



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE PASO A DESNIVEL PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA
AV. SÁNCHEZ CARRIÓN INCLUYENDO UN PLAN DE
MANTENIMIENTO, UBICADO EN EL DISTRITO DE
JESÚS MARÍA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE
LIMA**

**PRESENTADA POR
DIEGO LEONARDO MEZA ZAMALLOA
OSCAR HAROLD PÁLIZA GALLEGOS**

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

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

**LIMA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

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



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE PASO A DESNIVEL PARA
MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AV.
SÁNCHEZ CARRIÓN, INCLUYENDO UN PLAN DE
MANTENIMIENTO, UBICADO EN EL DISTRITO DE JESÚS
MARÍA, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA**

**TESIS
PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**MEZA ZAMALLOA, DIEGO LEONARDO
PÁLIZA GALLEGOS, OSCAR HAROLD**

ASESORES

**MAG. ING. ERNESTO ANTONIO VILAR GALLARDO
MAG.ING. JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARÍA**

LIMA – PERÚ

2023

Dedico esta tesis a mi familia que siempre ha sido un apoyo para mejorar constantemente; y, a mi doctora, por cuidarme y por su paciencia.

Páliza Gallegos, Oscar

Dedico esta tesis a Dios, por permitirme lograr uno de mis más grandes anhelos; y, a mi familia, por el amor incondicional y la confianza que depositan en mí.

Meza Zamalloa, Diego

| | ÍNDICE |
|-----------------------------------------------|--------|
| | Pág. |
| RESUMEN | XIII |
| ABSTRACT | XV |
| INTRODUCCIÓN | XVIII |
| CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 1.1. Descripción de la Situación Problemática | 1 |
| 1.2. Formulación del Problema | 6 |
| 1.3. Objetivos de la Investigación | 7 |
| 1.4. Justificación de la Investigación | 7 |
| 1.5. Limitaciones de la Investigación | 8 |
| 1.6. Viabilidad de la Investigación | 8 |
| 1.7. Impacto Potencial de la Investigación | 9 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO | |
| 2.1. Antecedentes de la Investigación | 11 |
| 2.2. Bases Teóricas | 15 |
| 2.3. Definición de Términos Básicos | 48 |
| 2.4. Hipótesis | 49 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA | |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Diseño Metodológico | 50 |
| 3.2. Población y Muestra | 51 |
| 3.3. Definición de Variables | 52 |
| 3.4. Operacionalización de Variables | 53 |
| 3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos | 53 |
| 3.6. Técnicas e Instrumentos para el Procesamiento de Información | 54 |
| 3.7. Procedimiento | 57 |
| CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN | |
| 4.1. Descripción y Características de la Zona | 58 |
| 4.2. Delimitación del Área de Estudio | 59 |
| 4.3. Características del Tramo Vial | 60 |
| 4.4. Levantamiento Drone | 63 |
| 4.5. Estudio de Tráfico | 67 |
| 4.6. Procesamiento de Datos de Campo en Synchro | 81 |
| 4.7. Alternativa de Solución | 95 |
| 4.8. Diseño Geométrico | 96 |
| CAPÍTULO V. RESULTADOS | |
| 5.1. Flujo Vehicular | 103 |
| 5.2. Nivel de Servicio | 105 |
| 5.3. Grado de Saturación | 108 |
| 5.4. Nivel de Servicio de la Intersección | 110 |
| 5.5. Dimensiones de las Vías | 113 |
| 5.6. Plan de Mantenimiento o Conservación Vial | 116 |
| CAPÍTULO VI. DISCUSION DE RESULTADOS | |
| 6.1. Contrastación de Hipótesis | 122 |
| 6.2. Contrastación de Antecedentes | 124 |
| CONCLUSIONES | 126 |

| | |
|-------------------------------|-----|
| RECOMENDACIONES | 128 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN | 129 |
| ANEXOS | 134 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Tabla 1 <i>Tipos de Vía</i> | 26 |
| Tabla 2 <i>Ancho de Berma</i> | 27 |
| Tabla 3 <i>Pendientes Máximas</i> | 29 |
| Tabla 4 <i>Velocidad de Diseño, Ancho de Calzada, Sobre Ancho y Pendiente en Vías</i> | 30 |
| Tabla 5 <i>Radios Máximos y Mínimos</i> | 30 |
| Tabla 6 <i>Operacionalización de Variables</i> | 53 |
| Tabla 7 <i>Manuales</i> | 54 |
| Tabla 8 <i>Formato de Conteo y Clasificación Vehicular</i> | 55 |
| Tabla 9 <i>Formato de Estudio de tráfico 6 Horas</i> | 56 |
| Tabla 10 <i>Procesamiento de Datos</i> | 57 |
| Tabla 11 <i>Aforo Vehicular del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 67 |
| Tabla 12 <i>Aforo Vehicular del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 69 |
| Tabla 13 <i>Aforo Vehicular del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 71 |
| Tabla 14 <i>Aforo Vehicular total del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 73 |
| Tabla 15 <i>Aforo Vehicular de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 73 |
| Tabla 16 <i>Aforo Vehicular de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 76 |
| Tabla 17 <i>Aforo Vehicular de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 78 |
| Tabla 18 <i>Aforo Vehicular Total de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 80 |
| Tabla 19 <i>Resumen de Indicadores del Estado Actual de la Red Vial</i> | 113 |

Tabla 20 *Resumen de Indicadores de la Red Vial en el Modelo Propuesto* 113

Tabla 21 *Contrastación de Antecedente Nacional* 125

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1 <i>Venta de Vehiculos Livianos y Pesados Mensualmente</i> | 1 |
| Figura 2 <i>Composición de la Av. Sánchez Carrión</i> | 2 |
| Figura 3 <i>Av. Sánchez Carrión – Ref. Metro San Felipe</i> | 4 |
| Figura 4 <i>Huecos en la Vía en Av. Sánchez Carrión</i> | 4 |
| Figura 5 <i>Piel de Cocodrilo en Av.Sanchez Carrión</i> | 5 |
| Figura 6 <i>Congestionamiento por Giro en Av. Sánchez Carriño con Av. Salaverry</i> | 5 |
| Figura 7 <i>Manual de Carreteras y Puentes</i> | 16 |
| Figura 8 <i>Ejemplo de Plano Topográfico de la Zona de Estudio</i> | 17 |
| Figura 9 <i>Ejemplo Carta Nacional 1/100 000</i> | 18 |
| Figura 10 <i>Especificaciones Drone</i> | 18 |
| Figura 11 <i>Tipos de Sensores de Aplicaciones al Tránsito</i> | 20 |
| Figura 12 <i>Procesos de Recolección y Análisis de Datos Drone</i> | 21 |
| Figura 13 <i>Estadísticas Abril – 2021 - Marzo 2023</i> | 22 |
| Figura 14 <i>Modelos de Tráfico</i> | 23 |
| Figura 15 <i>Tipos de Av. Sánchez Carrión a Nivel</i> | 31 |
| Figura 16 <i>Tipos de Avenida a Desnivel</i> | 32 |
| Figura 17 <i>Intercambio de 3 Ramas</i> | 33 |
| Figura 18 <i>Tipos Característicos de Intercambios de 4 Ramas</i> | 34 |
| Figura 19 <i>Criterios para Niveles de Servicio</i> | 35 |

Pág.

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 20 | <i>Criterios para Niveles de Servicio Según ICU</i> | 37 |
| Figura 21 | <i>Formula Índice Medio Diario Anual (IMDA)</i> | 41 |
| Figura 22 | <i>Factor de Corrección</i> | 41 |
| Figura 23 | <i>Estudio de Demanda de Tránsito</i> | 42 |
| Figura 24 | <i>Estudios de Campo para Tránsito Vehicular</i> | 42 |
| Figura 25 | <i>Ejemplo de Simulación en el Software Synchro</i> | 46 |
| Figura 26 | <i>Ejemplo de Simulación en el Software Infracore</i> | 47 |
| Figura 27 | <i>Mapa de Jesús María</i> | 51 |
| Figura 28 | <i>Mapa de Jesús María</i> | 58 |
| Figura 29 | <i>Delimitación del Área de Estudio</i> | 59 |
| Figura 30 | <i>Zonificación del Área de Estudio</i> | 59 |
| Figura 31 | <i>Principales Arterias que Conforman el Tramo Vial</i> | 61 |
| Figura 32 | <i>Intersección Av. Sánchez Carrión con la Av. Salaverry</i> | 62 |
| Figura 33 | <i>Ciclovía- Av. Salaverry</i> | 62 |
| Figura 34 | <i>Reducción de Tres a Dos Carriles</i> | 63 |
| Figura 35 | <i>Especificaciones Maviz Air 2</i> | 63 |
| Figura 36 | <i>Intersección 1</i> | 64 |
| Figura 37 | <i>Intersección 2</i> | 65 |
| Figura 38 | <i>Intersección 3</i> | 65 |
| Figura 39 | <i>Intersección 4</i> | 66 |
| Figura 40 | <i>Intersección 5</i> | 66 |
| Figura 41 | <i>Aforo Vehicular del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 68 |
| Figura 42 | <i>Aforo Vehicular del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 69 |
| Figura 43 | <i>Aforo Vehicular Del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 72 |
| Figura 44 | <i>Aforo Vehicular Total del Aeropuerto a Javier Prado</i> | 73 |
| Figura 45 | <i>Aforo Vehicular de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 75 |
| Figura 46 | <i>Aforo Vehicular de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 77 |
| Figura 47 | <i>Aforo Vehicular de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 79 |
| Figura 48 | <i>Aforo Vehicular Total de Javier Prado al Aeropuerto</i> | 80 |
| Figura 49 | <i>Plantilla Correspondiente a la Zona de Análisis.</i> | 81 |
| Figura 50 | <i>Medición Horizontal del Área de Estudio para la Inserción</i> | 82 |
| Figura 51 | <i>Diseño de la Situación Actual en Av. Sánchez Carrión</i> | 83 |
| Figura 52 | <i>Diseño de la Situación Actual en Av. Sánchez Carrión</i> | 83 |

| Pág. | | |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| | Figura 53 <i>Diseño de la Situación Actual en Av. Sánchez Carrión</i> | 84 |
| | Figura 54 <i>Configuración de Volumen Av. Sánchez Carrión y Av. Salaverry</i> | 84 |
| | Figura 55 <i>Configuración de Ciclo Semafórico Av. Sánchez Carrión y Av. Salaverry</i> | 85 |
| | Figura 56 <i>Configuración de la Av. Sánchez Carrión y Av. Salaverry</i> | 86 |
| | Figura 57 <i>Nivel de Servicio Actual en cada Intersección</i> | 87 |
| | Figura 58 <i>Grado de Saturación Actual en cada Intersección</i> | 88 |
| | Figura 59 <i>Demora Actual en cada Intersección</i> | 89 |
| | Figura 60 <i>Nivel de Servicio de ICU Actual</i> | 90 |
| | Figura 61 <i>Simulación de la Situación Actual en 3D</i> | 91 |
| | Figura 62 <i>Diseño con la Implementación de Paso a Desnivel en la Av. Sánchez Carrión</i> | 92 |
| | Figura 63 <i>Composición de la Implementación de Paso a Desnivel de la Av. Sánchez Carrión</i> | 92 |
| | Figura 64 <i>Nivel de Servicio con la Implementación del Paso a Desnivel</i> | 92 |
| | Figura 65 <i>Grado de Saturación con el Paso a Desnivel</i> | 93 |
| | Figura 66 <i>Demora con la Implementación del Paso a Desnivel</i> | 94 |
| | Figura 67 <i>Nivel de Servicio de ICU con la Implementación del Paso a Desnivel</i> | 94 |
| | Figura 68 <i>Simulación Propuesta. Infracore 2023</i> | 95 |
| | Figura 69 <i>Sección Transversal de Av. Sánchez Carrión</i> | 96 |
| | Figura 70 <i>Corte de Av. Sánchez Carrión</i> | 97 |
| | Figura 71 <i>Plantilla Correspondiente a la Zona de Análisis</i> | 98 |
| | Figura 72 <i>Medición Horizontal del Área de Estudio para la Inserción</i> | 99 |
| | Figura 73 <i>Diseño de la Situación Actual en Av. Sánchez Carrión</i> | 99 |
| | Figura 74 <i>Diseño de la Situación Actual en Synchro</i> | 100 |
| | Figura 75 <i>Diseño de la Situación Actual en Av. Sánchez Carrión</i> | 100 |
| | Figura 76 <i>Configuración de Volumen Av. Sánchez Carrión</i> | 101 |
| | Figura 77 <i>Configuración de Ciclo Semafórico Av. Sánchez Carrión</i> | 102 |
| | Figura 78 <i>Demora Actual en cada Intersección</i> | 103 |
| | Figura 79 <i>Demora con la Implementación del Paso a Desnivel</i> | 104 |
| | Figura 80 <i>Composición de la Av. Sánchez Carrión</i> | 105 |

| Pág. | | |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| | Figura 81 <i>Nivel de Servicio Actual en cada Av. Sánchez Carrión</i> | 106 |
| | Figura 82 <i>Diseño con la Implementación de Paso a Desnivel en la Av. Sánchez Carrión</i> | 107 |
| | Figura 83 <i>Composición de la Implementación de Paso a Desnivel</i> | 107 |
| | Figura 84 <i>Nivel de Servicio con el Paso a Desnivel</i> | 108 |
| | Figura 85 <i>Grado de Saturación Actual en cada Intersección</i> | 109 |
| | Figura 86 <i>Grado de Saturación el Paso a Desnivel</i> | 110 |
| | Figura 87 <i>Nivel de Servicio de ICU en la Actualidad</i> | 111 |
| | Figura 88 <i>Nivel de Servicio de ICU con la Implementación del Paso a Desnivel</i> | 112 |
| | Figura 89 <i>Corte 3D del Paso a Desnivel. Infracworks 2023</i> | 114 |
| | Figura 90 <i>Corte 3D del Paso a Desnivel. Infracworks 2023</i> | 114 |
| | Figura 91 <i>Simulación de la Situación Actual. Infracworks 2022</i> | 115 |
| | Figura 92 <i>Simulación Propuesta. Infracworks 2023</i> | 115 |

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo demostrar la influencia del diseño geométrico de un paso a desnivel, en la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

La metodología de investigación es aplicada y con enfoque cuantitativo, la muestra está constituida por la Av. Sánchez Carrión y todas sus intercepciones. Para el desarrollo del diseño geométrico de paso a desnivel se utilizaron los manuales de diseño geométrico 2018 (DG-2018), y se realizaron estudios de tráfico y una simulación con el software InfraWorks 3D, que tiene la capacidad de integrar datos recolectados en campo como las ortofotos (que se obtienen con levantamiento topográfico con drones y el Synchro), tiene también, con los datos obtenidos en el estudio de tráfico, la capacidad de simular escenarios de tráfico a nivel mesoscópico; InfraWorks 3D en paralelo realiza una simulación con el entorno para evitar interferencias con edificios, viviendas, vías a desnivel, etc.

Como resultado se tiene que la Av. Sánchez Carrión, en su estado actual, presenta un nivel de servicio F; sin embargo, al proyectar la implementación de la propuesta, esta vía experimentó una mejoría significativa que alcanza niveles de servicio A y B, es decir, gracias a la implementación del paso a desnivel, se logró una mejora considerable en su nivel de servicio. Asimismo, actualmente el grado de saturación de la vía en sus momentos críticos alcanza 2.67, pero al aplicar el diseño geométrico de

paso a desnivel, este se reduce a menos de 0.79. Finalmente, el análisis del plan de mantenimiento de la Av. Sánchez Carrión para mejorar su transitabilidad vehicular, determinó que con la propuesta se mejora la fluidez vehicular en un 10%.

Palabras clave: Av. Sánchez Carrión, Synchro, Infracore 3D, paso a desnivel, nivel de servicio, grado de saturación.

ABSTRACT

This thesis aims to demonstrate the influence of the geometric design of an overpass on vehicular passability on Av. Sánchez Carrión, in the district of Jesús María, province and department of Lima.

The research methodology is applied and with a quantitative approach, the sample consists of Av. Sánchez Carrión and all its interceptions. For the development of the geometric design of the overpass, the 2018 geometric design manuals (DG-2018) were used, and traffic studies and a simulation were carried out with the InfraWorks 3D software, which has the ability to integrate data collected in the field as orthophotos (obtained with topographic surveys with drones and Synchro), also have, with the data obtained in the traffic study, the ability to simulate traffic scenarios at a mesoscopic level; InfraWorks 3D in parallel performs a simulation with the environment to avoid interference with buildings, homes, uneven roads, etc.

As a result, Av. Sánchez Carrión, in its current state, presents a service level F; However, when projecting the implementation of the proposal, this road experienced a significant improvement that reached service levels A and B, that is, thanks to the implementation of the overpass, a considerable improvement was achieved in its service level. Likewise, currently the degree of saturation of the road at its critical moments reaches 2.67, but when applying the geometric design of the overpass, this is reduced to less than 0.79. Finally, the analysis of the maintenance plan for Av. Sánchez Carrión to

improve its vehicular passability determined that the proposal improves vehicular flow by 10%.

Keywords: Av. Sánchez Carrión, Synchro, 3D Infracore, overpass, level of service, degree of saturation.

NOMBRE DEL TRABAJO

DISEÑO GEOMÉTRICO DE PASO A DESNIVEL PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AV. SÁNCHEZ CÁR

AUTOR

DIEGO LEONARDO MEZA ZAMALLOA / OSCAR HAROLD PÁLIZA GALLEGOS

RECuento DE PALABRAS

19497 Words

RECuento DE CARACTERES

105372 Characters

RECuento DE PÁGINAS

158 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

19.4MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 8, 2023 10:28 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 8, 2023 10:30 AM GMT-5

● **10% de similitud general**

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

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● **Excluir del Reporte de Similitud**

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



INTRODUCCIÓN

En el Perú, existe una amplia red de carreteras que se encuentra en constante expansión, sobre todo en zonas urbanas y metropolitanas, donde es frecuente las infraestructuras de pasos a desnivel. Importantes ciudades peruanas, como Lima y Arequipa, cuentan con numerosos pasos a desnivel con el objetivo de mejorar la fluidez del tráfico vehicular.

La problemática de esta tesis se plantea por un conjunto de cambios negativos en toda la Av. Sánchez Carrión (ex Av. Pershing) como la reducción de tres carriles a solo dos para la implementación de la ciclovía existente; además del mal estado de la pista y el incremento poblacional vehicular, todos estos problemas generan un congestionamiento vehicular, por lo que es necesario la implementación del diseño geométrico de paso a desnivel para mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión.

En esta investigación se consideraron los manuales de diseño geométrico 2018 (DG-2018), manual de diseño de puentes, manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras y Highway Capacity Manual 2010 (Manual de capacidad vial).

El objetivo general de esta investigación es determinar la influencia del diseño geométrico de paso a desnivel, en la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

Para el primer objetivo específico se determina el flujo vehicular para el diseño geométrico del paso a desnivel, que es de 60 km/h. Como segundo objetivo específico se tiene que determinar el nivel de servicio en el diseño

geométrico del paso a desnivel que se encuentra en la categoría A y B. Como tercer objetivo específico se tiene que determinar el grado de saturación en el diseño geométrico del paso a desnivel, siendo este de un valor de 0.50. Como cuarto objetivo específico se tiene que determinar el nivel del servicio de la intersección en el diseño geométrico del paso a desnivel, siendo este de un 40% del valor. Como quinto objetivo específico se tienen que determinar las dimensiones de las vías en el diseño geométrico del paso a desnivel que permita el incremento de 50% en la transitabilidad. Como sexto objetivo se determina el plan de mantenimiento con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel que aumenta en un 10% la fluidez vehicular en las vías auxiliares.

La importancia de esta investigación radica en que se plantea una infraestructura vial apropiada, mediante un diseño geométrico de un paso a desnivel como alternativa de solución, el cual mejora el nivel de servicio y grado de saturación de la Av. Sánchez Carrión permitiendo una mayor fluidez vehicular en la simulación.

La estructura de esta investigación es la siguiente: En el Capítulo I se plantea la situación problemática y formuló el planteamiento del problema; comprende objetivos, justificación, limitaciones, viabilidad e impacto potencial de la investigación. En el Capítulo II se exponen los antecedentes de la investigación y se detallan los fundamentos teóricos y las hipótesis. En el Capítulo III se redacta la metodología investigativa, las técnicas empleadas y la operacionalización de variables. En el Capítulo IV se detalla el diseño investigativo, considerando a la población, muestra e instrumentos utilizados, así como el procesamiento y las técnicas de análisis. En el Capítulo V se encuentran los hallazgos investigativos. En el capítulo VI se contrastan las hipótesis con los resultados de los antecedentes. Para finalizar, se entregan las conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Situación Problemática

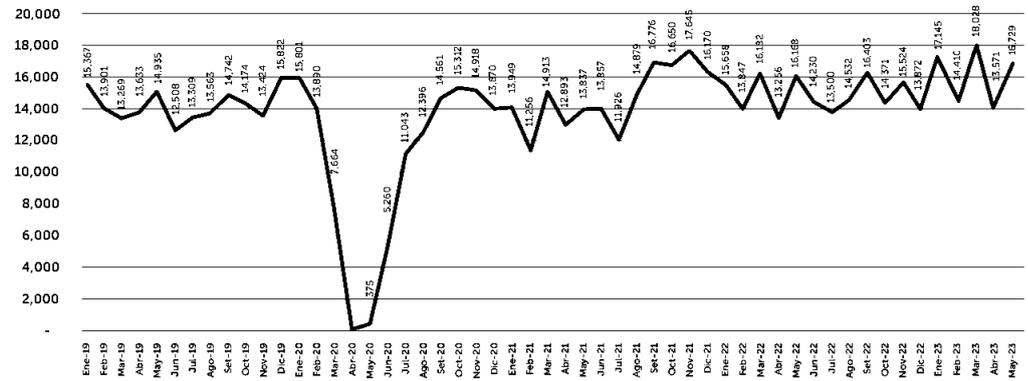
El congestionamiento vehicular en Lima se ha acrecentado significativamente en las últimas décadas, de la misma manera se ha incrementado la cantidad de unidades motorizadas en la Avenida Sánchez Carrión.

La causa del problema vehicular se debe al constante número de vehículos en circulación a lo largo de los años, lo cual ha llevado, en su mayoría, al hartazgo de las calles (Figura 1). Lima representa una fuente económica activa; por ello, el aglomeramiento requiere de mayor movilidad, para que no impacte notoria y negativamente al ambiente.

Figura 1

Venta de vehículos livianos y pesados mensualmente

**VENTA DE VEHÍCULOS
LIVIANOS Y PESADOS** Evolución mensual

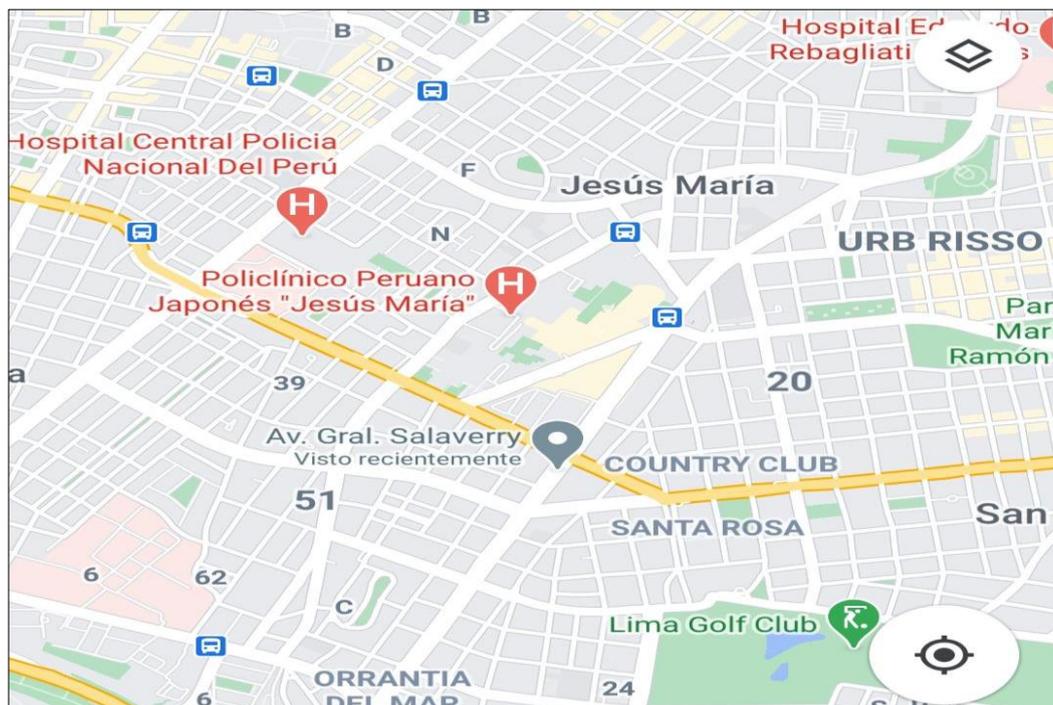


Fuente: Asociación Automotriz del Perú, 2023

En consecuencia, la carga de unidades motorizadas de transporte que soporta la vía ocasiona molestias para sus usuarios y afecta la optimización de la calidad vital en los vecinos e individuos asociados con el lugar y en las personas que se desplazan por trabajo en la zona.

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017) valida una información que detalla lo siguiente: la ciudad capital alberga a una población de 9 millones 320 mil personas, lo que la convierte en una zona con una alta demanda poblacional y, por ende, con mayor recurrencia de personas que se desplazan en la ciudad para sus distintas actividades (estudio, trabajo, etc.). Ante este desafío, surge la propuesta de llevar a cabo esta tesis, con el propósito de ofrecer una solución alternativa que permita mejorar la utilización de la Avenida Sánchez Carrión.

Figura 2
Composición de la Av. Sánchez Carrión



Fuente: Google LLC _ Google Maps, 2019

En la Av. Sánchez Carrión (Figura 2) se tienen 3 intersecciones con más congestión vehicular, por la reducción de carriles para generar una ciclovía y la desorganización del transporte público informal. En dirección (norte-sur), en los cruces de la Av. Sánchez Carrión, hay flujo de transporte público a lo largo de la vía que procede de diferentes empresas.

Con respecto a los elementos que contribuyen a la congestión vehicular en La Av. Sánchez Carrión, el croquis vial actual sufrió modificaciones como la reducción de vías por la implementación de una ciclovía. También se tienen circulando automóviles públicos, entre ellos los informales, que impiden el tránsito fluido en las vías. Además del caos que hay en la avenida por la desorganización de los mismos vehículos. A ello se suma la insuficiente señalización horizontal y vertical que ocasiona caos vehicular. Asimismo, se puede observar claramente el deterioro del estado de la vía (presencia de baches en el pavimento) y la presencia de estacionamiento de trasportes públicos y privados a lo largo de la carretera.

Actualmente, en la Av. Sánchez Carrión se presenta un problema de transitabilidad, que es evidente en las horas punta. Se muestra una señalización horizontal deteriorada, como se observa en la Figura 3, donde las líneas de carril, el borde de suelo, las líneas peatonales y las flechas de dirección, entre otros, son inapreciables.

Las siguientes cuatro fotografías de la Av. Sánchez Carrión fueron tomadas por los autores.

Figura 3

Av. Sánchez Carrión – Ref. Metro San Felipe



Figura 4

Huecos en la vía en Av. Sánchez Carrión



Figura 5

Piel de cocodrilo en Av. Sánchez Carrión



Figura 6

Congestionamiento por giro en Av. Sánchez carriño Con Av. Salaverry



1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿De qué manera influye el diseño geométrico del paso a desnivel, en la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima?

1.2.2 Problema Especifico

¿Cuál es la influencia del flujo vehicular en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima?

¿Cuál es la influencia del nivel de servicio en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima?

¿Cuál es el grado de saturación en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima?

¿Cuál es el nivel del servicio de la intersección en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima?

¿Cuál es las dimensiones de las vías en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima?

¿Cuál es la influencia del plan de mantenimiento en el diseño geométrico de paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Demostrar la influencia del diseño geométrico de un paso a desnivel, en la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el flujo vehicular para el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.
- Determinar el nivel de servicio en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.
- Determinar el grado de saturación en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.
- Determinar el nivel del servicio de la intersección en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.
- Determinar las dimensiones de las vías en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.
- Determinar el plan de mantenimiento con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel, en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

1.4. Justificación de la investigación

El propósito de la justificación es centrarse en la mejora de la circulación de vehículos en la Avenida Sánchez Carrión.

De esta manera, se busca disminuir los períodos de desplazamiento tanto para los habitantes como para los visitantes de Jesús María quienes se desplazan a diario por esta avenida. Se considera importante esta avenida, ya que la utilizan para dirigirse hacia el aeropuerto Jorge Chávez. Por esta razón, se debe considerar una adaptación en el diseño geométrico en la mencionada avenida.

Si se considera realizar un paso a desnivel en toda la avenida, ordenaría el tránsito de los vehículos y de esta manera serían los vecinos y transeúntes de Jesús María los más favorecidos, ya que el tiempo de recorrido en la Av. Sánchez Carrión se reduciría considerablemente. La creación de este diseño de paso elevado sigue las pautas establecidas en el Manual de Diseño Geométrico oficiado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

De acuerdo con las directrices del MTC, las estructuras a diferentes niveles para el tránsito regulan y guían el flujo vehicular. Esto conlleva a una significativa disminución de los problemas de circulación y ayuda a la reducción de los percances viales.

Este diseño específico de cruce elevado aporta de manera significativa a la mejora de la infraestructura vial en la avenida en cuestión.

1.5. Limitaciones de la investigación

Este trabajo no tiene limitaciones, ya que consiste en evaluar, analizar y diseñar el tránsito vehicular en la Av. Sánchez Carrión localizada en Jesús María, Lima, con la finalidad de la mejora de transitabilidad vehicular, la cual quedará a juicio de las autoridades correspondientes para su ejecución.

1.6. Viabilidad de la investigación

Su viabilidad se garantiza en el uso de la data conseguida en un aforo vehicular, se alcanza información necesaria para determinar un resultado.

Mediante las visitas de campo, se adquiere información y sugiere mejoría en dicha avenida. Este diseño geométrico de paso a desnivel ordenará el flujo de los transportes y, así, minimizará el congestionamiento vehicular en la Av. Sánchez Carrión.

1.6.1 Viabilidad social

Su viabilidad social se justifica en los principales favorecidos, serían los ciudadanos de Lima y los vecinos de Jesús María que transitan la vía diariamente.

1.6.2 Viabilidad económica

El diseño geométrico se justifica debido a que los pobladores o visitantes que transitan en la Av. Sánchez Carrión se favorecerán, dado que el tiempo de recorrido disminuirá con el paso a desnivel.

Asimismo, si las autoridades desearan ejecutar el diseño geométrico del paso en cuestión, usarían el presupuesto asignado para la ejecución del paso a desnivel.

1.6.3 Viabilidad técnica

Este proyecto se presenta técnicamente viable, porque se consideraron las descripciones sistemáticas de dos manuales. Pues con tal, se diseña óptimamente en la Av. Sánchez Carrión, siendo la propuesta es viable.

1.7. Impacto potencial de la investigación

1.7.1. Impacto teórico

La mejora la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión impactara de forma positiva en el parque automotor que concurre la Avenida diariamente, disminuyendo el tiempo de viaje a su destino

1.7.2. Impacto práctico

Mediante el recojo de data y observación de tráfico se estimará la información que sostendrán el reconocimiento del nivel de servicio de la Av. Sánchez Carrión y, finalmente, abordar las alternativas planteadas para la mejoría del tránsito vehicular en la Av. Sánchez Carrión e intersecciones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Para empezar, se detallan las investigaciones relacionadas con este trabajo y una antigüedad no mayor de 5 años, las cuales sirvieron como base para la realización de este.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Almanza y Mora (2015) “Estudio y diseño de paso a desnivel entre la Av. Circunvalar y la calle 22”. El propósito de la investigación fue diseñar pasos a desnivel en cruce de Av. Circunvalar y Calle 22, Bogotá, Colombia.

También debido al problema que tiene esta avenida de tráfico vehicular, se propone la ubicación de un semáforo en dicha zona.

Para el diseño, se elaboraron planos topográficos, diseño geométrico, seguido de un análisis basado en el estudio de campo. Además, se recolectaron datos estudiados en gabinete. Para ello, se utilizó el manual del INVIAS; guiándose de los parámetros y

complementando lo aprendido a lo largo de la carrera.

Ghayda y Naghanwi (2019) utilizó en su tesis "Evaluación del Desempeño Operacional de Continuo Intersección en T verde bajo diferentes niveles de congestión". El propósito fue evaluar y comparar la eficiencia operativa de una intersección en T señalizada convencional con una no convencional intersección continua Green T bajo diferentes niveles de congestión. El análisis se realizó mediante Synchro.8 software de micro simulación. Se crearon un total de 48 escenarios hipotéticos, 24 escenarios para cada diseño, cambiando el enfoque Volúmenes y porcentajes de giro en las carreteras principales y secundarias que se cruzan para reflejar los diferentes niveles de congestión que pueden ocurrir en cualquier intersección urbana. Las medidas de desempeño fueron seleccionadas porque demostraron la eficiencia general del diseño de la intersección. A través de los resultados de simulación, se mostró la operatividad de la intersección en T verde en el mejor en condiciones de tráfico estable y que no es una solución eficaz para las intersecciones en T señalizadas con un volumen de tráfico pesado.

Alba y Hernández (2020) utilizó en su tesis "Análisis de sincronización de semáforos utilizando el programa Synchro", con la data alcanzada de la sincronización de semáforos de la Quinta Avenida se optimizaron los parámetros del tránsito de la arteria y de la mayoría de las intersecciones por separado. Se mejora la circulación vehicular de la Quinta Avenida. Se optimizan los estándares de servicio, se disminuyen los tiempos de espera, las paradas de vehículos se reducen, así como la cantidad de vehículos en áreas congestionadas, las emisiones de contaminantes, entre otros aspectos.

La simulación de la coordinación de los semáforos resultaría en una disminución de más de 350 vehículos en la zona de conflicto a lo largo de la vía principal. Los parámetros de servicio mejorarían significativamente, pasando de categorías D y E a categoría B. Además, se lograría reducir más del 50% de las demoras, disminuyendo los niveles de congestión actuales y aumentando la velocidad promedio en más de 5 km/h.

Esta sincronización sería especialmente beneficiosa en el sentido de circulación desde el oeste, donde se observa una reducción media de demora de 16,2 segundos por vehículo. Más del 70% de las intersecciones alcanzarían el nivel de servicio A, y en promedio se lograría reducir la relación vehículo/capacidad en 0,25.

Castillo (2018) propuso abordar la situación mediante la implementación de un paso a desnivel en la zona 7 y la construcción de un puente vehicular de 12 metros en la zona 2 de Quetzaltenango, ubicada en Guatemala. Para respaldar esta propuesta, se llevaron a cabo estudios preliminares, como análisis de suelos, así como un estudio de resistencia del concreto en laboratorio, siguiendo las normas estructurales correspondientes.

Hidalgo (2018) utilizó en su tesis “Modelación y rediseño vial de la Av. Isaac Albéniz y Av. Galo Plaza Lasso”. Se buscó utilizar un programa para el diseño de un modelo que disminuya la congestión vehicular. Por tanto, se propuso el contexto actual y el elaborado con el fin de evitar y reducir el congestionamiento de vehículos. Para el logro de este proyecto, se utilizó el flujo vehicular actual de la avenida, obteniendo como resultado que hubo mayor transporte liviano que pesado. Se concluyó que el diseño empleado mejoró la congestión vehicular en un 84% y el tiempo de espera se redujo en un 94%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Nina, A. (2017) utilizó en su tesis “Mejora de la circulación de vehículos en los puntos de cruce más importantes de la Calle Mariano Núñez Butrón, ubicada en el corazón de la ciudad de Juliaca”, el software Synchro como medio para la simulación y optimización temporal en fases y el ciclo semafórico, así como los grados de saturación, nivel de servicio considerando la función de volúmenes de tránsito, mejorando el flujo vehicular y minimizando las colas extensas que producen el congestionamiento vehicular. Basándose en los resultados proporcionados por el programa Synchro, se obtuvieron los valores correspondientes a la

duración de las fases semafóricas. Estos resultados indican que, para alcanzar una mejoría en el flujo de los vehículos, se recomienda ajustar el nivel de servicio en las ocho intersecciones de estudio, pasando de nivel E a nivel D.

Según los resultados de las simulaciones realizadas, se encontró que la incorporación de Synchro como una herramienta esencial ofrece una alternativa viable para mejorar la circulación de vehículos en los puntos clave de intersección en Juliaca. Los descubrimientos de la investigación respaldan la eficacia de las metodologías para optimizar el flujo de tráfico tanto en vías con semáforos como en aquellas sin ellos, en la zona central de Juliaca.

Eguizábal y Mesa (2018) presentaron la sugerencia de instalar pasos a desnivel en las intersecciones de las avenidas Quiñones con Los Ángeles y de mejorar la circulación vehicular en dicha área. La investigación propuso un diseño y trazado acorde a las Normas Peruanas como punto de referencia para la Avenida Quiñones de los Ángeles y San Juan Bautista. Para esto, se llevó a cabo una evaluación del tráfico y un análisis del terreno en esa localidad. Se empleó un enfoque tecnológico para desarrollar el diseño geométrico adecuado.

Cereceda y Román (2018) implementaron un diseño geométrico que incluyó la canalización en las intersecciones de la Avenida Universitaria con la Avenida Los Alisos y con la Avenida Naranjal, con el propósito de mitigar la congestión vehicular. Este proceso se inició en dos cruces de la Avenida Universitaria, con el objetivo de mejorar la disposición de las vías y disminuir la congestión del tráfico. Se utilizó la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) 2010 y se empleó Synchro para el análisis de las intersecciones. Se prestó especial atención al estudio detallado de los puntos de encuentro viales y se evaluó la sincronización en los tiempos de espera. Posteriormente, se llevó a cabo una simulación de la propuesta, confirmando la reducción en el tiempo de recorrido en las intersecciones.

Se concluyó que los conductores no

siguieron las normas de tránsito, por ende, no se pudieron obtener los resultados para la investigación.

Chura y Mamani (2018) plantearon una conexión en las vías para responder al congestionamiento de transportes. Se consideró un intercambio vial a desnivel, realizando un análisis de tráfico y bajo un diseño geométrico en perfil y planta.

En esta tesis, se planteó la construcción de una interconexión vial a desnivel de tipo trompeta, compuesto por una vía principal, dos vías secundarias y tres ramales, con el propósito de optimizarlos.

Ortiz y Veliz (2018) indicaron que los resultados derivados de la investigación, utilizando la herramienta Synchro para evaluar la situación actual en esas avenidas, revelan que el nivel de servicio de la avenida bajo estudio no es adecuado.

Ya que, al obtener la temporalidad de semaforización actuales, se puede visualizar que el tiempo de recorrido que tienen los vehículos es muy pesada, causando un congestionamiento vehicular produciéndose largas filas de movilidad por cada punto de entrada del área de estudio. Al evaluar cada una de las soluciones propuestas, se concluye que en todo el nivel de servicio, el grado de saturación, se va optimizando, de igual manera la demora se disminuye.

2.2. Bases Teóricas

El objetivo de este capítulo es presentar conceptos básicos y necesarios para entender la problemática de la presente investigación. Las definiciones por exponer están asociadas con el planteamiento de la solución del problema de congestión, además de vincularse con las teorías del flujo vehicular, capacidad y niveles de servicios. Y la utilización y ejecución de la herramienta Synchro, que se utilizará para la

modelación presente y la presentación de mejoras en el tránsito asociadas al problema estudiado en esta investigación.

2.2.1 Normatividad Vigente

En Perú se considera la Norma DG-2018 Manual de Carreteras y el Manual de Puentes 2018 para diseñar vías.

Figura

7

Manual de Carreteras y Puentes



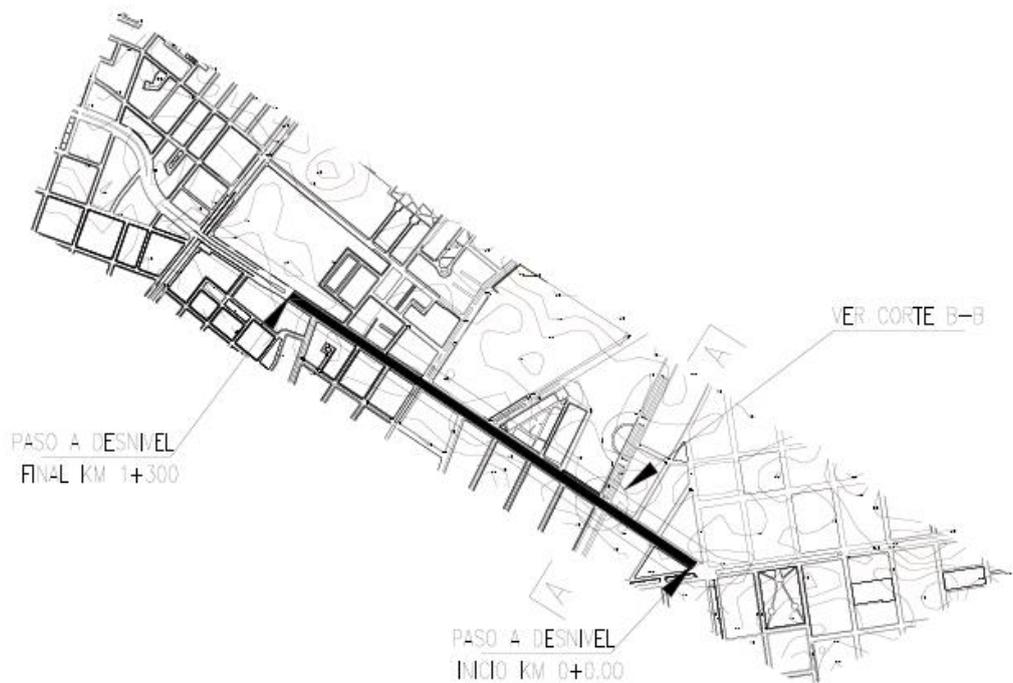
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

2.2.2 Estudio Topográfico

De acuerdo al MTC, los estudios topográficos tendrán como objetivos principales los siguientes puntos a considerar:

- Realizar las tareas de campo necesarias para la obtención de los planos topográficos de manera precisa.
- Determinar con precisión la locación exacta y las extensiones de las estructuras.
- Instituir lugares que faciliten la replantación durante el desarrollo de la obra.

Ejemplo de Plano topográfico de la zona de estudio



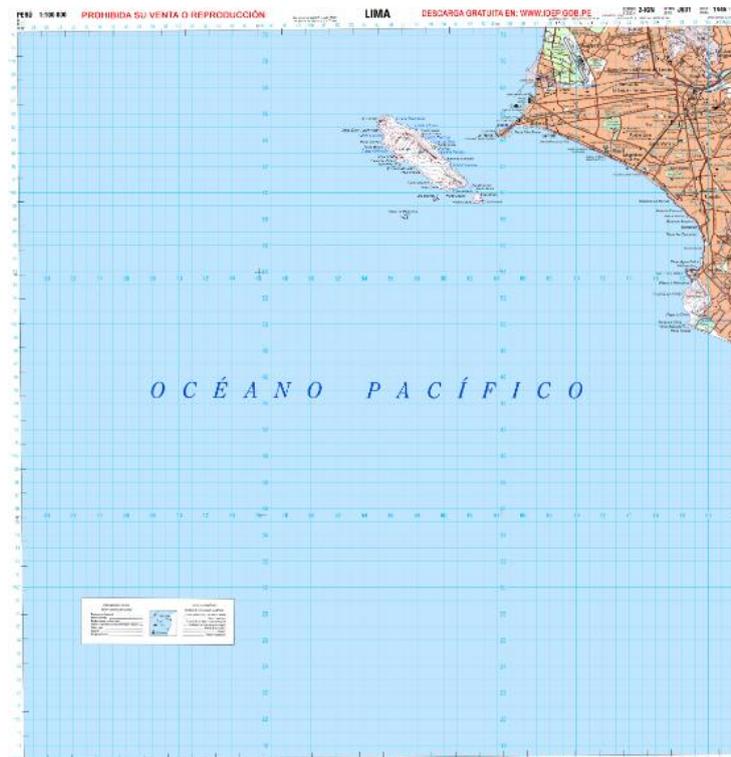
Elaborado por: los autores

Toda la información respecto a topografía o catastros urbanos de ciudades y municipios se encuentran en el Instituto Geográfico Nacional, esta institución pertenece al Ministerio de Defensa y se encarga de actualizar todo el catastro urbano del Perú. Esta información está al alcance del ciudadano.

Figura

9

Ejemplo Carta Nacional 1/100 000



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, 2023

2.2.3 Vuelo Drone

El empleo de un dispositivo aéreo no tripulado o dron para el vuelo proporciona la posibilidad de obtener información de campo mediante la captura de fotografías y videos aéreos verticales consecutivos y homogéneos, los cuales se georreferencian y se superponen entre sí para crear una representación detallada en 2D o 3D.

Figura

10

Especificaciones Drone

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS - MAVIC 2

PRO

CÁMARA MAVIC 2 PRO

| | |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sensor | 1" Píxeles efectivos CMOS: 20 millones |
| Lente | FOV: aproximadamente 77° 35 mm Formato equivalente: 28 mm Apertura: f/2.8 - f/11 Rango de disparo: 1 m |
| Rango ISO | Video: 100-6400 Foto: 100-3200 (automático) 100-12800 (manual) |
| Velocidad de obturación | Obturador electrónico: 8-1 / 8000s |
| Tamaño de imagen fija | 5472 × 3648 |
| Modos de fotografía fija | Disparo simple Disparo en rafaga: 3/5 cuadros Horquillado de exposición automática (AEB): 3/5 cuadros entre corchetes a 0,7 EV Intervalo (JPEG: 2/3/5/7/10/15/20/30/30 / 60s RAW: 5 / 7/10/15/20/30 / 60s) |
| Resolución de video | 4K: 3840 × 2160 24/25 / 30p 2.7K: 2688x1512 24/25/30/48/50 / 60p FHD: 1920 × 1080 24/25/30/48/50/60 / 120p |
| Velocidad máxima de video | 100 Mbps |
| Modo de color | Dlog-M (10 bits), soporte de video HDR (HLG 10 bits) |
| Sistema de archivos soportado | FAT32 (≤ 32 GB) exFAT (> 32 GB) |
| Formato de foto | JPEG / DNG (RAW) |
| Formato de video | MP4 / MOV (MPEG-4 AVC / H.264, HEVC / H.265) |

Fuente: Prizma Drones, 2023

Así mismo con el vuelo drone tiene capacidad para almacenar horas de vuelo ya sea en posición estática o vuelo programado, en la posición estática se puede visualizar todo lo ocurrido en dicha posición durante tiempos de 30 min, se puede visualizar peatones, vehículos, animales en movimiento y eventos casuales de tráfico como incidentes o accidentes.

En el Centro de Estudios del Transporte del Área Metropolitana de Argentina aplica técnicas tradicionalmente utilizadas para recolección de información y gestión del tránsito se suelen diferenciar en dos categorías:

- **Métodos intrusivos**

Detector en pavimento (espirales inductivas, tubos magnéticos, etc.)

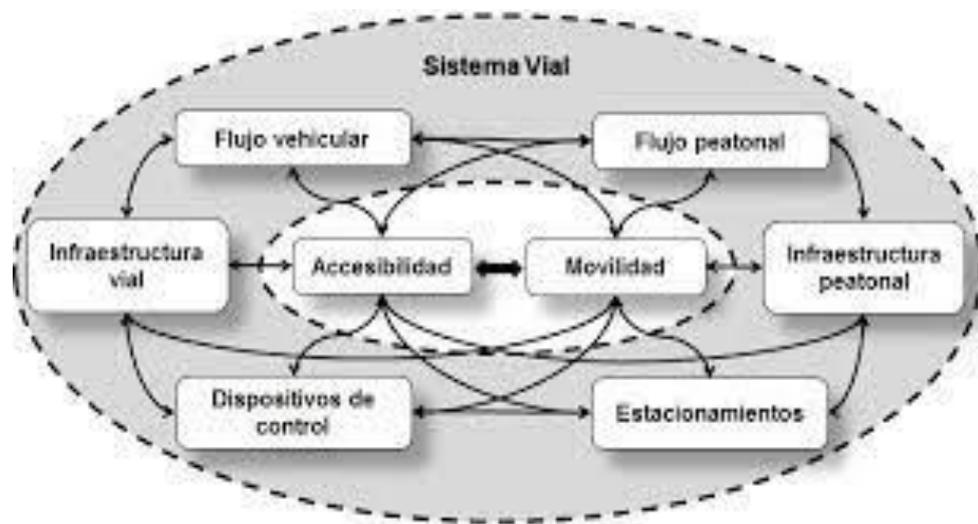
- **Métodos no intrusivos**

Video CCTV, acústicos, Radar Laser, microondas, infrarrojos

Figura

Tipos de sensores de aplicaciones al tránsito

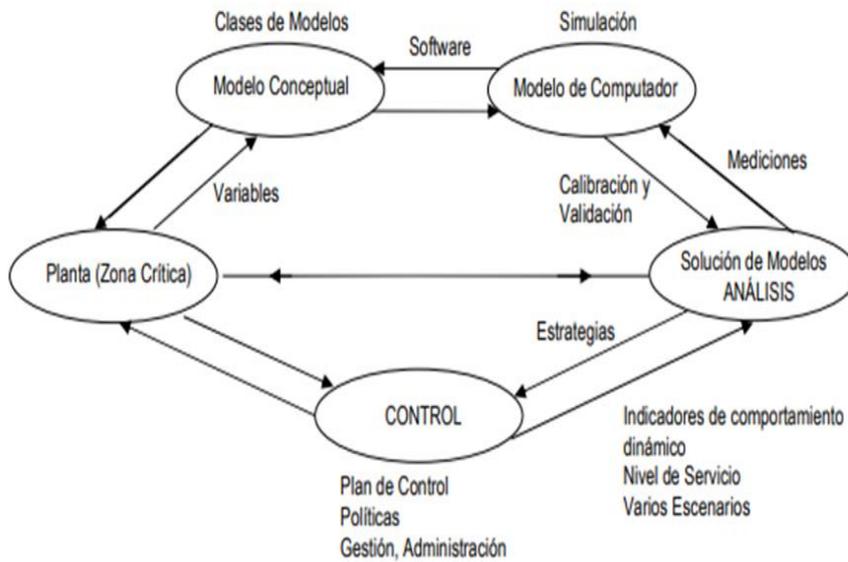
11



Fuente: Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, 2022

Una vez realizado el levantamiento drone se procede analizar e interpretar las imágenes y videos en alta resolución ya sea mediante software o extracción manual obteniendo los resultados para su uso en evaluaciones comparativas de posibles diseños viales.

Figura
Procesos de recolección y análisis de datos drone



Fuente: Burbano Patricio, 2007

2.2.4 Teoría del flujo vehicular

a) Problema del transporte

Este problema se va generando por múltiples razones como el incremento del parque automotor, pistas en mal estado, falta y/o mal estado del sistema de semaforización, falta de educación vial, falta de vías expresas, mala gestión del transporte público, entre otros.

Estadísticas abril – 2021 - marzo 2023

VENTA E INMATRICULACIÓN
VEHÍCULOS LIVIANOS

(Abril 2021 - Marzo 2023)

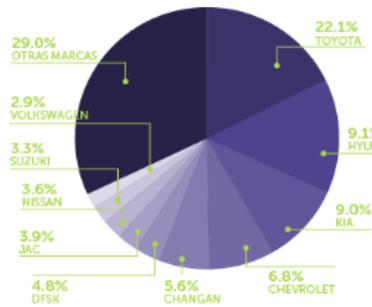


V. LIVIANOS
(Acumulado marzo 2023)

| | | |
|----|--------------|---------------|
| 1 | TOYOTA | 10,101 |
| 2 | HYUNDAI | 4,133 |
| 3 | KIA | 4,102 |
| 4 | CHEVROLET | 3,121 |
| 5 | CHANGAN | 2,532 |
| 6 | DFSK | 2,170 |
| 7 | JAC | 1,800 |
| 8 | NISSAN | 1,632 |
| 9 | SUZUKI | 1,489 |
| 10 | VOLKSWAGEN | 1,309 |
| | OTRAS MARCAS | 13,226 |
| | TOTAL | 45,615 |

MARKET SHARE VEHÍCULOS LIVIANOS

(Acumulado marzo 2023)



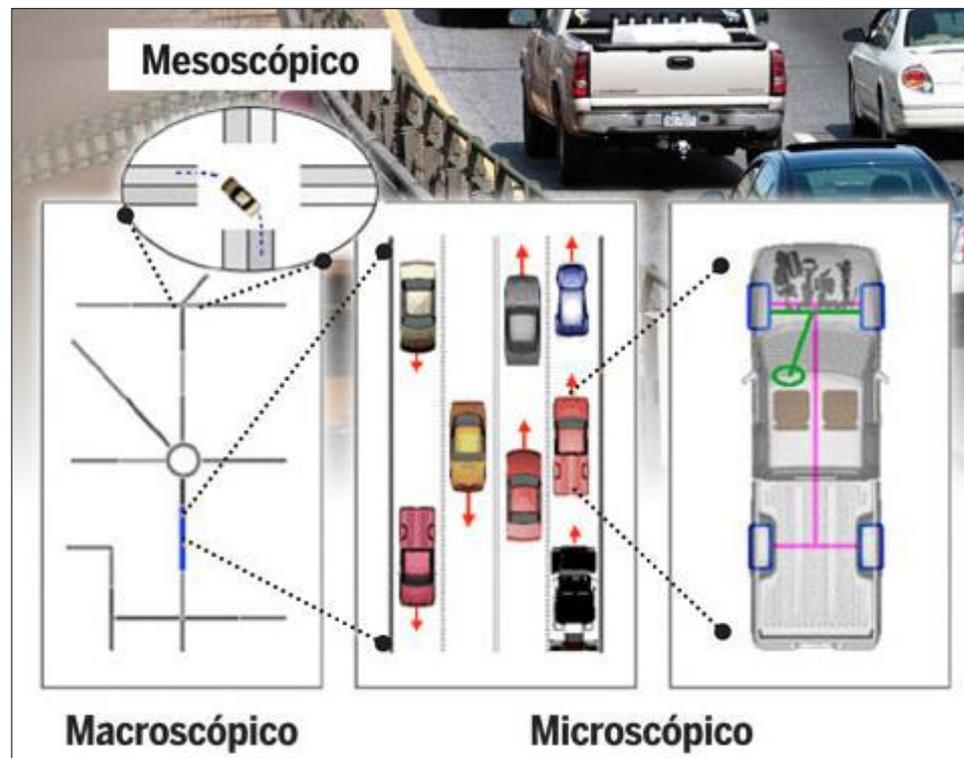
| | mar 2022 | abr 2022 | may 2022 | jun 2022 | jul 2022 | ago 2022 | set 2022 | oct 2022 | nov 2022 | dic 2022 | ene 2023 | feb 2023 | mar 2023 | Acum mar 2023 | Acum mar 2022 | % Var Acum |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| Automóviles y SW | 3,131 | 2,802 | 3,490 | 3,225 | 2,629 | 2,805 | 3,261 | 2,998 | 3,334 | 2,716 | 3,406 | 2,797 | 3,713 | 9,919 | 10,111 | -1.9% |
| Carnietas | 1,944 | 1,222 | 1,421 | 1,425 | 1,516 | 1,612 | 2,035 | 1,816 | 1,704 | 1,494 | 2,035 | 1,876 | 2,440 | 6,348 | 5,152 | 23.2% |
| Pickup, furgonetas | 3,022 | 2,361 | 3,224 | 2,654 | 2,235 | 2,436 | 2,665 | 2,354 | 3,022 | 2,541 | 3,169 | 2,461 | 3,174 | 8,804 | 8,536 | 3.1% |
| SUV, todoterrenos | 6,248 | 5,528 | 6,221 | 5,537 | 5,691 | 6,138 | 6,902 | 5,872 | 6,028 | 5,909 | 7,050 | 6,192 | 7,302 | 20,544 | 17,192 | 19.5% |
| V. Livianos | 14,345 | 11,913 | 14,356 | 12,841 | 12,071 | 12,991 | 14,863 | 13,040 | 14,088 | 12,660 | 15,660 | 13,326 | 16,629 | 45,615 | 40,991 | 11.3% |



Fuente: Asociación Automotriz del Perú, 2023

b) Modelación de tráfico

Para determinar el flujo vehicular es importante tener en cuenta los modelos de tráfico. Existen tres modelos para diversos tamaños de escala de tráfico, los cuales son macroscópicos, mesoscópicos y microscópicos. La Figura 7 representa dichos modelos.



Fuente: Aldave & Chávez, 2022

- **Modelación macroscópica**

El modelo macroscópico: Este tipo de modelo es especialmente adecuado para aplicaciones a gran escala, donde las variables principales de interés están asociadas con las particularidades del flujo vehicular.

- **Modelación mesoscópica**

El modelo mesoscópico es un modelo intermedio entre los micro y los macros. A medida que se combinan conceptos y herramientas de dichos modelos, se logra evaluar la conducta de grupos de conductores y vehículos de manera más completa.

- **Modelación microscópica**

Este modelo, presentan la escala más pequeña entre los modelos mesoscópicos y macroscópicos. Este modelo se enfoca en un análisis más

exhaustivo y detallado de los sistemas de tráfico urbano, donde sus variables están directamente relacionadas con el comportamiento de vehículos individuales en relación con la infraestructura vial y otros vehículos presentes en ella.

2.2.5 Paso a desnivel

Un paso a desnivel corresponde al grupo donde se percibe la conexión entre vías terrestres de niveles dispares. Este tramo permite el tránsito sin mezclar o interrumpir el flujo vehicular. Su función se basa en el volumen de tránsito, considerando el trabajo de las maniobras consideradas, tomando hasta el mínimo conflicto posible.

La intención de construir un puente elevado es mejorar la circulación de tráfico que continuamente aumenta. Estas mejoras resultan indispensables para preservar y realzar las funcionalidades fundamentales de las vías de tránsito. No obstante, la edificación de una estructura elevada conlleva una inversión de considerable envergadura. En consecuencia, cualquier propuesta concerniente al diseño y construcción debe fundamentarse en aspectos relativos a capacidad, operatividad, viabilidad y protección (MTC, 2016).

2.2.6 Manual de Diseño Geométrico (MTC)

En este estudio, se utiliza el “Manual de Diseño Geométrico 2018” (DG-2018); norma propuesta en octubre de 2017 por el MTC y adaptada en el primer mes del 2018. Dicho manual tiene el objetivo de establecer y recomendar estrategias para proporcionar una forma conveniente en el correcto diseño capaz de optimar el flujo vehicular y la seguridad vial. Además, favorece en otros procedimientos de necesidad para elaborar un plan acorde con el nivel de servicio (MTC, 2018).

Es necesario tener en cuenta el perfil de la carretera o avenida, para la solución de los inconvenientes del diseño geométrico que puedan presentarse. Para ello, se agregan variantes acordes con la mejoría del diseño de la avenida. En lo que respecta a la ampliación

de calzadas en carreteras se aplican el perfil y la planta presentes (MTC, 2018).

- **Tipos de vehículos**

El diseño geométrico se ve influenciado por los vehículos de diseño, según lo establecido por el MTC (2018). Estos vehículos son de vital importancia, ya que su clasificación y características, como peso y dimensiones, son tomados en cuenta al realizar el diseño. El Reglamento Nacional de Vehículos establece dos grupos principales: vehículos ligeros y vehículos pesados. Por tanto, es necesario considerar estos aspectos para garantizar un diseño geométrico adecuado.

- **Vehículos ligeros**

El Reglamento Nacional de Vehículos establece dos categorías para los vehículos ligeros: M1 y L. La categoría L se aplica a aquellos vehículos con cuatro ruedas o menos, mientras que la categoría M1 se refiere a vehículos con cuatro ruedas diseñados para transportar hasta 8 pasajeros, excluyendo al conductor.

Aunque las dimensiones de los vehículos ligeros puedan no parecer cruciales en el proceso de diseño geométrico de un proyecto vial, se deben tener en cuenta aspectos específicos para este tipo de vehículos debido a la coexistencia con vehículos de mayor tamaño en las vías. Los vehículos ligeros tienden a alcanzar velocidades superiores debido a su menor tamaño, lo que también afecta a la visibilidad debido a la posición más baja del conductor. Por lo tanto, estas características se toman en consideración en el diseño. Esto implica definir distancias de visibilidad, áreas de descanso, zonas de frenado, instalación de barreras de seguridad y establecer dimensiones mínimas para dispositivos antideslumbrantes y otros elementos relevantes.

- **Vehículos pesados**

El Reglamento Nacional de Vehículos clasifica a estos en M, N, O y S. La M se aplica a transportes de cuatro ruedas destinados a abordar pasajeros,

excluyendo la categoría M1. La N abarca transportes de cuatro ruedas o mayormente utilizados para llevar productos. Los transportes y semirremolques se incluyen en la categoría O, mientras que la categoría S se refiere a combinaciones especiales de las categorías M, N y O.

En el diseño geométrico de un proyecto, las dimensiones de estos vehículos pesados son relevantes. Se deben considerar las dimensiones de los carriles, los radios de giro y las zonas de descanso específicas para vehículos pesados. Además, si la carretera requiere carriles adicionales para acomodar el tráfico de vehículos pesados, esto también debe tenerse en cuenta en el diseño.

- **Ancho de carriles vehiculares**

Según las especificaciones del MTC (2018), se requiere que los carriles tengan un ancho de 3.30 m con el fin de limitar la velocidad a 45 km/h. Esta medida contribuye a minimizar la pérdida de espacios verdes y áreas funcionales.

En el diseño geométrico adecuado, se deben considerar diversas descripciones para establecer la pendiente, la calzada y el ancho de los carriles.

Tabla

1

Tipos de vía

| Tipo de Vía | Ancho del Carril (metros) | Capacidad por carril (vehículo/hora) |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Vía Principal | 3,60 | 1.500 |
| Vía Secundaria | 3,30 | 1.350 |
| Vía de Enlace | | 1.200 |
| Carril de Deceleración | | 1.200, Colocar señal informativa antes de llegar a la intersección (200 m). |

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018

- **Ancho de berma**

Esta va vertical a la calzada, cuya finalidad es dividir la capa de rodadura. Sirve de zona de emergencia para no impedir el flujo vehicular (MTC, 2018).

Según las regulaciones, se requiere que se instalen bermas a lo largo de la parte interna y externa de la carretera. Estas bermas deben tener un ancho menor que los carriles de las entradas centrales. En el caso de vías de un solo carril y sentido, se recomienda que las bermas tengan un ancho similar al de la vía. Es relevante destacar que las bermas también desempeñan un papel relevante en la protección de los mantos del concreto (MTC, 2018).

Tabla

2

Ancho de berma

| Clasificación | Autopista | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | | | | |
|------------------------------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|-----------|
| Tráfico vehículos/día | > 6.000 | | | | 6.000 - 4001 | | | | 4.000-2.001 | | | | 2.000-400 | | | | < 400 | | | |
| Características | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Tercera Clase | | | |
| Tipo de orografía | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Velocidad de diseño: 30 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0.50 0.50 |
| 40 km/h | | | | | | | | | | | | | | | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 0.90 | 0.50 | |
| 50 km/h | | | | | | | | | | | 2.60 | 2.60 | | | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 0.90 | 0.90 | |
| 60 km/h | | | | | 3.00 | 3.00 | 2.60 | 2.60 | 3.00 | 3.00 | 2.60 | 2.60 | 2.00 | 2.00 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | | |
| 70 km/h | | | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 2.00 | 2.00 | 1.20 | | 1.20 | 1.20 | | |
| 80 km/h | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | 2.00 | 2.00 | | | 1.20 | 1.20 | | |
| 90 km/h | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | 3.00 | 3.00 | | | 2.00 | | | | 1.20 | 1.20 | | |
| 100 km/h | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | 3.00 | | | | 2.00 | | | | | | | |
| 110 km/h | 3.00 | 3.00 | | | 3.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 km/h | 3.00 | 3.00 | | | 3.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 km/h | 3.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

- **Islas**

Son áreas compuestas por dos carriles sobre una fija avenida. Las islas tienen como finalidad guiar el pase de los vehículos. Y puede utilizarse como señalización e iluminación y refugio para peatones. Por lo que, el área debe medir entre 4 m² y 7.5 m² (MTC, 2018).

- **Derecho de Vía**

El derecho de vía corresponde a un área que abarca las zonas de servicio, carretera, estructuras adicionales y áreas con seguridad para transeúntes.

Asimismo, corresponde a las áreas públicas y bajo extensiones establecidas por una organización gubernamental acorde con la normativa nacional propuesta por el MTC (MTC, 2018).

Se tiene en cuenta la información dada en el DG-2018 para establecer la velocidad de diseño, la pendiente y el ancho de calzada.

- **Pendientes**

Se establece una pendiente mínima del 0,5% con el fin de asegurar el correcto drenaje de las aguas de la superficie. La determinación de la

pendiente máxima se realiza considerando el tipo de carretera y la velocidad correspondiente.

Tabla
Pendientes máximas

3

| Demanda | Autopistas | | | | | | | | Carretera | | | | Carretera | | | | Carretera | | | |
|---------------------------------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|---------------|------|------|------|
| | > 6.000 | | | | 6.000 - 4001 | | | | 4.000-2.001 | | | | 2.000-400 | | | | < 400 | | | |
| Características | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Primera clase | | | | Segunda clase | | | | Tercera clase | | | |
| Tipo de orografía | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Velocidad de diseño: 30 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 40 km/h | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9.00 | 8.00 |
| 50 km/h | | | | | | | | | | | 7.00 | 7.00 | | | 8.00 | 9.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | |
| 60 km/h | | | | | 6.00 | 6.00 | 7.00 | 7.00 | 6.00 | 6.00 | 7.00 | 7.00 | 6.00 | 7.00 | 8.00 | 9.00 | 8.00 | 8.00 | | |
| 70 km/h | | | 5.00 | 5.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 7.00 | 6.00 | 6.00 | 7.00 | 7.00 | 6.00 | 6.00 | 7.00 | | 7.00 | 7.00 | | |
| 80 km/h | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | | 6.00 | 6.00 | | | 7.00 | 7.00 | | |
| 90 km/h | 4.50 | 4.50 | 5.00 | | 5.00 | 5.00 | 6.00 | | 5.00 | 5.00 | | | 6.00 | | | | 6.00 | 6.00 | | |
| 100 km/h | 4.50 | 4.50 | 4.50 | | 5.00 | 5.00 | 6.00 | | 5.00 | | | | 6.00 | | | | | | | |
| 110 km/h | 4.00 | 4.00 | | | 4.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 km/h | 4.00 | 4.00 | | | 4.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 km/h | 3.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

En las vías de enlace se requiere un carril con un ancho mínimo de 4 metros, y se sugiere una pendiente no mayor al 5%. Sin embargo, para vehículos de tráfico liviano y pesado, la pendiente máxima permitida puede llegar hasta el 8% en algunas circunstancias.

Tabla

4

Velocidad de diseño, ancho de calzada, sobre ancho y pendiente en vías

| Descripción | Criterio | |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Velocidad de diseño | Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede. Si es un enlace, mínimo 25 km/h. | |
| Ancho de calzada | Mínimo 4,0 m de calzada. Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m. | |
| Sobreancho | No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m. | |
| Pendiente | Normal < 5% | |
| | Máxima. | 8% tránsito liviano. 5% mayor porcentaje de tránsito pesado |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

- **Radios máximos y mínimos**

Al establecer los radios mínimos y máximos en una carretera, es fundamental considerar el tipo de vehículo que circula por ella.

Tabla

5

Radios máximos y mínimos

Semirremolque simple (T3S3)
Radios máximos/mínimos y ángulos

| Ángulo trayectoria | R máx. Exterior Vehículo (E) | R mín. interior vehículo (I) | Ángulo máximo dirección | Ángulo máximo articulación |
|--------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 30° | 14.06 m | 8.89 m | 16.7° | 15.5° |
| 60° | 14.17 m | 7.22 m | 21.3° | 29.6° |
| 90° | 14.20 m | 5.91 m | 22.7° | 41.0° |
| 120° | 14.21 m | 4.85 m | 23.1° | 49.9° |
| 150° | 14.21 m | 3.98 m | 23.2° | 56.7° |
| 180° | 14.22 m | 3.24 m | 23.2° | 62.1° |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

- **Criterios de Diseño de Intersecciones**

Los encuentros a nivel y desnivel se determinan conforme con los avisos de la investigación de la avenida, para establecer un diseño y una avenida adecuados contribuyendo con la disminución de congestión de vehículos (MTC, 2018).

- **Intersecciones a nivel**

En este tipo se pueden implementar diferentes modificaciones teniendo en cuenta aspectos como el tamaño de las islas, los carriles y el ancho de la calzada, con el propósito de evitar maniobras que puedan ser desfavorables para el conductor (MTC, 2018).

Figura

15

Tipos de Av. Sánchez Carrión a nivel

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

VEASE FIGURA 501.01

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2018

- **Intersecciones a desnivel**

Existen diversas categorías de intersecciones a desnivel, las cuales varían según la circulación sin obstáculos o con la necesidad de detenerse en ciertos puntos, entre otros.

La finalidad de cimentar un desnivel es optimar o incrementar la aptitud del servicio en las intersecciones con mayor flujo de vehículos. Además, presentar condiciones eficientes con relación a la seguridad, funcionalidad, visibilidad y capacidad.

En lo que respecta a las autopistas de primera clase, se considerará un diseño de paso a desnivel y en las autopistas de segunda clase se considerará intersecciones a nivel o desnivel.

Figura **16**
Tipos de avenida a desnivel

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

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

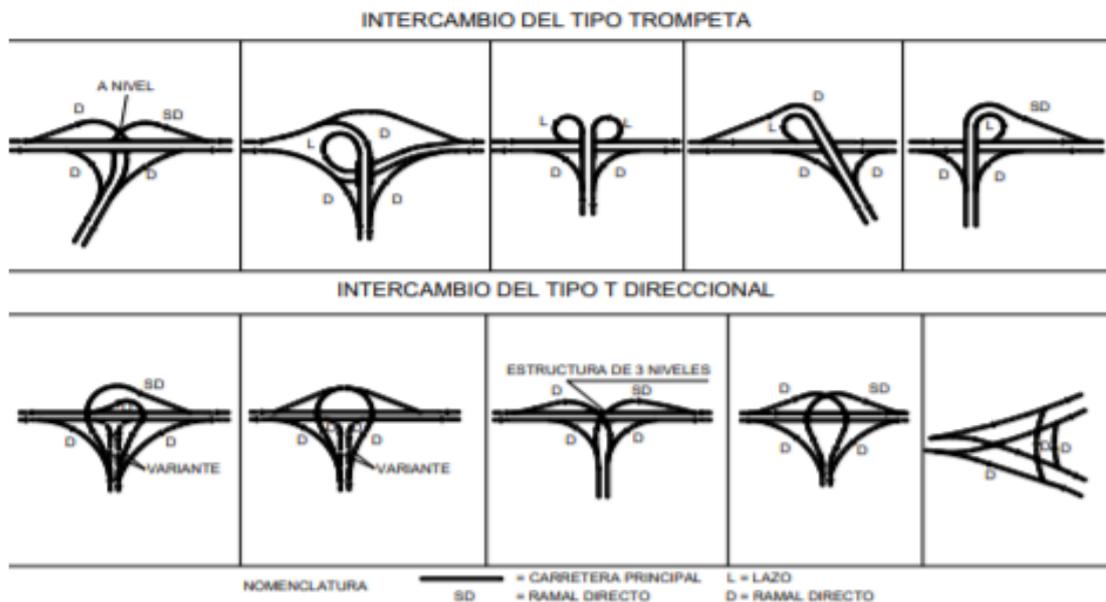
- **Intercambio de 3 ramas**

En el momento en que la avenida constituye de tres ramas, se pierde la continuidad de una de las vías que se une.

Los tipos de desnivel de tres ramas constan de las siguientes:

Figura

Intercambio de 3 ramas



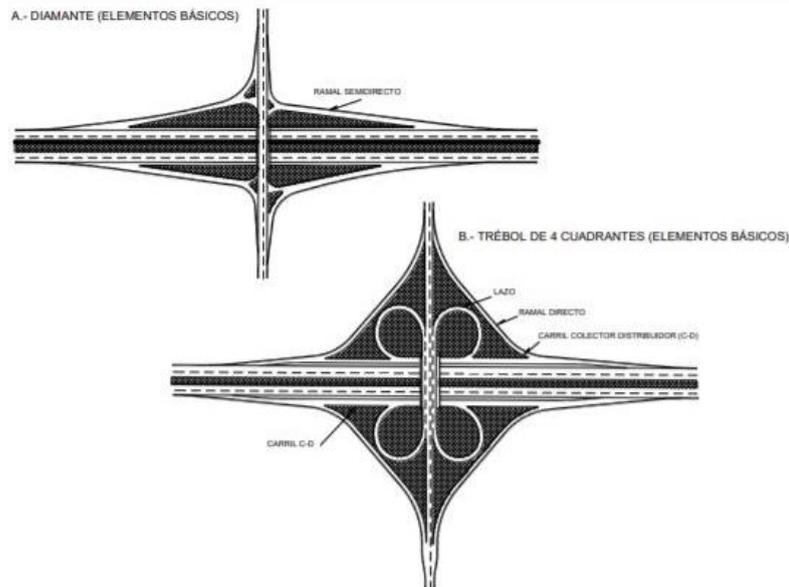
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

- **Intercambio de 4 ramas**

Este hace referencia a dos avenidas que se obstruyen. Este modelo paraliza la libre circulación y los flujos de tránsito.

Existen intercambios de desnivel más característicos, tales como el trébol y el diamante.

Tipos característicos de intercambios de 4 ramas



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

2.2.7 HCM 2010

El Manual de Capacidad de Carreteras (HCM), elaborado por la Junta de Investigación del Transporte de los Estados Unidos, es una obra de importancia en el ámbito. Los criterios y métodos fueron establecidos a partir de múltiples análisis e indagaciones efectuadas en el territorio. Este compendio proporciona una base sólida y organizada en lo referente a los índices de capacidad y evaluaciones de funcionamiento en cruces viales y vías de circulación.

El manual está compuesto por cinco capítulos:

- Metodologías, simulación y sistemas viales.
- Análisis del área de impacto técnico de cálculos y corredores y áreas de influencia.
- Información sobre simbología y definiciones básicas.

- Definiciones respecto a tráfico, tránsito, carreteras y procedimientos analíticos y vías peatonales.
- Presenta una amplia gama de tipos adecuados para la aplicación de análisis complejos como el microanálisis.

Los parámetros utilizados según el HCM 2010 son los siguientes:

Figura

19

Criteria para niveles de servicio

| <u>Level of service</u> | <u>The average delay (seconds per vehicle)</u> |
|-------------------------|------------------------------------------------|
| A | Less than 10 |
| B | 10-20 |
| C | 20-35 |
| D | 35-55 |
| E | 55-85 |
| F | More than 80 |

Fuente: Transportation Research Board, 2010

- **Nivel de servicio A:** las operaciones con flujo libre se caracterizan por ofrecer al conductor un alto nivel de comodidad tanto física como mental. Incluso en casos de incidentes menores o interrupciones, aunque pueda haber un deterioro temporal del nivel de servicio en un área específica, no se forman colas y se vuelve rápidamente al nivel A una vez que la situación se normaliza.
- **Nivel de servicio B:** se refiere a situaciones en las que existe un flujo de tráfico razonablemente fluido. En estas condiciones, las maniobras dentro de la corriente de tránsito pueden llevarse a cabo con pocas restricciones y el conductor aprecia una alta comodidad. Aunque los pequeños incidentes pueden ocurrir ocasionalmente, son resueltos rápidamente, considerando que el desperfecto puede aumentar en comparación con el nivel A.
- **Nivel de servicio C:** se caracteriza por operaciones estables, pero el volumen de tráfico se acerca a un punto en el cual pequeños incrementos

generan una reducción significativa en el nivel de servicio. Hay limitaciones importantes en las maniobras y cambiar de carril requiere precaución adicional por parte del conductor. Aunque se pueden manejar pequeñas interferencias, el nivel de servicio local se deteriora considerablemente. Si la interrupción es más significativa, pueden formarse colas. Esto aumenta la tensión del conductor, ya que debe prestar más atención para operar de manera segura.

- **Nivel de servicio D:** este nivel se encuentra en la proximidad del flujo inestable. Aquí, incluso pequeños aumentos en el volumen de tráfico resultan en un deterioro significativo del servicio. Existe una restricción severa en la capacidad de maniobra y el nivel de confort físico y mental del conductor se ve drásticamente reducido. La corriente de tráfico tiene un margen limitado para absorber interrupciones, por lo que incluso los incidentes menores pueden provocar la formación de colas.
- **Nivel de servicio E:** el límite entre los niveles E y F representa la operación en capacidad. En este nivel, las operaciones son extremadamente inestables debido a la escasez de espacios libres en la corriente de tráfico. Los vehículos se encuentran muy próximos entre sí, con la mínima distancia necesaria para mantener un flujo estable. Cualquier entrada o cambio de carril de un vehículo provoca interferencias que se propagan hacia atrás en la corriente. En esta condición de capacidad, incluso las interferencias más pequeñas no pueden disiparse. Cualquier incidente provoca una detención importante y la formación de una cola. Se limita la capacidad de maniobra y el conductor experimenta una comodidad reducida.
- **Nivel de servicio F:** Este nivel se conoce como flujo forzado o interrumpido. Estas condiciones suelen ocurrir dentro de las colas formadas por interrupciones en el tráfico. Estas interrupciones pueden ser causadas por diversas razones:
 - a. Los sucesos de tráfico generan una reducción temporal en la capacidad de segmentos cortos de la vía, provocando una acumulación de vehículos en la zona, que excede la capacidad de flujo.
 - b. Se pueden identificar zonas recurrentes de congestión, como puntos de

convergencia, intersecciones y carriles de salida, en los cuales la cantidad de vehículos que entran supera a los que salen de dicha área.

- c. En el contexto de futuros análisis, cualquier lugar en el cual el volumen de tráfico pronosticado para la hora de mayor afluencia, u otro momento específico, sobrepase la capacidad anticipada, representa un desafío a resolver.

Figura

20

Crterios para niveles de servicio según ICU

CRITERIOS PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO SEGÚN EL ICU

| ICU | Level of Service |
|---------------|------------------|
| 0 to 60% | A |
| >60% to 70% | B |
| >70% to 80% | C |
| >80% to 90% | D |
| >90% to 100% | E |
| >100% to 110% | F |
| >110% to 120% | G |
| >120% | H |

Fuente: Trafficware Ltd, 2010

Nivel de servicio según el factor de utilización de la capacidad en la intersección:

Factor importante en la descripción de encuentro vial y capacidad adicional en el congestionamiento de vehículos y ocurrencias.

2.2.8 Manual de Diseño de Puentes (MTC)

Para un buen diseño de puente, es necesario aplicar las descripciones del MTC. En este proceso, se considera el DG-2018. Por otro lado, el MTC otorgo un comité que actualiza el manual y los nuevos reglamentos de acuerdo los avances de la tecnología.

El MTC ha desarrollado un reglamento específico para el diseño de puentes. Este reglamento establece las condiciones básicas que deben tenerse en cuenta al elaborar un proyecto de puente (MTC, 2018).

El MTC indica pautas en la evaluación y creación de carreteras y peatonales. El manual de diseño de puentes, basado en las directrices de la norma americana (AASHTO), es una referencia clave para los profesionales encargados de diseñar puentes. En general, se requiere que el diseño del puente se integre de manera armoniosa con la geometría de la carretera, considerando el perfil longitudinal y el plano horizontal. En la sección transversal, se deben tener en cuenta elementos como las vías de seguridad, las aceras y las barandas. Para la superficie de rodadura, se recomienda una pendiente mínima del 2% en sentido transversal, y en casos de transformaciones, la pendiente se justifica en su variación. Los galibos vertical y horizontal de los puentes urbanos deben ser suficientes para permitir el paso de los vehículos, teniendo en cuenta su categoría según el estudio de tráfico. En áreas rurales, el galibo vertical debe ser inferior a 5.50 metros, y si el puente atraviesa cuerpos de agua, se establece una elevación pequeña de 1.50 a 2.50 msnm.

Para puentes cortos, se considera una pendiente y, se abordará una mayor al 0.5% cuando la pendiente es longitudinal.

2.2.9 Manual de dispositivos de control del tránsito (MTC)

La principal meta del MTC es establecer estándares fundamentales que garanticen un espacio seguro para usuarios y el medioambiente. Así, el manual se enfoca en diseñar dispositivos que manejen el tránsito, como señalizaciones, conectores adicionales y marcas en el concreto. El objetivo principal de estos elementos es comunicar de manera efectiva a los individuos para facilitar la circulación esperada.

- **Señalización horizontal en calzada**

La señalización vial incluye marcas transversales y horizontales que indican la dirección de la vía. Las líneas longitudinales dividen los carriles y guían el flujo del tráfico. Las líneas de borde, de color amarillo, limitan la vía. Las

líneas transversales tienen un ancho de 0.50 m, mientras las líneas de paso de peatones que corren de manera paralela en avenidas tienen un ancho de 2 m. Las líneas de cruce peatonal en calles también tienen un ancho de 200 cm.

- **Señalización orientada en transporte público**

Estas señales están destinadas a guiar a los peatones en lugares específicos, proporcionándoles información relevante a lo largo de su ruta. Se ubican estratégicamente junto a las ciclovías y tienen una altura estándar de 1.60 m.

- **Señalización horizontal en veredas**

Este tipo de señalización se enfoca en atender las necesidades de personas con discapacidades físicas, como aquellas con discapacidad visual. Es crucial diseñar señalización horizontal en las aceras de acuerdo con las normativas correspondientes, para brindar una guía clara y segura para estas personas.

- **Señalización en intersecciones**

La señalización vial desempeña dos funciones principales: informar y restringir a los usuarios de la vía. Estas señales, también conocidas como islas de canalización, contribuyen a un flujo ordenado de vehículos, facilitando la circulación de manera segura y eficiente.

- **Señalización vertical (SV)**

Esta señalización tiene como objetivo alertar a conductores o peatones. las señales que presenta son las siguientes:

- **Señales reguladoras**

Señales obligatorias que cumplen el papel de indicar lo restringido, su cumplimiento es de relevancia, dado que su infracción requiere de una multa.

- **Señales de prevención**

Señales de advertencia de riesgo en el transcurso de la vía o lugares paralelos. Además, especifica la presencia de algún obstáculo en las intersecciones o vías.

- **Semáforos**

La función de los semáforos es regular el tránsito vehicular y peatonal. Existen semáforos para peatones, vehículos, aproximación de trenes, entre otros.

Los semáforos cuentan con 3 colores: rojo, representa la detención del tránsito vehicular y peatonal; ámbar, indica la inmovilidad del vehículo, cede de paso o detener el ingreso a un cruce o avenida; verde, fomenta el tránsito vehicular o peatonal.

Los semáforos se instalan considerando los volúmenes de vehículos, de peatones, accidentabilidad, intersecciones amplias o irregulares, la máxima hora de demanda, entre otros.

2.2.10. Estudio de tráfico

a) Índice Medio Diario Anual (IMDA)

El IMDA corresponde al promedio aritmético de volumen constante durante 365 días. Asimismo, su cargo es calcular su perspectiva económica.

Utilizada en la filmación de rutas, prospectos para condicionar el concreto,

señalización de particularidades del diseño.

Figura

21

Formula Índice Medio Diario Anual (IMDA)

$$IMD_a = IMD_s * FC$$
$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

Donde: IMD_s = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
 $IMDa$ = Índice Medio Anual
 Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
 FC = Factores de Corrección Estacional

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

b) Factor de corrección

Este aspecto se refiere a la serie anual de tráfico, registrados mediante el peaje. Su objetivo es suprimir el aumento de tráfico tras el acontecimiento de festividades (viajes en temporada de cosecha, vacaciones y demás situaciones festivas durante el año).

Figura

22

Factor de corrección

$$FC_m = \frac{IMD \text{ Unidad Peaje}}{IMD_{\text{del mes del Estudio de la unidad peaje}}}$$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

c) Volumen Horario de Diseño (VHD)

En carreteras con alto tráfico, se utiliza el VHD (Volumen Horario de Demanda) para determinar las características y condiciones de funcionamiento necesarias. Es crucial verificar el volumen de tráfico por hora para obtener el VHD. Este se obtiene ordenando de mayor a menor los volúmenes más altos registrados a lo largo del año, y así establecer el volumen horario de demanda máxima.

d) Crecimiento de tránsito

Para proyectar el crecimiento del tráfico, se toma en cuenta un período de 20 años y se evalúan diversos parámetros relacionados con cambios en el volumen de tráfico, demandas y tránsito peatonal. Estos análisis permiten anticipar las necesidades futuras y tomar las medidas adecuadas para gestionar el crecimiento del tráfico de manera eficiente y segura.

Figura

23

Estudio de demanda de tránsito

$$P_f = P_0(1 + T_c)^n$$

Dónde:

P_f : tránsito final.

P_0 : tránsito inicial (año base).

T_c : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

n : año a estimarse.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

e) Aforo vehicular

El conteo vehicular es un método estadístico, se puede realizar a través de distintas técnicas, como la colocación de sensores en el pavimento para contar vehículos según su tipo y número de ejes (Limache, s. f.). La elección de la técnica entra en dependencia de las particularidades específicas expuestas en medición, permanente o temporal; clase de tráfico en vehículos, libre o con paradas frecuente.

Figura

24

| <i>Parámetro</i> | <i>Nivel Microscópico</i> | <i>Nivel Macroscópico</i> |
|------------------|---------------------------|---------------------------|
| Flujo | Headway-tiempo | Tasa de flujo (veh/h) |
| Velocidad | Velocidad individual | Velocidad promedio |
| Densidad | Headway-espacio | Tasa promedio (veh/km) |

Fuente: Silvera, 2020

2.2.11. Manual de mantenimiento o conservación vial

a) Seguridad vial

El aforo ve Para enriquecer la base teórica de la preservación de carreteras, es necesario mencionar los enfoques dirigidos a mejorar la seguridad vial que han sido integrados en este Manual de conservación vial sistemática. Estos enfoques incluyen la incorporación de procedimientos de prevención de accidentes como parte de las prácticas habituales de conservación. Esta labor abarca un inventario continuamente actualizado y evaluado, con el fin de planificar las acciones necesarias tanto para prevenir incidentes como para corregirlos

b) Funciones, organización y programación de la conservación vial

El mantenimiento vial comprende una variedad de actividades que engloban construcciones civiles, infraestructuras y dispositivos diseñados para preservar en condiciones óptimas las carreteras y senderos rurales que constituyen parte de las redes de transporte del país. Estas actividades son requeridas por el estado para asegurar que estas vías se mantengan en óptimas condiciones operativas.

c) Modalidades de ejecución de la conservación vial.

Para llevar a cabo la conservación vial, cada entidad competente tiene la opción de utilizar diferentes modalidades, adecuándose según la justificación y buscando maximizar la eficiencia con los recursos disponibles para cumplir con su responsabilidad de mantener en buen estado los caminos bajo su jurisdicción. Estas modalidades son las siguientes:

- I. Conservación vial mediante administración directa.
- II. Conservación vial a través de convenios con organismos públicos o privados.
- III. Conservación vial mediante contratos con empresas o entidades privadas.

d) Programación y presupuesto

La programación de las tareas de mantenimiento vial, tanto las regulares como las programadas, difiere en función del enfoque de ejecución. Por ejemplo, cuando la entidad pública se encarga directamente de la conservación vial, la planificación tiende a ser anual y los fondos también se aprueban para ese período. Sin embargo, cuando estas labores se realizan mediante contratos o concesiones, la programación y los presupuestos se adaptan a los términos contractuales específicos.

e) Actividades de conservación vial

La conservación vial se guía por un objetivo preventivo que abarca diversas actividades, incluyendo:

- I. Prevenir la infiltración de agua en la carpeta de rodadura a través de acciones como la aplicación de capas de sellado asfáltico, la reparación de fisuras y grietas, y el uso de capas delgadas de asfalto, entre otras medidas.
- II. Facilitar el drenaje del agua, mediante enfoques como la utilización de sistemas de drenaje subsuperficial o la restauración del sistema de drenaje existente.
- III. Restaurar la superficie regular del pavimento a través de medidas como el perfilado y fresado.
- IV. Prevenir el deterioro de los puentes mediante prácticas como la

limpieza y pintura, medidas para contrarrestar la erosión, reparaciones en el tablero y el mantenimiento del sistema de drenaje del puente.

2.2.12. Software para modelamiento en una vía

a) Synchro

Ríos-Cardich (2018) sostiene que se emplean programas informáticos especializados como SYNCHRO para el estudio, estimación y perfeccionamiento de redes viales. Estos programas utilizan el método HCM 2010, el cual es ampliamente reconocido y utilizado por organismos e instituciones internacionales. En este marco teórico, no se profundizó en los detalles específicos de cómo funciona el SYNCHRO. Sin embargo, se destacarán las siguientes ventajas que ofrece su utilización:

- Optimización de los ciclos de semáforo y la distribución de tiempos verdes por fase, evitando la ejecución de ensayos múltiples para encontrar la solución adecuada.
- Diseño de planificaciones en adecuada temporización menor a la de otros programas existentes.
- Habilidad para gestionar redes de hasta 300 intersecciones de manera eficiente, posibilitando la subdivisión de redes más extensas y su posterior integración.
- Prueba y análisis de la conducta en cruces viales, con o sin semáforos, administrando un estudio y hallazgos en plataforma única y formato de investigación.

En la tesis expuesta, se destaca que Synchro es una herramienta que proporciona la mejoría, interacción y estudio de sistemas de tráfico en una

determinada área de estudio.

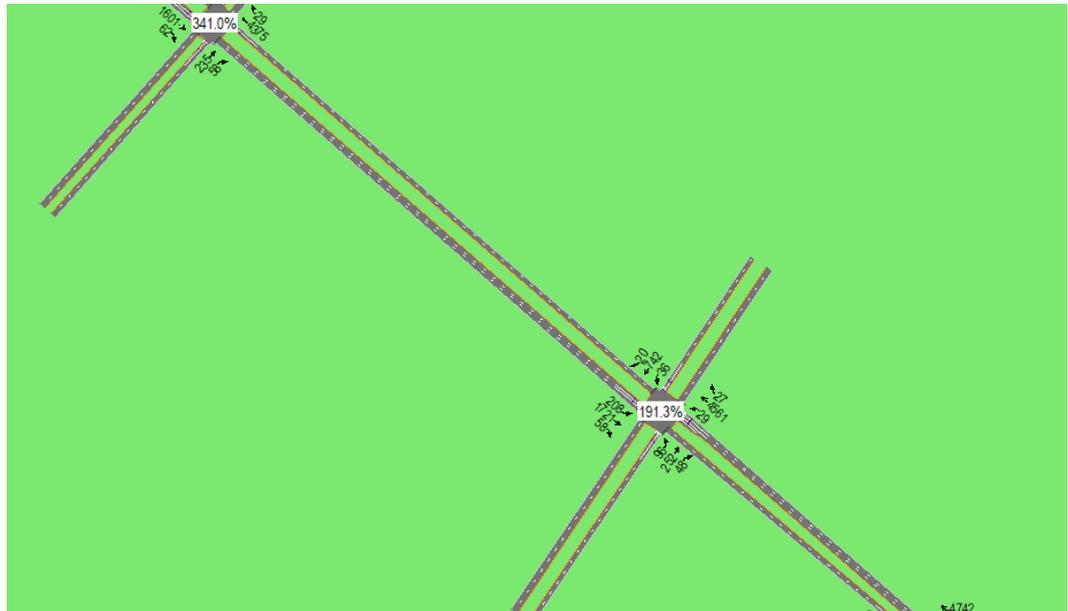
El Synchro incluye:

- SimTraffic, una aplicación poderosa y de uso intuitivo.
- 3D Viewer, una herramienta que posibilita la visualización efectuada en SimTraffic.
- SimTraffic, una aplicación que se integra con un controlador de tráfico conectado y simula su operación en conjunto con el tráfico simulado.

Figura

25

Ejemplo de simulación en el software Synchro



Fuente: Elaboración Propia 2023

b) Infracworks 2021

Ríos-Cardich (2018) define a INFRAWORKS como un software implementado por Autodesk que ofrece una plataforma BIM para el diseño conceptual, visualización, análisis y cálculos. Cuando las vías experimentan congestión, el software identifica el inconveniente y permite ejecutar transformaciones acordes con el modelo, comparando diversas alternativas. Se pueden escoger las conexiones a revisar, ingresar flujos de tráfico, tipos de vehículos, velocidades y tiempos de señales específicos.

Es factible animar las simulaciones y el software es compatible con todos los programas de Autodesk para la finalización de diseños geométricos minuciosos.

Según la tesis mencionada este software de diseño conceptual sirve como herramienta de infraestructura civil InfraWorks es una herramienta que posibilita la creación de modelos, análisis de sistemas de infraestructura y visualizar conceptos de diseño del entorno construido en la zona de estudio de manera real, lo que ayudará a tomar mejores decisiones y tener los resultados reales del proyecto.

- Obteniendo datos reales para general un modelo contextual enriquecido.
- Integra datos obtenidos del diseño con los datos geospaciales de GIS.
- Modela las condiciones reales existentes.
- Utiliza una herramienta de análisis y simulación para explorar aspectos importantes de la zona de estudio.
- Genera experiencias visuales reales, para comunicar la intención del diseño.

Figura
Ejemplo de simulación en el software Infracworks

26



Fuente: Elaboración propia 2023

2.3. Definición de términos básicos

- **Accesos:** facilitar la circulación de peatones y vehículos, permitiendo un acceso y salida más eficientes entre diferentes áreas.
- **Bache:** erosión en la superficie de rodadura o pavimento.
- **Berma central:** separador en caso de flujos con dirección opuesta.
- **Berma lateral:** ubicado al costado de la vía, en donde los vehículos se estacionan por una emergencia.
- **Calle:** es una vía con ingreso y salida, utilizada por peatones.
- **Carril de la derecha:** de la avenida, corresponde a la locación lateral derecha.
- **Carril de la izquierda:** de la avenida de dos sentidos, corresponde a la zona lateral izquierda.
- **Cruce a desnivel:** tramo de una ruta por debajo o encima de otra.
- **Curva de transición:** curva con radio variante paulatinamente.
- **Desvío:** sustitución provisional de un pase auxiliar fuera de la vía principal, siguiendo la continuidad.
- **Estudio de impacto vial:** establece la transformación de vías relacionadas al tránsito peatonal o vehicular.
- **Avenida:** lugar donde las vías cruzan en un mismo nivel o a desnivel.
- **Obras de arte:** referentes a muros, puentes, túneles, entre otros, excepto las obras de tierra.
- **Parada de emergencia:** espacio para que el vehículo atienda emergencias en las vías.
- **Paradero:** área destinada de parada de los automóviles, ingreso y salida de pasajeros.

- **Paso a nivel:** área común considerada en la intersección de vías del mismo nivel.
- **Paso a desnivel:** área común considerada en la intersección de vías de distinto nivel.
- **Mantenimiento de vías:** tiene como designio prever que la vía se mantenga en óptimo nivel de servicio.
- **Sección Transversal:** Parte de la carretera que define las dimensiones de los componentes que la componen.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis Generales

El diseño geométrico de paso a desnivel permite mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

2.4.2. Hipótesis Especifica

- El flujo vehicular es de 60km/h, con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel.
- El nivel de servicio se encuentra en la categoría A y B con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel.
- El grado de saturación es de 0.50, con el nuevo diseño geométrico de paso a desnivel.
- El nivel del servicio de la intersección se encuentra 40% en el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel.
- Las dimensiones de las vías permiten el incremento de 50% en la transitabilidad con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel.
- El plan de mantenimiento aumenta en un 10% la fluidez vehicular en las vías auxiliares del paso a desnivel.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Enfoque de la investigación

El enfoque se rige desde los conocimientos en investigaciones cuantitativas por los datos obtenidos en campo y mediciones que proporcionaran sobre las características del tránsito vehicular la Av. Sánchez Carrión, lo que permitirá lograr los objetivos establecidos.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación aborda las bases del tipo aplicada, dado que se centra en brindar solución a la problemática en la Av. Sánchez Carrión; para ello, se aplican diversas técnicas en ingeniería. Al mismo tiempo, se aspira a insertar mejoras en la Av. Sánchez Carrión y así probar sus hipótesis planteadas.

3.1.3. Nivel de investigación

El nivel es descriptivo, debido a que se evidencia la relación causa-efecto respecto con la implementación de un paso a desnivel y congestión vehicular. Además, se justifica con el uso de herramientas útiles en la identificación de particularidades en la Av. Sánchez Carrión. Para su aplicación, se ejecuta un estudio del tráfico y de campo. Tras

el alcance de hallazgos, diseñar un modelo con base en una geometría vial asociada a los pasos a desnivel y evidenciar su inserción mediante Synchro.

3.1.4. Diseño de la investigación

El enfoque de esta investigación es experimental, ya que a partir de los resultados obtenidos en el terreno se planteará la construcción de un paso a desnivel con el objetivo de evaluar su impacto en la reducción de la congestión vehicular.

3.2. Población y muestra

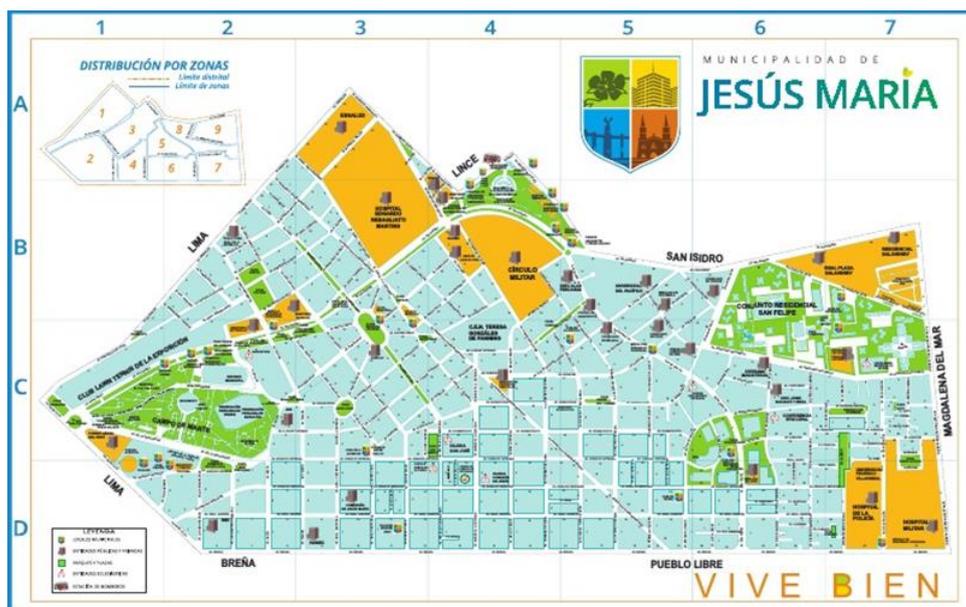
3.2.1 Población

Jesús María, uno de los distritos de la ciudad de Lima, está flanqueado al oeste por los distritos de Breña y Pueblo Libre, y al este por los distritos de Lince y San Isidro. Al norte limita con Breña y Lima, y al sur con Magdalena. Situado a una altitud de 103 metros sobre el nivel del mar, su área abarca 4.57 kilómetros cuadrados. La población es de aproximadamente 71,589 habitantes.

Figura

27

Mapa de Jesús María



Fuente: Municipalidad de Jesús María, 2023

3.2.2. Muestra

El conjunto de muestra está compuesto por la Av. Sánchez Carrión e intersecciones con recuento de vehículos de 20,177 que se transportan en la hora más demandante.

La Av. Sánchez Carrión presenta e intersecciones presenta congestión vehicular, por la reducción de carriles para generar una ciclovía y la desorganización del transporte público

.En dirección (Norte-sur), en los cruces de la Av. Sánchez Carrión, hay flujo de transporte público que proceden de diferentes empresas a lo largo de la vía.

3.3. Definición de variables

3.3.1. Variable independiente

- Paso a desnivel.

Se deben considerar también como indicadores:

- Estudio topográfico
- Estudio de tráfico
- Simulación Synchro
- Simulación en Infracore

3.3.2. Variable dependiente

- Transitabilidad en la Av. Sánchez Carrión

Se deben considerar también como indicadores:

- Flujo Vehicular
- Nivel de servicio
- Grado de saturación
- Nivel de servicio de la intersección

3.4. Operacionalización de variables

Tabla

6

Operacionalización de Variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VI: Paso a desnivel. | Respecto con el Manual DG-2018, es un área común considerada en la intersección de vías de distinto nivel, corresponde a la solución mediante geometría de carretera que facilita el tránsito de vehículos. | Su medición se abordará desde el conocimiento del aforo vehicular y la geometría vial, con base en el manual DG-2018. | Paso a desnivel | Estudio topográfico Estudio de tráfico Simulación en InfraWorks Simulación en Synchro |
| VD: Transitabilidad en la Av. Sánchez Carrión | Identificado con el flujo vehicular saturado por la particularidad de las vías, causa mayor inversión de tiempo en viajes y estancamientos vehiculares. | El tiempo estimado se calculará por medio de Synchro y tras simular propuestas. | Congestión vehicular | Flujo vehicular Nivel de servicio Grado de saturación Nivel de servicio de la intersección |

Elaborado por: los autores

3.5. Técnicas e instrumentos de Recolección de datos

Se utilizaron las siguientes técnicas:

- a) La información supuesta se obtuvo a partir de investigaciones previas y tesis asociadas a la temática.
- b) Manuales:

| Manual | Año |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Capacidad de carreteras (HCM) | 2010 |
| Diseño geométrico (DG) | 2014-2018 |
| Dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras | 2016 |

- c) La operación del dron se realizó con la finalidad de adquirir una perspectiva más minuciosa de la Av. Sánchez. Carrión y sus intersecciones, así como una medición más precisa de la avenida.
- d) Para recopilar los datos, se llevó a cabo una investigación de campo donde se recolectaron las características de la Av. Sánchez Carrión. Asimismo, se obtuvieron datos sobre el flujo de tráfico en la avenida durante las horas de mayor congestión vehicular. Se utilizó un contador manual como instrumento.
- e) En lo que respecta a la adquisición de los intervalos de tiempo de cada semáforo, se empleó un cronómetro para efectuar las mediciones. Con respecto al análisis del tráfico, se realizó un conteo de vehículos durante un período de cinco horas (en la hora de mayor congestión) y luego se llevó a cabo un estudio de tráfico de 15 minutos, con el fin de obtener información precisa.
- f) El modelamiento del tráfico en la Av. Sánchez Carrión| y sus intersecciones se realizó mediante el software Synchro
- g) El modelamiento 3D del paso a nivel se realizó mediante el software InfraWorks 3d

3.6. Técnicas e instrumentos para el procesamiento de información

Para obtener los datos del estudio de tráfico y conteo de vehículos, se siguió la guía proporcionada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Esta guía establece los procedimientos y metodologías recomendadas para alcanzar la evaluación de tráfico de manera precisa y estandarizada.

Formato de conteo y clasificación vehicular

|  PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones | | FORMATO N° 1.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TRAMO DE LA CARRETERA | | | | | | | | | | ESTACION | | | | | | | | | |
| SENTIDO | | | | | | | | | | CODIGO DE LA ESTACION | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN | | | | | | | | | | DIA Y FECHA | | | | | | | | | |
| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | CAMIONETAS | | | MICRO | BUS | | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | TRAYLER | | |
| | | | | PICK UP | PANEL | RURAL Coabi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1/2S2 | 2S3 | 3S1/3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 00 | E | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 01 | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018

Abordando la clasificación vehicular y el formato de conteo del MTC, se ejecuta un modelo adecuado de conteo vehicular en las horas de mayor afluencia, 6:55 a 2:00 p.m. y al caer la tarde de 5:55 p.m. a 7:55p.m., y un formato con demanda máxima para data correspondiente a Synchro.

Tabla

9

Formato de estudio de tráfico 6 horas

| SENTIDO : | NOMBRE DE LA AVENIDA | | | | |
|---------------------------|----------------------|---------|-----------|---------|---------|
| FECHA : | DD/MM/AA | | | | |
| FECHA : 14/05/2021 | | | | | |
| HORA (AM) | VEHICULOS | | DIRECCIÓN | | |
| | LIGEROS | PESADOS | IZQUIERDA | DIRECTO | DERECHA |
| 6:55 - 7:00 | | | | | |
| 7:00 - 7:05 | | | | | |
| 7:05 - 7:10 | | | | | |
| 7:10 - 7:15 | | | | | |
| 7:15 - 7:20 | | | | | |
| 7:20 - 7:25 | | | | | |
| 7:25 - 7:30 | | | | | |
| 7:30 - 7:35 | | | | | |
| 7:35 - 7:40 | | | | | |
| 7:40 - 7:45 | | | | | |
| 7:45 - 7:50 | | | | | |
| 7:50 - 7:55 | | | | | |
| 7:55 - 8:00 | | | | | |
| 8:00 - 8:05 | | | | | |
| 8:05 - 8:10 | | | | | |
| 8:10 - 8:15 | | | | | |
| 8:15 - 8:20 | | | | | |
| 8:20 - 8:25 | | | | | |
| 8:25 - 8:30 | | | | | |
| 8:30 - 8:35 | | | | | |
| 8:35 - 8:40 | | | | | |
| 8:40 - 8:45 | | | | | |
| 8:45 - 8:50 | | | | | |
| 8:50 - 8:55 | | | | | |
| 8:55 - 9:00 | | | | | |
| TOTAL | | | | | |

Elaborado por: los autores

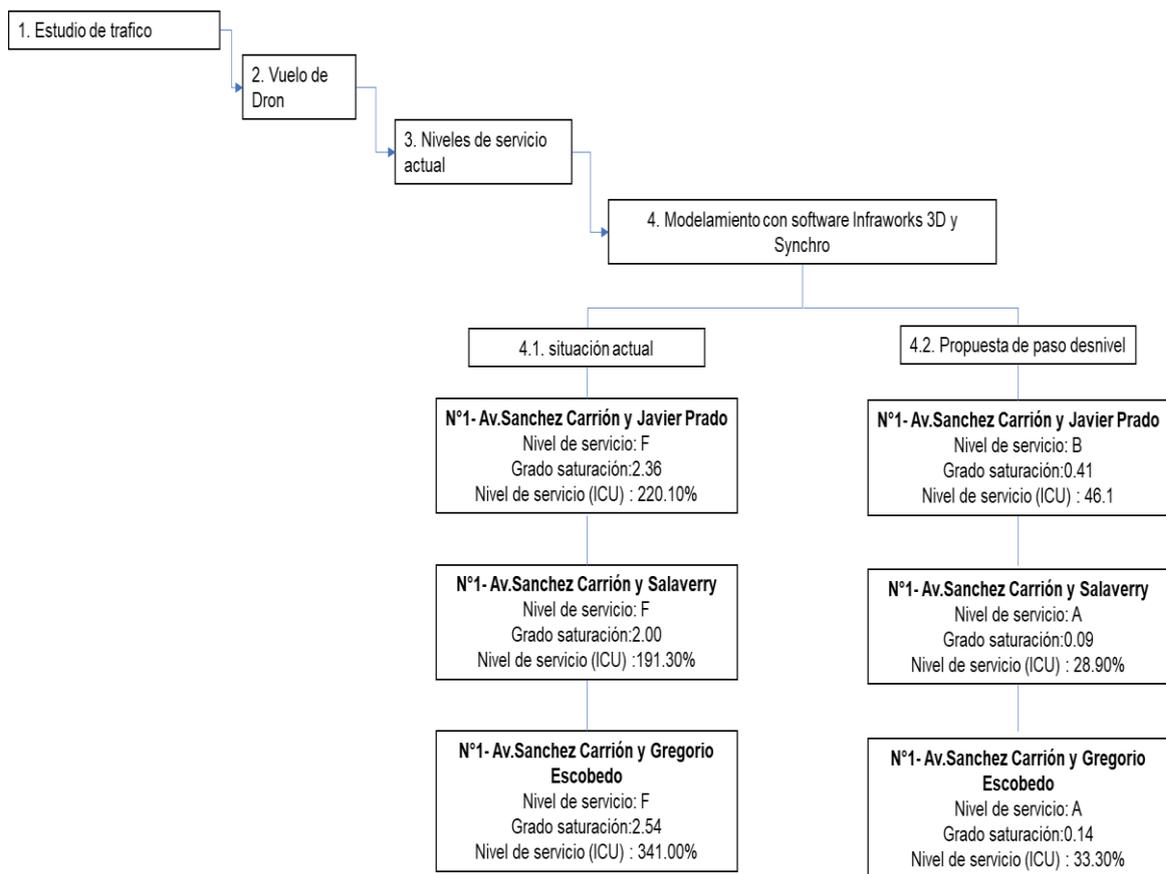
3.7. Procedimiento

Para llevar a cabo la tesis en la Av. Sánchez Carrión, se llevó a cabo un análisis exhaustivo que abarcó el diseño existente, la señalización, la velocidad estimada, la duración de los semáforos y las características del tráfico. Se recolectaron datos en el terreno y se analizó la cantidad de vehículos en cada intersección. Se empleó el software Synchro y las pautas del DG-2018 para modelar la configuración actual y evaluar los tiempos de trayecto y la cantidad de vehículos. Los resultados demostraron una disminución en los tiempos de viaje, proporcionando una base sólida para la implementación del paso a desnivel de manera óptima.

Tabla

10

Procesamiento de datos



Elaborado por: los autores

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción y características de la zona

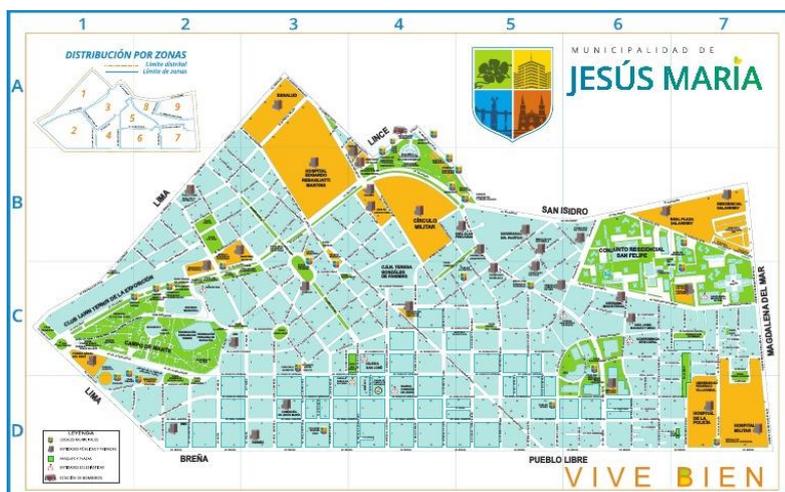
4.1.1. Distrito Jesús María

Jesús María es un distrito situado en Lima, a una altitud de 103 msnm. Su expansión es de 4.57 km² y una demografía estimada de alrededor de 71,589 habitantes. A continuación, se presentan los distritos colindantes:

- Oeste se encuentra el distrito de Breña y Pueblo Libre y al
- Este se encuentra el distrito de Lince y San Isidro,
- Norte el distrito de Breña y Lima y por el
- Sur el distrito de Magdalena.

Figura
Mapa de Jesús María

28



Fuente: Municipalidad de Jesús María, 2023

4.2. Delimitación del área de estudio

Área localizada en Lima, capital de Perú, urbe de Lima Centro. La ruta vial analizada abarca tres distritos: Magdalena del Mar, Jesús María y Pueblo Libre. La Figura 28 muestra la localización exacta.

Figura

29

Delimitación del área de estudio



Fuente: Autodesk Inc., 2023.

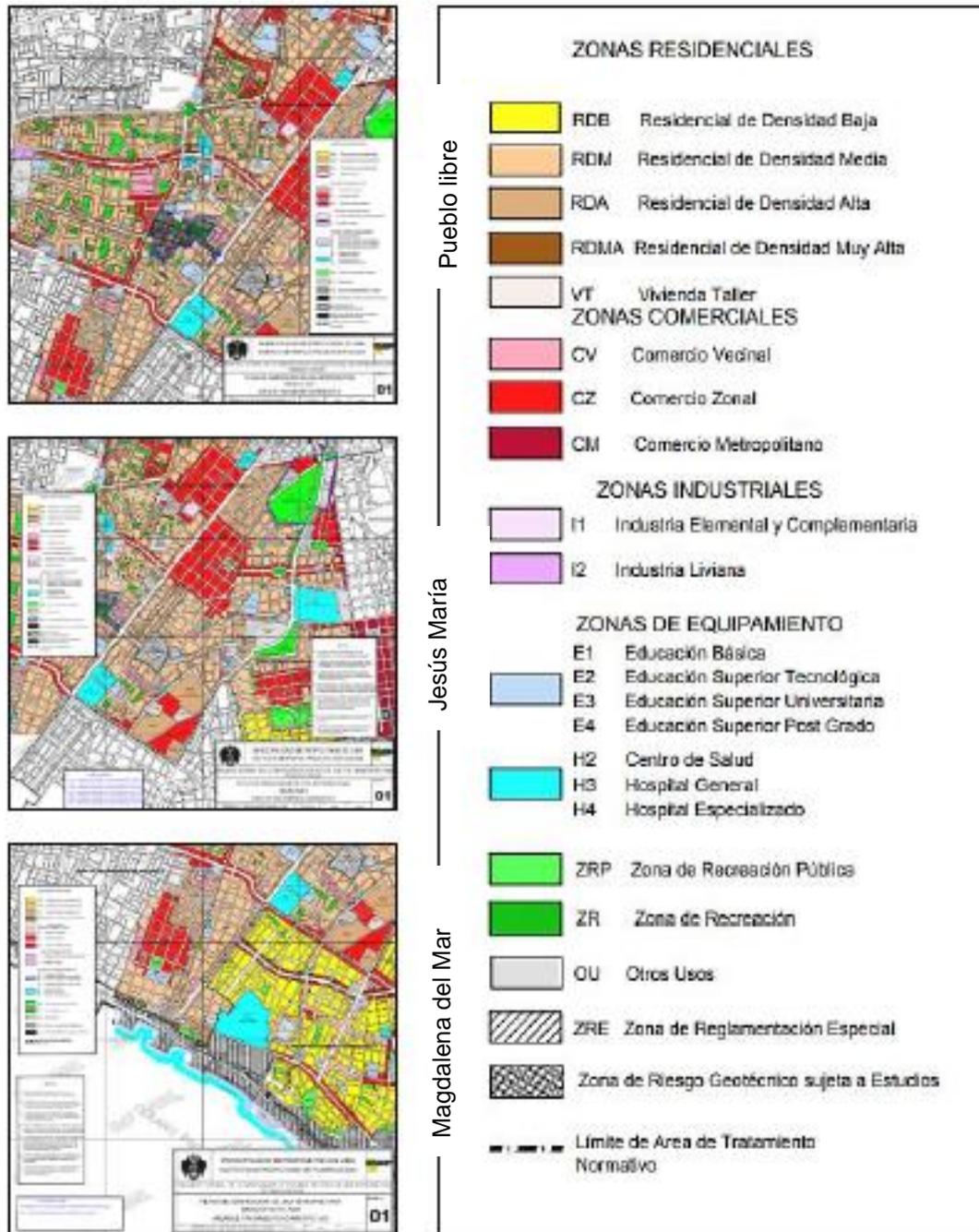
- **Zonificación y uso del suelo**

De acuerdo con la Ordenanza N° 1017 de la Municipalidad Metropolitana de Lima, se ha autorizado la instalación y funcionamiento de diversos elementos urbanos en Magdalena del Mar, Jesús María y Pueblo Libre. Esto ha generado un marcado aumento en la infraestructura y en la densidad poblacional de la zona en los últimos años. Los cambios en la asignación de usos del suelo son evidentes en la existencia de viviendas de alta densidad, establecimientos comerciales, instituciones educativas y centros de atención médica. La Figura 30 muestra la distribución de los usos del suelo en los mencionados distritos durante el período en que se promulgó la ordenanza.

Figura

30

Zonificación del área de estudio



Fuente: Instituto Peruano de Derecho Urbanistico, 2007

4.3. Características del tramo vial

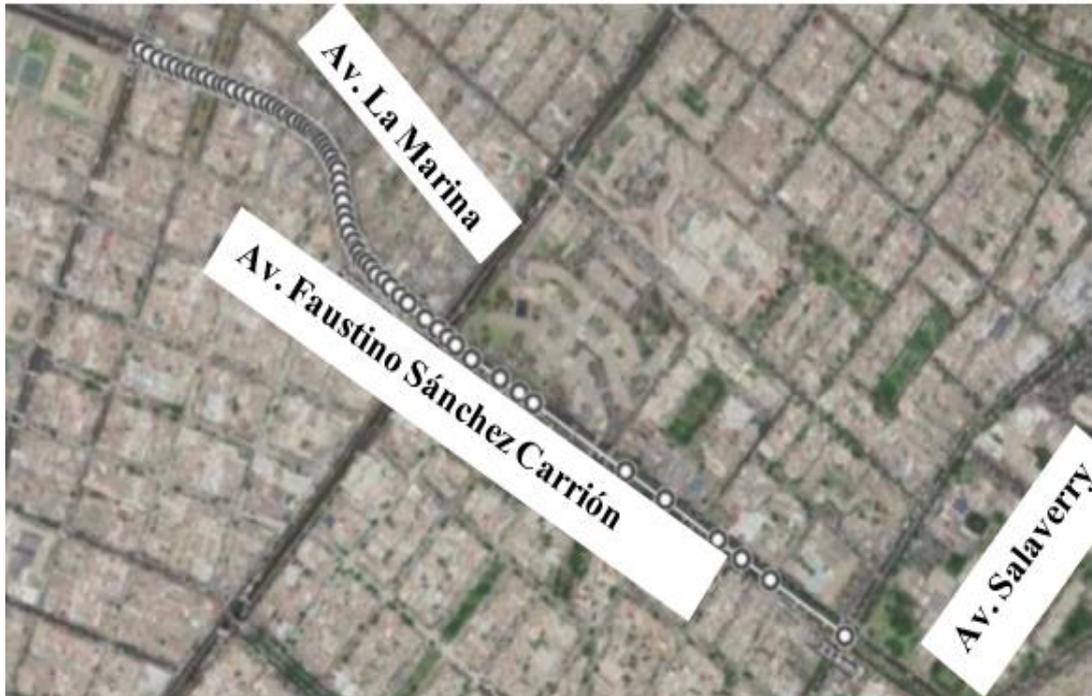
Av. Sánchez Carrión, se encuentra a unas cuadras del centro comercial Real Plaza, y el hospital Militar. Dicha zona se caracteriza por el tráfico vehicular que genera. En la Figura 20 concreta y detalla la distancia de la vía. Esta Av. Sánchez Carrión es el punto con más congestión vehicular por la reducción de carriles para generar una ciclovía, y

la desorganización del transporte público informales. En dirección (Norte-sur), en los cruces de la Av. Sánchez Carrión, hay presencia de transporte público de las diferentes empresas ubicadas a los alrededores de la vía.

Figura

31

Principales arterias que conforman el tramo vial



Fuente: Google LLC_ Google Maps, 2023

Figura

32

Intersección Av. Sánchez Carrión con La Av. Salaverry



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Figura

33

Ciclovía- Av. Salaverry



Fuente: Fotografía tomada por los autores

Reducción de tres a dos carriles



Fuente: Fotografía tomada por los autores

4.4. Levantamiento Drone

Se utilizó un dron de marca DJI modelo Mavic Air 2 con el cual se realizó el levantamiento dron a toda la Av. Sánchez Carrión, las características del y se encontraron las siguientes observaciones.

Especificaciones Mavic Air 2

Ficha técnica del Mavic Air 2 de DJI

| DJI MAVIC AIR 2 | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Peso | 570 gr |
| Dimensiones | Plegado: 180 x 97 x 84 mm ; Desplegado: 183 x 253 x 77 mm |
| Velocidad máxima | 68,4 Km/h en modo Sport |
| Altura máxima de servicio | 5.000 m sobre nivel del mar |
| Tiempo de vuelo máximo | 34 minutos |
| Conectividad | Alcance máximo de 6 km regulado por CE |
| Cámara | 1/2" CMOS con sensor 12MP y 48 MP |
| Lente | FOV 84° 24mm f/2.8 |
| Vídeo | Hasta 4K a 60 fps y 1080p a 240 fps |
| Almacenamiento | 8 GB ampliables por microSD hasta 256 GB |

4.4.1. Intersecciones viales

En toda la Av. Sánchez Carrión se tiene 5 intersecciones importantes las cuales cada una de ellas tienen flujo vehicular nulo o detenido. También se visualiza que los conductores no respetan los ciclos de semaforización y estos se detienen en medio del cruce ocasionando que ninguno de los 2 carriles pueda circular con normalidad. Así mismo se verifica las largas colas de vehículos en espera de transitar.

- Av. Sánchez Carrión con Av. Javier Prado

Las siguientes cinco fotografías de la Av. Sánchez Carrión fueron tomadas por los autores

Figura

36

Intersección

1

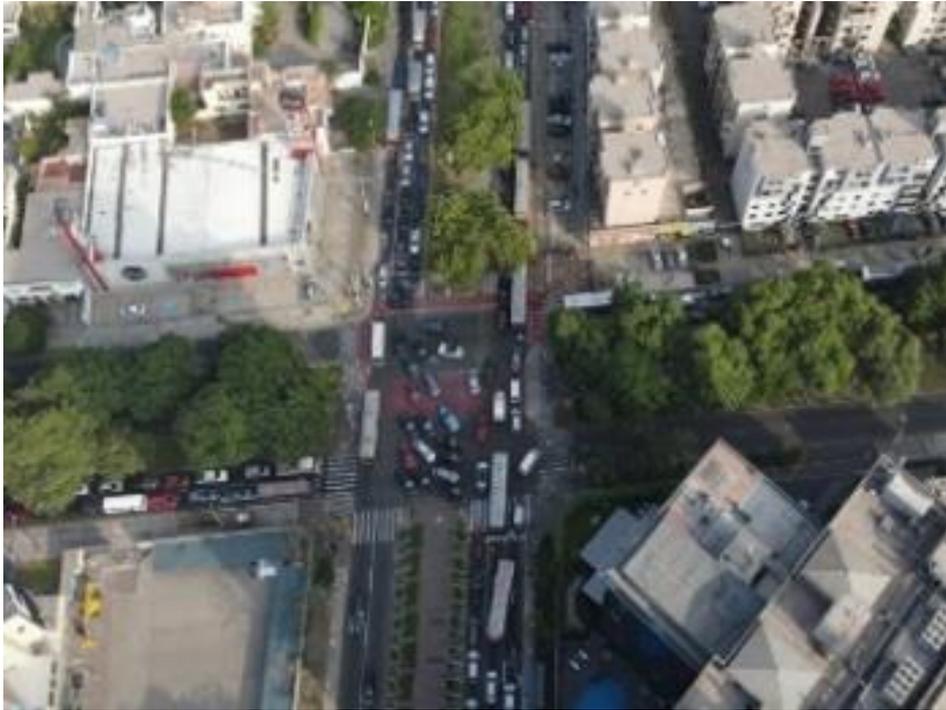


- Av. Sánchez Carrión con Av. Salaverry

Figura

37

Intersección 2

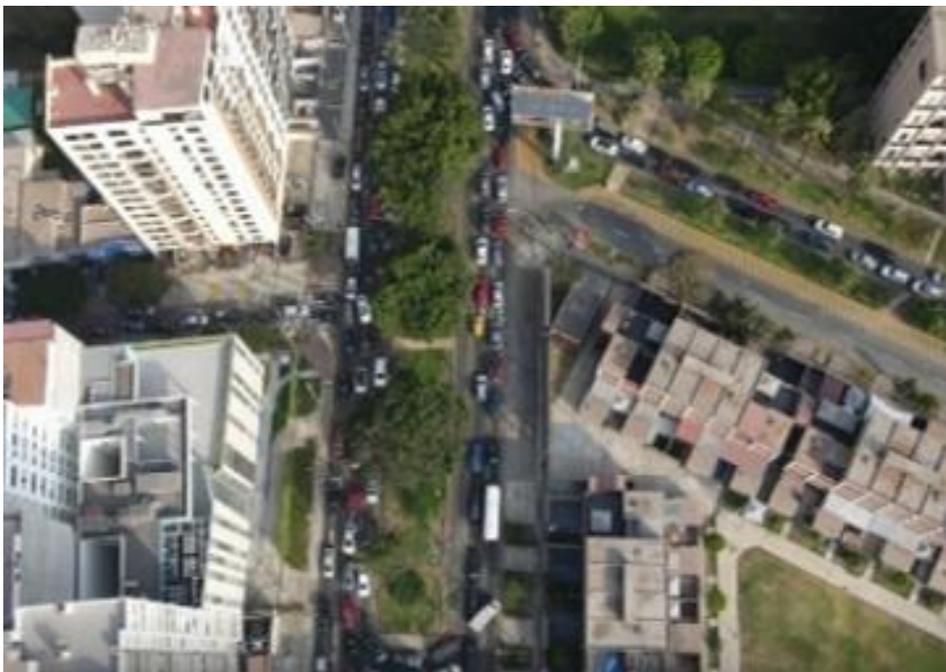


- Av. Sánchez Carrión con Diagonal Eduardo Abaroa

Figura

38

Intersección 3



- Av. Sánchez Carrión con Av. Gregorio Escobedo

Figura

39

Intersección 4



- Av. Sánchez Carrión con Av. La Marina

Figura

40

Intersección 5



4.5. Estudio de trafico

Para el aforo vehicular, se considera la clasificación vehicular y el formato de estudio de tráfico de conteo, ubicadas en el manual regularizado para las vías metropolitanas del MTC.

Aforo vehicular

Tabla

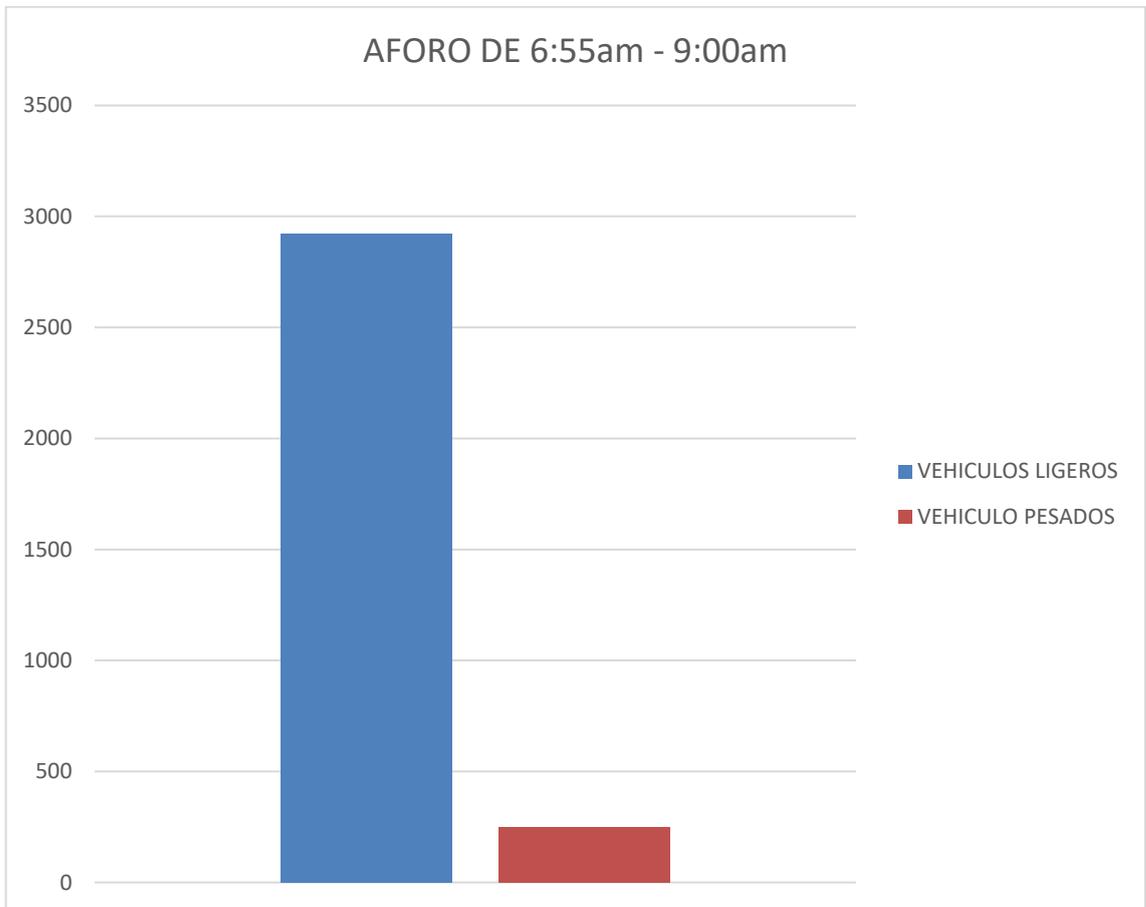
11

Aforo vehicular del Aeropuerto a Javier Prado de 6:55am -9:00am

| FECHA: 05/04/2023 | | | | | |
|-------------------|-------------|------------|-----------|---------|---------|
| HORA (AM) | VEHICULOS | | DIRECCIÓN | | |
| | LIGEROS | PESADOS | IZQUIERDA | DIRECTO | DERECHA |
| 6:55 - 7:00 | 75 | 5 | 5 | 70 | 5 |
| 7:00 - 7:05 | 72 | 4 | 8 | 66 | 2 |
| 7:05 - 7:10 | 79 | 6 | 5 | 76 | 4 |
| 7:10 - 7:15 | 71 | 4 | 10 | 64 | 1 |
| 7:15 - 7:20 | 79 | 3 | 7 | 72 | 3 |
| 7:20 - 7:25 | 85 | 7 | 6 | 79 | 7 |
| 7:25 - 7:30 | 82 | 5 | 11 | 74 | 2 |
| 7:30 - 7:35 | 89 | 7 | 4 | 90 | 2 |
| 7:35 - 7:40 | 92 | 10 | 9 | 90 | 3 |
| 7:40 - 7:45 | 85 | 12 | 11 | 81 | 5 |
| 7:45 - 7:50 | 92 | 9 | 14 | 84 | 3 |
| 7:50 - 7:55 | 95 | 7 | 15 | 82 | 5 |
| 7:55 - 8:00 | 90 | 8 | 7 | 84 | 7 |
| 8:00 - 8:05 | 99 | 7 | 13 | 85 | 8 |
| 8:05 - 8:10 | 156 | 21 | 21 | 149 | 7 |
| 8:10 - 8:15 | 148 | 16 | 16 | 145 | 3 |
| 8:15 - 8:20 | 159 | 22 | 14 | 144 | 5 |
| 8:20 - 8:25 | 162 | 14 | 21 | 152 | 6 |
| 8:25 - 8:30 | 163 | 10 | 22 | 147 | 4 |
| 8:30 - 8:35 | 170 | 8 | 15 | 158 | 5 |
| 8:35 - 8:40 | 165 | 15 | 13 | 161 | 6 |
| 8:40 - 8:45 | 154 | 7 | 19 | 141 | 1 |
| 8:45 - 8:50 | 149 | 14 | 15 | 145 | 3 |
| 8:50 - 8:55 | 152 | 18 | 18 | 146 | 6 |
| 8:55 - 9:00 | 161 | 12 | 21 | 148 | 4 |
| TOTAL | 2924 | 251 | | | |

Elaborado por: los autores

Aforo vehicular del Aeropuerto a Javier Prado de 6:55am -9:00am.



Elaborado por: los autores

Aforo vehicular del Aeropuerto a Javier Prado de 11:55am -2:00pm

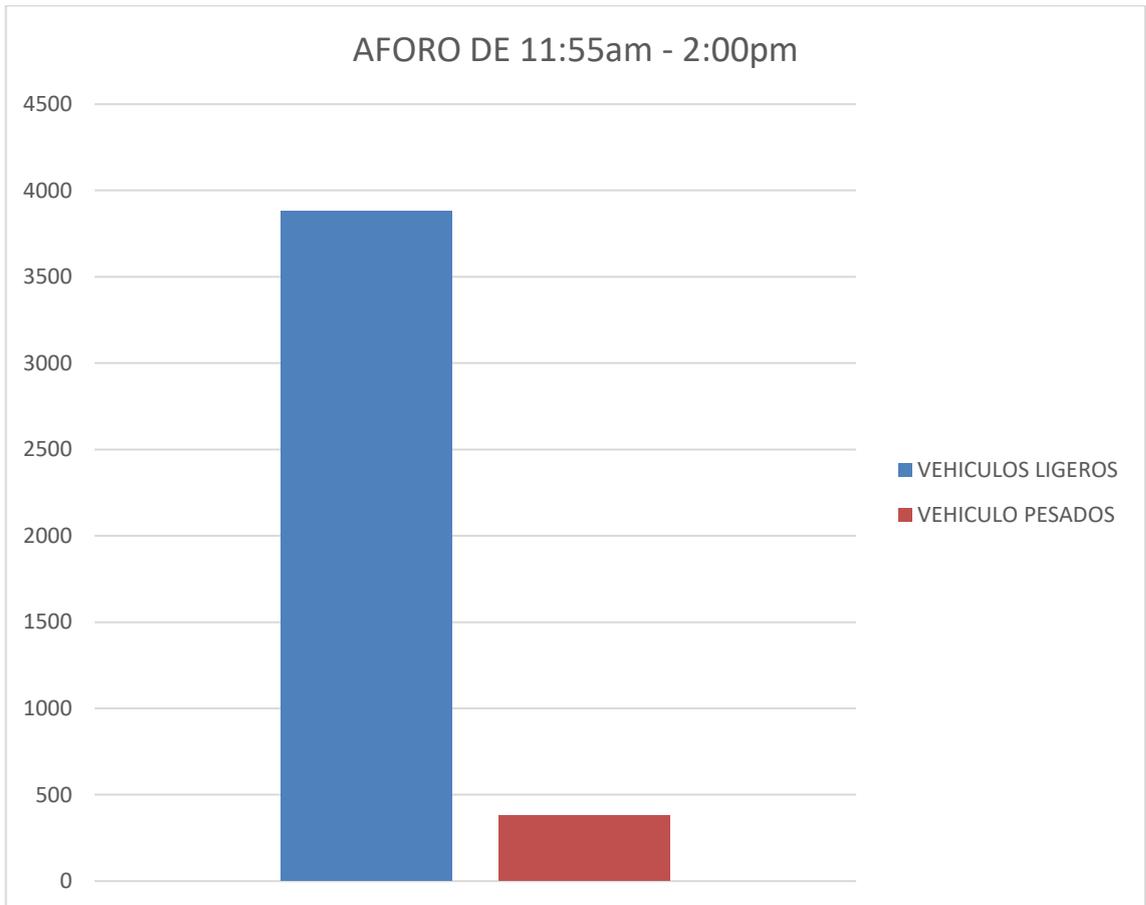
FECHA: 05/04/2023

| HORA (AM - PM) | VEHICULOS | | DIRECCIÓN | | |
|----------------|-------------|------------|-----------|---------|---------|
| | LIGEROS | PESADOS | IZQUIERDA | DIRECTO | DERECHA |
| 11:55 - 12:00 | 152 | 7 | 8 | 142 | 9 |
| 12:00 - 12:05 | 163 | 15 | 5 | 169 | 4 |
| 12:05 - 12:10 | 159 | 8 | 5 | 157 | 5 |
| 12:10 - 12:15 | 145 | 16 | 7 | 151 | 3 |
| 12:15 - 12:20 | 171 | 24 | 6 | 185 | 4 |
| 12:20 - 12:25 | 168 | 15 | 10 | 167 | 6 |
| 12:25 - 12:30 | 162 | 13 | 9 | 163 | 3 |
| 12:30 - 12:35 | 160 | 11 | 4 | 165 | 2 |
| 12:35 - 12:40 | 145 | 13 | 9 | 145 | 4 |
| 12:40 - 12:45 | 139 | 16 | 17 | 133 | 5 |
| 12:45 - 12:50 | 175 | 13 | 13 | 170 | 5 |
| 12:50 - 12:55 | 139 | 14 | 18 | 133 | 2 |
| 12:55 - 1:00 | 144 | 16 | 9 | 145 | 6 |
| 1:00 - 1:05 | 135 | 18 | 15 | 134 | 4 |
| 1:05 - 1:10 | 152 | 17 | 18 | 144 | 7 |
| 1:10 - 1:15 | 148 | 13 | 17 | 137 | 7 |
| 1:15 - 1:20 | 161 | 19 | 11 | 165 | 4 |
| 1:20 - 1:25 | 157 | 10 | 18 | 143 | 6 |
| 1:25 - 1:30 | 167 | 23 | 13 | 174 | 3 |
| 1:30 - 1:35 | 158 | 16 | 20 | 153 | 1 |
| 1:35 - 1:40 | 163 | 13 | 17 | 150 | 9 |
| 1:40 - 1:45 | 158 | 22 | 23 | 155 | 2 |
| 1:45 - 1:50 | 145 | 21 | 14 | 149 | 3 |
| 1:50 - 1:55 | 146 | 13 | 15 | 140 | 4 |
| 1:55 - 2:00 | 169 | 15 | 25 | 154 | 5 |
| TOTAL | 3881 | 381 | | | |

Elaborado por: los autores

Figura

Aforo vehicular del Aeropuerto a Javier Prado de 11:55am -2:00pm.



Elaborado por: los autores

Tabla

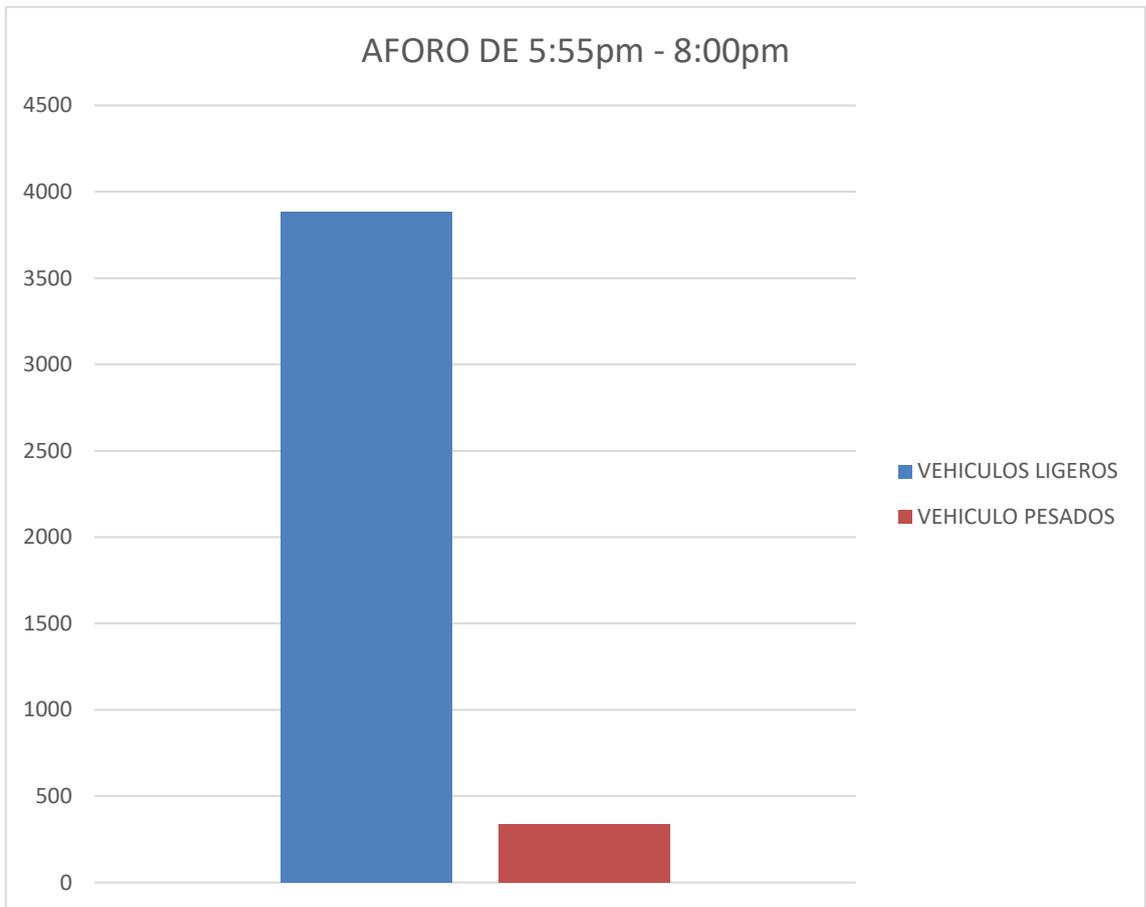
13

Aforo vehicular del Aeropuerto a Javier Prado de 05:55pm 08:00pm

| FECHA: 05/04/2023 | | | | | |
|-------------------|-------------|------------|-----------|---------|---------|
| HORA (PM) | VEHICULOS | | DIRECCIÓN | | |
| | LIGEROS | PESADOS | IZQUIERDA | DIRECTO | DERECHA |
| 5:55 - 6:00 | 157 | 4 | 7 | 146 | 8 |
| 6:00 - 6:05 | 160 | 12 | 4 | 164 | 4 |
| 6:05 - 6:10 | 155 | 6 | 4 | 154 | 3 |
| 6:10 - 6:15 | 142 | 13 | 5 | 149 | 1 |
| 6:15 - 6:20 | 179 | 22 | 4 | 194 | 3 |
| 6:20 - 6:25 | 155 | 9 | 8 | 151 | 5 |
| 6:25 - 6:30 | 158 | 13 | 6 | 161 | 4 |
| 6:30 - 6:35 | 165 | 8 | 5 | 166 | 2 |
| 6:35 - 6:40 | 155 | 13 | 5 | 158 | 5 |
| 6:40 - 6:45 | 149 | 10 | 14 | 138 | 7 |
| 6:45 - 6:50 | 165 | 13 | 11 | 159 | 8 |
| 6:50 - 6:55 | 129 | 11 | 19 | 120 | 1 |
| 6:55 - 7:00 | 154 | 14 | 7 | 159 | 2 |
| 7:00 - 7:05 | 178 | 16 | 13 | 178 | 3 |
| 7:05 - 7:10 | 180 | 12 | 16 | 168 | 8 |
| 7:10 - 7:15 | 165 | 18 | 12 | 162 | 9 |
| 7:15 - 7:20 | 155 | 15 | 11 | 154 | 5 |
| 7:20 - 7:25 | 148 | 8 | 13 | 136 | 7 |
| 7:25 - 7:30 | 166 | 19 | 15 | 169 | 1 |
| 7:30 - 7:35 | 153 | 16 | 21 | 148 | 0 |
| 7:35 - 7:40 | 149 | 14 | 19 | 141 | 3 |
| 7:40 - 7:45 | 148 | 21 | 17 | 151 | 1 |
| 7:45 - 7:50 | 152 | 25 | 13 | 156 | 8 |
| 7:50 - 7:55 | 142 | 14 | 12 | 143 | 1 |
| 7:55 - 8:00 | 124 | 11 | 11 | 121 | 3 |
| TOTAL | 3883 | 337 | | | |

Elaborado por: los autores

Aforo vehicular del Aeropuerto a Javier Prado de 05:55pm 08:00pm

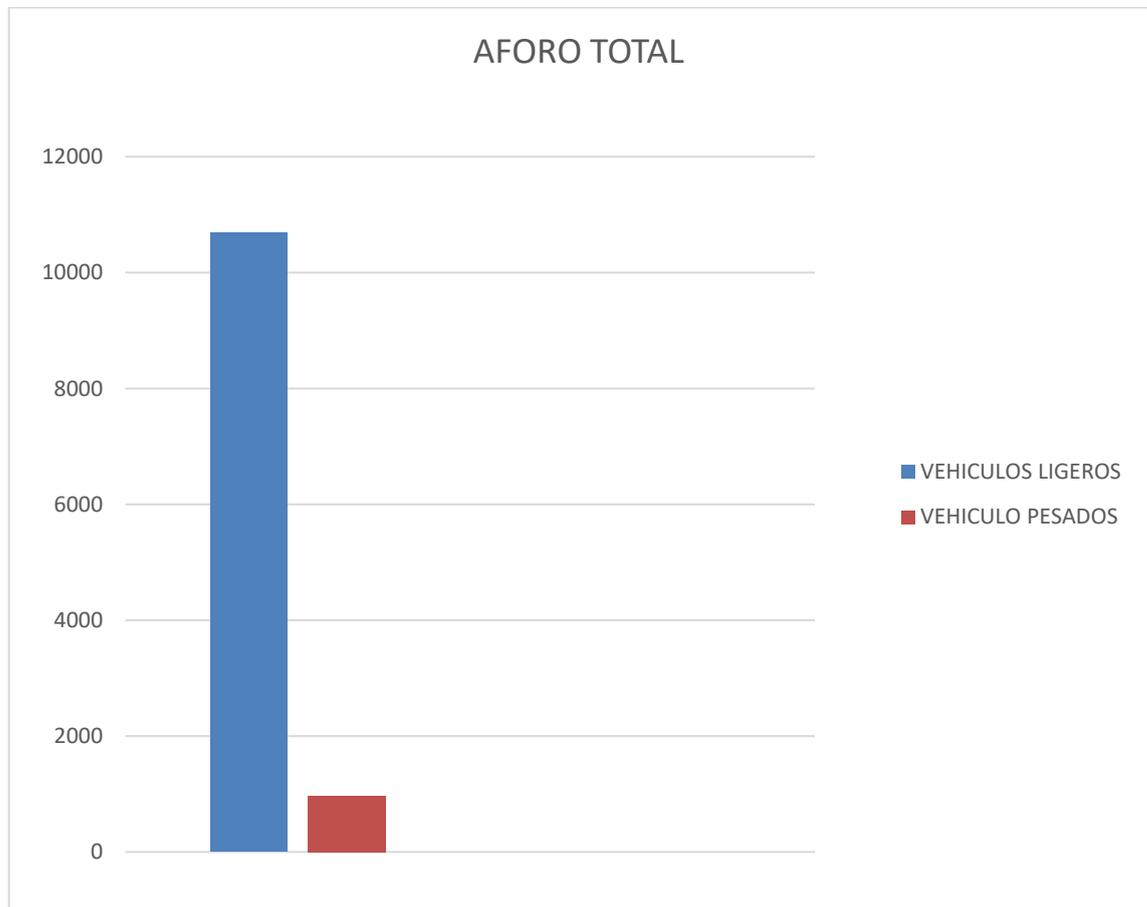


Elaborado por: los autores

Tabla**14***Aforo vehicular total del Aeropuerto a Javier Prado*

| AFORO | VEHICULOS LIGEROS | VEHICULOS PESADOS |
|-------|-------------------|-------------------|
| TOTAL | 10588 | 969 |

Elaborado por: los autores

Figura**44***Aforo vehicular total del Aeropuerto a Javier Prado*

Elaborado por: los autores

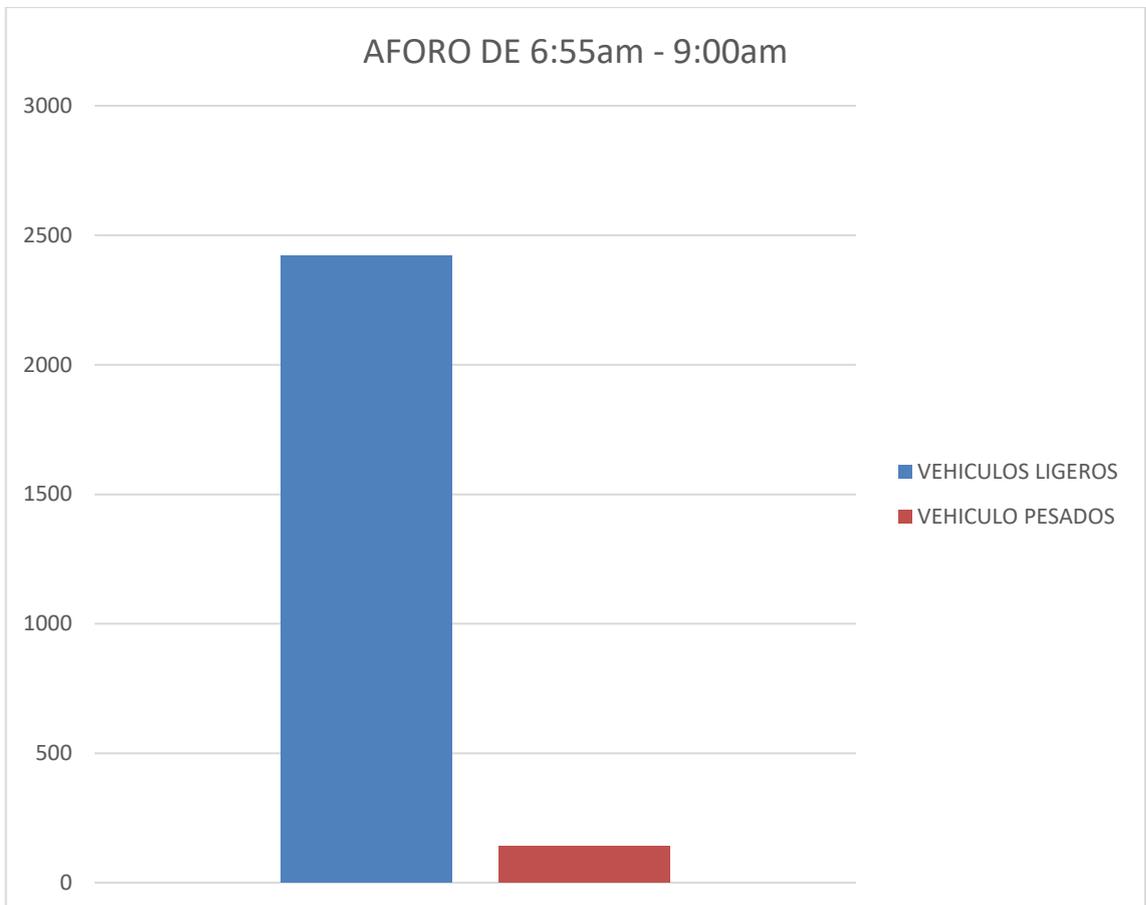
Tabla**15***Aforo vehicular de Javier Prado al Aeropuerto de 6:55am -9:00am*

FECHA: 05/04/2023

| HORA (AM) | VEHICULOS | | DIRECCIÓN | | |
|-------------|-----------|---------|-----------|---------|---------|
| | LIGEROS | PESADOS | IZQUIERDA | DIRECTO | DERECHA |
| 6:55 - 7:00 | 75 | 4 | 1 | 78 | 0 |
| 7:00 - 7:05 | 72 | 3 | 3 | 71 | 1 |
| 7:05 - 7:10 | 69 | 4 | 4 | 66 | 3 |
| 7:10 - 7:15 | 72 | 5 | 3 | 70 | 4 |
| 7:15 - 7:20 | 76 | 2 | 2 | 73 | 3 |
| 7:20 - 7:25 | 74 | 6 | 5 | 73 | 2 |
| 7:25 - 7:30 | 80 | 4 | 3 | 77 | 4 |
| 7:30 - 7:35 | 82 | 3 | 1 | 84 | 0 |
| 7:35 - 7:40 | 85 | 2 | 3 | 83 | 1 |
| 7:40 - 7:45 | 81 | 5 | 1 | 84 | 1 |
| 7:45 - 7:50 | 86 | 8 | 0 | 92 | 2 |
| 7:50 - 7:55 | 84 | 7 | 0 | 90 | 1 |
| 7:55 - 8:00 | 89 | 12 | 1 | 96 | 4 |
| 8:00 - 8:05 | 110 | 13 | 3 | 116 | 4 |
| 8:05 - 8:10 | 122 | 12 | 2 | 129 | 3 |
| 8:10 - 8:15 | 135 | 6 | 2 | 138 | 1 |
| 8:15 - 8:20 | 97 | 11 | 2 | 105 | 1 |
| 8:20 - 8:25 | 107 | 7 | 3 | 109 | 2 |
| 8:25 - 8:30 | 120 | 4 | 3 | 113 | 8 |
| 8:30 - 8:35 | 125 | 5 | 3 | 126 | 1 |
| 8:35 - 8:40 | 121 | 4 | 4 | 118 | 3 |
| 8:40 - 8:45 | 119 | 3 | 2 | 119 | 1 |
| 8:45 - 8:50 | 117 | 5 | 3 | 117 | 2 |
| 8:50 - 8:55 | 115 | 3 | 1 | 116 | 1 |
| 8:55 - 9:00 | 109 | 4 | 1 | 112 | 0 |
| TOTAL | 2422 | 142 | | | |

Elaborado por: los autores

Aforo vehicular de Javier Prado al Aeropuerto de 6:55am -9:00am



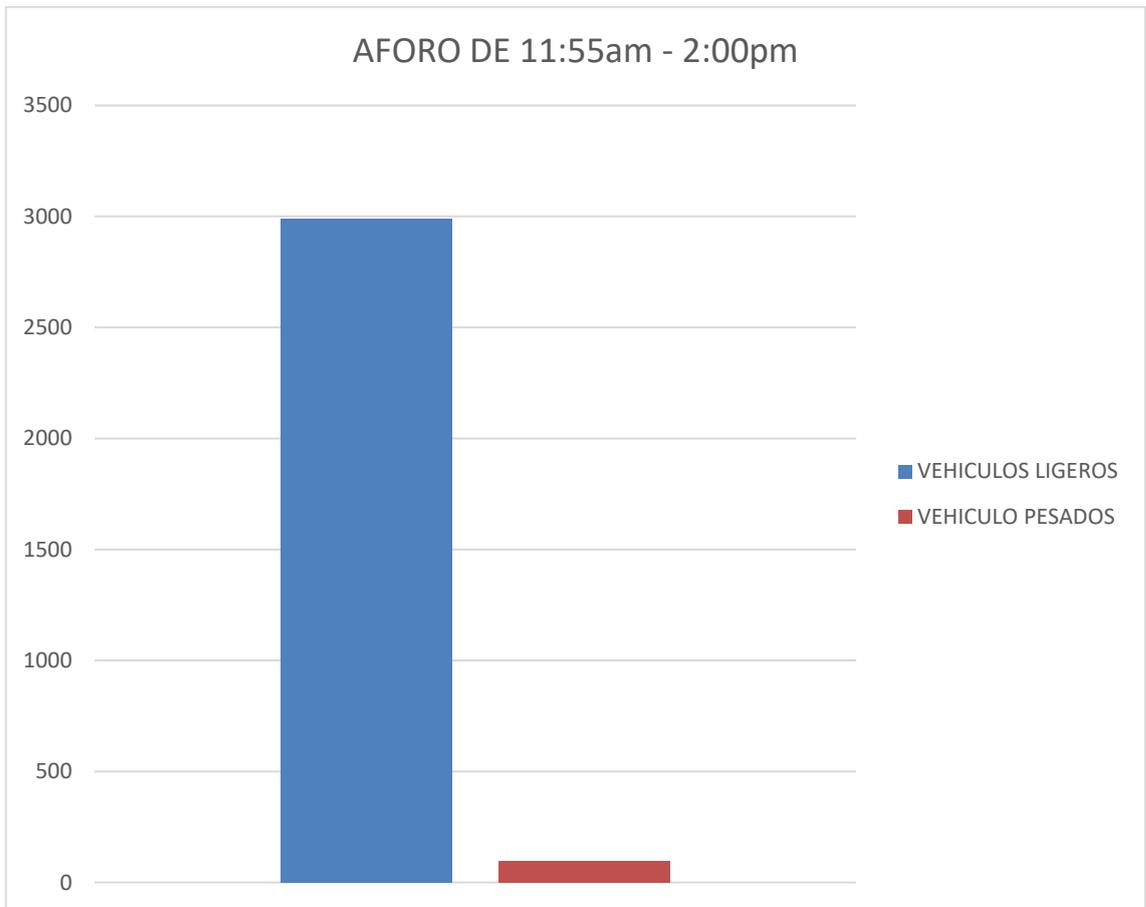
Elaborado por: los autores

Aforo vehicular de Javier Prado al Aeropuerto de 11:55am -2:00pm

| FECHA: 05/04/2023 | | | | | |
|-------------------|-----------|---------|-----------|---------|---------|
| HORA (AM - PM) | VEHICULOS | | DIRECCIÓN | | |
| | LIGEROS | PESADOS | IZQUIERDA | DIRECTO | DERECHA |
| 11:55 - 12:00 | 110 | 4 | 1 | 112 | 1 |
| 12:00 - 12:05 | 115 | 3 | 3 | 113 | 2 |
| 12:05 - 12:10 | 124 | 5 | 4 | 124 | 1 |
| 12:10 - 12:15 | 122 | 3 | 5 | 117 | 3 |
| 12:15 - 12:20 | 123 | 3 | 3 | 119 | 4 |
| 12:20 - 12:25 | 124 | 4 | 2 | 124 | 2 |
| 12:25 - 12:30 | 126 | 2 | 2 | 123 | 3 |
| 12:30 - 12:35 | 129 | 8 | 2 | 131 | 4 |
| 12:35 - 12:40 | 127 | 4 | 4 | 124 | 3 |
| 12:40 - 12:45 | 128 | 3 | 3 | 127 | 1 |
| 12:45 - 12:50 | 121 | 6 | 0 | 123 | 4 |
| 12:50 - 12:55 | 119 | 4 | 1 | 117 | 5 |
| 12:55 - 1:00 | 114 | 2 | 3 | 111 | 2 |
| 1:00 - 1:05 | 118 | 5 | 4 | 115 | 4 |
| 1:05 - 1:10 | 109 | 3 | 4 | 107 | 1 |
| 1:10 - 1:15 | 121 | 3 | 3 | 118 | 3 |
| 1:15 - 1:20 | 115 | 4 | 2 | 112 | 5 |
| 1:20 - 1:25 | 112 | 5 | 1 | 112 | 4 |
| 1:25 - 1:30 | 117 | 2 | 3 | 114 | 2 |
| 1:30 - 1:35 | 113 | 3 | 2 | 113 | 1 |
| 1:35 - 1:40 | 126 | 4 | 5 | 125 | 0 |
| 1:40 - 1:45 | 124 | 3 | 2 | 124 | 1 |
| 1:45 - 1:50 | 120 | 5 | 1 | 121 | 3 |
| 1:50 - 1:55 | 118 | 4 | 0 | 120 | 2 |
| 1:55 - 2:00 | 114 | 3 | 1 | 112 | 4 |
| TOTAL | 2989 | 95 | | | |

Elaborado por: los autores

Aforo vehicular de Javier Prado al aeropuerto de 11:55am -2:00pm



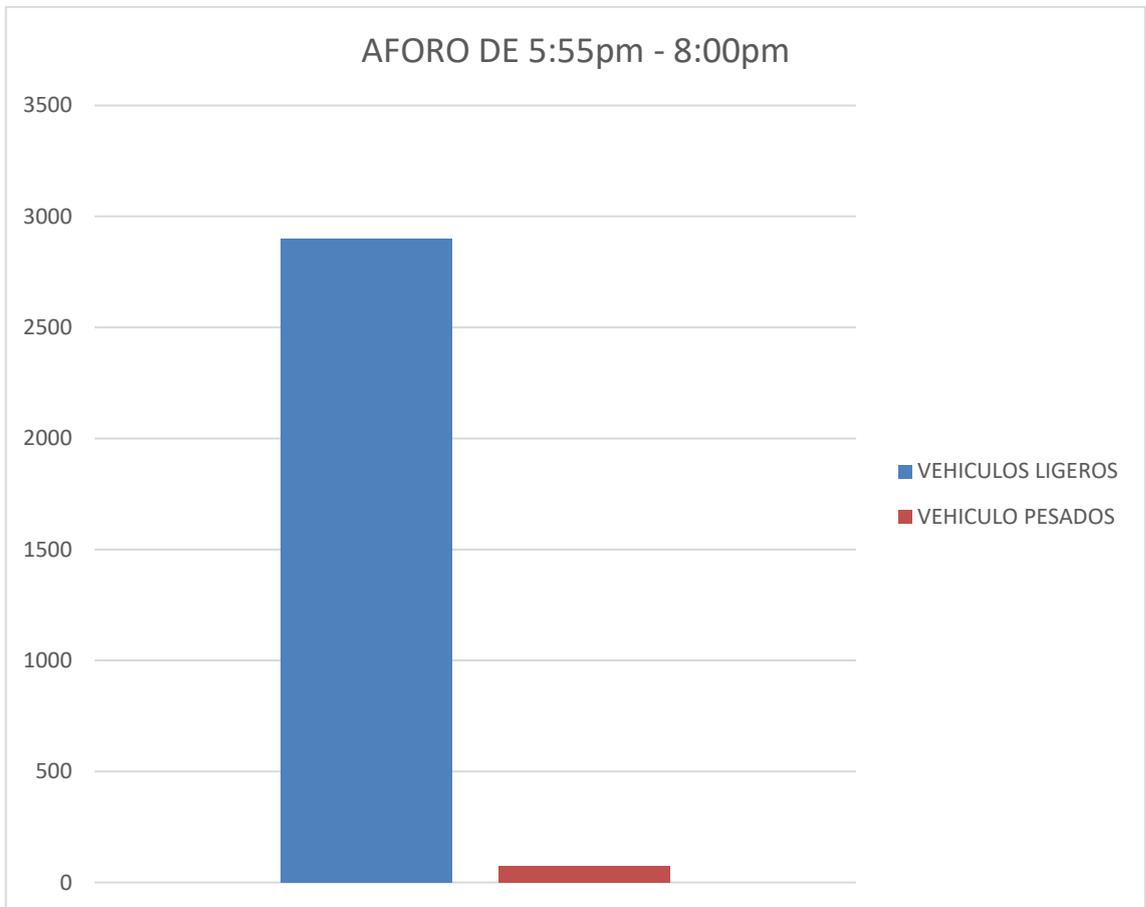
Elaborado por: los autores

Aforo vehicular de Javier Prado al Aeropuerto de 05:55am -08:00pm

| FECHA: 05/04/2023 | | | | | |
|-------------------|-----------|---------|-----------|---------|---------|
| HORA (PM) | VEHICULOS | | DIRECCIÓN | | |
| | LIGEROS | PESADOS | IZQUIERDA | DIRECTO | DERECHA |
| 5:55 - 6:00 | 125 | 3 | 3 | 123 | 2 |
| 6:00 - 6:05 | 121 | 4 | 3 | 121 | 1 |
| 6:05 - 6:10 | 120 | 2 | 4 | 115 | 3 |
| 6:10 - 6:15 | 135 | 3 | 2 | 133 | 3 |
| 6:15 - 6:20 | 137 | 4 | 1 | 140 | 0 |
| 6:20 - 6:25 | 134 | 2 | 2 | 130 | 4 |
| 6:25 - 6:30 | 135 | 4 | 3 | 132 | 4 |
| 6:30 - 6:35 | 128 | 3 | 1 | 127 | 3 |
| 6:35 - 6:40 | 127 | 2 | 4 | 123 | 2 |
| 6:40 - 6:45 | 124 | 4 | 2 | 125 | 1 |
| 6:45 - 6:50 | 121 | 3 | 3 | 120 | 1 |
| 6:50 - 6:55 | 119 | 2 | 1 | 118 | 2 |
| 6:55 - 7:00 | 117 | 1 | 4 | 112 | 2 |
| 7:00 - 7:05 | 114 | 2 | 2 | 113 | 1 |
| 7:05 - 7:10 | 113 | 5 | 4 | 111 | 3 |
| 7:10 - 7:15 | 110 | 2 | 2 | 106 | 4 |
| 7:15 - 7:20 | 115 | 4 | 1 | 115 | 3 |
| 7:20 - 7:25 | 125 | 2 | 3 | 122 | 2 |
| 7:25 - 7:30 | 113 | 3 | 2 | 111 | 3 |
| 7:30 - 7:35 | 109 | 4 | 1 | 108 | 4 |
| 7:35 - 7:40 | 94 | 3 | 0 | 96 | 1 |
| 7:40 - 7:45 | 97 | 4 | 1 | 99 | 1 |
| 7:45 - 7:50 | 92 | 3 | 3 | 90 | 2 |
| 7:50 - 7:55 | 89 | 2 | 2 | 88 | 1 |
| 7:55 - 8:00 | 85 | 2 | 2 | 85 | 0 |
| TOTAL | 2899 | 73 | | | |

Elaborado por: los autores

Aforo vehicular de Javier Prado al aeropuerto de 05:55am -08:00pm.



Elaborado por: los autores

Tabla
Aforo vehicular total de Javier Prado al Aeropuerto

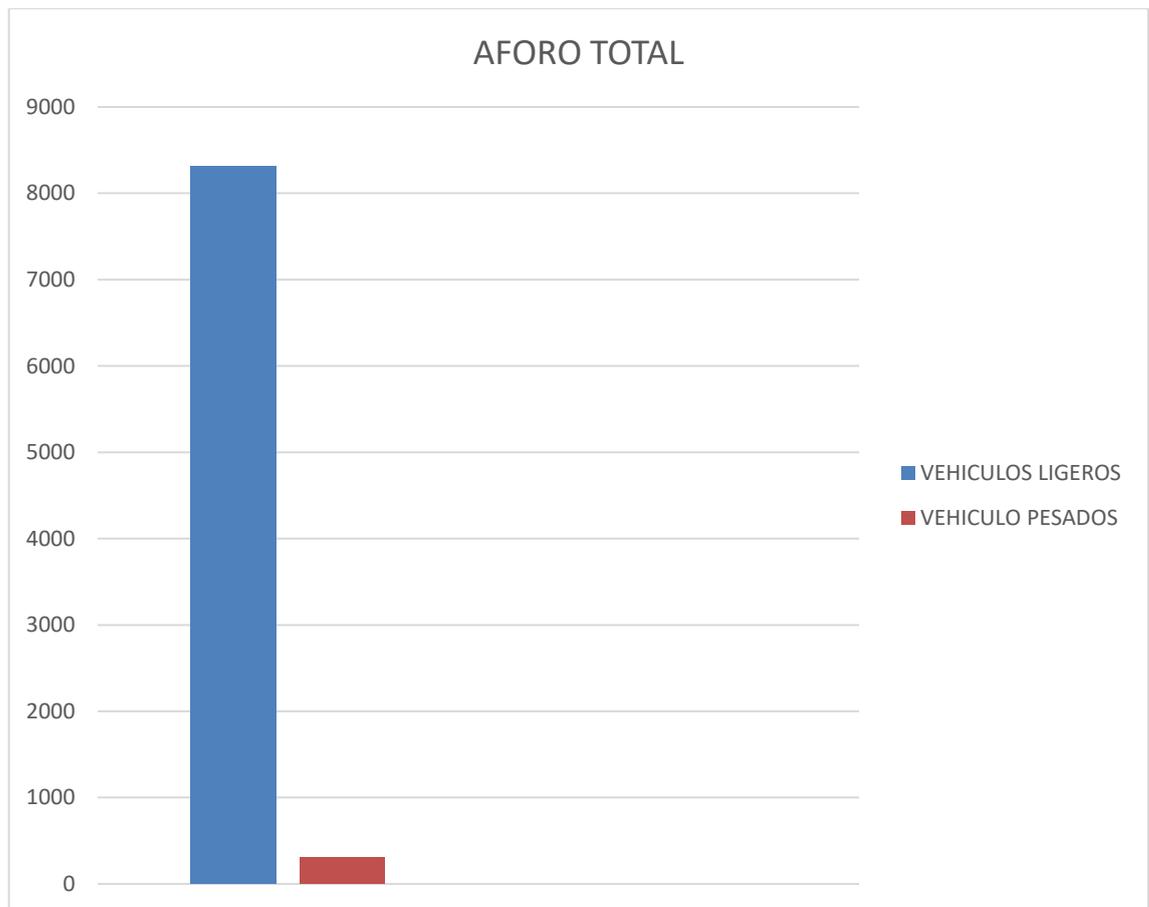
18

| AFORO | VEHICULOS LIGEROS | VEHICULOS PESADOS |
|-------|-------------------|-------------------|
| TOTAL | 8310 | 310 |

Elaborado por: los autores

Figura
Aforo vehicular total de Javier Prado al Aeropuerto

48



Elaborado por: los autores

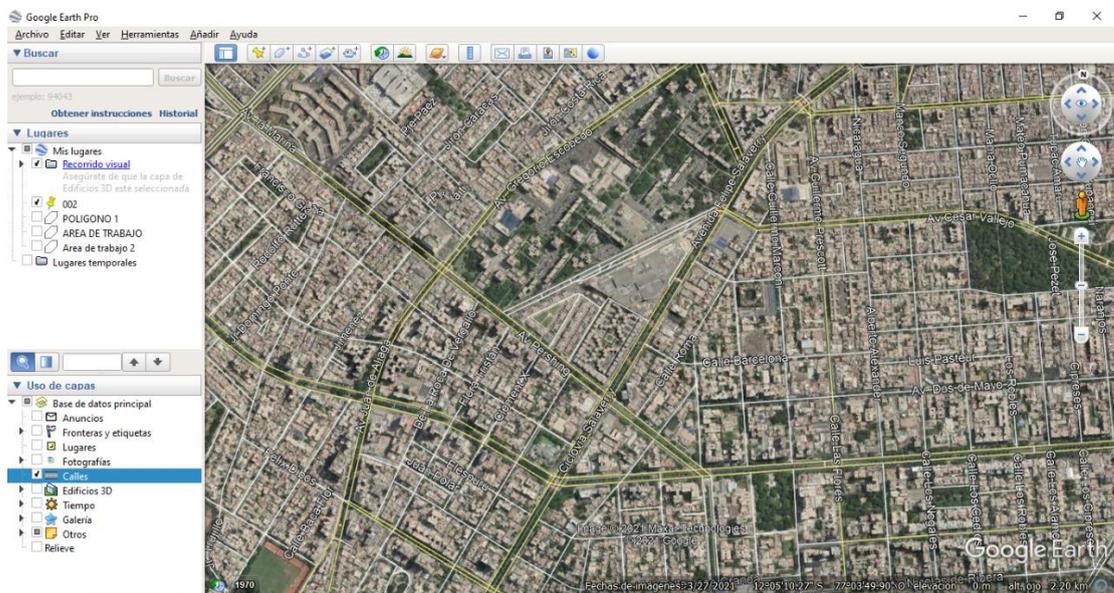
4.6. Procesamiento de datos de campo en Synchro

La primera etapa para aplicar el modelo consiste en delinear las carreteras que conforman la red, utilizando como referencia las imágenes proporcionadas por Google Earth. La Figura 49 muestra el área de simulación, donde se pueden observar las formas de las carreteras, las intersecciones, las medianas y el número de carriles, entre otros detalles.

Figura

49

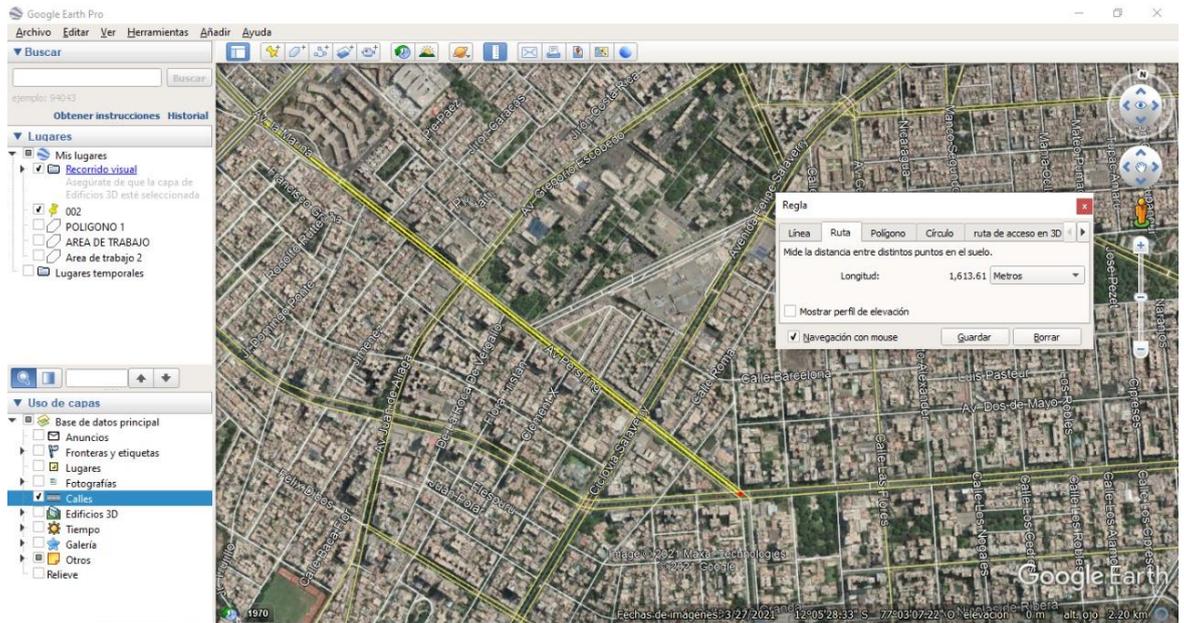
Plantilla correspondiente a la zona de análisis.



Elaborado por: los autores

La extensión horizontal de la zona de simulación se determinó utilizando Google Earth y se obtuvo un valor de 1613.61 metros. Para facilitar la simulación, se redondeó este valor a 1614 metros, que es la longitud utilizada como estándar por Synchro para todos los cálculos de distancias en la simulación. Esta información se puede visualizar en la Figura 49.

Medición horizontal del área de estudio para la inserción



Elaborado por: los autores

Luego, se procede a editar la imagen obtenida con el fin de generar el mapa que muestra las vías específicas que serán analizadas. Este mapa se incorpora al programa para su posterior procesamiento.

4.6.1. Diseño y simulación de situación actual

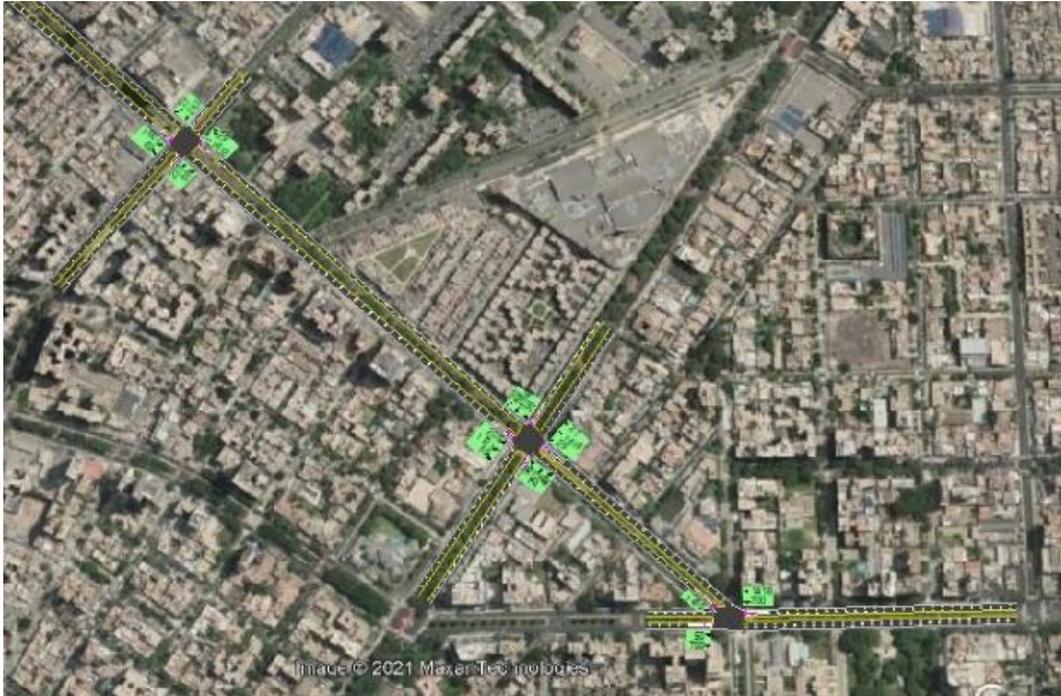
Av. Sánchez Carrión intersección con La Av. Salaverry.

La imagen de la intersección por satélite se carga en el software, permitiendo así realizar el diseño dentro del programa. El software proporciona indicaciones sobre la señalización vial, y se agregan la información recabada del aforo vehicular para su análisis y consideración en el diseño.

Figura

51

Diseño de la situación actual en Av. Sánchez Carrión



Elaborado por: los autores

Figura

52

Diseño de la situación actual en Av. Sánchez Carrión



Elaborado por: los autores

Por medio de Lane Settings, se realizan las configuraciones de cada tramo de la vía, definiendo el número de ligereza máxima, ancho de los carriles, permisos de vueltas en las interconexiones y la presencia de carriles segregados. En la Figura 53 se percibe la configuración de las redes centrales de la intersección entre la Av. Sánchez Carrión y la Av. Salaverry.

Figura

53

Diseño de la situación actual en Av. Sánchez Carrión

| LANE SETTINGS | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|-------------------------------------|
| | NBL | NBT | NBR | SBL | SBT | SBR | SEL | SET | SER | NWL | NWT | NWR |
| Lanes and Sharing (#RL) | | | | | | | | | | | | |
| Traffic Volume (vph) | 96 | 252 | 48 | 36 | 284 | 20 | 208 | 1721 | 58 | 29 | 1418 | 2 |
| Street Name | | | | | | | | | | | | |
| Link Distance (m) | — | 237.3 | — | — | 170.7 | — | — | 565.7 | — | — | 337.4 | — |
| Links Speed (km/h) | — | 60 | — | — | 60 | — | — | 60 | — | — | 60 | — |
| Set Arterial Name and Speed | — NB | | — | — SB | | — | — SE | | — | — NW | | — |
| Travel Time (s) | — | 14.2 | — | — | 10.2 | — | — | 33.9 | — | — | 20.2 | — |
| Ideal Satd. Flow (vphpl) | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |
| Lane Width (m) | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 |
| Grade (%) | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — |
| Area Type CBD | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — |
| Storage Length (m) | 0.0 | — | 0.0 | 0.0 | — | 0.0 | 15.0 | — | 0.0 | 20.0 | — | 0.0 |
| Storage Lanes (#) | — | — | — | — | — | — | 0 | — | — | 1 | — | — |
| Right Turn Channelized | — | — | None | — | — | None | — | — | None | — | — | None |
| Curb Radius (m) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Add Lanes (#) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Lane Utilization Factor | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 0.91 | 0.9 |
| Right Turn Factor | — | 0.982 | — | — | 0.991 | — | — | 1.000 | 0.850 | 1.000 | 0.997 | — |
| Left Turn Factor (prot) | — | 0.988 | — | — | 0.995 | — | — | 0.995 | 1.000 | 0.950 | 1.000 | — |
| Saturated Flow Rate (prot) | — | 2844 | — | — | 2971 | — | — | 3030 | 1166 | 1523 | 4351 | — |
| Left Turn Factor (perm) | — | 0.688 | — | — | 0.797 | — | — | 0.498 | 1.000 | 0.022 | 1.000 | — |
| Right Ped Bike Factor | — | 0.963 | — | — | 0.989 | — | — | 1.000 | 0.772 | 1.000 | 0.997 | — |
| Left Ped Factor | — | 1.000 | — | — | 1.000 | — | — | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | — |
| Saturated Flow Rate (perm) | — | 1981 | — | — | 2380 | — | — | 1517 | 901 | 35 | 4351 | — |
| Right Turn on Red? | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Saturated Flow Rate (RTOR) | — | 6 | — | — | 2 | — | — | 0 | 17 | 0 | 1 | — |
| Link Is Hidden | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — |
| Hide Name in Node Title | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — |

Elaborado por: los autores

Con Volumen Settings, se ingresa la data recopilada en el aforo vehicular, incluyendo el volumen de coches por hora, volumen de automóviles pesados por hora, maniobras de estacionamiento y paradas de autobuses por hora. Estos datos son configurados y tomados en cuenta en el análisis del modelo de tráfico.

Tal como la figura 54 expresa, se detalla la configuración de volúmenes en Av. Sánchez Carrión con la Av. Salaverry.

Figura

54

Configuración de volumen Av. Sánchez Carrión y Av. Salaverry

| VOLUME SETTINGS | NBL | NBT | NBR | SBL | SBT | SBR | SEL | SET | SER | NWL | NWT | NWR |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lanes and Sharing (#RL) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Traffic Volume (vph) | 96 | 252 | 48 | 36 | 284 | 20 | 208 | 1721 | 58 | 29 | 1418 | 27 |
| Conflicting Peds. (#/hr) | 0 | — | 52 | 0 | — | 27 | 0 | — | 37 | 0 | — | 24 |
| Conflicting Bicycles (#/hr) | — | — | 7 | — | — | 30 | — | — | 14 | — | — | 7 |
| Peak Hour Factor | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| Growth Factor | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Heavy Vehicles (%) | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Bus Blockages (#/hr) | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 |
| Adj. Parking Lane? | <input type="checkbox"/> |
| Parking Maneuvers (#/hr) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Traffic from mid-block (%) | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — |
| Link OD Volumes | — | — | — | — | — | — | SE | — | — | NW | — | — |
| Adjusted Flow (vph) | 104 | 274 | 52 | 39 | 309 | 22 | 226 | 1871 | 63 | 32 | 1541 | 29 |
| Traffic in shared lane (%) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Lane Group Flow (vph) | 0 | 430 | 0 | 0 | 370 | 0 | 0 | 2097 | 63 | 32 | 1570 | 0 |

Elaborado por: los autores

Mediante la configuración de Timing Settings, se establecen los ciclos de los semáforos, los tiempos en segundos de cada fase, los giros permitidos a la diestra y las limitaciones de vueltas a la siniestra en las intersecciones. Estos ajustes son importantes para el eficaz trabajo en el manejo de tráfico y la optimización del flujo vehicular.

Figura

55

Configuración de ciclo semafórico Av. Sánchez Carrión y Av. Salaverry

Elaborado por: los autores

Se analizaron 3 intersecciones importantes dentro de toda la Av. Sánchez Carrión:

Intersección 1: Av. Sánchez Carrión con Av. Javier Prado

Intersección 2: Av. Sánchez Carrión con Av. Salaverry

Intersección 3: Av. Sánchez Carrión con Av. Gregorio Escobedo

Los cuales sus resultados en cada determinado parámetro se visualizarán a continuación.

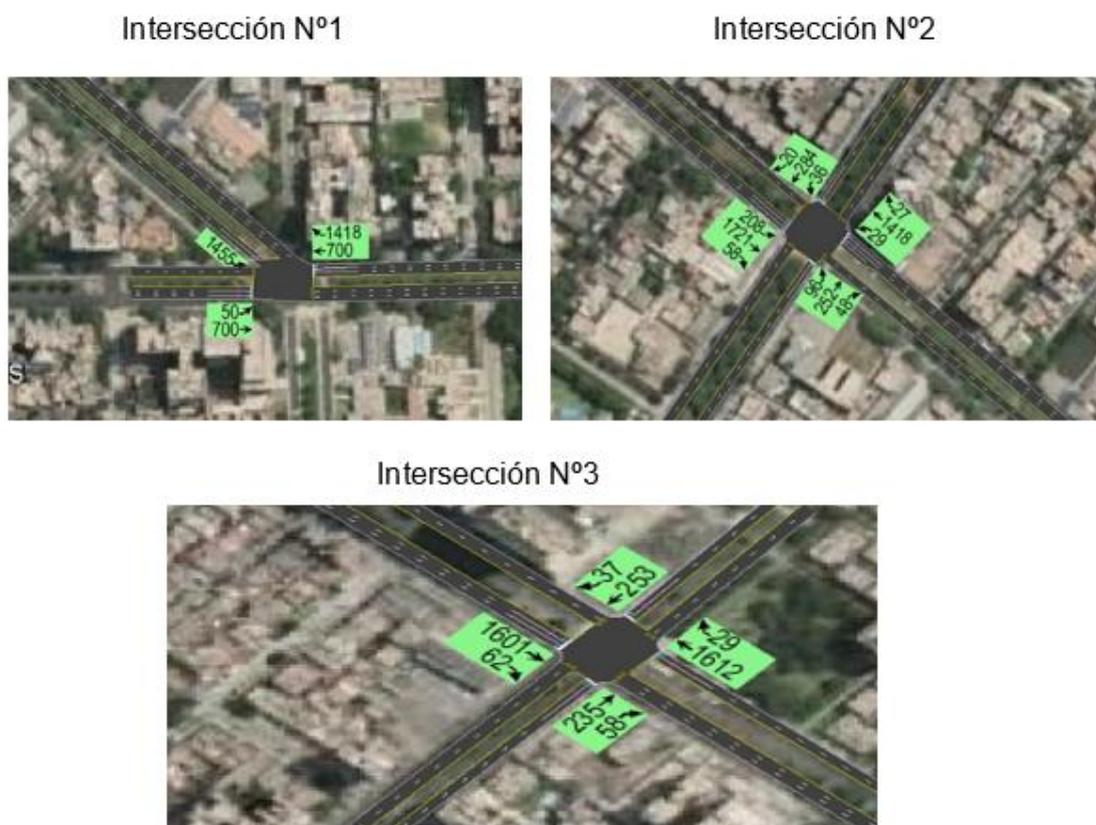
a) Determinación del nivel de servicio actual en Synchro

La Figura 56 demuestra cómo el software Synchro simplifica la evaluación de las conductas de los conductores y la predicción de la cantidad de vehículos que circulan en la red de carreteras. Estos datos se derivan de la recopilación de datos de tráfico y de los flujogramas previamente creados. La herramienta proporciona una visión detallada de la circulación vehicular en la red, lo que posibilita la realización de análisis exhaustivos sobre el flujo de tráfico.

Figura

56

Configuración de la Av. Sánchez Carrión y Av. Salaverry



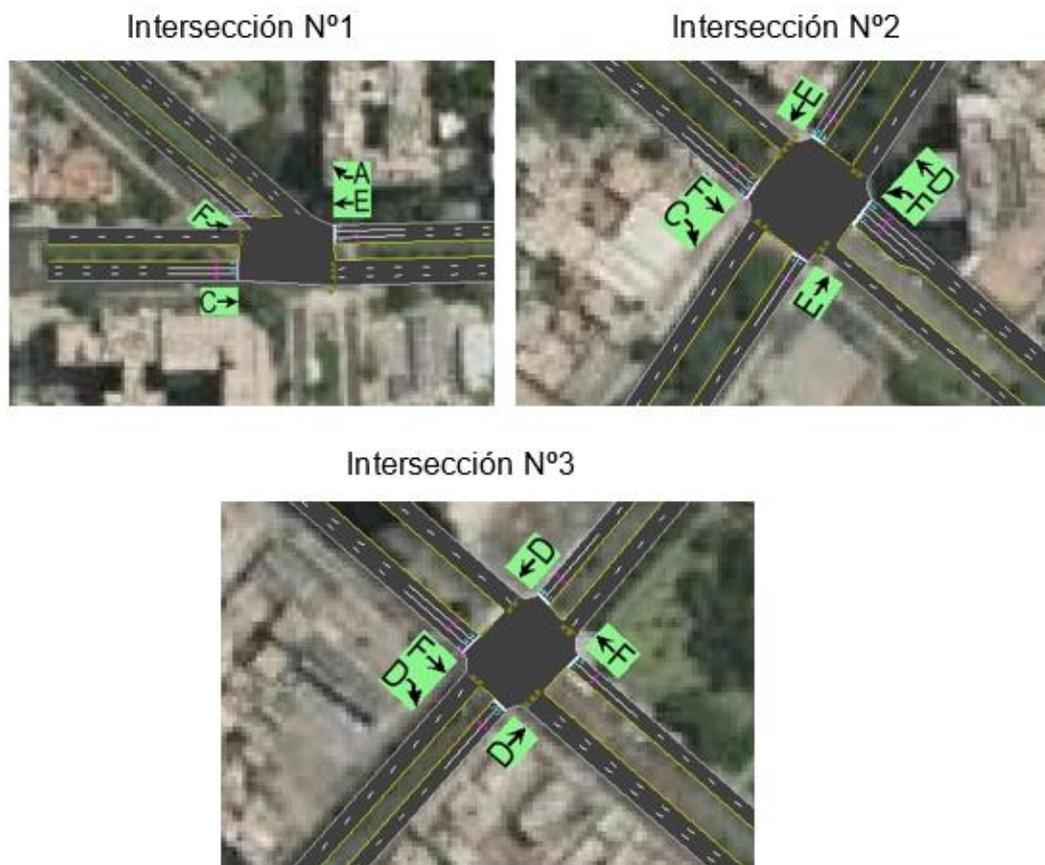
Elaborado por: los autores

La Figura 57 representa el LOS logrado en el modelo actual, tanto en el punto central de las intersecciones como en los lados de las vías. No obstante, es crucial reconocer que, siguiendo la Metodología HCM, el foco primordial se dirige al ICU, lo cual reviste una importancia fundamental en la simulación del tramo evaluado.

Figura

57

Nivel de servicio actual en cada intersección



Elaborado por: los autores

Los resultados señalan que en las cuatro intersecciones bajo análisis, hay un nivel elevado de congestión debido a la alta cantidad de vehículos en relación a la capacidad de la vía. Esto resulta en un flujo de tráfico lento y prolongado, ciclos semafóricos extensos y dificultades para disminuir las filas de autos. Además, se observa una discrepancia considerable entre el flujo vehicular y la capacidad de la infraestructura, manifestándose en una circulación desfavorable y fallas recurrentes en los ciclos de control del tráfico. En

síntesis, se evidencia una problemática de congestión debido a la carga vehicular excesiva y a la ineficacia en los dispositivos de gestión del tránsito.

b) Determinación del grado de saturación actual en Synchro

En la evaluación de la red en su estado actual, se ha determinado que la mayoría de los accesos están experimentando una saturación significativa, con niveles de servicio clasificados como F según el HCM 2010. Esto implica que la demanda de tráfico supera la capacidad de la infraestructura vial, lo que resulta en un flujo de tráfico lento y congestión. Algunos accesos también se encuentran en el nivel E, lo que indica una proporción entre el volumen de tráfico y la capacidad inferior a 1.0. Estos hallazgos se detallan en la Figura 58, proporcionando una representación visual de la situación de cada acceso en términos de saturación.

Figura
Grado de saturación actual en cada intersección

58

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado



Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

c) Determinación del tiempo de demora actual en la intersección en Synchro

En todas las intersecciones evaluadas, se ha evidenciado que el tiempo de espera causado por la regulación del tráfico, tal como se simula en la situación actual del sistema vial, supera significativamente el umbral establecido para el nivel de servicio F. Esto implica que los conductores experimentan demoras considerables en sus desplazamientos. La Figura 59 muestra el tiempo de espera, en segundos por vehículo, registrado en cada intersección.

Figura

59

Demora actual en cada intersección

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado



Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

d) Determinación del nivel de servicio de ICU actual en Synchro

Synchro emplea el Método ICU para evaluar la capacidad de las intersecciones en la configuración de tráfico. Mediante el uso del Nivel de Servicio ICU, se ha calculado la capacidad en términos de disponibilidad y exceso de capacidad para cada intersección en el modelo actual. La Figura N° 60 muestra los porcentajes correspondientes a las Intersecciones N° 1, 2 y 3, clasificándose en los niveles C, D, E y F respectivamente.

Figura

60

Nivel de servicio de ICU actual

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado



Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



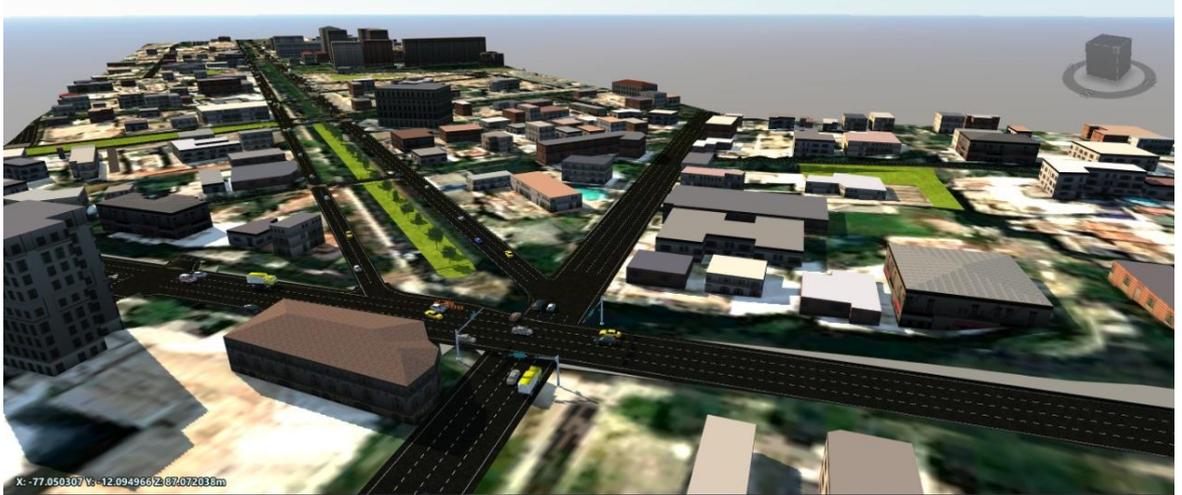
Elaborado por: los autores

e) Simulación de la situación actual en el software Infracore 2023

Figura

61

Simulación de la situación actual en 3D



Elaborado por: los autores

4.6.2. Diseño y simulación del diseño geométrico de paso a desnivel

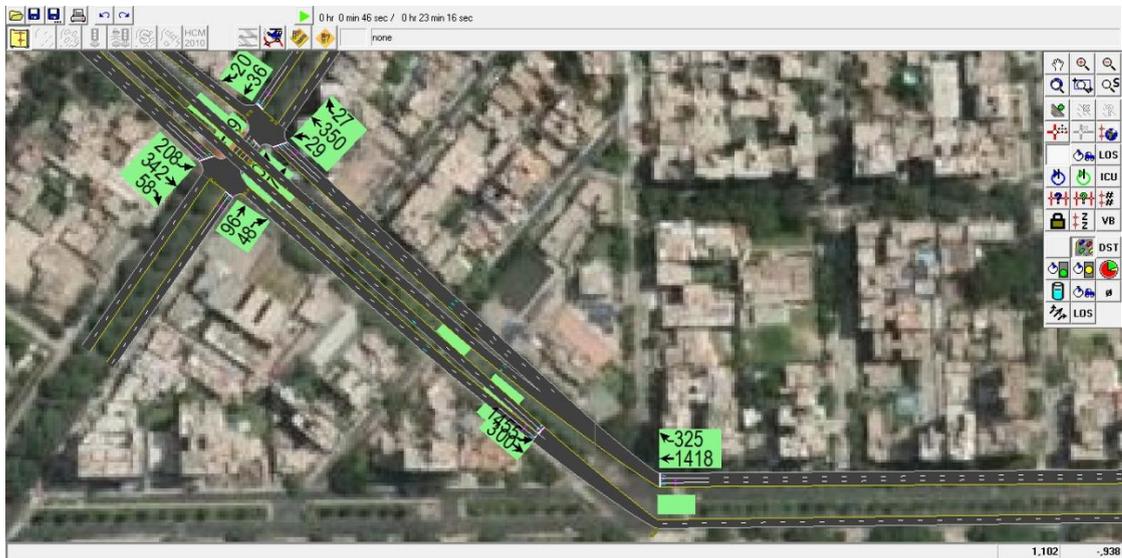
En esta etapa del estudio, se procede a simular el modelo propuesto basado en el tramo vial analizado. Cabe mencionar que antes de llegar a la propuesta definitiva, se exploraron varias alternativas de solución y se evaluaron sus desempeños en el sistema, eligiendo la opción que presentaba los mejores indicadores en general. En términos de la duración del ciclo semafórico, se estableció un límite de 120 segundos en tres de las cuatro intersecciones, ya que según Synchro, este tiempo ofrece una combinación óptima de reducción de paradas, demoras y filas de vehículos, evitando la frustración de los usuarios.

a) Determinación del nivel de servicio de la propuesta de implementación de paso a desnivel en Synchro

Figura

62

Diseño con la implementación de paso a desnivel en la Av. Sánchez Carrión



Elaborado por: los autores

Figura

63

Composición de la implementación de paso a desnivel de la Av. Sánchez Carrión

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado

Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo

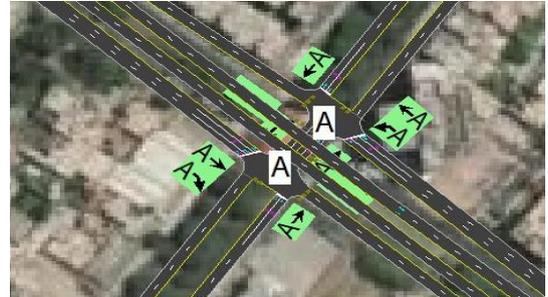
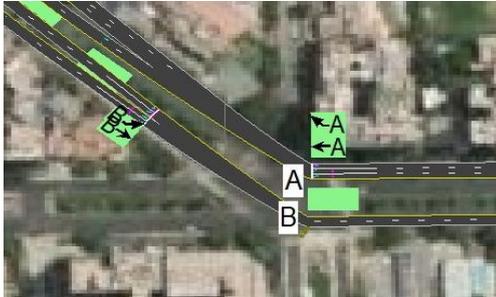


Elaborado por: los autores

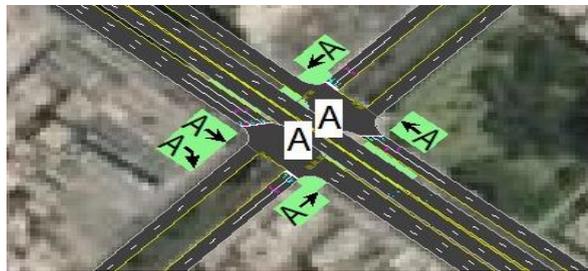
Nivel de servicio con la implementación del paso a desnivel

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado

Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

b) Determinación del grado de saturación con la propuesta de implementación de paso a desnivel en Synchro 8

Grado de saturación con la implementación del paso a desnivel

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado

Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

c) Determinación del tiempo de demora de saturación de la propuesta de implementación de paso a desnivel en la intersección en Synchro 8

Figura

66

Demora con la implementación del paso a desnivel

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado

Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

d) Determinación del nivel de servicio de ICU de saturación de la propuesta de implementación de paso a desnivel en Synchro 8

Figura

67

Nivel de servicio de ICU con la implementación del paso a desnivel

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado

Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



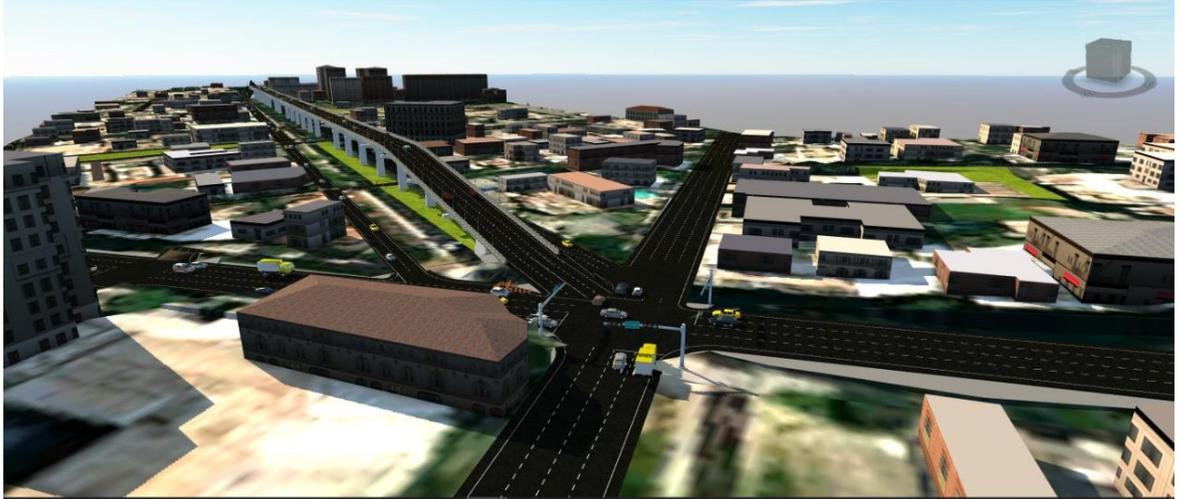
Elaborado por: los autores

e) Simulación del paso a desnivel en el software Infracore 2023

Figura

68

Simulación propuesta. Infracore 2023



Elaborado por: los autores

4.7. Alternativa de Solución

Según el estudio realizado por Del Mar y Vásquez en 2019, se observaron resultados significativos al implementar la propuesta en el tramo investigado. Se logró reducir un 25.48% en la suma de las demoras parciales en toda la red, lo que equivale a aproximadamente 16 minutos de reducción en el tiempo de viaje.

Este estudio abarca la modificación de la Intersección N° 3 y la introducción de una nueva intersección con semáforos en la convergencia entre la Av. Faustino Sánchez Carrión y Jr. Trujillo. Los gastos relacionados con esta propuesta representan una inversión financiera, no obstante, los resultados se reflejarán en la reducción de horas-hombre gastadas y en la disminución del nivel de estrés de los individuos.

Según la tesis mencionada la solución planteada en el 2019 era de implementar nuevos ciclos de semaforización en las intersecciones de la avenida para reducir las colas de espera para obtener

una mejora de 25.48% en toda la avenida; En el transcurso de los años se vinieron aplicando mejoras en los tiempos de semaforización ejecutadas por la municipalidad de Lima, pero que hoy en día no se ve reflejado la fluidez vehicular optima.

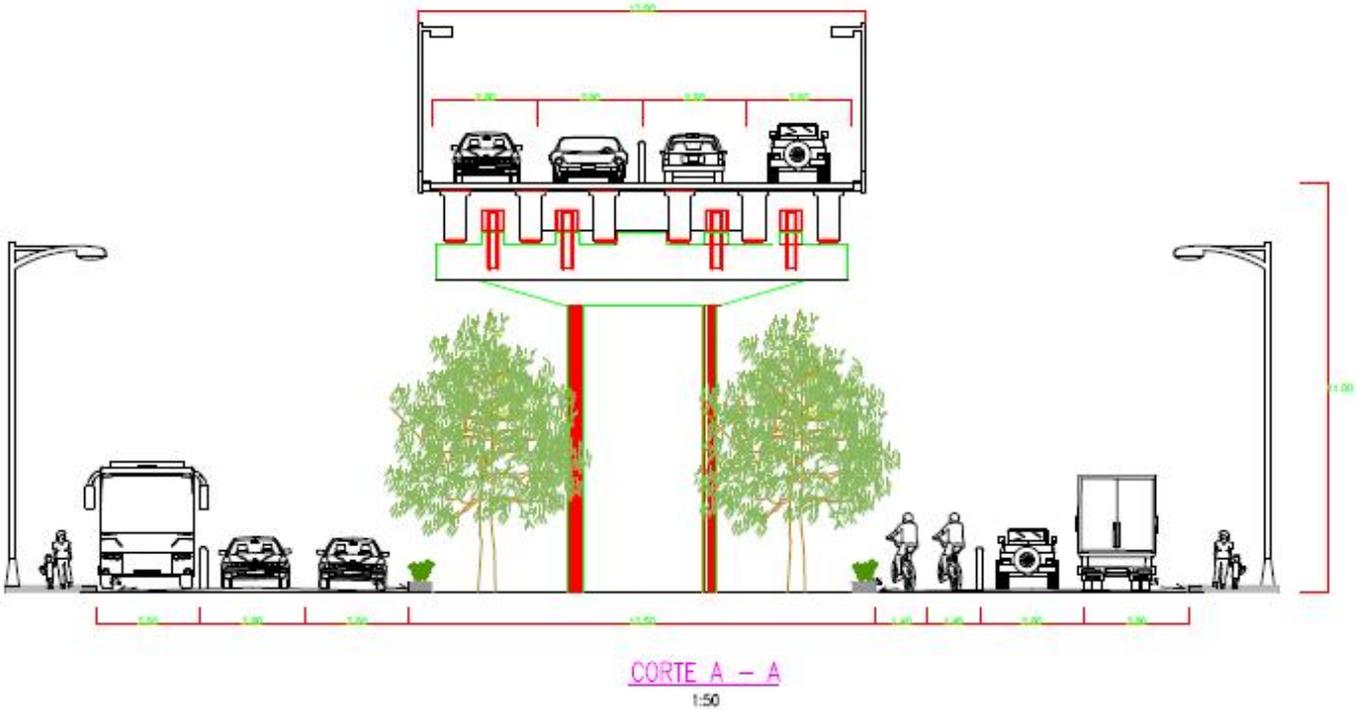
4.8. Diseño Geométrico

De acuerdo con los lineamientos elementales para una creación de un tramo transversal en la Av. Sánchez Carrión, en la planificación de paso a desnivel:

Figura

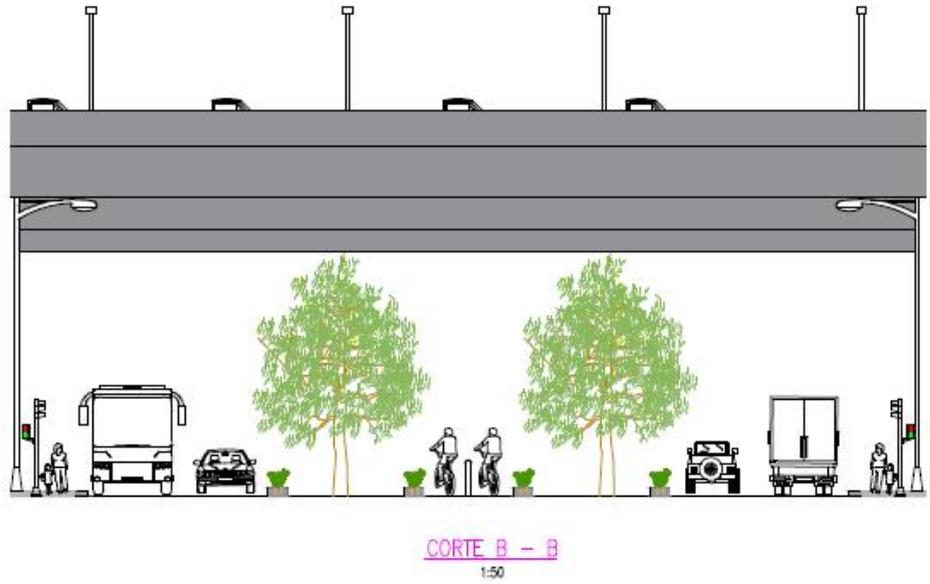
69

Sección transversal de Av. Sánchez Carrión



Elaborado por: los autores

Figura
Corte de Av. Sánchez Carrión



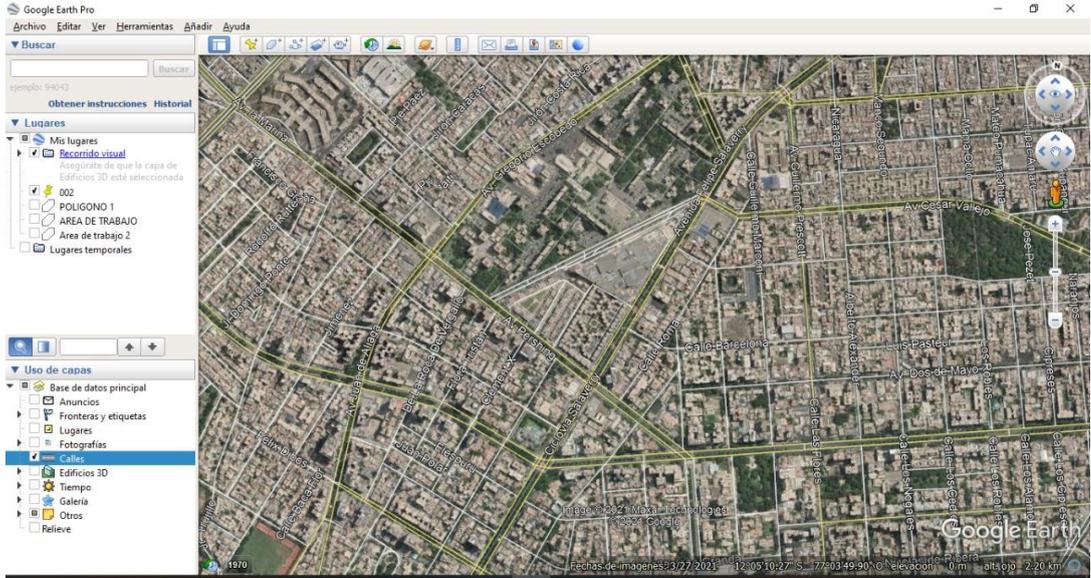
Elaborado por: los autores

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Para comenzar la ejecución del piloto, se procede al trazado de las rutas que conforman la red utilizando imágenes de Google Earth como referencia. Esto se puede apreciar en la Figura 71, que delimita el área de simulación. En la imagen se representan las formas de las rutas, las conexiones, la cantidad de carriles y la berma central, entre otros detalles característicos.

Figura **71**
Plantilla correspondiente a la zona de análisis

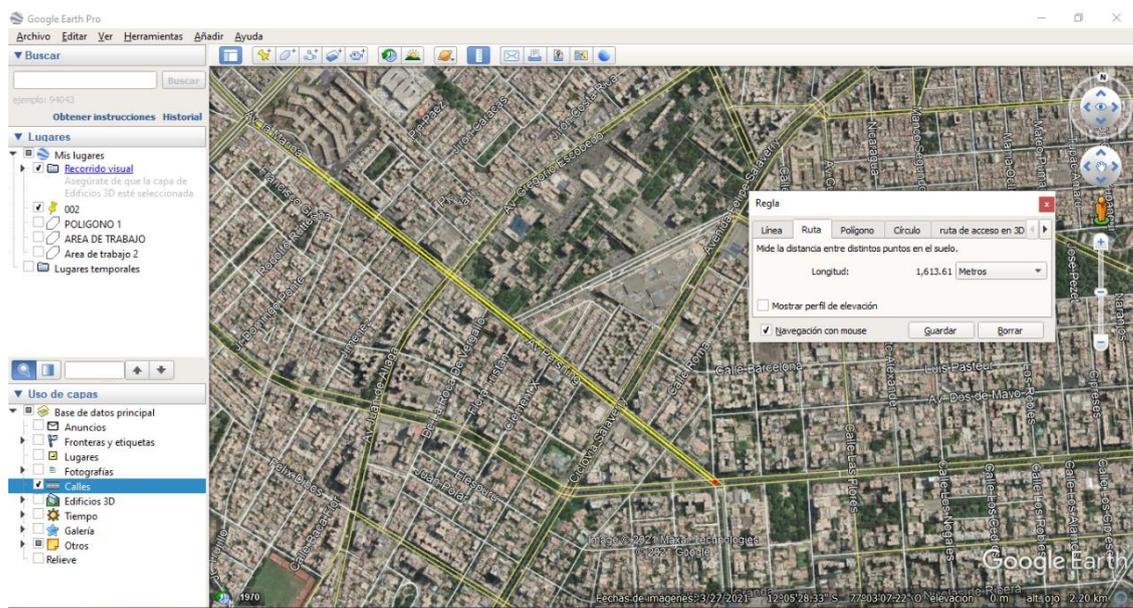


Elaborado por: los autores

Utilizando Google Earth, se observa la dimensión plana del área a afectar, calculada en 1613.61 m. Para simplificar este proceso, el valor se aproxima a 1614 m, que se utiliza en medida estándar en todas las distancias calculadas en el software Synchro. Esta información se puede observar en la Figura 72, donde se muestra la correspondencia entre la medida obtenida y la utilizada en la simulación.

Figura
Medición horizontal del área de estudio para la inserción

72



Elaborado por: los autores

Posteriormente, se procede a realizar la edición de la figura para alcanzar el mapeo que muestra las rutas que serán analizadas, el cual se introduce en el programa. Se importa la imagen de la Avenida Sánchez Carrión en su ubicación actualizada, lo que permite realizar el diseño en el software. Se agregan las señalizaciones de la vía, utilizando la información obtenida.

Figura
Diseño de la situación actual en Av. Sánchez Carrión

73

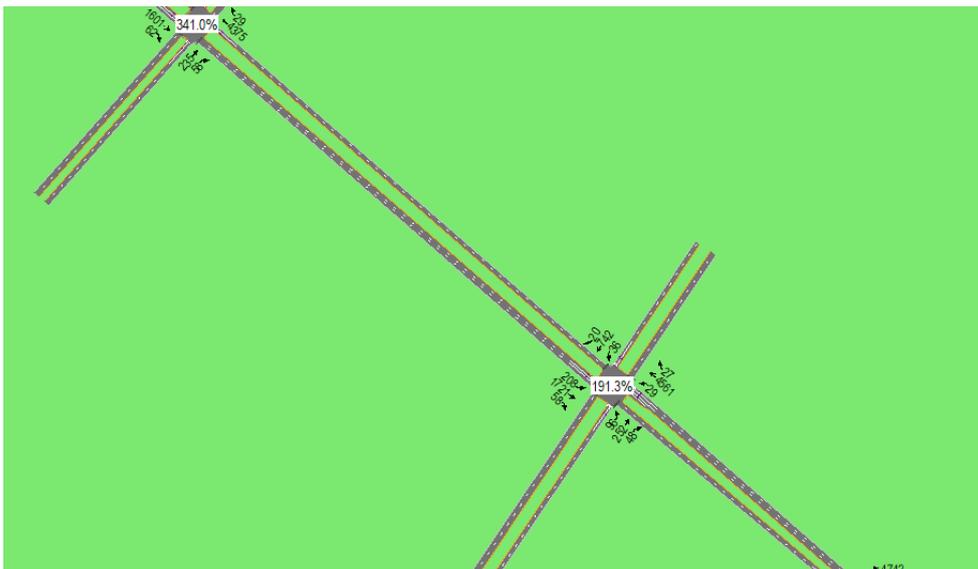


Elaborado por: los autores

Figura

74

Diseño de la situación actual en Synchro



Elaborado por: los autores

Utilizando la funcionalidad de Configuración de Carriles, se procede a ajustar cada tramo de la vía, los giros permitidos en las intersecciones, la velocidad máxima, el ancho de los carriles y la presencia de carriles segregados. En la Figura 75 se puede observar la disposición de las carreteras principales de la Avenida Sánchez Carrión.

Figura

75

Diseño de la situación actual en Av. Sánchez Carrión

| LANE SETTINGS | NBL | NBT | NBR | SBL | SBT | SBR | SEL | SET | SER | NWL | NWT | NWR |
|-----------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------------|-------------------------------------|
| Lanes and Sharing (#RL) | ▼ | ↕ | | | ↕ | | | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| Traffic Volume (vph) | 96 | 252 | 48 | 36 | 284 | 20 | 208 | 1721 | 58 | 29 | 1418 | 2 |
| Street Name | | | | | | | | | | | | |
| Link Distance (m) | — | 237.3 | — | — | 170.7 | — | — | 565.7 | — | — | 337.4 | — |
| Links Speed (km/h) | — | 60 | — | — | 60 | — | — | 60 | — | — | 60 | — |
| Set Arterial Name and Speed | — | NB | — | — | SB | — | — | SE | — | — | NW | — |
| Travel Time (s) | — | 14.2 | — | — | 10.2 | — | — | 33.9 | — | — | 20.2 | — |
| Ideal Satd. Flow (vphpl) | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | 190 |
| Lane Width (m) | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 |
| Grade (%) | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — |
| Area Type CBD | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — |
| Storage Length (m) | 0.0 | — | 0.0 | 0.0 | — | 0.0 | 15.0 | — | 0.0 | 20.0 | — | 0.0 |
| Storage Lanes (#) | — | — | — | — | — | — | 0 | — | — | 1 | — | — |
| Right Turn Channelized | — | — | None | — | — | None | — | — | None | — | — | None |
| Curb Radius (m) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Add Lanes (#) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Lane Utilization Factor | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 0.91 | 0.9 |
| Right Turn Factor | — | 0.982 | — | — | 0.991 | — | — | 1.000 | 0.850 | 1.000 | 0.997 | — |
| Left Turn Factor (prot) | — | 0.988 | — | — | 0.995 | — | — | 0.995 | 1.000 | 0.950 | 1.000 | — |
| Saturated Flow Rate (prot) | — | 2844 | — | — | 2971 | — | — | 3030 | 1166 | 1523 | 4351 | — |
| Left Turn Factor (perm) | — | 0.688 | — | — | 0.797 | — | — | 0.498 | 1.000 | 0.022 | 1.000 | — |
| Right Ped Bike Factor | — | 0.963 | — | — | 0.989 | — | — | 1.000 | 0.772 | 1.000 | 0.997 | — |
| Left Ped Factor | — | 1.000 | — | — | 1.000 | — | — | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | — |
| Saturated Flow Rate (perm) | — | 1981 | — | — | 2380 | — | — | 1517 | 901 | 35 | 4351 | — |
| Right Turn on Red? | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> | — | — | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Saturated Flow Rate (RTOR) | — | 6 | — | — | 2 | — | — | 0 | 17 | 0 | 1 | — |
| Link Is Hidden | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — |
| Hide Name in Node Title | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — | — | <input type="checkbox"/> | — |

Elaborado por: los autores

Mediante Volumen Settings, se introduce la información recopilada sobre el tráfico vehicular, que abarca el recuento de vehículos por hora, la cantidad de vehículos pesados por hora, así como las actividades de estacionamiento y las paradas de autobuses por hora. La Figura 54 detalla la configuración de los volúmenes en la Avenida Sánchez Carrión.

Figura

76

Configuración de volumen Av. Sánchez Carrión

| VOLUME SETTINGS | NBL | NBT | NBR | SBL | SBT | SBR | SEL | SET | SER | NWL | NWT | NWR |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Lanes and Sharing (#RL) | ▼ | ↕ | | | ↕ | | | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ | ↕ |
| Traffic Volume (vph) | 96 | 252 | 48 | 36 | 284 | 20 | 208 | 1721 | 58 | 29 | 1418 | 27 |
| Conflicting Peds. (#/hr) | 0 | — | 52 | 0 | — | 27 | 0 | — | 37 | 0 | — | 24 |
| Conflicting Bicycles (#/hr) | — | — | 7 | — | — | 30 | — | — | 14 | — | — | 7 |
| Peak Hour Factor | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 | 0.92 |
| Growth Factor | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Heavy Vehicles (%) | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Bus Blockages (#/hr) | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 36 |
| Adj. Parking Lane? | <input type="checkbox"/> |
| Parking Maneuvers (#/hr) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Traffic from mid-block (%) | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — | — | 0 | — |
| Link OD Volumes | — | — | — | — | — | — | — | SE | — | — | NW | — |
| Adjusted Flow (vph) | 104 | 274 | 52 | 39 | 309 | 22 | 226 | 1871 | 63 | 32 | 1541 | 29 |
| Traffic in shared lane (%) | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Lane Group Flow (vph) | 0 | 430 | 0 | 0 | 370 | 0 | 0 | 2097 | 63 | 32 | 1570 | 0 |

Elaborado por: los autores

Mediante la configuración de Timing Settings, se realiza la organización de las intersecciones, los tiempos específicos de cada señal, los permisos para giros a la diestra y las limitaciones para vueltas a la siniestra.

Figura

77

Configuración de ciclo semafórico Av. Sánchez Carrión

| NODE SETTINGS | | TIMING SETTINGS | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|------|
| | | NBL | NBT | NBR | SBL | SBT | SBR | SEL | SET | SER | NwL | NwT | NwR | PED | HOLD |
| Node # | 3 | Lanes and Shoring (HRL) | | | | | | | | | | | | | |
| Zone | | Traffic Volume (vph) | | | | | | | | | | | | | |
| X East (m) | 931.6 | 96 | 252 | 48 | 36 | 284 | 20 | 208 | 1721 | 58 | 29 | 1418 | 27 | | |
| Y North (m) | -708.6 | Turn Type | | | | | | | | | | | | | |
| Z Elevation (m) | 0.0 | Perm | | | Perm | | | Perm | | Perm | | | Perm | | |
| Description | | Protected Phases | | | | | | | | | | | | | |
| Control Type | Prelimed | | 2 | | | 6 | | | 4 | | 4 | | 8 | | |
| Cycle Length (s) | 312.0 | Permitted Phases | | | | | | | | | | | | | |
| Lock Timings | <input type="checkbox"/> | 2 | | | 6 | | | 4 | | 4 | | 8 | | | |
| Optimize Cycle Length | Optimize | Detector Phases | | | | | | | | | | | | | |
| Optimize Splits | Optimize | 2 | 2 | | 6 | 6 | | 4 | 4 | 4 | | 8 | 8 | | |
| Actuated Cycle Length (s) | 312.0 | Switch Phase | | | | | | | | | | | | | |
| Natural Cycle(s) | 315.0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | |
| Max v/c Ratio | 2.42 | Leading Detector (m) | | | | | | | | | | | | | |
| Intersection Delay (s) | 340.6 | | 10.0 | | | 10.0 | | | 10.0 | 2.0 | | 2.0 | 10.0 | | |
| Intersection LOS | F | Trailing Detector (m) | | | | | | | | | | | | | |
| ICU | 1.22 | | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | | |
| ICU LOS | H | Minimum Initial (s) | | | | | | | | | | | | | |
| Offset (s) | 0.0 | 4.0 | 4.0 | | 4.0 | 4.0 | | 4.0 | 4.0 | 4.0 | | 4.0 | 4.0 | | |
| Referenced to | Begin of Green | Minimum Split (s) | | | | | | | | | | | | | |
| Reference Phase | 2+6-NBTL-SBTL | 130.0 | 130.0 | | 130.0 | 130.0 | | 182.0 | 182.0 | 182.0 | | 182.0 | 182.0 | | |
| Master Intersection | <input type="checkbox"/> | Total Split (s) | | | | | | | | | | | | | |
| Yield Point | Single | 130.0 | 130.0 | | 130.0 | 130.0 | | 182.0 | 182.0 | 182.0 | | 182.0 | 182.0 | | |
| | | Yellow Time (s) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3.5 | 3.5 | | 3.5 | 3.5 | | 3.5 | 3.5 | 3.5 | | 3.5 | 3.5 | | |
| | | All-Red Time (s) | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.5 | 0.5 | | 0.5 | 0.5 | | 0.5 | 0.5 | 0.5 | | 0.5 | 0.5 | | |
| | | Lost Time Adjust (s) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 0.0 | | |
| | | Lagging Phase? | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Allow Lead/Lag Optimize? | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Recall Mode | | | | | | | | | | | | | |
| | | Max | Max | | Max | Max | | Max | Max | Max | | Max | Max | | |
| | | Actuated Effct. Green (s) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 126.0 | | | 126.0 | | | 178.0 | 178.0 | | 178.0 | 178.0 | | |
| | | Actuated g/C Ratio | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.40 | | | 0.40 | | | 0.57 | 0.57 | | 0.57 | 0.57 | | |
| | | Volume to Capacity Ratio | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.53 | | | 0.38 | | | 2.46d | 0.12 | | 1.60 | 0.63 | | |
| | | Control Delay (s) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 72.7 | | | 66.7 | | | 670.4 | 23.0 | | 462.2 | 46.4 | | |
| | | Queue Delay (s) | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 0.0 | | | 0.0 | | | 0.0 | 0.0 | | 0.0 | 1.9 | | |

Elaborado por: los autores

Una vez se tiene listo el modelo de la vía actual y el paso a desnivel se corre la simulación para ambos casos y se obtendrá los siguientes resultados en el flujo vehicular, nivel de servicio, grado de saturación, nivel de servicio de la intersección, dimensiones de la vía y plan de mantenimiento.

Se analizo 3 intercepciones importantes dentro de toda la Av. Sánchez Carrión:

Intersección 1: Av. Sánchez Carrión con Av. Javier Prado

Intersección 2: Av. Sánchez Carrión con Av. Salaverry

Intersección 3: Av. Sánchez Carrión con Av. Gregorio Escobedo

5.1. Flujo Vehicular

Es la velocidad de los vehículos transitan en una vía de acuerdo a la unidad temporal. Para determinar el flujo vehicular se realizó una comparación del estado actual de la ruta con el diseño geométrico de paso a desnivel propuesto.

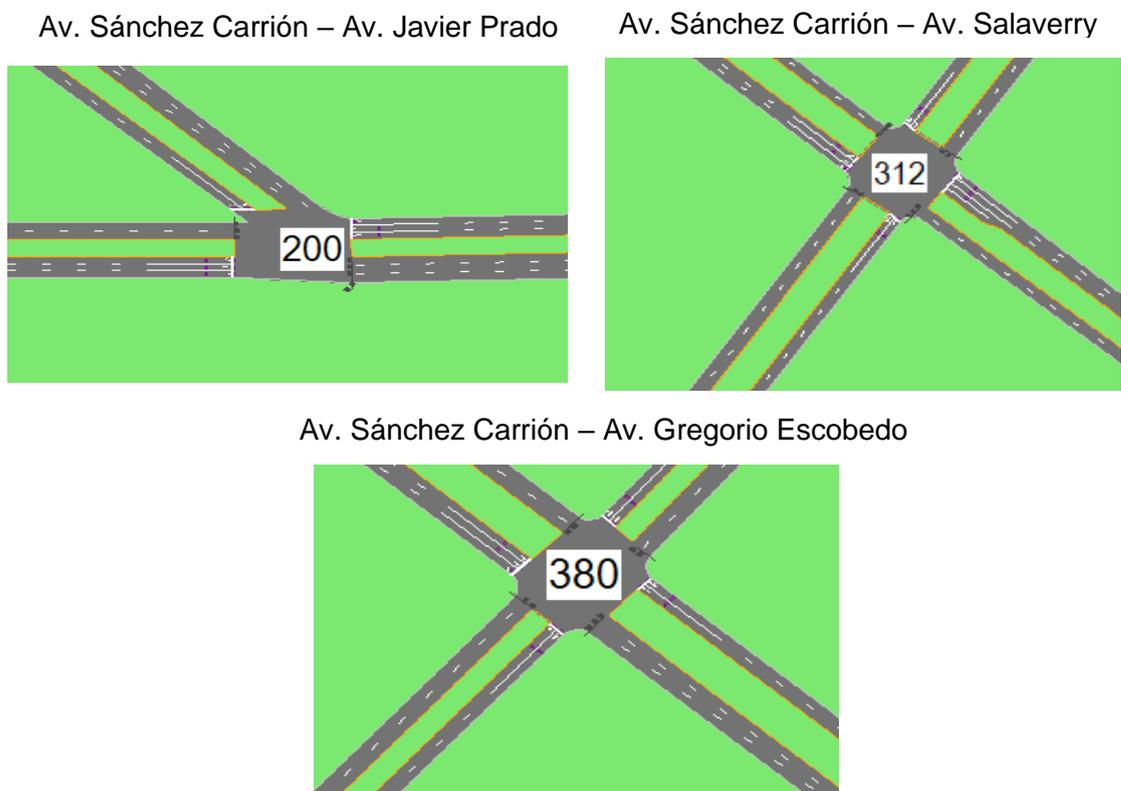
5.1.1. Tiempo de demora actual en la Av. Sánchez Carrión en Synchro

En cada una de las interconexiones evaluadas, el retraso causado por el manejo de tráfico, registrado en la simulación del estado presente del conducto vial, excede significativamente el límite establecido para el nivel de servicio F. Esto se entiende en una mayor pérdida de tiempo para los conductores al desplazarse entre diferentes ubicaciones. La Figura 78 presenta los tiempos de demora, medidos en segundos por vehículo, en la Av. Sánchez Carrión en cada intersección.

Figura

78

Demora actual en cada intersección



Elaborado por: los autores

5.1.2. Tiempo de demora de saturación del diseño geométrico

En cada una de las intersecciones estudiadas, se observa un tiempo de control de operación que se ajusta al nivel de servicio A durante la simulación del diseño geométrico del paso a desnivel. Esto implica un tiempo óptimo de tránsito para los vehículos. La Figura 79 muestra los intervalos de demora, medidos en segundos por vehículo, en la Av. Sánchez Carrión en cada intersección.

Figura

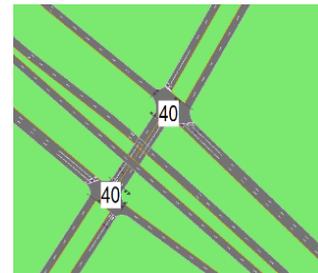
79

Demora con la implementación del paso a desnivel

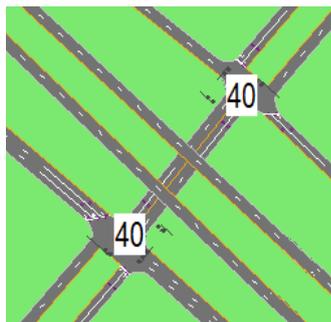
Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado



Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

En la simulación con el paso a desnivel la demora por control de operación disminuye considerablemente de 380s a 40s. La figura 79 da a conocer que en todas las intersecciones se tiene una mejora de los tiempos (200s, 312s y 380s a 40s, 40s y 40s).

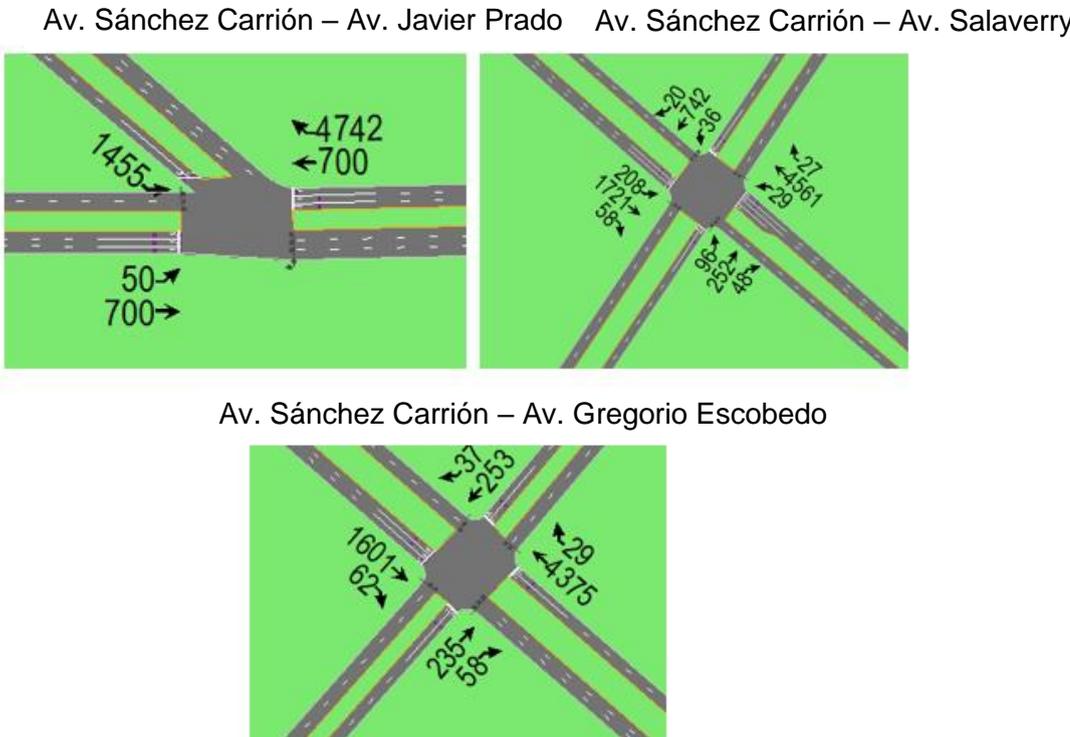
La velocidad máxima permitida en ambas simulaciones es de 60km/h pero en la simulación de la actualidad el vehículo se demora en cruzar la intersección 200s y en el diseño a 40s. En el estudio de tráfico los vehículos en la actualidad iban a 10km/h e incluso permanecían detenidos prolongado tiempo y en la simulación los vehículos si llegaban a los 60km/h ya que entre cambios óptimos de ciclo de semáforo llegaban a 40s por ciclo para mantener la fluidez vehicular.

5.2. Nivel de Servicio

5.2.1. Determinación del nivel de servicio actual

La Figura 80 muestra el análisis realizado con el software Synchro, que registra las acciones realizadas por los conductores y determina la cantidad de vehículos en movimiento viajantes por la red. Esta data se obtiene a partir del aforo vehicular y de los flujogramas generados.

Figura **80**
Composición de la Av. Sánchez Carrión



Elaborado por: los autores

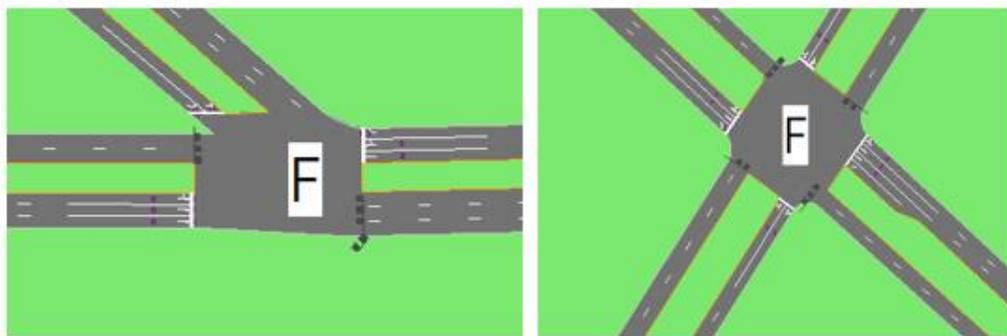
En la Figura 81 se presentan los resultados del nivel de servicio obtenidos en el modelo actual de la Av. Sánchez Carrión. Es esencial considerar que, más allá de los datos específicos suministrados por el programa para cada conjunto de carriles, la Metodología HCM pone énfasis en el nivel de servicio general de la vía, lo cual reviste importancia fundamental en la simulación del tramo bajo análisis.

Figura

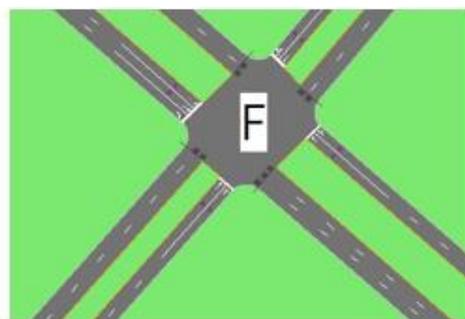
81

Nivel de servicio actual en cada Av. Sánchez Carrión

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



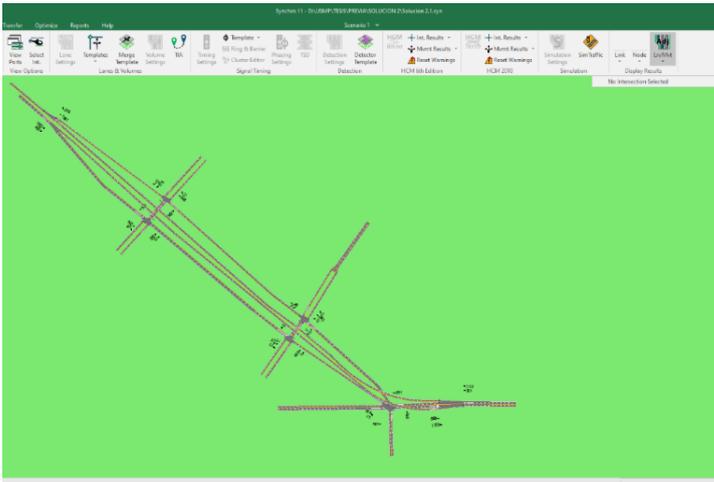
Elaborado por: los autores

Respecto con los hallazgos, se contempla que la categoría F indica un alto volumen de vehículos en comparación con la capacidad de la vía, lo que resulta en una velocidad de desplazamiento muy lenta y un ciclo semafórico prolongado. A pesar de esto, el orden de automóviles no se reduce con facilidad. Por otro lado, la categoría E señala una alta disconformidad considerando el flujo de vehículos y el espacio para infraestructura, especificando en ciclo de semáforos, errores constantes en

ciclos por individuo y una transición desventajosa. En resumen, estos resultados indican una congestión significativa en las cuatro intersecciones valiéndose del elevado peso vehicular y la presencia de conectores viales y de manejo de tráfico.

5.2.2. Nivel de servicio del diseño geométrico de paso a desnivel

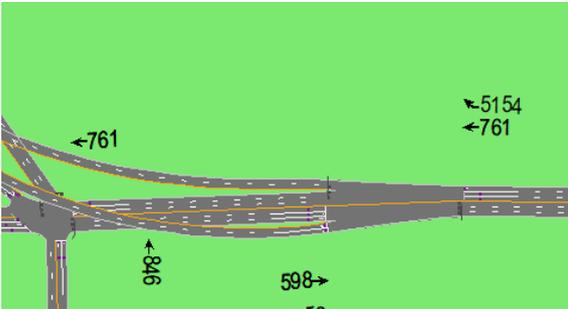
Figura **82**
Diseño con la implementación de paso a desnivel en la Av. Sánchez Carrión



Elaborado por: los autores

Figura **83**
Composición de la implementación de paso a desnivel

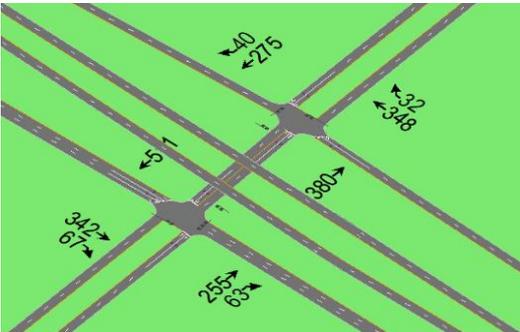
Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado



Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo

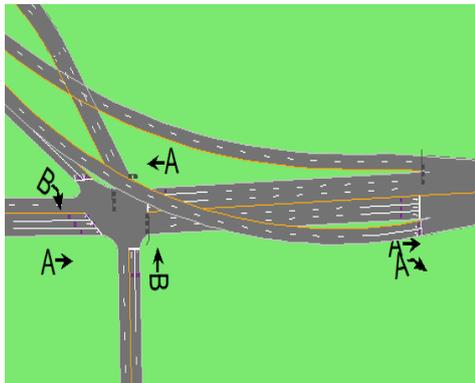


Elaborado por: los autores

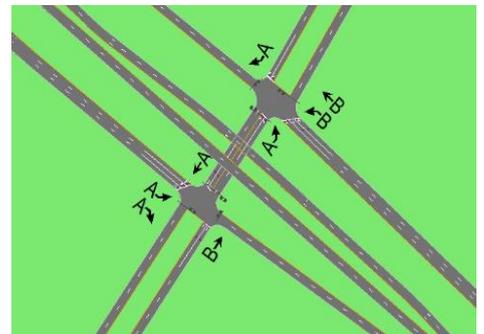
Figura
Nivel de servicio con la implementación del paso a desnivel

84

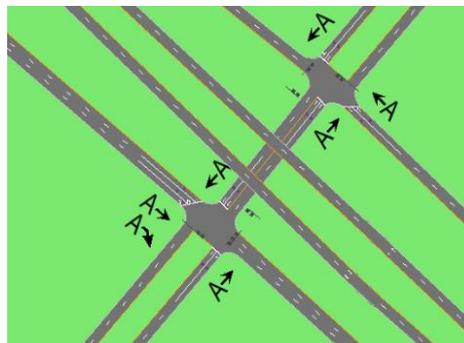
Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado



Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

El nivel de servicio en la actualidad nos da un valor de F el cual significa flujo vehicular obstruido o detenido. Y en la simulación con la tesis propuesta, el nivel de servicio resultante es A y B el cual significa excelente y optimo flujo vehicular.

5.3. Grado de Saturación

5.3.1. Determinación del grado de saturación en la actualidad

Durante la evaluación del estado de la red, se observa que los accesos con mayor tráfico presentan un alto nivel de saturación que llega a 1.0, es decir parámetros LOS catalogados como F y E, según la clasificación del HCM 2010. Los detalles exactos relacionados con el grado de saturación en cada entrada están minuciosamente descritos en la Figura 85 del informe.

Figura

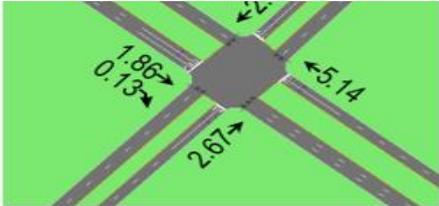
85

Grado de saturación actual en cada intersección

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

5.3.2. Grado de saturación del diseño geométrico de paso a desnivel

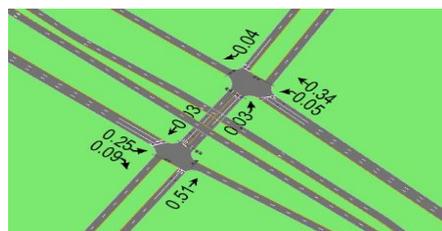
Figura

86

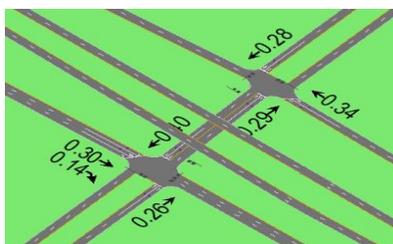
Grado de saturación con la implementación del paso a desnivel

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado

Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



Elaborado por: los autores

El grado de saturación en la actualidad nos da un valor mayor a 1.0 el cual significa flujo vehicular obstruido o detenido. Y en la simulación con la mejora propuesta, el grado de saturación resultante es menor a 0.30 el cual significa óptimo flujo vehicular.

5.4. Nivel de Servicio de la Intersección

5.4.1. Nivel de servicio de la intersección en la actualidad

Synchro incorpora el Método ICU, una herramienta precisa para evaluar la capacidad de la Av. Sánchez Carrión. Como resultado, se adquiere información adicional sobre la capacidad de reserva aprovechable o sobrecapacidad en cada tramo de la avenida, utilizando la clasificación de Nivel de Servicio de ICU.

Al examinar la Figura 87, se puede apreciar que las Intersecciones N° 1, 2 y 3 presentan niveles de servicio en los rangos

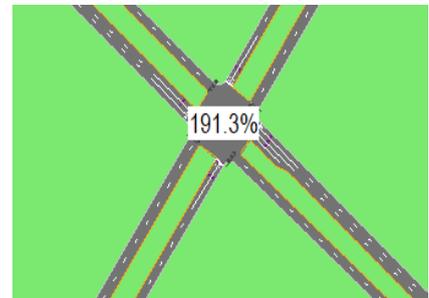
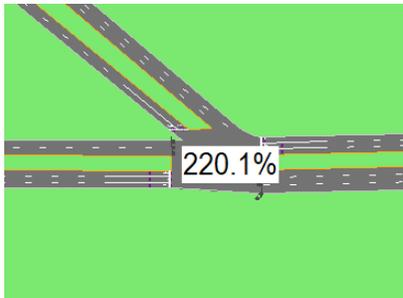
C, D, E y F respectivamente, según se detalla en la Tabla 19, la cual establece los criterios de nivel de servicio para el análisis de ICU.

Figura

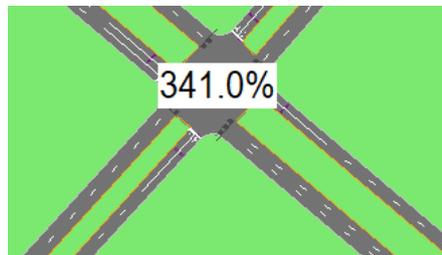
87

Av. Sánchez Carrión – Av. Javier Prado

Av. Sánchez Carrión – Av. Salaverry



Av. Sánchez Carrión – Av. Gregorio Escobedo



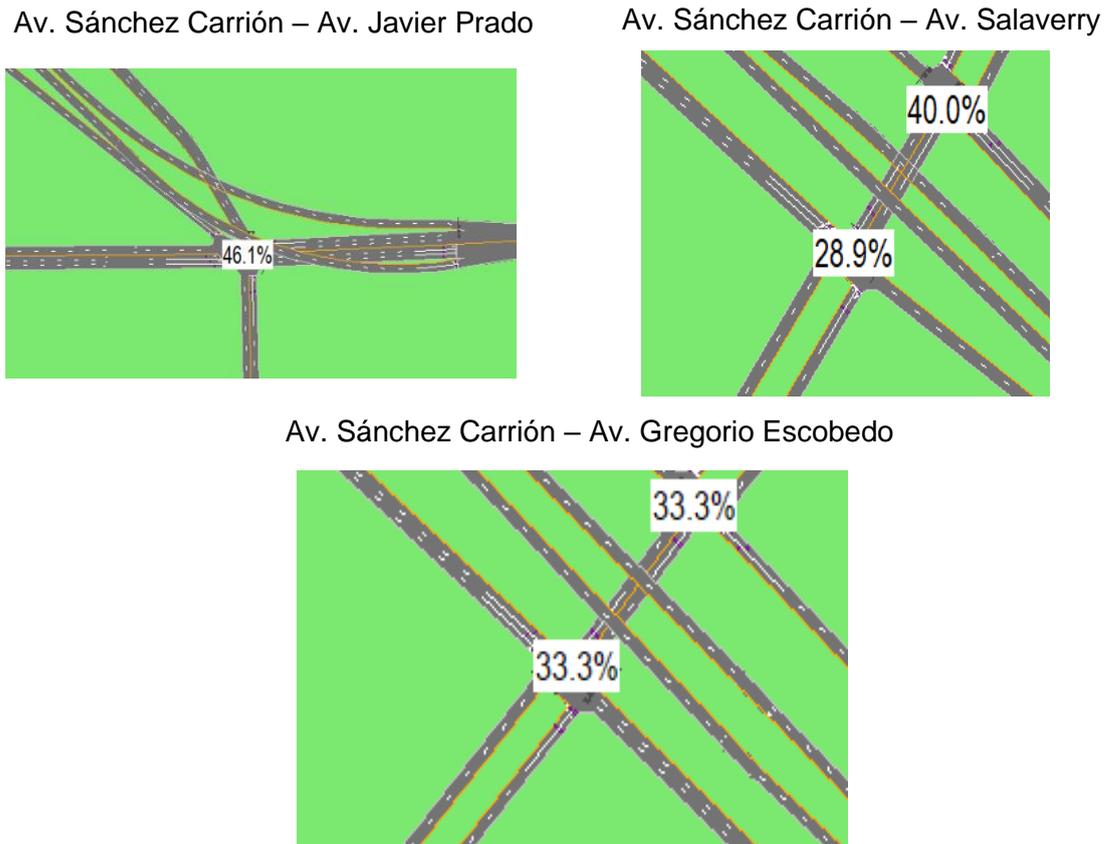
Elaborado por: los autores

5.4.2. Determinación del nivel de servicio de ICU de saturación del diseño geométrico de paso a desnivel en Synchro

Figura

88

Nivel de servicio de ICU con la implementación del paso a desnivel



Elaborado por: los autores

El Nivel de servicio ICU en la actualidad nos da un valor mayor al 100% y en la simulación nos da valores debajo del 33.3% es decir se optimiza el nivel de servicio ICU.

Tabla

19

Resumen de indicadores del estado actual de la red vial

| SITUACIÓN ACTUAL | N° 1 - Av. Sánchez Carrión y Av. Javier Prado | | | | N° 2- Av. Sánchez Carrión con Salaverry | | | | N° 3 - Av. Sánchez Carrión y Av. Gregorio Escobedo | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|-----------------------------------------|------|-------|------|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| NIVEL SERVICIO DE LA VÍA | F | | | | F | | | | F | | | | | | |
| GRADO DE SATURACIÓN | 1.64 | 2.08 | 2.66 | 2.36 | 0.94 | 0.12 | 11.89 | 0.84 | 2.00 | 1.68 | 2.67 | 0.13 | 1.86 | 2.54 | 5.14 |
| DEMORA DE LA AV. SÁNCHEZ CARRIÓN (s) | 200.0 | | | | 312.0 | | | | 380.0 | | | | | | |
| NIVEL DE SERVICIO DE ICU (%) | 220.1% | | | | 191.3% | | | | 341.0% | | | | | | |

Elaborado por: los autores

Tabla

20

Resumen de indicadores de la red vial en el modelo propuesto

| SITUACIÓN PROPUESTA | N° 1 - Av. Sánchez Carrión y Av. Javier Prado | | | | N° 2- Av. Sánchez Carrión con Salaverry | | | | N° 3 - Av. Sánchez Carrión y Av. Gregorio Escobedo | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|-----------------------------------------|------|------|------|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| NIVEL SERVICIO DE LA VÍA | B | | | | A | | | | A | | | | | | |
| GRADO DE SATURACIÓN | 0.41 | 0.79 | 0.41 | 0.24 | 0.25 | 0.34 | 0.51 | 0.09 | 0.04 | 0.05 | 0.14 | 0.30 | 0.28 | 0.34 | 0.26 |
| DEMORA DE LA AV. SÁNCHEZ CARRIÓN (s) | 20 | | | | 40 | | | | 40 | | | | | | |
| NIVEL DE SERVICIO DE ICU (%) | 46.1% | | | | 28.9% | | | | 33.3% | | | | | | |

Elaborado por: los autores

5.5. Dimensiones de las Vías

En la actualidad la avenida Sánchez Carrión cuenta con 2 vías de ida y vuelta (ver figura 92), en el carril de sentido de este a oeste se tiene 2 carriles y en el sentido de oeste a este se tiene 3 carriles (2 para uso particular y 1 para uso exclusivo del corredor vial). Y en el diseño geométrico propuesto cuenta con una plataforma elevada de 11m con un ancho de 12.50 (ver figuras 53 y 54)

Corte 3D del paso a desnivel. Infracworks 2023



Elaborado por: los autores

Corte 3D del paso a desnivel. Infracworks 2023



Elaborado por: los autores

5.5.1. Simulación de la situación actual en el software Infracworks 2022

Figura

91

Simulación de la situación actual. Infracworks 2022



Elaborado por: los autores

5.5.2. Simulación del paso a desnivel en el software Infracworks 2023

Figura

92

Simulación propuesta. Infracworks 2023



Elaborado por: los autores

Con el paso a desnivel se tendría más cantidad de espacio para la transitabilidad vehicular, así mismo los vehículos con dirección a la Av. Marina no tendrían que detenerse en los semáforos ya que tendrían un acceso directo sin detenerse y los vehículos que deseen circular hacia una de las intersecciones tendrán que usar las vías existentes a nivel.

5.6. Plan de Mantenimiento o conservación vial

Para que la fluidez vehicular con el paso a desnivel sea continua sin restricciones u obstáculos, una vez terminado el paso a desnivel, se implementará un plan de mantenimiento o conservación de la infraestructura vial actual para garantizar un flujo vehicular sin interrupciones de manera temporal. Este plan seguirá las directrices del manual para el mantenimiento o conservación vial, asegurando así su óptimo estado.

El plan de mantenimiento se elaborará en base a la inspección visual y registro fotográfico que se adjunta de la Av. Sánchez Carrión en el cual se ha identificado las siguientes patologías en el asfalto como piel de cocodrilo, fisuras con severidad alta y baja, señalética horizontal con desgaste severo y sardineles despintados (ver fotos del 93 al 100)

Las siguientes ocho fotografías de la Av. Sánchez Carrión fueron tomadas por los autores

Figura

93

Patologías en el asfalto en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Figura

94

Señalética horizontal desgastada en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Figura

95

Forado en el asfalto en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Figura

96

Desprendimiento del asfalto en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Figura

97

Patologías en el asfalto en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Figura

98

Forado en el asfalto en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Figura

99

Desgaste prematuro del asfalto en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Patologías en el asfalto en la Av. Salaverry con Sánchez Carrión



Para contrarrestar estos daños, se llevarán a cabo los siguientes trabajos, de acuerdo con el manual de conservación vial, los cuales abarcan la siguiente lista:

- Sección 401 - Aplicación de selladores en fisuras y grietas de la calzada.
- Sección 410 - Rellenado superficial de baches en la calzada.
- Sección 415 - Rellenado profundo de baches en la calzada.
- Sección 801 - Mantenimiento de señales verticales.
- Sección 807 - Conservación de las marcas en el pavimento.

Para realizar el plan de mantenimiento de la vía existente se seguirá el siguiente proceso:

1. Se empleará técnica de tren de trabajo utilizando 3 cuadrillas
 - La 1era cuadrilla será encargada de colocar la señalización de seguridad en el área designada (ver imagen 101) y a continuación procederán a remover el asfaltado dañado.
 - La 2da cuadrilla será la encargada de parchar superficial o profundamente, según el ingeniero a cargo, con la mezcla asfáltica en caliente.
 - La 3era cuadrilla será la encargada de repintar la señalización horizontal

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis

6.1.1. Hipótesis general

El diseño geométrico de paso a desnivel permite mejorar la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima.

- Comentario:

Respecto a la hipótesis general, el Diseño Geométrico-2018 es una propuesta de cambio vial a desnivel que establece y somete el tráfico vehicular, por ende, disminuye el tiempo de recorrido.

Según la situación de la Av. Sánchez Carrión y el diseño geométrico de paso a desnivel propuesto, se corrobora que el recorrido es disminuido con notoriedad si se implementa la propuesta, por tal razón, el diseño geométrico de paso a desnivel mejora la transitabilidad vehicular en la Av. Sánchez Carrión.

6.1.1. Hipótesis específicas

a) Contrastación de hipótesis 1:

El flujo vehicular es de 60km/h, con el nuevo diseño geométrico de paso a desnivel.

- **Comentario:** Según las simulaciones realizadas de la Av. Sánchez Carrión, se obtuvo que con el paso a desnivel como una alternativa óptima, se mejora la fluidez vehicular, puesto que los ciclos de semaforización son menores a 40 s, es decir, los vehículos pueden transitar a 60km/h a lo largo de la vía.

b) Contrastación de hipótesis 2:

El nivel de servicio se encuentra en la categoría A y B con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel.

- **Comentario:** Según las simulaciones realizadas se obtuvo que con el nuevo diseño, el nivel de servicio de la vía tendría un valor de A y B, es decir se tiene una significativa mejora puesto que en la actualidad se tiene el valor de F.

c) Contrastación de hipótesis 3:

El grado de saturación es de 0.50, con el nuevo diseño.

- **Comentario:** Según la situación actual de la Av. Sánchez Carrión, se obtuvo en las simulaciones una mejora sustancial en el grado de saturación el cual baja de un valor de 2.67 a 0.79 en su pico máximo y en el promedio se tiene una mejora de un valor de 1.80 a 0.48

d) Contrastación de hipótesis 4:

El nivel del servicio de la intersección se encuentra 40% de nuevo diseño geométrico del paso a desnivel.

- **Comentario:** Según la situación actual de la Av. Sánchez Carrión, se mejorará el nivel ICU del valor de 341% a 46.1%

e) Contrastación de hipótesis 5:

Las dimensiones de las vías permiten el incremento de 50% en la transitabilidad con el nuevo diseño

- **Comentario:** Según la situación actual de la Av. Sánchez Carrión, se incrementó la transitabilidad en un 50% ya que al tener más disponibilidad de vías en 2 niveles se tendrán más espacio para los

vehículos.

f) Contratación de hipótesis 6:

El plan de mantenimiento aumenta en un 10% la fluidez vehicular en las vías auxiliares del paso a desnivel.

- **Comentario:** Según dicha situación de la Av. Sánchez Carrión, se mejorará el flujo vehicular en un 10% en las vías auxiliares una vez ejecutado, según el análisis de los resultados obtenidos del software Synchro.

6.2. Contratación de antecedentes

6.2.1. Antecedentes Internacionales

La tesis de Almanza y Mora (2018) se basa específicamente en estudios topográficos y la ejecución de un diseño geométrico de paso a desnivel. realiza un levantamiento de puntos geodésicos para tener un levantamiento real de la zona escogida, luego diseña un paso a desnivel según las especificaciones de las normas colombianas. Adicionalmente, estos autores solo utilizan el software Civil 3D para los planos topográfico y el diseño geométrico.

Esta tesis comparada con nuestra tesis corresponde en el diseño geométrico y en la aplicación correcta del manual y normas de cada país; pero en nuestra tesis se está recolectando nuevos parámetros como los niveles de servicio de la vía y de la intersección, tiempo de demora de la circulación de la vía y el grado de saturación.

Además, en la tesis presentada estamos aplicando nuevos softwares de análisis y proyección como el software Synchro e InfraWorks para la simulación e interacción de los datos con el entorno estudiado.

Comparando la investigación de Almanza y Mora (2018), se coincide que la estudio de la tesis es una alternativa eficaz para la mejora de la transitabilidad vehicular.

6.2.1. Antecedentes Nacionales

Cereceda & Román (2018) abordaron una investigación en dos cruces de la Avenida Universitaria con el objetivo de mejorar el diseño geométrico para aliviar la congestión del tráfico. Se empleó un método centrado en el HCM de 2010 y se utilizó Synchro. Se dio prioridad al estudio de los cruces y al tiempo de espera actual. Posteriormente, se realizó una simulación de la propuesta para verificar la reducción del tiempo de viaje en los cruces.

Sin embargo, se llegó a la conclusión de que los conductores no estaban siguiendo las normas de tránsito, lo que impidió obtener los resultados esperados para la investigación.

Tabla

21

Contrastación de Antecedente Nacional

| Antecedente nacional | Métodos Aplicados | Resultados Obtenidos | Observaciones |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Diseño geométrico considerando la canalización de conexiones en la Av. Universitaria, Av. Los Alisos y Av. Naranjal, con el fin de minimizar el congestionamiento de vehículos | - Manual de Capacidad de Carreteras de 2010 (HCM 2010) - Software Synchro 10 | Se determinó que la demora en la intersección mejora de 196 segundos a 65 segundos con la propuesta. asimismo, el nivel de servicio tuvo una mejora de F a Nivel de servicio e | Los resultados de las demoras obtenidas mediante el uso del programa SYNCHRO 8.0 son ligeramente más altos debido a las consideraciones incorporadas en el programa, las cuales en su mayoría no se ajustan adecuadamente a la realidad del contexto peruano. |

Elaborado por: los autores

CONCLUSIONES

1. En este estudio se realizaron dos simulaciones utilizando Synchro. La primera simulación representa las situaciones reales de la red, mientras que la segunda simula una solución para el estudio. Con el fin de determinar la mejor opción, se realizaron pruebas en la Av. Sánchez Carrión y luego se integraron los resultados en un único modelo. Al analizar el trabajo sinérgico del conducto vial, se contempló que, al redirigir el flujo vehicular principal a una vía alterna mediante un paso a desnivel, se logró una notable mejora en la densidad del tráfico en cada intersección, lo cual se reflejó en toda la red vial
2. En su estado actual, la Av. Sánchez Carrión presenta un nivel de servicio F; sin embargo, al implementar la propuesta, esta vía experimenta una mejoría significativa que alcanza niveles de servicio A y B, es decir, gracias a la implementación del paso a desnivel, se logró una mejora considerable en el nivel de servicio de esta vía.
3. En el escenario actual, en los momentos críticos, el grado de saturación alcanza 2.67. No obstante, al aplicar el diseño geométrico de paso a desnivel, el grado de saturación es inferior a 0.79 en todos los casos. Esta situación refleja una mejora clara con la disminución de las proporciones del grado de saturación.

4. La intersección en la situación actual se ubica en el nivel de servicio máximo (ICU) que es 341%. Y utilizando el diseño geométrico de paso a desnivel, la intersección se ubica en el nivel de servicio (ICU) de 46.1%. Se evidencia una mejora en la reducción en el nivel de servicio (ICU).
5. Las dimensiones de las vías se pueden incrementar con el paso a desnivel, esto se refleja en la probabilidad del incremento de la transitabilidad en un 50%, puesto que al tener más disponibilidad de vías en 2 niveles se tiene más espacio para los vehículos.
6. Si se ejecuta un plan de mantenimiento en las vías auxiliares, se pronosticó una mejora de 10% en la fluidez vehicular en todo el tramo.
7. El tiempo máximo de intersección en la situación actual es de 380.0 s., mientras que utilizando la propuesta de mejora, los tiempos de intersección son de 40 s. Se evidenció una mejora con la reducción de los tiempos de intersección.
8. La propuesta de mejorar los ciclos de los semáforos no es efectiva, dado que se implementaron mejoras en los semáforos sin que se observe una mejora en el flujo del tráfico, lo que origina excesivos tiempos de espera en las intersecciones.
9. Esta investigación contiene datos que son una contribución valiosa para las instituciones gubernamentales involucradas en el tema del tránsito vehicular; asimismo, brinda información relevante y útil sobre softwares como, InfraWorks y Synchro.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la instalación de un paso elevado a lo largo de la Av. Sánchez Carrión, con restricciones del paso de vehículos livianos en dicha vía, esto como parte de la satisfacción en infraestructura.
2. Tener en cuenta que Synchro es un programa de análisis de tráfico que requiere una delimitación clara del área de estudio. Esto implica evaluar no solo la red vial en sí, sino también factores del exterior que incidan en el flujo vehicular. Al establecer límites precisos para el análisis, se asegura la obtención de resultados fiables y pertinentes destinados a la mejora del sistema de transporte.
3. Realizar un análisis de flujo vehicular al momento de la ejecución del proyecto con base en el factor correctivo, para alcanzar hallazgos eficientes en proporción con la coyuntura.
4. Desarrollar un diseño estructural detallado para el paso a desnivel propuesto, con el objetivo de asignar un presupuesto preciso a esta propuesta.
5. La USMP debería promover y estimular la realización de investigaciones similares que busquen procedimientos para responder a los desafíos actuales en la construcción vial de la nación.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Alba, M. & Hernández, O. (2020). Análisis de sincronización de semáforos utilizando el programa Synchro. *Revista Infraestructura Vial*, 22(39), 1-11. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/40953/43453>

Aldave & Chavez (2022) propuesta de solución vial para la mejora de servicio en el cruce de las Av. Canadá y Nicolás de Arriola. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/11040>

Almanza, A & Mora, J (2015). *Estudio y diseño de paso a desnivel entre la Av. Circunvalar y la calle 22* [Tesis de grado, Universidad distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional Asociación automotriz del Perú (2023).

Asociación automotriz del Perú (2023). Informe del sector automotor mayo 2023. <https://aap.org.pe/informes-estadisticos/mayo-2023/Informe-Mayo-2023.pdf>

Asociación Automotriz del Perú (2023) Venta de vehículos livianos y pesados. <https://aap.org.pe/informes-estadisticos/setiembre-2023/Informe-Setiembre-2023.pdf>

Asociación Automotriz del Perú (2023) Venta e inmatriculaciones de vehículos

nuevos.

https://aap.org.pe/estadisticas/ventas_inmatriculaciones_vehiculos_nuevos/venta-e-inmatriculacion-de-vehiculos-nuevos-2023/

Burbano, Patricio (2007). Análisis de tráfico vehicular crítica en la ciudad de Quito [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador]. Repositorio institucional. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19507/1/CD-1130.pdf>

Castillo, P. (2018). *Diseño Geométrico de un paso a desnivel para la zona 7 y de un puente vehicular de 12 metros para la zona 2 de Quetzaltenango, Quetzaltenango* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos Guatemala]. Repositorio institucional. <https://www.repositorio.usac.edu.gt/7109/>

Cereceda, B. & Román, C. (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* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio institucional. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/>

Chura, D. & Mamani, A. (2018). *Diseño de intercambio vial a desnivel en las intersecciones de la carretera Panamericana sur y la Av. El estudiante en la ciudad de Puno* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3791>

Eguizábal, S. & Mesa, A. (2018). *Pasos a desnivel en la Av. Sánchez Carrión de las avenidas Quiñones con los Ángeles y Tránsito vehicular – San Juan Bautista 2018* [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/637>

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería Matanzas (2022) Métodos de diagnóstico y procesamiento de la información para el análisis de accesibilidad y movilidad en centros históricos cubanos

<https://www.redalyc.org/journal/1939/193970042002/html/>

Ghayda, Z. & Naghanwi, N. (2019). Evaluación del Desempeño Operacional de Continuos en T bajo diferentes niveles de congestión. *Ingeniería de Transporte politécnico*. 49, 66-73. <https://pp.bme.hu/tr/article/view/14032/8423>

Google LLC_Google Maps (2019) Avenida Sánchez Carrión [Imagen satelital]. <https://maps.app.goo.gl/zs6H6CZC8X1AAAB88>

Google LLC_Google Earth (2023) Avenida Sánchez Carrión [Imagen satelital]. <https://earth.google.com/web/search/av+sanchez+carrion+/@-12.09018759,77.05620529,80.28941479a,2115.46659045d,35y,0h,0t,0r/data=CiqiJgokCXPrsljHijRAEXPrsljHijTAGSeyk3le1URAIQ1wpyBESU7AOgMKATA>

Google LLC_Google Earth (2023) Avenida Sánchez Carrión [Imagen satelital]. <https://maps.app.goo.gl/zs6H6CZC8X1AAAB88>

Hidalgo R. (2018). *Modelación y rediseño vial de la Av. Isaac Albéniz y Av. Galo Plaza Lasso* [Tesis de grado, Universidad de Fuerzas Armadas]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13490/1/T-ESPE-057396.pdf>

Instituto Nacional de estadística e informática. (2017). Análisis de la densidad empresarial. https://www.inei.gob.pe/media/menurecursivo/publicaciones_digitales/est/lib1178/cap05.pdf

Instituto Geográfico Nacional del Perú (2023) Carta Nacional 1:100 000 <https://www.idep.gob.pe/geovisor/descarga/visor.html>

Instituto Peruano de Derecho Urbanístico (2007) Planos de Zonificación. <https://ipdu.pe/planos-de-zonificacion/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras*. Diario Oficial El Peruano. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3730.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018a). *Manual de diseño geométrico 2018*. Diario Oficial El Peruano. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2023) Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_1%20DG-2018.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2023) Manual de Puentes. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_1%20DG-2018.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018c). *Formato de estudio de tráfico*. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/ficha_tecnica/transporte/1a_Ficha_Tecnica_Estandar_para_Carreteras_Interurbanas-Sector_Transporte.xlsm

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018). Manual de carreteras y mantenimiento o conservación vial https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20RMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MVC-2014_2016.pdf

Municipalidad de Jesús María. (2019). *Información Geográfica del Distrito de Jesús Artículo, Municipalidad de Jesús María*. <https://cde.3.elcomercio.pe/doc/0/1/7/1/2/1712409.pdf>

Municipalidad de Jesús María (2023) Mapa del distrito de Jesús María
<https://www.munijesusmaria.gob.pe/distrito/planos-y-guias/>

Nina, A (2017). *Optimización del tráfico vehicular en las principales intersecciones del Jr. Mariano Núñez Butrón del centro de la ciudad de Juliaca* [Tesis de Grado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio de tesis <https://hdl.handle.net/20.500.12840/948>

Ortiz, L. & Veliz, C. (2018). *Optimización del flujo vehicular en la Av. Sánchez Carrión vial de la Av. Gustavo Pinto con la Av. Industrial de la ciudad de Tacna* [Tesis de grado, Universidad de Tacna]. Repositorio institucional <http://hdl.handle.net/20.500.12969/543>

Prizma Drones (2023) Especificaciones Técnicas – Mavic 2 Pro
<https://prizmadrones.pe/wp-content/uploads/2020/03/ESPECIFICACIONES-T%C3%89CNICAS-MAVIC-2-PRO.pdf>

Ríos. C (2018) Modelación del Tránsito y propuesta de solución vial a la Av. Cáceres con Infracore y Synchro 8 [tesis de grado, universidad de Piura]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/11042/3513>

Silvera M. (2020) Estudios de campo para tránsito vehicular.
<https://www.docsity.com/es/modelacion-de-traffic/5750186/>

Trafficware Ltd. (2004) Criterios para niveles de servicio según ICU.
<https://www.slideserve.com/avariella/curso-introductorio-de-synchro-y-simtraffic-version-5-0>

Transportation Research Board (2010). Level of services corresponding to delay at the intersection.
https://www.researchgate.net/figure/Level-of-services-corresponding-to-delay-at-the-intersection-Highway-Capacity-Manual_tbl2_320844439

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|------------------------------------------------------------------|------|
| ANEXO 1. Matriz de Consistencia | 135 |
| ANEXO 2. Plano topográfico de la Av.Sanchez Carrion, Jesús María | 137 |
| ANEXO 3. Plano de Corte del Paso a Desnivel Av.Sanchez Carrion | 139 |
| ANEXO 4. Panel Fotográfico Levantamiento Drone | 141 |

ANEXO 1.

Matriz de consistencia

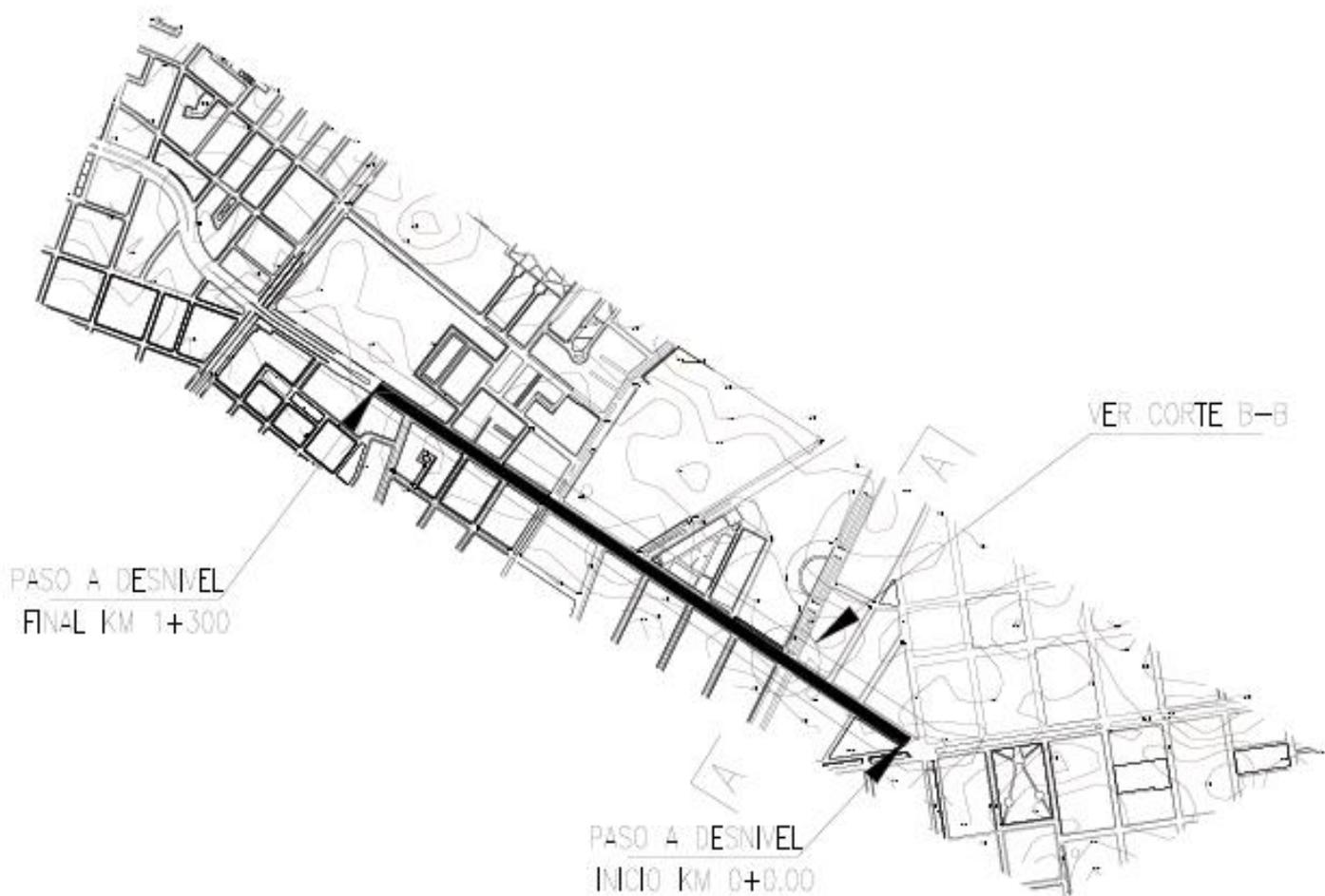
Título de Tesis: DISEÑO GEOMÉTRICO DE PASO A DESNIVEL PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR EN LA AV. SÁNCHEZ CARRIÓN INCLUYENDO UN PLAN DE MANTENIMIENTO, UBICADO EN EL DISTRITO DE JESÚS MARÍA PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA

Elaborado por: Oscar Páliza Gallegos / Diego Meza Zamalloa

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Variables | Indicador | Metodología |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General | Variable Independiente | Estudio topográfico Estudio de Tráfico Simulación en Synchro Simulación en InfraWorks | Diseño |
| ¿De que manera influye el diseño geométrico del paso a desnivel, en la transitabilidad vehicular en la av. Sánchez Carrión , en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima? | Determinar la influencia del diseño geométrico de paso a desnivel, en la transitabilidad vehicular de la av. Sánchez Carrión , en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | El diseño geométrico de paso a desnivel permite mejorar la transitabilidad vehicular en la av. Sánchez Carrión , en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | X: Paso a desnivel | | Flujo vehicular Nivel de servicio Grado de saturación Nivel de servicio de la intersección Dimensiones de vías Estadode servicio de la vía |
| Problema Específicos | Objetivo Específicos | Hipótesis Específicos | Variable Dependiente | Muestra | |
| ¿Cuál es la influencia del flujo vehicular en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima? | Determinar el flujo vehicular para el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | El flujo vehicular es de 60km/h , con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel. | | La poblacion Toda la Av. Sánchez Carrión en el distrito de Jesús María. La muestra: Alforo vehicular de 20,177 unidades vehiculares | |
| ¿Cuál es la influencia del nivel de servicio en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima? | Determinar el nivel de servicio en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | El nivel de servicio se encuentra en la categoría A y B con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel. | | | Instrumentos Contador Manual Crónometro Drone Software Synchro Software InfraWorks Excel Autocad |
| ¿Cuál es el grado de saturación en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima? | Determinar el grado de saturación en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | El grado de saturación es de 0.50 , con el nuevo diseño geométrico de paso a desnivel. | | Y: Transitabilidad en la av. Sánchez Carrión | Procedimiento Primero se realiza una recopilación de análisis descriptivo de información de campo. Luego de obtener la información de campo, se recopila los datos del estudio de tráfico en el tramo, para ello se tomará información de la cantidad de vehículos que transcurren en cada cruce de la vía, de tal manera calculando la cantidad de vehículos en un conteo vehicular. Según lo verificado con el software se obtienen los resultados sobre la disminución de los tiempos de recorrido con el diseño de un paso a desnivel. |
| ¿Cuál es el nivel del servicio de la intersección en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima? | Determinar el nivel del servicio de la intersección en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | El nivel del servicio de la intersección se encuentra 40% en el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel. | | | |
| ¿Cuál es las dimensiones de las vías en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima? | Determinar las dimensiones de las vías en el diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | Las dimensiones de las vías permite el incremento de 50% en la transitabilidad con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel | | | |
| ¿Cuál es la influencia del plan de mantenimiento en el diseño geométrico de paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima? | Determinar el plan de mantenimiento con el nuevo diseño geométrico del paso a desnivel, en la av. Sánchez Carrión, en el distrito de Jesús María, provincia y departamento de Lima. | El plan de mantenimiento aumenta en un 10% la fluidez vehicular en las vías auxiliares del paso a desnivel. | | | |

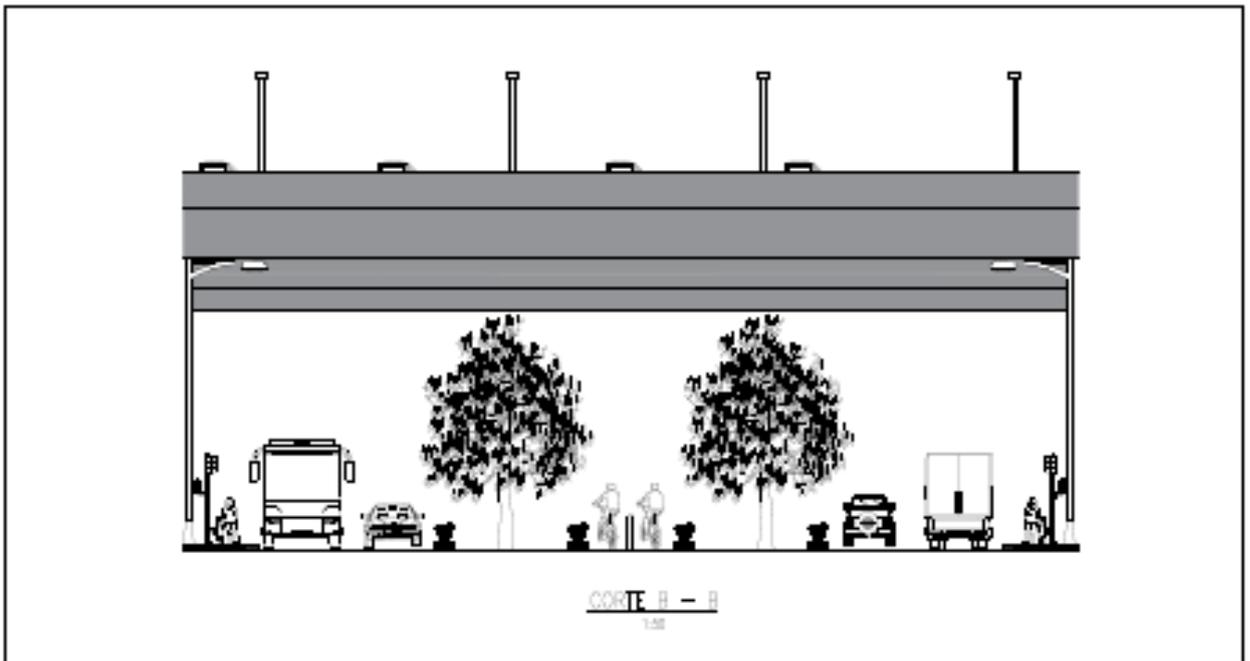
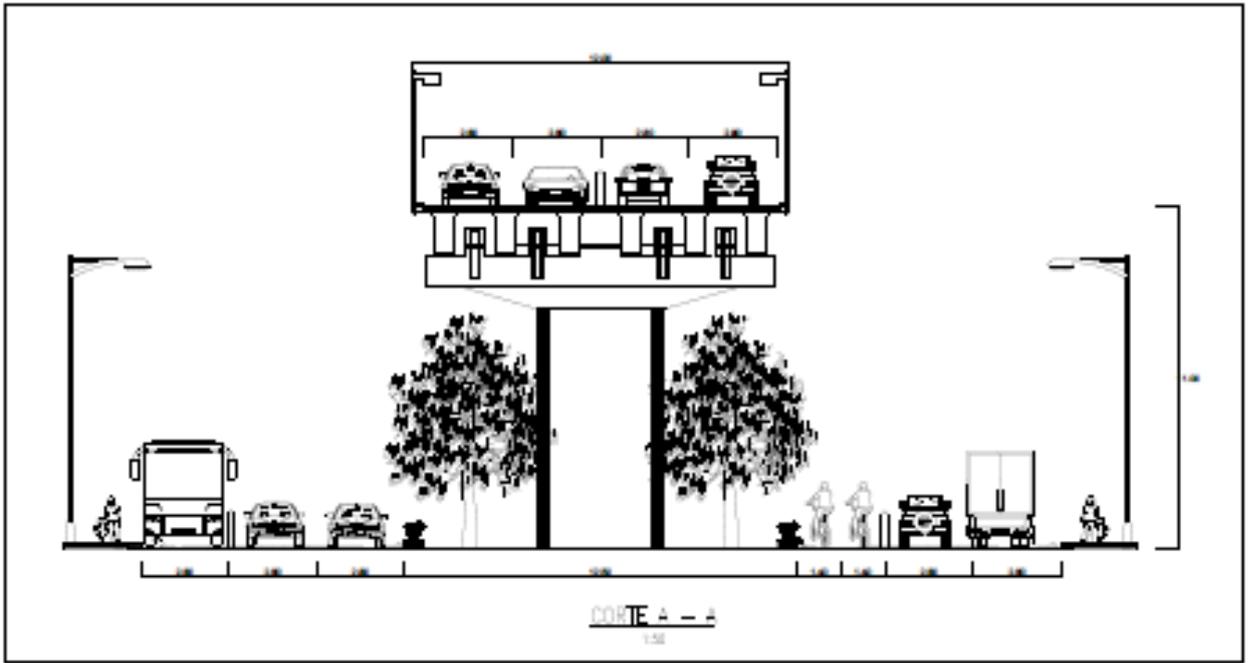
ANEXO 2

Plano topográfico de La Av. Sánchez Carrión, Jesús María



ANEXO 3.

Plano de corte del paso a desnivel Av. Sánchez Carrión, Jesús María



ANEXO 4.

Panel fotográfico Levantamiento Drone

Las siguientes 7 fotografías de la Av. Sánchez Carrión fueron tomadas por los autores

