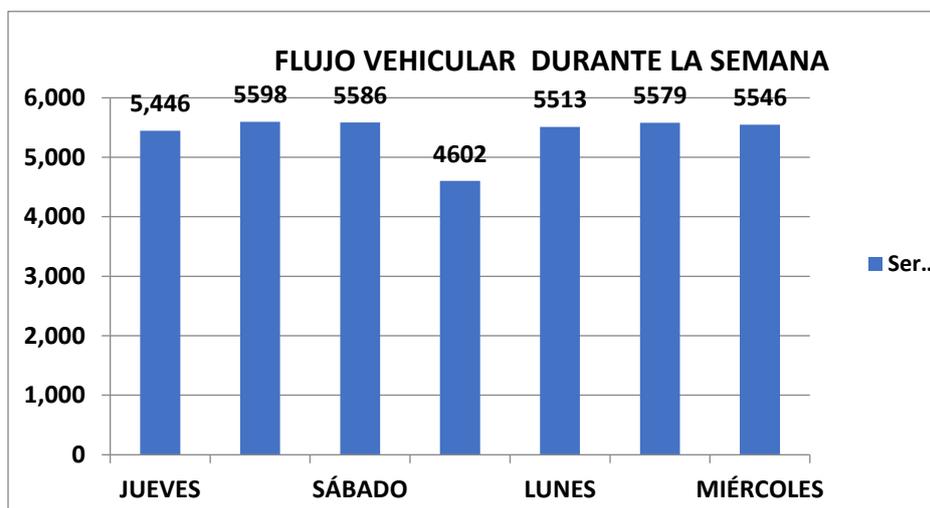


Figura 35 "Gráfico flujo vehicular E° a O° semanal"

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera obtuvimos en la Figura 36, representa que en la intersección transitan un 2% de vehículos menores como las bicicletas, así como 0% de vehículos pesados porque en la vía no transita transporte público y un 98% de vehículos livianos como son autos

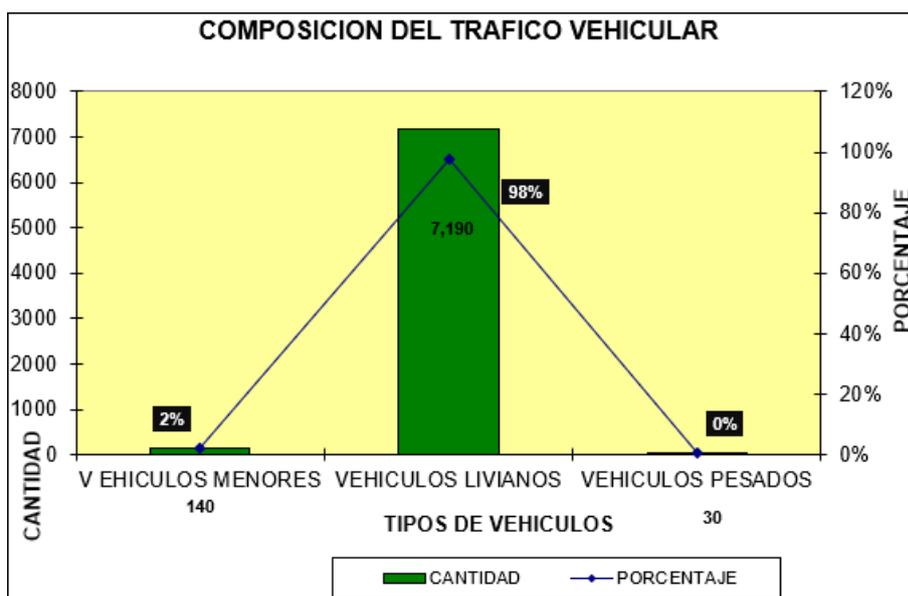


Figura 36 "Gráfico de composición Tráfico Av. San Borja E a O"

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2. Construcción del modelo

La construcción del modelo se realizará en el software de micro simulación PTV VISSIM 10.0, para ello se ingresará el aforo vehicular en la hora de mayor afluencia, la geometría de la intersección de estudio, los ciclos semafóricos, tiempos de viaje, geometría de la intersección, etc. En la Tabla 11, tenemos la descripción del número de carriles, dirección y ancho en la intersección actual, así como los de las propuestas desarrolladas, esto será ayuda para la ejecución del modelo.

Tabla 11  
"N° de carriles, ancho de carril y dirección para creación de Links"

<b>Datos</b>	<b>Av. San Luis</b>	<b>Av. San Borja Norte</b>
Número de carriles actuales	2	3
Ancho de carril	3.00 m	3.45 m
Número de carriles propuestos	3	3

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 12 se encuentran los valores del volumen vehicular total ingresados al software PTV VISSIM para ser desarrollada en las micro simulaciones.

Tabla 12  
"Nivel de servicio por volumen situación actual"

<b>Descripción</b>	<b>Acceso</b>	<b>Volumen (veh/h)</b>
Av. San Luis	NS	5,969
Av. San Luis	SN	5,972
Av. San Borja Norte	OE	5,524
Av. San Borja Norte	EO	5,505

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1. Links y conectores

Los links y conectores permiten representar las vías que conforman la intersección a evaluar, esta opción nos permite trazar líneas que representaran la calzada en sus distintas direcciones, cabe mencionar que al trazar el link se debe definir el número de carriles, el ancho de carril, comportamiento, etc.

En la Figura 37 se muestran los parámetros característicos empleadas en nuestra simulación y en la Figura 38 se muestra los Tramos trazados para representar la intersección.

Link

No.: 1 Name: Av. San Luis NS

Num. of lanes: 2 Link behavior type: 1: Urban (motorized)

Link length: 361.310 m Display type: 1: Road gray

Level: 1: Base

Lanes Meso Pedestrian Area Display Dyn. Assignment Others

Count	Index	Width	LinkBeha...	BlockedV...	DisplayT...	NoLnChL...	NoLnCh...	NoLnChL...	NoLnCh...
1	1	3.00				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	2	3.00				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Has overtaking lane

OK Cancel

Figura 37 “Cuadro de creación de Tramo Av. San Luis”  
Fuente: Elaboración propia



Figura 38 "Creación de Tramo Av. San Luis "  
Fuente: Elaboración propia

Lo mismo se realiza para la elaboración de la avenida San Borja Norte para poder tener la intersección correcta como se observa en las Figuras 39 y 40.

Link

No.:  Name: Av. San Borja Norte EO

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

Link length: 161.784 m Display type: 1: Road gray

Level: 1: Base

Lanes Meso Pedestrian Area Display Dyn. Assignment Others

Count: 3	Index	Width	LinkBeha...	BlockedV...	DisplayT...	NoLnCh...	NoLnChR...	NoLnChL...	NoLnChR...
1	1	3.45				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
2	2	3.45				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
3	3	3.45				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Has overtaking lane

OK Cancel

Figura 39 " Cuadro de creación de Tramo Av. San Borja Norte"  
Fuente: Elaboración propia



Figura 40 " Creación de Tramo Av. San Borja Norte"  
Fuente: Elaboración propia

Una vez trazado los Links se requiere unir las calzadas que se cruzan, para ello requerimos el uso de conectores, como en la Figuras 41 y 43. Estos conectores nos permitirán unir los links en la intersección como en la Figura 42 y 44; como también representar los giros en los carriles de ingreso y/o salida de la Av. San Luis y Av. San Borja Norte. En las siguientes figuras se aprecia la conexión de las avenidas ya mencionadas.



Figura 41 " Carriles conectores en el modelo Norte a Este"  
Fuente: Elaboración propia

Connector

No.: 10015 Name: Carril de giro NE3

Intermediate points: Link behavior type: 1: Urban (motorized)

Link length: 23.998 m Display type: 1: Road gray

Reverse parking

from link: No.: 1 At: 192.542 m to link: No.: 4 At: 96.017 m

Lane 1  
 Lane 2

Lane 1  
 Lane 2  
 Lane 3

Count	Index	Width	LinkBehavT...	BlockedVeh...	DisplayType	NoLnChLAI...	NoLnChRAI...	NoLnChLVe...	NoLnChRV...
1	1					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Has overtaking lane

OK Cancel

Figura 42 " Cuadro de edición de conector NE en el modelo"  
Fuente: Elaboración propia



Figura 43 " Carriles conectores en el modelo Sur a Oeste"  
 Fuente: Elaboración propia

Connector

No.: 10013 Name: Carril de giro SO3

Intermediate points: 14 Link behavior type: 1: Urban (motorized)

Link length: 21.903 m Display type: 1: Road gray

Reverse parking

from link No.: 2 At: 175.287 m to link No.: 3 At: 80.382 m

Lane 1  
 Lane 2

Lane 1  
 Lane 2  
 Lane 3

Lanes Lane Change Meso Display Dyn. Assignment Others

Count	Index	Width	LinkBehavT...	BlockedVeh...	DisplayType	NoLnChLAI...	NoLnChRAI...	NoLnChLVe...	NoLnChRV...
1	1					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Has overtaking lane

OK Cancel

Figura 44 " Cuadro de edición de conector SO en el modelo"  
 Fuente: Elaboración propia

Para la edición de la ciclovía, se realizó con el flujo regular directo para mantener el análisis de circulación del programa como se observa en las Figuras 45 y 46.

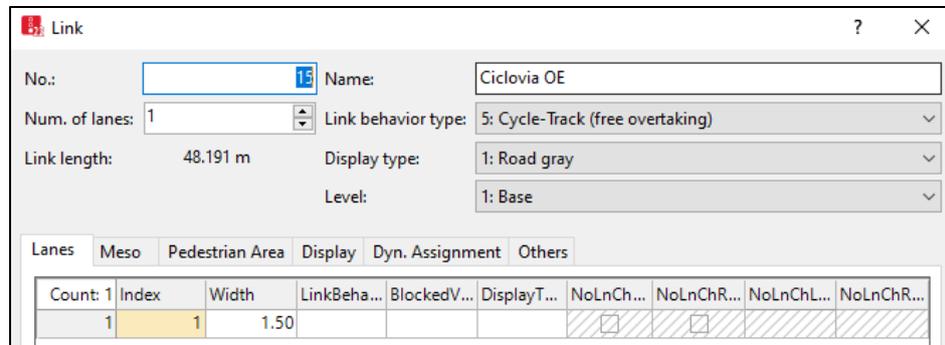


Figura 45 " Cuadro de creación de Tramo Ciclovía "

Fuente: Elaboración propia

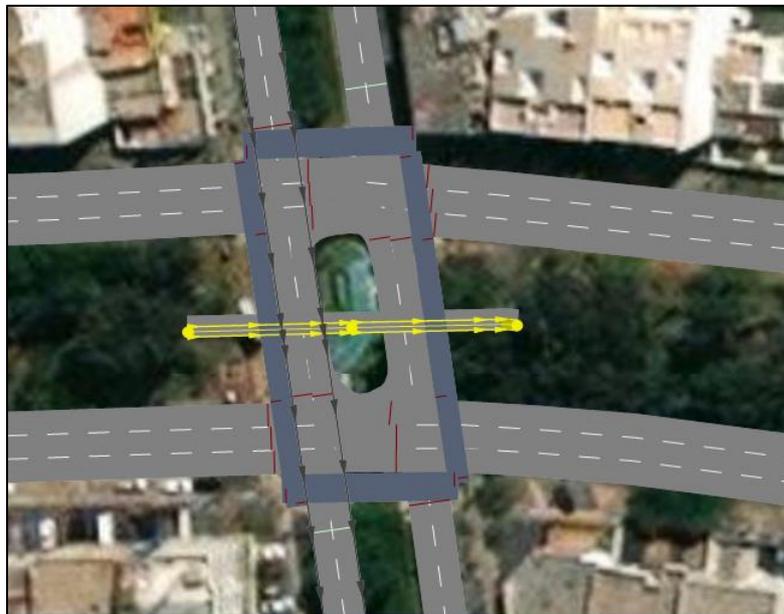


Figura 46 " Creación de Tramo Ciclovía "

Fuente: Elaboración propia

Y como corresponde en las vías vehiculares, se realiza la simulación de cruce peatonal como indicador de pase en los intervalos de "Pare" de las determinadas vías en cuestión como se muestra en las Figuras 47 y 48.

Link

No.:  Name:

Num. of lanes:  Link behavior type:

Link length: 49.044 m Display type:

Level:

Lanes Meso Pedestrian Area Display Dyn. Assignment Others

Count	Index	Width	LinkBeha...	BlockedV...	DisplayT...	NoLnCh...	NoLnChR...	NoLnChL...	NoLnChR...
1	1	1.45			41: Eleva...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Has overtaking lane

OK Cancel

Figura 47 " Cuadro de creación de Vías Peatonales"

Fuente: Elaboración propia

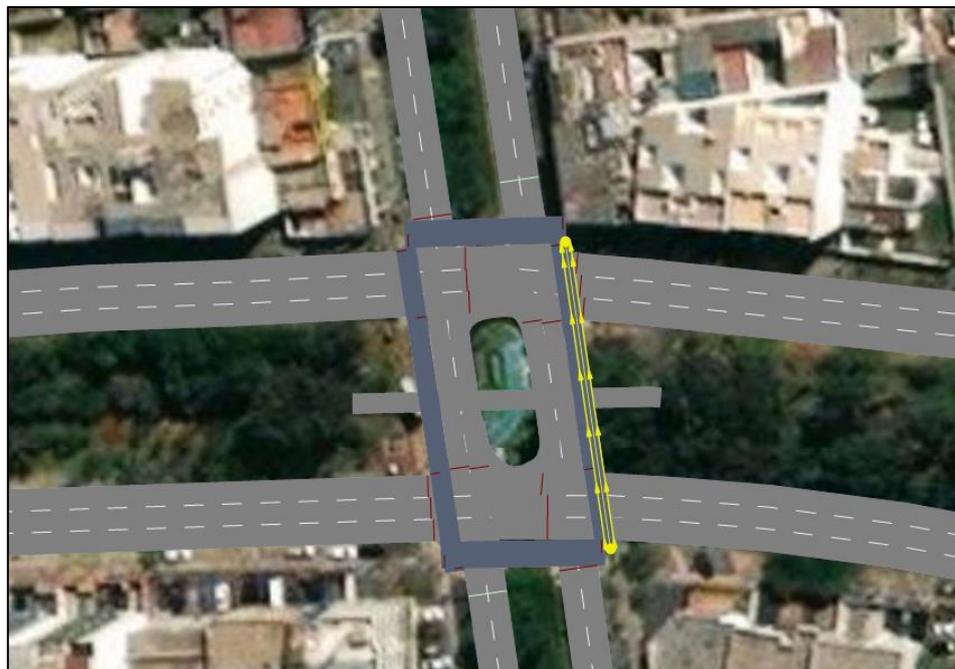


Figura 48 " Creación de Tramos Peatonales"

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. Composición Vehicular y peatonal

El aforo de vehículos en la intersección de estudio nos permitirá identificar el tipo de vehículos que circulan en nuestra intersección. Para ello activamos el comando “Vehicle Compositions”. Este comando nos permite ingresar la clase, la velocidad y el flujo de volumen de vehículos que circulan por nuestra intersección. En las figuras 49, 50 y 51 se definieron las avenidas que conforman la intersección y su respectiva composición vehicular. En nuestro análisis se consideró 3 tipos de vehículos: Autos, Buses y camiones.

Vehicle Compositions / Relative flows						
Count: 7			Count: 4			
No	Name		VehType	DesSpeedDistr	RelFlow	
1	Av. San Luis NS	1	100: Car	50: 50 km/h	0.949	
2	Av. San Luis SN	2	200: HGV	50: 50 km/h	0.026	
3	Av. San Borja Norte EO	3	300: Bus	50: 50 km/h	0.005	
4	Av. San Borja Norte OE	4	610: Bike Man	20: 20 km/h	0.019	
5	Cruce peatonal					
6	Giros					
7	Ciclovia					

Figura 49 "Composición Vehicular Av. San Luis"

Fuente: Elaboración propia

Vehicle Compositions / Relative flows						
Count: 7			Count: 3			
No	Name		VehType	DesSpeedDistr	RelFlow	
1	Av. San Luis NS	1	100: Car	50: 50 km/h	0.976	
2	Av. San Luis SN	2	200: HGV	50: 50 km/h	0.004	
3	Av. San Borja Norte EO	3	610: Bike Man	20: 20 km/h	0.020	
4	Av. San Borja Norte OE					
5	Cruce peatonal					
6	Giros					
7	Ciclovia					

Figura 50 "Composición Vehicular Av. San Borja Norte"

Fuente: Elaboración propia

Vehicle Compositions / Relative flows			
Count: 7	No	Name	
1	1	Av. San Luis NS	
2	2	Av. San Luis SN	
3	3	Av. San Borja Norte EO	
4	4	Av. San Borja Norte OE	
5	5	Cruce peatonal	
6	6	Giros	
7	7	Ciclovia	

Count: 2	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	30: 30 km/h	0.995
2	200: HGV	30: 30 km/h	0.005

Figura 51 "Composición Vehicular Carriles de Giros"

Fuente: Elaboración propia

Para la construcción de la composición de flujo peatonal y ciclista, se realiza con la velocidad más baja de 5 km/h que el programa puede aportar debido a la rapidez de un peatón y el inicio de velocidad de un ciclista a inicio de arranque de velocidad como se muestra en las Figuras 52 y 53.

Vehicle Compositions / Relative flows			
Count: 7	No	Name	
1	1	Av. San Luis NS	
2	2	Av. San Luis SN	
3	3	Av. San Borja Norte EO	
4	4	Av. San Borja Norte OE	
5	5	Cruce peatonal	
6	6	Giros	
7	7	Ciclovia	

Count: 2	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	510: Man	5: 5 km/h	0.500
2	520: Woman	5: 5 km/h	0.500

Figura 52 "Composición Vehicular Vías Peatonales"

Fuente: Elaboración propia

Vehicle Compositions / Relative flows			
Count: 7	No	Name	
1	1	Av. San Luis NS	
2	2	Av. San Luis SN	
3	3	Av. San Borja Norte EO	
4	4	Av. San Borja Norte OE	
5	5	Cruce peatonal	
6	6	Giros	
7	7	Ciclovia	

Count: 2	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	610: Bike Man	5: 5 km/h	0.500
2	620: Bike W...	5: 5 km/h	0.500

Figura 53 "Composición Vehicular Ciclovías"

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.3. Datos de entrada

Se denomina datos de entrada a la información recolectada de campo la cual es procesada en gabinete. Estos datos son: Aforo vehicular, trazo de ruta, tiempos semafóricos y otros.

- a) Vehicles Inputs: En este paso se ingresa el flujo de vehículos para cada Link que compone la intersección. En la figura 54 se muestra el volumen de vehículos que se ingresó al modelo de estudio.

Count	No	Name	Link	Volume(0-MAX)	VehComp(0-MAX)
1	1		1: Av. San Luis NS	1024.0	1: Av. San Luis NS
2	2		2: Av. San Luis SN	1010.0	2: Av. San Luis SN
3	3		6: Av. San Borja Norte EO...	938.0	1: Av. San Luis NS
4	4		5: Av. San Borja Norte OE...	942.0	1: Av. San Luis NS
5	5		8: Cruce Peatonal EO - N	49.0	5: Cruce peatonal
6	6		7: Cruce Peatonal OE - N	49.0	5: Cruce peatonal
7	7		9: Cruce Peatonal EO - S	45.0	5: Cruce peatonal
8	8		10: Cruce Peatonal OE - S	46.0	5: Cruce peatonal
9	9		11: Cruce Peatonal SN - E	51.0	5: Cruce peatonal
10	10		12: Cruce Peatonal NS - E	52.0	5: Cruce peatonal
11	11		13: Cruce Peatonal NS - O	55.0	5: Cruce peatonal
12	12		14: Cruce Peatonal SN - O	53.0	5: Cruce peatonal
13	13		15: Ciclovia OE	12.0	7: Ciclovia
14	14		16: Ciclovia EO	12.0	7: Ciclovia

Figura 54 "Ingreso de Volumen vehicular Av. San Luis/Av. San Borja Norte"  
Fuente: Elaboración propia

- b) Vehicle Routes – Static (Asignación de rutas estáticas)

Después de ingresar el volumen de vehículos al modelo, se procede a agregar todos los posibles recorridos que pueden seguir los vehículos en la intersección. Estas rutas son determinadas de acuerdo con el flujograma elaborado en base a los aforos de la intersección. Este procedimiento se realiza para todas las vías que ingresan a la intersección como se observa en las Figuras 55, 56 y 57.



*Figura 55 "Asignación de ruta estática vehicular – Giro NE"*  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 56 "Asignación de ruta estática vehicular – Flujo NS"*  
Fuente: Elaboración propia



Figura 57 "Asignación de ruta estática vehicular – Giro NO"

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron 3 flujos en cada tramo como corresponde en el flujo vehicular visto en campo, como se muestra en la Figura 58.

Static Vehicle Routing Decisions / Static vehicle routes							Static vehicle routes								
Count	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMeth	Count	VehRoutDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	1	1: Av. San Luis NS		3.775	<input checked="" type="checkbox"/>		Static	1	1	1	4: Av. San Borja Norte OE...		173.174	0.100	
2	2	2: Av. San Luis SN		1.804	<input checked="" type="checkbox"/>		Static	2	1	2	1: Av. San Luis NS		357.665	0.800	
3	3	6: Av. San Borja Norte EO...		2.468	<input checked="" type="checkbox"/>		Static	3	1	3	3: Av. San Borja Norte EO		154.247	0.100	
4	4	5: Av. San Borja Norte OE...		7.054	<input checked="" type="checkbox"/>		Static								
5	5	15: Ciclovía OE		0.504	<input checked="" type="checkbox"/>		Static								
6	6	16: Ciclovía EO		0.344	<input checked="" type="checkbox"/>		Static								

Figura 58 "Asignación de ruta estática vehicular – Giro NO"

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.4. Signal Control (Módulo de dirección)

Definido los tipos, volúmenes y recorridos de vehículos nuestro modelo puede funcionar, pero no será válido si antes no se agrega los dispositivos de control semafórico presentes en nuestra intersección. Estos dispositivos se programan en el software a través de la herramienta de señales de control (Signal Control). En las Figura 59 y 60 se muestra la programación aplicada para nuestro caso de estudio.

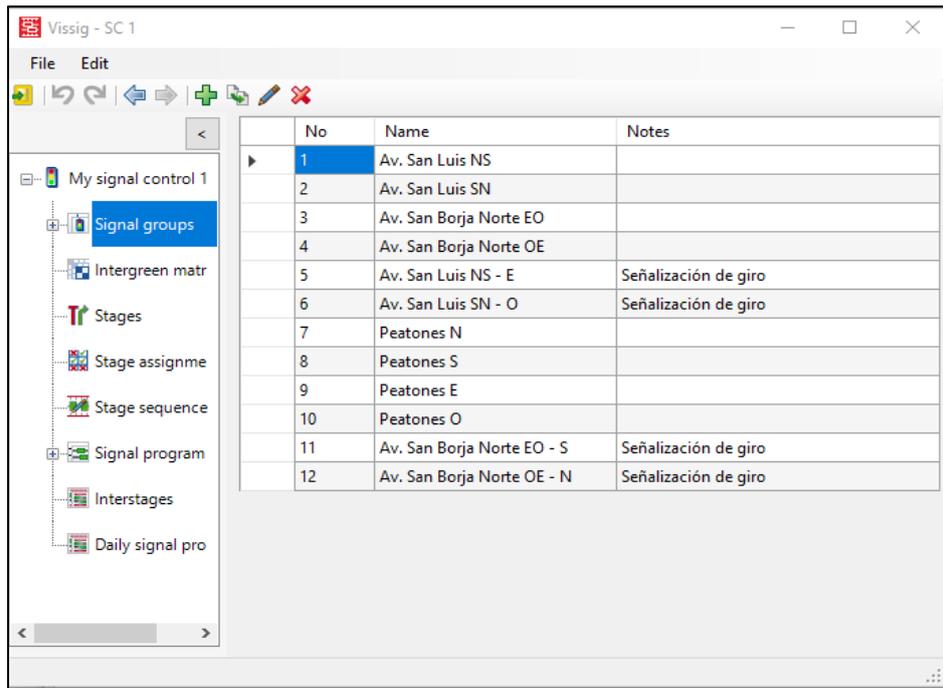


Figura 59 "Creación de módulos de dirección"  
Fuente: Elaboración propia

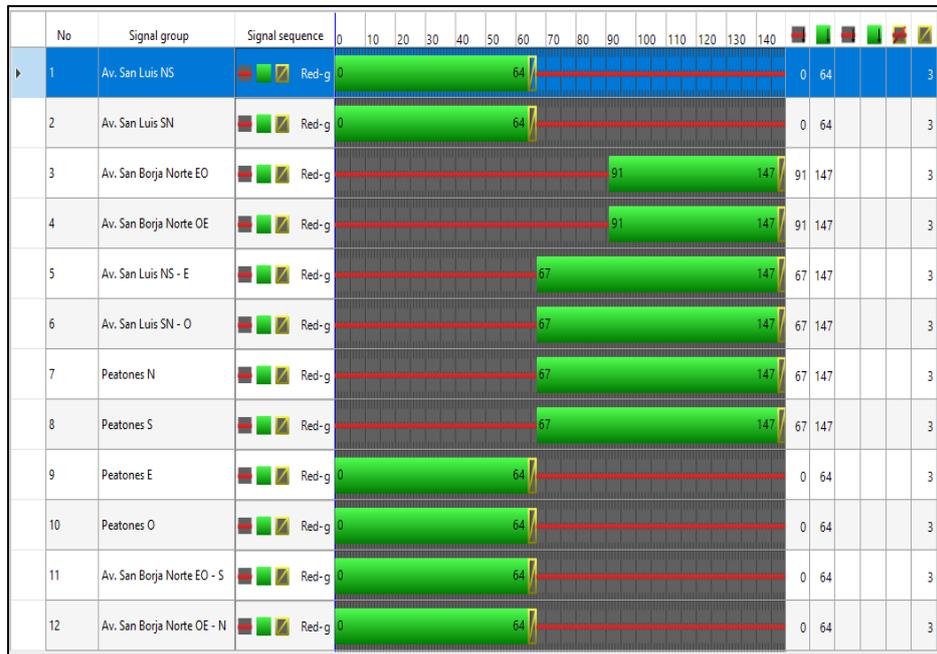
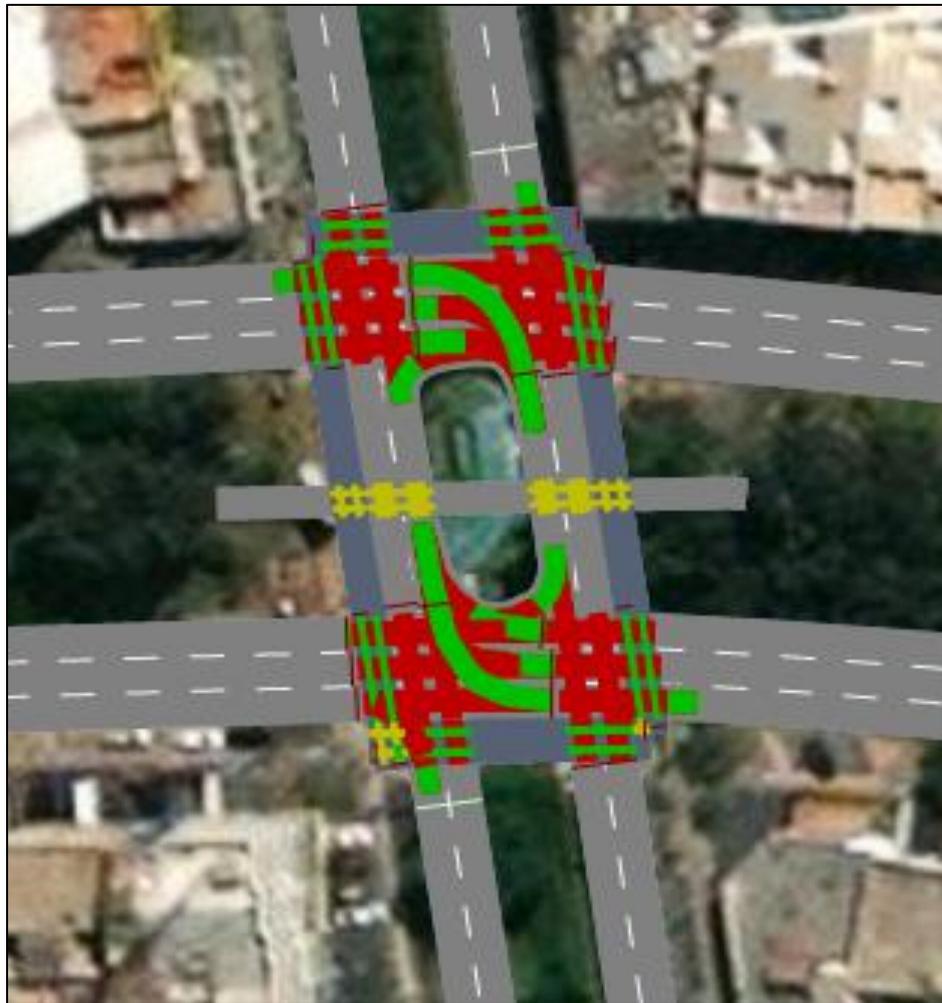


Figura 60 "Distribución de intervalos semafóricos por cada fase"  
Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5. Áreas de conflicto

Se puede definir a las áreas de conflicto como el traslape que ocurre entre los links y los conectores que se cruzan en el modelo. Es por ello por lo que es necesario definir reglas de prioridad “priority rules” que permitan el paso de un vehículo frente a otro. En las Figuras 61 y 62 se muestran las áreas de conflicto que se han generado en la intersección, así como las reglas de prioridad. Cabe mencionar que la prioridad lo tiene el peatón frente a los vehículos; en caso de que el peatón se encuentre en el medio de la vía, los vehículos deberán ceder el paso al peatón hasta que termine de cruzar.



*Figura 61 "Áreas de conflicto del modelo"*  
Fuente: Elaboración propia

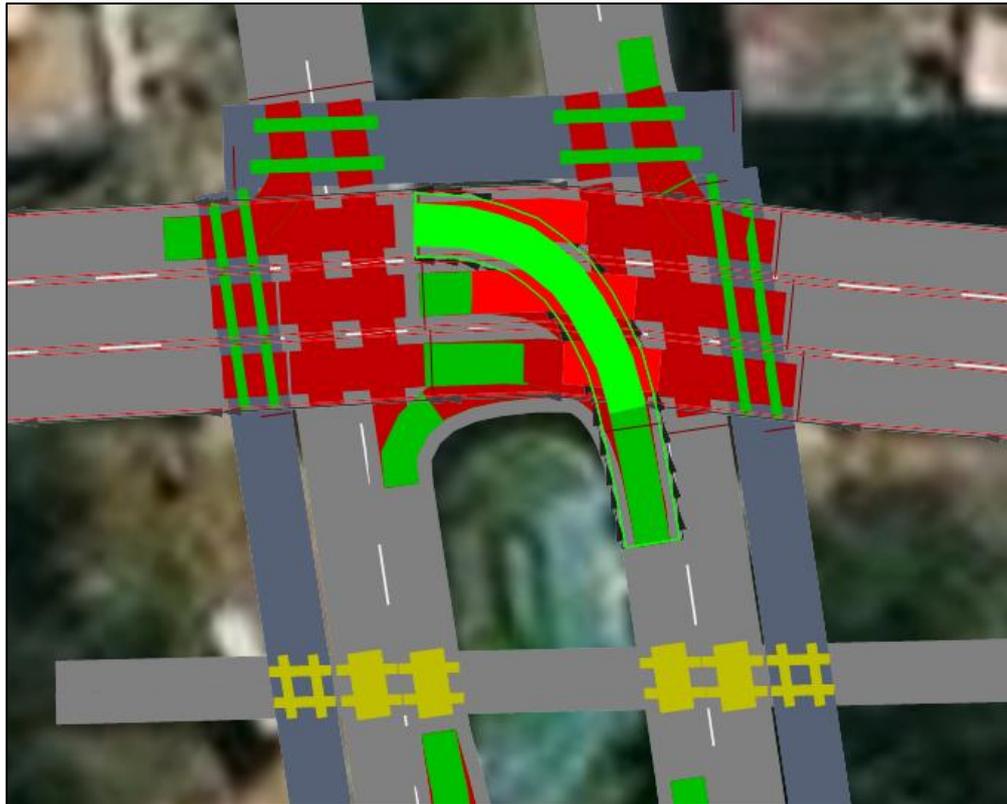


Figura 62 "Ejemplo de designación de prioridad en Áreas de conflicto"

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Verificación y calibración del modelo

#### 5.3.1. Verificación del modelo

La verificación del modelo es un proceso lógico que evidencia posibles falencias incurridas cuando se ingresa la información al modelo, así como posibles fallas en la toma de datos como, por ejemplo: Aforos vehiculares, aforos peatonales, ciclos semafóricos, tiempos de espera, etc.

Para nuestro caso de consideramos los siguientes parámetros: número semilla (Random Seed), el número de corridas (Number of Runs), el incremento del número semilla (Random Seed Increment) y la velocidad de simulación (Simulation Speed).

Se utilizó como número semilla el que aparece por defecto en el programa. Este número tiene un valor de 42 con un incremento de 1 por cada corrida. La velocidad de simulación fue la máxima. Para determinar el número de corridas se utilizó la ecuación de t-student. La Federal Highway Administration (FHWA) plantea la siguiente metodología de análisis para

validar la estimación del modelo 15 corridas para simular el modelo, este es un valor aceptable con un 95% de confianza

En esta etapa se validan los datos levantados en campo al contrastarlos con los resultados obtenidos de la simulación del programa, esto mediante una prueba de hipótesis nula de igualdad de medias. Para esto, luego de realizar las corridas correspondientes, se obtuvieron 20 valores de tiempos de viaje de los vehículos para cada vía analizada.

### 5.3.2. Propuesta de mejora geométrica

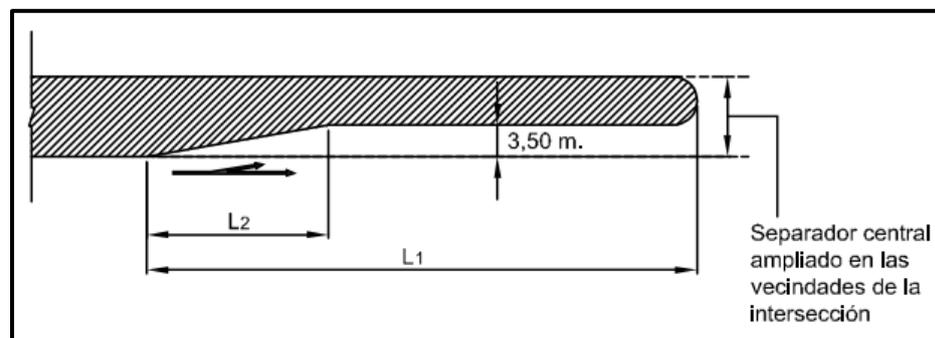
Luego de realizar la evaluación de la situación real de la intersección, propondremos dos propuestas de mejora en el diseño geométricas de la vía para evaluar la mejora de los niveles de servicio de la intersección cumpliendo con el objetivo principal del presente estudio.

- Rediseño geométrico de la intersección
- Optimización del ciclo semafórico.

A continuación, explicaremos de qué manera se realizará la evaluación tomando en cuenta las propuestas antes mencionadas.

#### a) Rediseño geométrico de la intersección

Para el modelo que se ha planteado tenemos en cuenta ciertos parámetros a considerar que uno de los objetivos a lograr es reducir el volumen de tráfico generado en la Av. San Luis, con este propósito, se propone el diseño de un carril de giro a la izquierda cuyas dimensiones se ilustran en la *Figura 63* y en la Tabla 13.



*Figura 63 "Esquema carril de giro a la izquierda"*

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS – 2008 Cap. 6. Intersec. a Nivel.

Uno de los datos necesarios es la velocidad de diseño:

$$V = 50 \text{ km/h}$$

Tabla 13  
"Carril de giro a la izquierda"

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA CALZADA ADYACENTE AL CARRIL DE GIRO A LA IZQUIERDA (km/h)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)
50	80	30
60	100	30
80	125	45
100	155	45

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS – 2008 Cap. 6. Interés. a Nivel.

Por lo tanto, los datos con los que trabajaremos serán:

$$L_1 = 80 \text{ m} \quad L_2 = 30 \text{ m}$$

#### b) Optimización del ciclo semafórico

Para esta modificación se requiere mantener el umbral establecido encontrado en campo de 150 segundos, el cual, de ser cambiado podría generar conflictos en cadena con las intersecciones colindantes con un umbral determinado para operar contiguamente con los demás. Se puede generar distintos intervalos entre Alto y Siga respetando el umbral del módulo de dirección de 150 segundos

#### 5.4. Simulación de tráfico mediante el software PTV VISSIM y Análisis

Evaluamos los resultados obtenidos mediante el modelamiento de la intersección a partir de los datos ingresados al software del comportamiento vehicular por lo que presentamos el estado actual de la intersección y el desarrollo de las propuestas cuyo propósito es mejorar el nivel de servicio.

Para ello, realizamos el ajuste de la simulación en el programa para realizar los análisis mediante la data obtenida de las simulaciones. Con ello creamos el área de evaluación de la intersección a analizar mediante la herramienta de "Nodes" como se muestra en las Figuras 64 y 65.



Figura 64 "Creación de Área de análisis de Intersección"  
Fuente: Elaboración Propia

 A screenshot of a software dialog box titled 'Node'. The dialog has several fields and checkboxes.
 

Node

No.:  Name:

LOS type: Signalized

Use for evaluation

Use for dynamic assignment

Use for mesoscopic simulation

Meso penalty (merging vehicles):

Has user defined orientations

Count: 0	Neighbor	Orientation
There are no elements in this list. You can add new elements through the context menu.		

Visualization

Show label

Show classified values

Show turn value visualization

Figura 65 "Cuadro de edición de análisis de Intersección"  
Fuente: Elaboración Propia

Ya habiendo definido el área de análisis, se configuró los flujos viales que se requerían analizar; tales como se indicó en la Figura 66.

Count	No	Name	StartLink	StartPos	EndLink	EndPos	Dist
4	1	SL N hacia SBN	1: Av. San Luis NS	5.275	4: Av. San Borja Norte OE...	171.369	280.71
2	2	SL S hacia SBN	2: Av. San Luis SN	4.021	3: Av. San Borja Norte EO	158.824	266.68
3	3	San Luis NORTE/S...	1: Av. San Luis NS	7.100	1: Av. San Luis NS	220.658	213.56
4	4	San Luis SUR/NOR...	2: Av. San Luis SN	5.747	2: Av. San Luis SN	203.486	197.74

Figura 66 "Cuadro de tramos con análisis de Tiempo"

Fuente: Elaboración Propia

En parámetros de configuración de la simulación, las variables que se requerían analizar fueron configuradas en un tiempo en el cual la simulación se comporta como el horario registrado de mayor tráfico. Así que se analizó desde el segundo 800, tal y como se indica en la Figura 67.

**Evaluation Configuration** ? X

Evaluation output directory: C:\Users\renza\OneDrive\Tesis\08 Simulacion\01. Simulación - Via actual\ ...

Result Management | Result Attributes | **Direct Output**

Additionally collect data for these classes:

Vehicle Classes

- 10: Car
- 20: HGV
- 30: Bus
- 40: Tram
- 50: Pedestrian
- 60: Bike

Pedestrian Classes

- 10: Man, Woman
- 30: Wheelchair User

	Collect data	From-time	To-time	Interval	
Area measurements	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Areas & ramps	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Data collections	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Delays	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Links	<input checked="" type="checkbox"/>	800	99999	99999	More...
Meso edges	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Nodes	<input checked="" type="checkbox"/>	800	99999	99999	More...
OD pairs	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Parking lot groups	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Parking lots	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Parking routing decisions	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Parking spaces	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Pedestrian Grid Cells	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	More...
Pedestrian network performance	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Pedestrian travel times	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Queue counters	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	More...
Vehicle inputs	<input type="checkbox"/>	0	99999	99999	
Vehicle network performance	<input checked="" type="checkbox"/>	800	99999	99999	
Vehicle travel times	<input checked="" type="checkbox"/>	800	99999	99999	More...

OK Cancel

Figura 67 "Cuadro de edición de parámetros de Evaluación"

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el análisis de inicio fue 800s, entonces para realizar la hora, se le aumentó a 4400s para que sea un intervalo de análisis de una hora completa. Y para realizar el análisis se requirió realizar la corrida para tener un numero de testigos para su evaluación. El programa ya realiza la desviación estándar en esta versión del programa como se observa en la Figura 68.

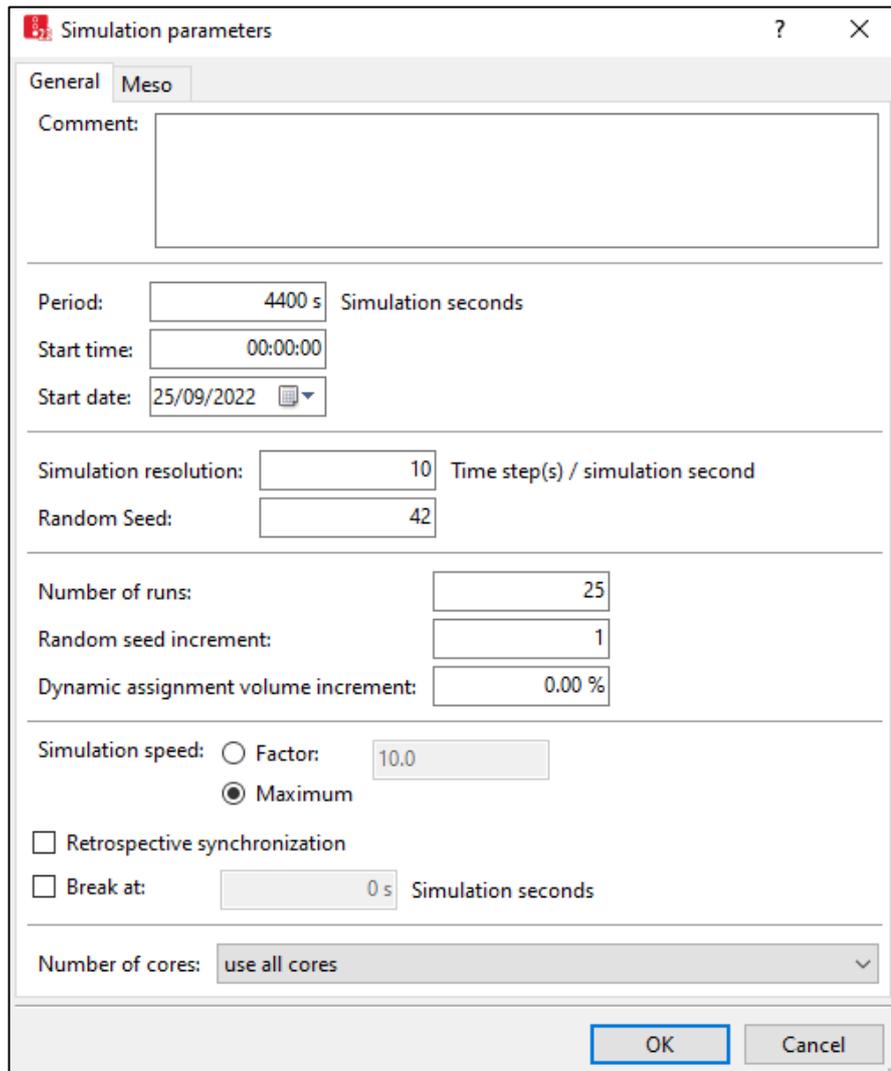


Figura 68 "Cuadro de edición de parámetros de Simulación"  
Fuente: Elaboración Propia

Realizamos una simulación inicial de las condiciones actuales en el software para poder compararlas posteriormente con las propuestas como podemos observar en la Tabla 14.

Tabla 14

"Resultados de nivel de servicio actual"

Numero	Intervalo	Volumen		Demora	Nivel de servicio
		Av. San Luis flujo N a S	Av. San Luis flujo S a N		
1	800-4400	872	811	87,35	F
2	800-4400	898	914	106,21	F
3	800-4400	865	857	115,21	F
4	800-4400	914	873	109,7	F
5	800-4400	906	777	107,41	F
6	800-4400	959	200	108,49	F
7	800-4400	841	657	157,83	F
8	800-4400	893	868	122,17	F
9	800-4400	911	1536	111,38	F
10	800-4400	876	771	122,08	F
11	800-4400	845	847	107,62	F
12	800-4400	880	884	115,14	F
13	800-4400	840	934	102,66	F
14	800-4400	908	860	76,37	E
15	800-4400	848	909	96,23	F
16	800-4400	833	899	111,36	F
17	800-4400	887	878	104,95	F
18	800-4400	896	910	115,73	F
19	800-4400	849	912	106,49	F
20	800-4400	768	868	100,95	F
Promedio	800-4400	874,45	858,25	109,27	
Desviación estandar	800-4400	112	88	41	
MIN	800-4400	768	200	76,37	
MAX	800-4400	959	1536	157,83	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 14 podemos observar los resultados obtenidos de 20 corridas del software y podemos observar que el tiempo de demora en la mayoría de los casos es F, que se traduce al mismo tiempo en un tiempo inaceptable para el conductor, donde también se experimenta un movimiento forzado seguido de paradas.

#### 5.4.1. Escenario cambio de geometría

Se realizó la simulación con las modificaciones del cambio geométrico previamente diseñado a tres carriles y se obtuvo los siguientes resultados como se muestra en la Figura 69.



Figura 69 "Simulación Propuesta 1 - Horario 7:45"  
 Fuente: Elaboración Propia

Mediante la data obtenida por la propia simulación, presentada la Figura 70, podemos observar que la cantidad de vehículos que recorren el Giro de Norte a Este, aumento gracias a la vía alterna; presentando así una primera mejora.

Vehicle Travel Time Results						
Count	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTimeMeasurement	Vehs(All)	TravTm(All)	DistTrav(All)
1	1	800-36...	1: San Luis N con SBN	101	342.48	284.72
2	1	800-36...	2: San Luis S con SBN	108	194.22	296.15
3	1	800-36...	3: San Luis NOR/SUR	537	11.32	63.97
4	1	800-36...	4: San Luis SUR/NOR	601	12.23	66.50

Figura 70 "Promedio de tiempo de viaje por N° de veh. en la Propuesta 1"  
 Fuente: Elaboración Propia

A la hora de las 7:45 pm se pudo obtener una mejora en el flujo vehicular, teniendo un flujo de 101 a 108 Veh/h, sin embargo, se encontró dificultades al mantener una mejora en el flujo en dirección de Norte a Sur (Avenida San Luis) el mismo módulo de dirección (ciclo semafórico, posición de semáforos). Por lo cual se realizará con una organización más

dinámica dentro del intervalo ya preestablecido en campo para no realizar modificaciones en la red distrital de la zona M-1.

Tabla 15  
"Resultados de nivel de servicio Propuesta 1"

Numero	Intervalo	Volumen		Demora	Nivel de servicio
		Av. San Luis flujo N a S	Av. San Luis flujo S a N		
1	800-4400	914	862	62,04	E
2	800-4400	986	938	59,49	E
3	800-4400	761	654	126,24	F
4	800-4400	929	947	64,17	E
5	800-4400	623	77	83,16	F
6	800-4400	808	803	76,56	E
7	800-4400	694	652	57,28	E
8	800-4400	932	988	72,04	E
9	800-4400	444	171	61,88	E
10	800-4400	1002	949	93,25	F
11	800-4400	464	459	65,27	E
12	800-4400	964	894	56,28	E
13	800-4400	845	800	50,82	D
14	800-4400	965	837	61,44	E
15	800-4400	913	988	63,26	E
16	800-4400	947	943	102,6	F
17	800-4400	912	964	62,79	E
18	800-4400	927	901	127,58	F
19	800-4400	895	728	135,03	F
20	800-4400	910	897	50,82	D
Promedio	800-4400	842	773	76,60	
Desviación estandar	800-4400	155	215	135,03	
MIN	800-4400	444	77	50,82	
MAX	800-4400	1002	988	135,03	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 15 podemos observar que el tiempo de demora en la mayoría de los casos es E, que se traduce en que la capacidad de circulación de la vía se ha superado y los vehículos son operados con un espacio mínimo margen de maniobra. Sin embargo, también debemos considerar que se observa que se obtuvo un nivel de servicio D donde se presenta un alto flujo, pero todavía se puede desplazar con colas.

#### 5.4.2. Escenario cambio de módulo de dirección

Se realizó la simulación con las modificaciones del cambio en el módulo de dirección y respetando el cambio geométrico ya diseñado como se muestra en la Figura 71. Dicho cambio nos arrojó una mejoría significativa en el flujo vehicular a la hora de llegar a la señal de pare en el mismo horario de mayor circulación y se obtuvo los siguientes resultados.

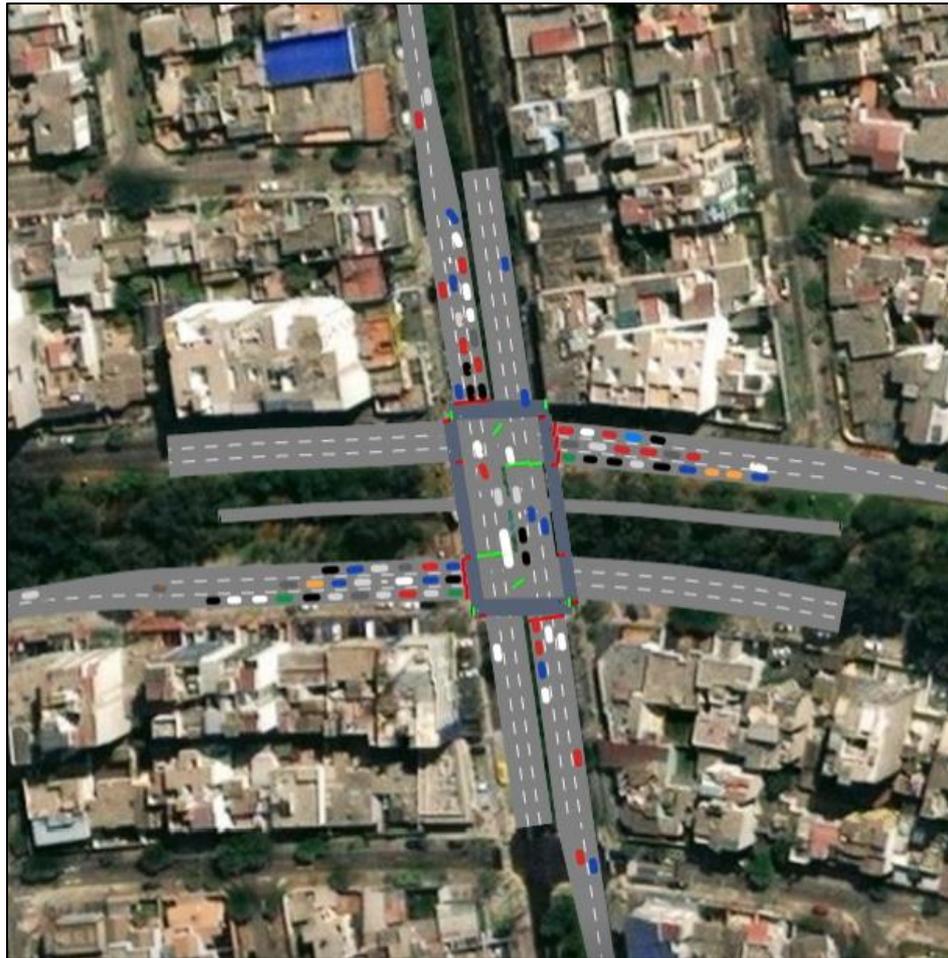


Figura 71 "Simulación Propuesta 2 - Horario 7:45"

Fuente: Elaboración Propia

Vehicle Travel Time Results						
Count	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTimeMeasurement	Vehs(All)	TravTm(All)	DistTrav(All)
1	1	800-44...	1: San Luis N con SBN	136	335.07	257.51
2	1	800-44...	2: San Luis S con SBN	133	196.58	247.67
3	1	800-44...	3: San Luis NOR/SUR	738	201.30	
4	1	800-44...	4: San Luis SUR/NOR	781	56.13	180.92

Figura 72 "Promedio de tiempo de viaje por N° de veh. en la Propuesta 2"

Fuente: Elaboración Propia

Pudimos observar en la Figura 72 que el promedio de vehículos que pasan aumento en determinados giros, sin embargo, en dirección de Norte a Sur, se observa una mejora considerable con respecto a la primera hipótesis.

Tabla 16  
"Resultados de nivel de servicio Propuesta 2"

Numero	Intervalo	Volumen		Demora	Nivel de servicio
		Av. San Luis flujo N a S	Av. San Luis flujo S a N		
1	800-4400	917	871	62,96	E
2	800-4400	988	937	59,57	E
3	800-4400	973	898	75,02	E
4	800-4400	929	954	55,93	E
5	800-4400	962	966	54,68	D
6	800-4400	978	924	62,32	E
7	800-4400	975	282	76,74	E
8	800-4400	820	704	127,36	F
9	800-4400	1000	1000	70,92	E
10	800-4400	924	969	68,25	E
11	800-4400	937	1160	57,34	E
12	800-4400	929	984	61,40	E
13	800-4400	968	900	64,03	E
14	800-4400	964	967	58,35	E
15	800-4400	875	988	61,53	E
16	800-4400	949	910	59,80	E
17	800-4400	914	931	58,40	E
18	800-4400	926	895	71,34	E
19	800-4400	942	810	76,22	E
20	800-4400	891	885	66,49	E
Promedio	800-4400	938	897	67,43	
Desviación estandar	800-4400	151	210	108,73	
MIN	800-4400	820	282	54,68	
MAX	800-4400	1000	1160	127,36	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 16 podemos observar que el tiempo de demora en la casi todos los casos es E, es decir un límite aceptable en la demora donde se observa que la capacidad de circulación de la vía se ha superado y los vehículos son operados con un espacio mínimo margen de maniobra.

#### 5.4.3. Escenario módulo de dirección para ciclovía

Se realizó la simulación que abarcan el cambio geométrico diseñado y en el cambio en el módulo de dirección, pero también consideramos el tercer punto de la hipótesis en el que consideramos el colocar un semáforo para la ciclovía como se puede observar en la Figura 73.



Figura 73 "Simulación Propuesta 3 - Horario 7:45"  
Fuente: Elaboración Propia

Vehicle Travel Time Results							
Count	4	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTimeMeasurement	Vehs(All)	TravTm(All)	DistTrav(All)
1	1	800-44...	1: San Luis N con SBN	142	294.11	257.17	
2	1	800-44...	2: San Luis S con SBN	136	220.60	275.42	
3	1	800-44...	3: Av San Luis SN	783	63.91	202.63	
4	1	800-44...	4: Av San Luis NS	756	91.92	191.35	

Figura 74 "Promedio de tiempo de viaje por N° de veh. en la Propuesta 3"  
Fuente: Elaboración Propia

Pudimos observar en la Figura 74 una mejora considerable con respecto a la primera propuesta sin embargo no con la segunda propuesta en el aspecto de vehículos que transitan por la vía. Sin embargo, se cumple con la primera hipótesis en la que mejoramos las condiciones de servicio con respecto a la condición actual.

Tabla 17  
 "Resultados de nivel de servicio Propuesta 3"

Numero	Intervalo	Volumen		Demora	Nivel de servicio
		Av. San Luis flujo N a S	Av. San Luis flujo S a N		
1	800-4400	898	919	63,84	E
2	800-4400	825	872	104,80	F
3	800-4400	751	792	136,76	F
4	800-4400	924	913	72,05	E
5	800-4400	956	942	68,25	E
6	800-4400	936	925	70,88	E
7	800-4400	868	286	77,09	E
8	800-4400	649	724	195,96	F
9	800-4400	884	934	81,66	F
10	800-4400	870	1593	63,60	E
11	800-4400	939	943	68,18	E
12	800-4400	948	988	83,24	F
13	800-4400	986	933	68,78	E
14	800-4400	894	958	68,86	E
15	800-4400	800	959	73,91	E
16	800-4400	759	693	146,02	F
17	800-4400	747	805	110,60	F
18	800-4400	844	831	97,11	F
19	800-4400	837	909	79,77	E
20	800-4400	910	883	68,45	E
Promedio	800-4400	861	890	89,99	
Desviación estandar	800-4400	151	210	108,73	
MIN	800-4400	649	286	63,60	
MAX	800-4400	986	1593	195,96	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 17 podemos observar que el tiempo de demora en la casi todos los casos es E, con un límite aceptable en la demora donde se observa que la capacidad de circulación de la vía se ha superado y los vehículos son operados con un espacio mínimo margen de maniobra. Sin embargo, a comparación de la propuesta 2 podemos observar un incremento en el número de corridas con nivel de servicio F.

## 5.5. Contrastación de hipótesis

### Hipótesis específica 1

H1-1: El cambio de geometría mejora el nivel de servicio.

H0-1: El cambio de geometría no mejora el nivel de servicio.

- De la simulación mediante el escenario de cambio de geometría, se observa que el ratio de demora alcanza una ligera mejora en la categoría de nivel de servicio
- Salazar Solano, César Joao (2018) Aplicó la simulación mediante Vissim 8.0 y obtuvo un análisis de comportamiento en su intersección.
- Parrado Méndez/García Home (2017) Obtuvo una mejora con el cambio de geometría para mejora de movilidad.
- Por lo tanto, se valida la hipótesis H1 y se rechaza la hipótesis nula H0.

### Hipótesis específica 2

H2-1: El cambio de módulo de dirección mejora el nivel de servicio.

H0-2: El cambio de módulo de dirección no mejora el nivel de servicio.

- De la simulación mediante el escenario de cambio de geometría, se observa que el ratio de demora alcanza una considerable mejora en la categoría de nivel de servicio.
- Sanchez Cruz, Luis Alberto (2019) Aplicó la simulación mediante Vissim 10 y obtuvo un análisis de comportamiento en su intersección y mejoró el nivel de servicio tanto con cambio de geometría como con cambio de módulo de dirección.
- Castillo Polo, J.; Pérez Sovero, J. (2020) Aplicó la simulación mediante Vissim 9.0 y obtuvo un análisis de comportamiento en su intersección y mejoró el nivel de servicio tanto con cambio de geometría como con cambio de módulo de dirección.
- Por lo tanto, se valida la hipótesis H2 y se rechaza la hipótesis nula H0.

### Hipótesis específica 3

H2-1: El cambio de sistema de señalización en ciclovía influye en los niveles de congestión vehicular.

H0-2: El cambio de sistema de señalización en ciclovía no influye en los niveles de congestión vehicular.

- De la simulación mediante el escenario de cambio de Módulo de dirección de la ciclovía, se observa que el ratio de demora para los niveles de servicio, no se obtiene una mejora
- Según los estudios de tráfico, no tiene un uso volumétrico para generar prioridad a esa vía.
- Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula H0.

#### Hipótesis General

Habiendo validado la hipótesis H1, que considera que un cambio de geometría mejora el nivel de servicio, así como la H2 que significa un cambio de módulo de dirección, permite validar la hipótesis general; sin embargo, la H3 que considera la ciclovía, es rechazada, lo que hace a nuestra hipótesis general, sea validada parcialmente en su integridad.

## CONCLUSIONES

1. Al proponer el cambio de geometría y módulo de dirección se demuestra una mejora en el nivel de servicio vehicular; sin embargo, el módulo de dirección para la ciclovía no representa una mejora, lo que valida parcialmente la mejora en el nivel de servicio en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte utilizando software PTV VISSIM.
2. Al proponer el cambio de geometría, se muestra una mejora en el nivel de servicio vehicular; sin embargo, su mejora es parcial, manteniéndolo con un tercio de la simulación en categoría F en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte aplicando el software PTV VISSIM.
3. Al proponer el cambio de módulo de dirección, se muestra una mejora en el nivel de servicio vehicular significativa, manteniendo un mayor índice en categoría E, incluso llegando en una de ellas a la categoría D en la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte aplicando el software PTV VISSIM.
4. Al proponer el cambio de módulo de dirección en la ciclovía, no se muestra una mejora en el nivel de servicio vehicular; por el contrario, reduce las mejoras obtenidas en las primeras 2 propuestas, manteniendo un índice en categoría F como en la situación actual de la intersección de las avenidas San Luis y San Borja Norte habiendo aplicado el software PTV VISSIM.
5. En la propuesta de mejora se busca la mejora en la seguridad y confort de todos los usuarios de la intersección, donde el peatón debe ser la principal prioridad, seguido por los usuarios que se movilizan a partir de vehículos no motorizados.
6. La serie de pasos desarrollados en la propuesta metodológica debe ser correctamente ejecutada para observar mejores resultados con respecto a las condiciones iniciales de la vía, desde la definición del alcance del proyecto, seguido por la adecuada toma de datos de campo. Todo ello con la finalidad de garantizar los procesos de calibración y validación del proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. El software VISSIM es un programa que posee muchas condiciones para las cuales se puede modificar el comportamiento de los vehículos y peatones; sin embargo, en nuestra realidad existen características que son inherentes a nuestra cultura. Por ello, tratar de representar esas cualidades es muy complicado, incluso para un programa y muchas veces se generan advertencias que se pueden solucionar con la revisión de los parámetros.
2. Mediante el desarrollo de la tesis, al buscar información referencial hemos comprobado que a pesar de que existe una norma de diseño geométrico en el Perú, no existen parámetros de diseño enfocados en diseñar un carril de desaceleración con giro a la izquierda. Sin embargo, si encontramos una guía de diseño de carriles de acuerdo con la velocidad de diseño en el INVIAS, manual de diseño de Colombia de la cual podemos observar que se determina las longitudes que debe tener la vía. Se recomendaría desarrollar una norma basándonos en parámetros de diseño para las longitudes que se deben desarrollar en la vía.
3. Podemos concluir que se puede mejorar aún más el nivel de servicio con una optimización del ciclo semafórico que implicaría una reducción o un incremento en el periodo de los tiempos, sin embargo, se recomendaría realizar un estudio más amplio de la zona para poder determinar un adecuado cambio semafórico que pueda ser beneficioso para la zona.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alhajyaseen, W. A. (2013). Stochastic approach for modeling the effects of intersection geometry on turning vehicle paths. En *Transportation Research: Part C* (págs. 179-192).
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (Septima ed.). Washington, D.C., United States: AASHTO. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://trust.dot.state.wi.us/ftp/dtsd/bts/environment/library/PE/AASHTO-GreenBook-7th-edition\(2018\).pdf](chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://trust.dot.state.wi.us/ftp/dtsd/bts/environment/library/PE/AASHTO-GreenBook-7th-edition(2018).pdf)
- Arguedas Bernal, C., & Mosqueira Grosso, R. (2018). *Propuesta de solución integral en la Av. del Aire entre las avenidas Aviación, San Luis y Rosa Toro, mediante un análisis de la congestión vehicular aplicando la metodología HCM 2010*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Escuela de Ingeniería Civil. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/624071>
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). *Manual de Carreteras* (Vol. I: Elementos y Proyecto). Alicante: Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. Obtenido de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1788>
- Barceló, J. (2011). *Fundamentals of Traffic Simulation*. España: Springer.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de tránsito. Fundamentos y aplicaciones* (Novena ed.). México: Alfaomega. doi:ISBN: 978-607-538-217-3
- Castillo Polo, J., & Pérez Sovero, J. (2020). *Propuesta de mejora en los niveles para la intersección de la Av. La Marina con la Av. Antonio José de Sucre utilizando el software Vissim V0.9*. Ingeniería Civil. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/652674>
- Cereceda Bautista, C., & Román Chávez, J. (2018). *Rediseño geométrico aplicando la canalización de las intersecciones de la Av. Universitaria con la Av. Los Alisos y de la Av. Universitaria con la Av. Naranjal para reducir la congestión vehicular*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). doi:10.19083/tesis/624787
- Depiante, V., & Falarraga, J. (2011). *Capacidad en Intersecciones No Semaforizadas de Tres Ramas*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Obtenido de

- <http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/es/produccion/articulos-cientificos/2011-1/617-capacidad-en-intersecciones-no-semaforizadas-de-tres-ramas/file>
- Dowling, R., Skabardonis, A., & Alexiadis, V. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Software*. Washington: U.S. Department of Transportation. Obtenido de [https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat\\_vol3/vol3\\_guidelines.pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol3/vol3_guidelines.pdf)
- Elefteriadou, L. (2014). *An Introduction to Traffic Flow Theory* (Vol. 84). New York: Springer Science+Business Media. doi:10.1007/978-1-4614-8435-6
- Fellendorf, M. (1994). *VISSIM: A Microscopic Simulation Tool to Evaluate Actuated Signal Control including Bus Priority*. Austria: Researchgate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/235358088\\_VISSIM\\_A\\_Microscopic\\_Simulation\\_Tool\\_to\\_Evaluate\\_Actuated\\_Signal\\_Control\\_including\\_Bus\\_Priority](https://www.researchgate.net/publication/235358088_VISSIM_A_Microscopic_Simulation_Tool_to_Evaluate_Actuated_Signal_Control_including_Bus_Priority)
- Fellendorf, M., & Vortisch, P. (2010). Microscopic traffic flow simulation VISSIM. En *Fundamentals of traffic simulation* (págs. 63-93). Alemania: International Series in Operation Research and Management Science. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Martin-Fellendorf/publication/226140005\\_Microscopic\\_traffic\\_flow\\_simulator\\_VISSIM/links/569bfa2908ae748dfb104e07/Microscopic-traffic-flow-simulator-VISSIM.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Martin-Fellendorf/publication/226140005_Microscopic_traffic_flow_simulator_VISSIM/links/569bfa2908ae748dfb104e07/Microscopic-traffic-flow-simulator-VISSIM.pdf)
- Fernandez, R. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular* (Primera ed.). (J. C. Dexter, Ed.) Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/173103>
- García Home, A., & Parrado Méndez, A. (2017). *Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá*. Facultad de Ingeniería Civil. Bogota: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15217>
- Gruschetsky, V. (2016). Congestión y Descongestión en el centro de la Ciudad: Una razón para ensanchar la Calle Corrientes. Buenos Aires 1927-1932. *Academia.edu*. Obtenido de [https://www.academia.edu/23624751/CONGESTION\\_Y\\_DESCONGESTION\\_EN\\_EL\\_CENTRO\\_DE\\_LA\\_CIUDDAD\\_UNA\\_RAZON\\_PARA\\_ENSANCHAR\\_LA\\_CALLE\\_CORRIENTES\\_BUENOS\\_AIRES\\_1927\\_1932](https://www.academia.edu/23624751/CONGESTION_Y_DESCONGESTION_EN_EL_CENTRO_DE_LA_CIUDDAD_UNA_RAZON_PARA_ENSANCHAR_LA_CALLE_CORRIENTES_BUENOS_AIRES_1927_1932)

- Highway Capacity Manual 6th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis* (Vol. I). (2016). Washington, DC: Transportation Research Board. doi:10.17226/24798
- Lu, J. J., Chen, S., Ge, X., & Pan, F. (7 de Marzo de 2012). A Programmable Calculation Procedure for Number of Traffic Conflict Points at Highway Intersections. *Journal of Advanced Transportation*, 692-703. doi:10.1002/atr.190
- (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS*. Republica de Colombia. Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2018). *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras*. . Lima: Mimisterio de Transportes y comunicaciones. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_6%20DCT-2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_6%20DCT-2016.pdf)
- Ministerio de transportes y comunicaciones . (2018). *Manual de carreteras - Diseño geométrico - DG-18*. Lima: Diario Oficial el Peruano. Obtenido de Gob.pe: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Dise%C3%B1o%20Geometrico%20DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Dise%C3%B1o%20Geometrico%20DG-2018.pdf)
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2018). *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras*. Lima: Diario Oficial el Peruano. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_6%20DCT-2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_6%20DCT-2016.pdf)
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2018). *Manual de Puentes*. Diario Oficial el Peruano. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/13370.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/13370.pdf)
- Miramontes García, E., Vidaña Bencomo, J., & Rodríguez Esparza, A. (2015). Vialidad: Análisis y Evaluación de Intersecciones Urbanas. *Cultura Científica y Tecnológica*(56), 51-60. Obtenido de <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/691/670>
- Municipalidad de San Borja. (20 de Noviembre de 2019). Obtenido de Plan Urbano Distrital de San Borja 2020-2030.: <http://www.munisanborja.gob.pe/plan-urbano-distrital-san-borja-2020-2030/>
- Ortega Guaricela, H. (2017). *Evaluación de la capacidad en rotondas, en función de la optimización de su diseño geométrico basado en un aumento de la seguridad*.

- caso de estudio cuenca*. Portugal: Instituto Politécnico de Leiria. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10400.8/2915>
- Pasquali, M. (20 de Mayo de 2021). ¿Qué ciudades latinoamericanas tienen más congestión vehicular? *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/grafico/17001/las-ciudades-de-america-latina-con-mas-embotellamientos/>
- Pinos Mata, V., & Riquetti Morales, J. (2016). *Diseño de intersecciones en vías urbanas*. Ecuador: Universidad de Azuay. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5901>
- PTV Group. (Julio de 2022). Obtenido de PTV Vissim: <https://www.ptvgroup.com/es/soluciones/productos/ptv-vissim-nuevo/>
- Quintero-González, J. R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 57–72. doi:10.11144/Javeriana.ayd21-40.citm
- Redacción gestión. (17 de Agosto de 2017). Obtenido de Diario Gestión: <https://diariocorreio.pe/peru/el-21-de-limenos-pierde-hasta-tres-horas-diarias-en-transportarse-839071/>
- Rodríguez Rucobo, N. P., Vidaña Bencomo, J. O., & Rodríguez Esparza, A. (2015). Vialidad: Evaluación del congestionamiento vehicular en intersecciones viales. *Cultura Científica Y Tecnológica*, 12(50), 41-50. Obtenido de <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/690>
- Salazar Solano, C. (2018). *Análisis por micro simulación de la intersección entre la Av. Brasil y el Jr. General Borgoño empleando VISSIM 8*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12617>
- Sanchez Cruz, L. (2019). *Evaluación y mejora de tres intersecciones de la avenida Canadá utilizando herramienta de microsimulación de tráfico*. Escuela de Ingeniería Civil. Lima: Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/9221>
- Siguas Bernaola, J. (2021). *Diseño geométrico y señalización vial de la modificación del sector de vía del km 79 (C.P. Palca) al km 83 (DV. Huachos) de la red vial nacional PE-26, provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica*. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18943>

Transportation research board. (2000). *Highway Capacity Manual*. Washington DC: TRB. Obtenido de

[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway\\_capacital\\_manual.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf)

Wunderlich, W., Vasudevan, M., & Wang, P. (2019). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software 2019 Update to the 2004 Version*. Washington: U.S. Department of Transportation.

Obtenido de <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop18036/fhwahop18036.pdf>