



## **FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

MODELIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR PARA OPTIMIZAR EL NIVEL DE  
SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS PRINCIPAL Y ANGAMOS,  
MEDIANTE EL SOFTWARE VISSIM, SURQUILLO

**Línea de investigación:  
Seguridad vial e infraestructura de transporte**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

### **Autora**

Eusebio Santisteban, Paola Pierina Jackeline

### **Asesor**

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro

ORCID: 0000-0003-2200-7169

### **Jurado**

Benavides Caveró, Oscar

Vidal Retamozo, Eduardo Silvano

Carrillo Balceda, Jesús Elías

**Lima - Perú**

**2026**



# MODELIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR PARA OPTIMIZAR EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS PRINCIPAL Y ANGAMOS, MEDIANTE EL SOFTWARE VISSIM, SURQUILLO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	13%	3%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
10	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

MODELIZACIÓN DEL FLUJO VEHICULAR PARA OPTIMIZAR  
EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN DE LAS  
AVENIDAS PRINCIPAL Y ANGAMOS, MEDIANTE EL  
SOFTWARE VISSIM, SURQUILLO

Línea de Investigación:

Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autora

Eusebio Santisteban, Paola Pierina Jackeline

Asesor

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro

ORCID: 0000-0003-2200-7169

Jurado

Benavides Cavero, Oscar

Vidal Retamozo, Eduardo Silvano

Carrillo Balceda, Jesús Elías

Lima – Perú

2026

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios por darme la fortaleza, salud y sabiduría para culminar esta etapa. A mis padres, Nancy y Pablo, y a mi querida mamita Aleja, por ser mi mayor inspiración y ejemplo de humildad, esfuerzo y amor incondicional. Gracias por enseñarme a nunca rendirme. A mis hermanos, con el compromiso de ser siempre un ejemplo para ellos. A toda mi familia, por su apoyo constante. También agradezco a mis docentes por su dedicación, y a mis amigos, por su compañía y motivación en los momentos más difíciles.

### **Agradecimiento**

Agradezco profundamente a mis padres, Nancy y Pablo, a mi mamita Aleja, a mis hermanos y a mis tías, quienes han sido mi principal inspiración, brindándome su amor incondicional y los valores fundamentales que me han permitido alcanzar esta meta. También extiendo mi gratitud a toda mi familia por su apoyo constante y por acompañarme en cada etapa de este proceso, ofreciéndome siempre su respaldo incondicional. Asimismo, agradezco a los docentes de la universidad, cuyas enseñanzas y experiencias han sido esenciales en mi formación profesional. Finalmente, reconozco a mis compañeros y amigos, quienes con sus palabras de aliento y compañía hicieron este camino más llevadero. camino.

## ÍNDICE

Resumen.....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Descripción y formulación del problema .....	13
1.1.1. Problema general.....	16
1.1.2. Problemas específicos.....	16
1.2. Antecedentes.....	17
1.2.1. Antecedentes internacionales .....	17
1.2.2. Antecedentes nacionales .....	19
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos específicos .....	21
1.4. Justificación.....	22
1.5. Hipótesis.....	22
1.5.1. Hipótesis general.....	22
1.5.2. Hipótesis específicas .....	22
II. MARCO TEÓRICO .....	23
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación .....	23
III. MÉTODO.....	32
3.1. Tipo de investigación.....	32
3.2. Ámbito temporal y espacial .....	32
3.3. Variables .....	33
3.3.1. Variable Independiente.....	33
3.3.2. Variable Dependiente .....	33

3.4. Población y muestra .....	34
3.4.1. Población.....	34
3.4.2. Muestra.....	34
3.5. Instrumentos .....	34
3.6. Procedimientos .....	35
3.7. Análisis de datos .....	48
3.8. Consideraciones éticas .....	73
IV. RESULTADOS .....	74
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	81
VI. CONCLUSIONES.....	84
VII. RECOMENDACIONES .....	85
VIII. REFERENCIAS.....	86
IX. ANEXOS.....	90

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Aforos vehiculares realizados en la intersección Av. Principal con Av. Angamos....	37
Tabla 2 Aforos peatonales realizados en la Av. Principal con Av. Angamos .....	38
Tabla 3 Resultados de los volúmenes vehiculares en 9 horas del día.....	38
Tabla 4 Principales horas punta registradas dentro de la intersección de análisis.....	41
Tabla 5 Resultados de los volúmenes peatonales en las 16 horas de aforo .....	45
Tabla 6 Principales hora puntas peatonales analizadas en la zona de estudio .....	47
Tabla 7 Comparativo entre las horas punta vehicular y peatonal – Día Jueves.....	47
Tabla 8 Número mínimo de repeticiones necesarias para obtener el intervalo de confianza deseado.....	57
Tabla 9 Indicador Estadístico (GEH).....	59
Tabla 10 Indicador Estadístico (GEH) - Turno mañana .....	59
Tabla 11 Indicador Estadístico (GEH) - Turno Medio día .....	60
Tabla 12 Indicador Estadístico (GEH) - Turno Tarde .....	61
Tabla 13 Niveles de Servicio (LOS) Vehiculares Actual .....	67
Tabla 14 Niveles de Servicio (LOS) Vehiculares propuesta .....	73
Tabla 15 Fases y ciclo semafórico Optimizado .....	77
Tabla 16 Escenario actual vs Propuesto.....	79

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño modelado en VISSIM.....	25
Figura 2. Diversidad de tipos de intersecciones a nivel.....	27
Figura 3. Intersección en cruz con carriles bidireccionales.....	30
Figura 4 Ciclovía entre vereda y estacionamiento.....	31
Figura 5 Ciclovía entre vereda y pista.....	31
Figura 6 Riesgos de los peatones y congestión vehicular.....	36
Figura 7 Volúmenes vehiculares – día martes.....	39
Figura 8 Volúmenes vehiculares – día jueves.....	39
Figura 9 Volúmenes vehiculares – día domingo.....	39
Figura 10 Composición Vehicular – día martes.....	40
Figura 11 Composición Vehicular – día jueves.....	40
Figura 12 Composición Vehicular – día domingo.....	41
Figura 13 Distribución horaria del flujo vehicular – día martes.....	42
Figura 14 Distribución horaria del flujo vehicular – día jueves.....	43
Figura 15 Distribución horaria del flujo vehicular – día domingo.....	44
Figura 16 Distribución horaria del flujo peatonal – día martes.....	45
Figura 17 Distribución horaria del flujo peatonal – día jueves.....	46
Figura 18 Distribución horaria del flujo peatonal – día domingo.....	46
Figura 19 Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas.....	49
Figura 20 Plano Situación Actual.....	50
Figura 21 Vehículos recreados 3D.....	52
Figura 22 Tiempo de verde efectivo y ciclo semafórico ingresado al programa.....	54
Figura 23 Máxima Demanda Vehicular.....	54
Figura 24 Parámetro del comportamiento vehicular Moto Lineal.....	55

Figura 25	Parámetro del comportamiento vehicular Mototaxi	55
Figura 26	Parámetro del comportamiento para el ancho de vía Av. Principal	56
Figura 27	Diseño geométrico de la Av. Principal – Av. Angamos	62
Figura 28	Escenario Base (Vehicular y peatonal) Av. Principal – Av. Angamos	63
Figura 29	Programación Semafórica Actual	64
Figura 30	Esquema de las Fases Semafóricas	64
Figura 31	Programación Actual Ingresada al Software Vissim	64
Figura 32	Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos	68
Figura 33	Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos	69
Figura 34	Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos	69
Figura 35	Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos	70
Figura 36	Programación Semafórica propuestas con movimientos traslapados	71
Figura 37	Esquema de las Fases Propuesto	71
Figura 38	Programación propuesta Ingresada al Software Vissim	71
Figura 39	Volúmenes Vehiculares en Horas Puntas – día jueves	74
Figura 40	Tipo de Vehículos en Horas Puntas – día jueves	75
Figura 41	Flujograma Vehicular – Horas Punta	75
Figura 42	Flujograma Vehicular – Hora de Máxima demanda (Turno Mañana de 8:00 – 9:00 hrs)	76
Figura 43	Fases y ciclo semafórico Optimizado	78
Figura 44	Escenario actual vs Propuesto	80

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo proponer un modelo de flujo vehicular orientado a optimizar el nivel de servicio en la intersección de la Av. Principal con la Av. Angamos, ubicada en el distrito de Surquillo, Lima. La investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo, considerando como población a todos los vehículos que transitan por dicha intersección, incluyendo automóviles particulares, taxis, buses y unidades de carga, en distintos periodos del día. Los resultados evidenciaron que la intersección presenta una alta demanda vehicular durante las horas punta, con flujos que superan los 5,123 vehículos por hora, lo que genera congestión significativa y condiciones operativas deficientes. A partir de la modelación microscópica realizada con el software VISSIM, se determinó que el Nivel de Servicio (NDS) en estas condiciones alcanza la categoría “F”, caracterizada por demoras excesivas, saturación y baja eficiencia en la circulación. En respuesta a esta problemática, se planteó una optimización de los tiempos semafóricos, ajustando fases y ciclos de acuerdo con los patrones de demanda observados. Como resultado de esta intervención, se logró proyectar una mejora sustancial en el desempeño de la intersección, alcanzando un Nivel de Servicio “D”, lo que implica condiciones más estables y una reducción significativa de la congestión. Finalmente, la propuesta se encuentra alineada con los lineamientos del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito del MTC, garantizando criterios técnicos de eficiencia y seguridad vial.

*Palabras clave:* Modelación, optimización, flujo vehicular, nivel de servicio

## **Abstract**

The present study aimed to propose a vehicular flow model focused on optimizing the level of service at the intersection of Av. Principal and Av. Angamos, located in the district of Surquillo, Lima. The research was applied in nature, with a quantitative approach and a descriptive scope, considering as its population all vehicles traveling through the intersection, including private cars, taxis, buses, and freight vehicles, during different periods of the day. The results showed that the intersection experiences high vehicular demand during peak hours, with flows exceeding 5,123 vehicles per hour, generating significant congestion and poor operational conditions. Based on the microscopic modeling carried out using VISSIM software, it was determined that the Level of Service (LOS) under these conditions reaches category “F,” characterized by excessive delays, saturation, and low traffic efficiency. In response to this issue, an optimization of signal timing was proposed by adjusting phases and cycles according to observed demand patterns. As a result of this intervention, a substantial improvement in the intersection’s operational performance was projected, achieving a Level of Service “D,” which implies more stable conditions and a significant reduction in congestion. Finally, the proposal is aligned with the guidelines of the MTC Traffic Control Devices Manual, ensuring technical criteria for operational efficiency and road safety.

*Keywords:* Modeling, Optimization, Traffic Flow, and Level of Service

## I. INTRODUCCIÓN

La intersección de las avenidas Principal y Angamos, situada en el distrito de Surquillo, presenta diversos problemas asociados a la congestión vehicular, la seguridad vial y la infraestructura urbana. Debido a su ubicación estratégica y a la convergencia de múltiples rutas, esta zona experimenta un elevado flujo de vehículos, especialmente durante las horas punta. Como consecuencia, se generan retrasos significativos en los tiempos de desplazamiento, lo cual afecta directamente la eficiencia del sistema de transporte.

Además, esta situación repercute negativamente en la calidad de vida de los ciudadanos, ya que incrementa los niveles de estrés, reduce la productividad y contribuye al deterioro ambiental por las emisiones generadas por vehículos en condiciones de marcha lenta. En vista de ello, resulta necesario desarrollar herramientas técnicas que permitan comprender el comportamiento del tránsito y proponer soluciones viables. En este contexto, la modelización del flujo vehicular mediante el software VISSIM se plantea como una alternativa eficaz para analizar, simular y optimizar el nivel de servicio en dicha intersección, contribuyendo así a mejorar la movilidad urbana en el distrito.

La congestión vehicular también incrementa significativamente la probabilidad de que ocurran accidentes de tránsito. Durante el año 2023, se registraron 13 choques de vehículos en esta intersección, lo que evidencia su alta peligrosidad. La naturaleza caótica de la circulación en este punto no solo afecta a los conductores, sino también a los peatones y ciclistas, quienes enfrentan condiciones de riesgo constante al transitar por la zona. Es importante señalar que esta intersección cuenta con una ciclovía, lo que podría ser un elemento positivo para fomentar la movilidad sostenible. Sin embargo, la falta de señalización adecuada y la inexistencia de medidas de control del tráfico, como semáforos funcionales y bien ubicados, limitan severamente su eficacia.

La carencia de señalización adecuada agrava aún más la situación, generando confusión

entre los conductores. Las señales existentes están mal ubicadas o no son visibles, lo que dificulta la orientación de los vehículos. Esto, sumado a la ausencia de semáforos en puntos clave, incrementa los riesgos para todos los usuarios de la vía. Los peatones, por su parte, carecen de pasos de cebra debidamente señalizados, lo que dificulta el cruce seguro de las avenidas. Los ciclistas, a pesar de contar con una cicloavía, no tienen la seguridad garantizada debido a la invasión de su espacio por vehículos y a la falta de medidas que aseguren su prioridad en la vía.

Otro factor crítico es el diseño mismo de la intersección, que no responde adecuadamente al volumen de tráfico actual ni a la diversidad de usuarios. Las infraestructuras existentes no consideran la implementación de elementos que faciliten el flujo vehicular ni la integración armónica de peatones y ciclistas. Asimismo, la iluminación deficiente en ciertas áreas de la intersección aumenta el riesgo de accidentes durante las horas nocturnas.

Dada esta compleja problemática, resulta imperativo llevar a cabo un estudio exhaustivo que identifique todas las deficiencias en la señalización, la infraestructura y la gestión del tráfico en esta intersección. Este análisis debe incluir un levantamiento detallado de las condiciones actuales, un diagnóstico de los puntos críticos y una propuesta de soluciones viables y sostenibles. Dichas soluciones podrían incluir la instalación de semáforos, la reubicación y optimización de las señales existentes, el rediseño de la intersección para facilitar el flujo vehicular y la incorporación de medidas de protección para peatones y ciclistas, como pasos peatonales elevados y barreras físicas para delimitar la cicloavía.

La implementación de estas medidas no solo contribuiría a reducir la congestión vehicular y los accidentes de tránsito, sino que también mejoraría significativamente la seguridad y la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. Además, fomentaría una movilidad más inclusiva y sostenible, al integrar de manera segura a todos los usuarios de la vía, desde conductores hasta peatones y ciclistas.

## **1.1. Descripción y formulación del problema**

Los accidentes de tráfico representan un desafío crítico para la sociedad contemporánea, debido a las severas consecuencias humanas, económicas y sociales que conllevan. Más allá de la pérdida de vidas humanas, que constituye la tragedia más evidente, los accidentes generan costos económicos significativos relacionados con atención médica, reparaciones, pérdida de productividad y daños a la infraestructura. Estas consecuencias, difíciles de abordar de manera integral, subrayan la urgencia de adoptar medidas efectivas para mitigar este problema. Un ejemplo alarmante de esta situación se observa en Rumanía, país que registra, de manera constante, la tasa anual más alta de muertes en carretera entre todos los estados de la Unión Europea. Este dato no solo pone en evidencia una grave crisis de seguridad vial, sino que también apunta hacia deficiencias estructurales en el sistema de transporte del país. Uno de los factores determinantes de esta problemática es la calidad de la infraestructura vial, que en Rumanía se encuentra en el nivel más bajo de toda la Unión Europea, según diversos estudios y rankings regionales. La relación entre la infraestructura vial y la incidencia de accidentes de tráfico es un tema ampliamente reconocido en la investigación sobre seguridad vial. Aspectos como el diseño de las carreteras, la señalización, la iluminación y el mantenimiento pueden influir significativamente en el comportamiento de los conductores. Por ejemplo, carreteras mal diseñadas, con curvas pronunciadas y sin elementos de advertencia adecuados, incrementan el riesgo de colisiones.

Del mismo modo, la falta de iluminación en zonas rurales o la ausencia de barreras de protección en tramos peligrosos pueden contribuir a un aumento en la gravedad de los accidentes. Además de la infraestructura, el entorno vial en general también juega un papel crucial. Factores como la densidad del tráfico, las condiciones climáticas y la presencia de áreas urbanas o rurales determinan en gran medida el nivel de riesgo. En el caso de Rumanía, la combinación de una infraestructura deficiente con un entorno vial complejo crea un escenario

altamente propicio para los accidentes. En muchos casos, estas deficiencias no solo complican la conducción, sino que también limitan la capacidad de los conductores para responder de manera adecuada a situaciones inesperadas. Por otra parte, el comportamiento del conductor es un factor clave en el sistema de transporte y una de las principales causas de accidentes. Elementos como la distracción al volante, el consumo de alcohol, el exceso de velocidad y la falta de respeto por las normas de tráfico son comportamientos comunes que incrementan el riesgo de accidentes. Sin embargo, estos factores humanos no pueden analizarse de manera aislada, ya que interactúan con las características del entorno vial y el estado de los vehículos. Por ejemplo, un conductor distraído en una carretera bien diseñada podría evitar un accidente gracias a las medidas de seguridad implementadas, mientras que en una carretera deficiente las consecuencias podrían ser fatales. (Kanyepe et al., 2022).

El diseño geométrico de las vías y la implementación de medidas de control del tráfico son elementos clave que influyen de manera directa en la seguridad vial. Las intersecciones, debido a su naturaleza como puntos de convergencia de múltiples flujos de tráfico, se han identificado como áreas particularmente vulnerables dentro de la infraestructura vial. Estas zonas no solo concentran altos volúmenes de vehículos, peatones y ciclistas, sino que también presentan mayores niveles de complejidad en la dinámica del tráfico, lo que incrementa significativamente el riesgo de colisiones y otros incidentes viales.

El diseño geométrico de las intersecciones también desempeña un papel determinante en la seguridad vial. Factores como ángulos inadecuados de intersección, radios de giro insuficientes y configuraciones que dificultan la visibilidad para los conductores son elementos que agravan la probabilidad de accidentes. Por ejemplo, intersecciones con ángulos agudos o múltiples puntos de entrada pueden generar confusión entre los conductores, aumentando el riesgo de colisiones frontales o laterales. Además, la falta de isletas o separadores físicos para canalizar el tráfico puede resultar en maniobras impredecibles que ponen en peligro a todos los

usuarios de la vía. Por otro lado, la implementación de medidas de control del tráfico, como semáforos, señales de advertencia y sistemas de gestión de tráfico inteligentes, suele ser insuficiente o mal adaptada a las condiciones específicas de cada intersección. En muchas áreas urbanas de India, por ejemplo, se observa una desconexión entre las necesidades reales del tráfico y las soluciones implementadas, lo que resulta en una gestión ineficaz y en la perpetuación de los problemas de seguridad vial. Otro factor relevante es el comportamiento de los usuarios de las vías en las intersecciones. En entornos donde el tráfico no está adecuadamente regulado, es común observar conductas de riesgo como exceso de velocidad, no respetar el derecho de paso y maniobras temerarias. Estas prácticas, combinadas con la falta de infraestructura adecuada y medidas de control efectivas, crean un entorno propicio para la ocurrencia de accidentes. El problema se ve agravado en horas punta, cuando los volúmenes de tráfico alcanzan su máximo nivel y las intersecciones se convierten en puntos de congestión severa. Este fenómeno no solo aumenta el riesgo de accidentes, sino que también tiene repercusiones económicas significativas debido a los retrasos en el transporte y a la reducción de la productividad.

Para abordar esta problemática, es esencial adoptar un enfoque integral que considere tanto el diseño geométrico de las vías como la implementación de medidas efectivas de control del tráfico. Esto incluye rediseñar las intersecciones para mejorar la visibilidad, canalizar adecuadamente los flujos vehiculares y proteger a los usuarios más vulnerables, como peatones y ciclistas. Además, es fundamental integrar tecnologías avanzadas de gestión de tráfico, como sistemas inteligentes de semáforos y sensores de flujo, que permitan una regulación dinámica y eficiente del tráfico. La educación vial y la sensibilización de los usuarios también son componentes críticos de una estrategia integral. Promover el respeto por las normas de tráfico y fomentar comportamientos responsables en las vías puede contribuir significativamente a reducir el número de accidentes en intersecciones. En conjunto, estas acciones no solo

mejorarán la seguridad vial, sino que también contribuirán a la creación de entornos urbanos más sostenibles y habitables. (Hussain et al., 2024)

Por otro lado, Lima continúa destacándose como la ciudad con los mayores niveles de congestión vehicular en Latinoamérica. Según el Índice de Congestión Vehicular 2023 de la empresa privada TomTom, que evalúa el tiempo promedio necesario para recorrer 10 km en 387 ciudades de 55 países, la capital peruana mantuvo la primera posición en la región y ascendió al quinto lugar a nivel mundial (octavo en 2022). Solo detrás de Londres, Dublín, Toronto y Milán, Lima se situó como la quinta ciudad en el mundo donde un viaje de 10 km toma más tiempo. TomTom informó que, en promedio efectuar un viaje de dicha distancia en nuestra capital durante el 2023 demoró 28 minutos con 30 segundos, aumentando en 1 minuto con 20 segundos en comparación con el registro del 2022.

A lo mencionado, se formula la siguiente pregunta de investigación:

### ***1.1.1. Problema general***

¿De qué manera la modelización del flujo vehicular permite la optimización del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo?

### ***1.1.2. Problemas específicos***

- ¿Cómo el modelamiento de la capacidad vial y del volumen de tránsito en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite la optimización del nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo?
- ¿Cómo el modelamiento de los fases y ciclos semafóricos en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite la optimización del nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo?
- ¿Cómo el modelamiento de las demoras vehiculares en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite la optimización del nivel de servicio,

utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo?

## **1.2. Antecedentes**

### ***1.2.1. Antecedentes internacionales***

Villareal y Basantes (2023) en su investigación “Desarrollo de una propuesta técnica de tránsito para la reducción de la congestión vehicular en los accesos de la ciudad de Riobamba haciendo uso del software de modelación y simulación PTV VISSIM”, tuvieron como objetivo principal abordar la congestión vehicular en los accesos a la ciudad de Riobamba. Emplearon el software PTV VISSIM para analizar, diseñar y optimizar el flujo de tráfico en puntos críticos de ingreso. Se identificaron seis accesos principales donde se producía congestión vehicular, afectando la productividad y generando problemas sociales y ambientales. Los resultados mostraron mejoras en la experiencia de transporte para residentes y visitantes. Concluyeron que el uso de tecnología avanzada para el conteo vehicular es crucial para obtener datos precisos y realistas, permitiendo una simulación más ajustada a la realidad y mejorando la movilidad en ciudades con problemas similares.

Tovar y Zamudio (2022) en su investigación "Análisis del comportamiento vial modelado en VISSIM PTV para la optimización de la intersección en la carrera 33 con calle 34 sector Unimeta en la ciudad de Villavicencio - Meta." Esta investigación tuvo por objetivo analizar el comportamiento vial en una intersección crítica utilizando el software VISSIM para optimizar la semaforización y la infraestructura. La metodología incluyó recopilación y análisis de datos de tránsito, modelado en VISSIM y evaluación de escenarios. Se determinó que el lunes entre las 11:30 a.m. y las 12:15 p.m. fue el periodo de mayor flujo vehicular. Entre las soluciones implementadas destacaron la optimización de los tiempos de semáforo y la construcción de un puente peatonal, logrando disminuir el flujo vehicular y la accidentalidad mortal en la zona.

Muñoz (2021) en su investigación “Modelado y análisis del sector Villa Bernarda

(Calle 12) del Municipio de Guamal - Meta mediante software para la simulación de tránsito VISSIM". Tuvo por objetivo modelar el tránsito existente bajo condiciones actuales y una infraestructura ciclo-peatonal en el barrio Villa Bernarda, municipio de Guamal-Meta. Usaron una metodología cuantitativa, recolectando datos sobre el volumen de vehículos y su clasificación mediante aforos de tránsito. Los datos se analizaron con el software VISSIM, evaluando la situación actual y proyectando mejoras. Los resultados mostraron que los volúmenes vehiculares diarios variaron entre 2,012 y 2,192 vehículos. Concluyeron que la implementación de una ciclovía y una peatonal mejoraría la calidad de vida y la seguridad vial, reduciendo el nivel de servicio F a A, lo que indica una mejora sustancial en la movilidad.

Li et al. (2020) en su investigación "VISSIM-Based Simulation and Analysis of Upstream Segments in Ramp Areas for Optimizing Vehicle Group Lane-Changing Behaviors." Este estudio abordó la optimización del comportamiento de cambio de carril en segmentos aguas arriba de rampas de entrada a autopistas. Mediante el software VISSIM, se simularon estrategias de cambio de carril grupal bajo un entorno de vehículos conectados, analizando retrasos como índice de rendimiento. Los resultados mostraron que optimizar las estrategias de cambio de carril en estos segmentos puede reducir significativamente los retrasos, mejorar la seguridad vial y aumentar la capacidad de la vía. Este enfoque reguló eficazmente los comportamientos de los conductores en entornos de tráfico denso.

Wen (2018) en su investigación "An Agent-Based Simulation Model for Optimization of the Signalized Intersection Connected to Freeway On-Ramp." Este trabajo se centró en optimizar la intersección conectada a rampas de entrada a autopistas, abordando problemas de congestión y seguridad debido a conflictos entre flujos vehiculares. Utilizando VISSIM, se simularon tres soluciones: extender el carril compartido, convertirlo en exclusivo para giros a la derecha y agregar un carril de desvío. La tercera opción resultó ser la más efectiva, reduciendo los tiempos de demora y mejorando la fluidez del tránsito.

### ***1.2.2. Antecedentes nacionales***

Arapa (2024) en su investigación “Evaluación de Tráfico en la Vía Arequipa a la Ruta 48 con el Nuevo Proyecto de Carretera Cerro Colorado La Joya Aplicando el Software Vissim – 2023”, tuvo por objetivo evaluar el tráfico en la intersección de la vía Arequipa y la Ruta 48, utilizando el software VISSIM. Implementaron una metodología que incluyó la revisión de antecedentes, toma de datos, observación continua y manejo de datos. Se emplearon instrumentos como contadores de tráfico, radares de velocidad y encuestas a conductores. Los resultados revelaron falencias en el modelo inicial, con vehículos excediendo los límites de velocidad y generando cuellos de botella. Concluyeron que un reajuste en la cantidad de vehículos y la reducción de velocidad mejoró el flujo vehicular. Sin embargo, reconocieron que los cuellos de botella son inevitables, aunque su incidencia puede reducirse significativamente con ajustes adecuados.

Tito (2024) en su investigación "Optimización del nivel de servicio vehicular y flujo peatonal por microsimulación con el programa PTV VISSIM, en los jirones Los Incas, Tacna, Cahuide y avenida La Torre - Puno." Esta investigación tuvo por objetivo optimizar el nivel de servicio vehicular y el flujo peatonal en una intersección crítica de la ciudad de Puno, donde convergen actividades comerciales y alta densidad poblacional, en un entorno caracterizado por deficiencias en la semaforización y la señalización. La metodología utilizada fue de enfoque cuantitativo, nivel aplicativo y diseño no experimental, basado en conteos vehiculares y peatonales detallados. Se registraron flujos vehiculares diarios de 8477, 13529, 7469 y 16719 vehículos en los jirones Tacna, Cahuide, Los Incas y avenida La Torre, respectivamente, así como aforos peatonales en hora punta que oscilaron entre 497 y 1293 personas en diferentes cruces. Con el software PTV VISSIM se microsimularon escenarios multimodales bajo diversas semillas, concluyéndose que la implementación de un ciclo semafórico de 95 segundos y la adición de un carril en el jirón Tacna permitieron reducir la congestión vehicular en un

20.45% y aumentar el flujo peatonal en un 11.04%.

Peredo y Panduro (2023) en su investigación “Análisis de la accesibilidad e impacto del tránsito en el óvalo Ureta Ubicado en la ciudad de Chiclayo – Lambayeque”, tuvieron por objetivo estudiar el efecto del flujo vehicular y los patrones de comportamiento de los peatones en el óvalo Ureta, Chiclayo. Utilizaron una metodología cualitativa basada en el Design Thinking y Lean Startup, aplicando encuestas y observaciones en campo para recolectar datos sobre la interacción de peatones y vehículos. Los resultados mostraron que el 57% de los transeúntes eran mujeres, con un alto tránsito peatonal especialmente en horas pico. Las simulaciones con VISSIM y VISWALK identificaron áreas críticas de conflicto. Concluyeron que la implementación de semaforización y mejoras en la señalización aumentó la seguridad y eficiencia en la zona, recomendando estas medidas como soluciones viables para los problemas detectados.

Gonzales y Reynoso (2023), en su investigación “Rediseño y evaluación intermodal de la intersección de las avenidas Sucre y Bolívar utilizando los softwares VISSIM y VISWALK 8. “, evaluaron escenarios de tráfico en la intersección de las avenidas Bolívar y Sucre en Pueblo Libre, Lima. Emplearon los softwares de micro simulación VISSIM y VISWALK para modelar la intersección y analizar el comportamiento de vehículos y peatones. La metodología incluyó observación, recolección de datos, y simulación de propuestas de mejora como semaforización y reglas de prioridad. Los resultados mostraron una reducción del tiempo de desplazamiento vehicular en la Av. Sucre de 4.84 a 3.12 segundos, representando una mejora del 35%. Concluyeron que las propuestas implementadas mejoraron la fluidez del tráfico y la seguridad, validando la eficacia del enfoque utilizado.

Robles (2022) en su investigación “Análisis y rediseño de una intersección vial de alto tránsito desde el enfoque de la movilidad sostenible. Caso: intersección vial de las avenidas Brasil - San Felipe - Gral. Manuel Vivanco, Lima - Perú. “, se propuso analizar la intersección

entre las avenidas Brasil, San Felipe y Gral. Manuel Vivanco en Lima, destacando los problemas de congestión vehicular y seguridad vial. Utilizó tomas de datos in situ con drones y los softwares PTV Vissim y Viswalk para crear un modelo de microsimulación. Los resultados revelaron deficiencias significativas en la infraestructura, incluyendo problemas de señalización y seguridad. Se plantearon propuestas como la eliminación de carriles de giro exclusivo y la mejora de espacios públicos. Concluyeron que, aunque las mejoras en eficiencia vehicular fueron limitadas, los parámetros peatonales y la seguridad vial mejoraron considerablemente, promoviendo una recuperación significativa del espacio público.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Determinar de qué manera la modelización del flujo vehicular permite la optimización del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

- Determinar de qué manera el modelamiento de la capacidad vial y del volumen del tránsito permite la optimización del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, mediante el uso del software VISSIM.
- Determinar de qué manera el modelamiento de los fases y ciclos semafóricos en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite la optimización del nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.
- Determinar de qué manera el modelamiento de las demoras vehiculares en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite la optimización del nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.

## **1.4. Justificación**

La intersección entre la Av. Principal y la Av. Angamos Este en el distrito de Surquillo es un punto caracterizado por un elevado flujo vehicular y peatonal. La frecuencia de accidentes en esta intersección ha incrementado las preocupaciones de seguridad y eficiencia vial, resaltando la necesidad de una intervención efectiva y fundamentada. La investigación propuesta es fundamental para abordar los problemas en la intersección de la Av. Principal y Av. Angamos Este en Surquillo.

A través del uso de herramientas avanzadas como VISSIM, se busca implementar soluciones viales basadas en evidencia que mejoren significativamente la seguridad y movilidad en esta área urbana.

## **1.5. Hipótesis**

### ***1.5.1. Hipótesis general***

La modelización del flujo vehicular permite optimizar el nivel de servicio en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.

### ***1.5.2. Hipótesis específicas***

- El modelamiento de la capacidad vial y del volumen del tránsito permite optimizar el nivel de servicio en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, mediante el uso del software VISSIM.
- El modelamiento de las fases y ciclos semafóricos en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite optimizar el nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.
- El modelamiento de las demoras vehiculares en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite optimizar el nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1. *Tránsito vehicular*

El tránsito vehicular se refiere al desplazamiento de vehículos en una red vial dentro de un espacio geográfico determinado. Según Ortúzar y Willumsen (2011), este fenómeno se estudia mediante el análisis de variables como el flujo vehicular, la velocidad y la densidad, lo que permite comprender el comportamiento del tráfico y diseñar soluciones eficientes para mejorar la movilidad urbana.

#### 2.1.2. *Intersecciones viales*

Las intersecciones son puntos críticos dentro de una red vial donde confluyen dos o más vías. Su diseño y operación influyen directamente en la fluidez del tránsito y en la seguridad vial. Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), una intersección eficiente debe minimizar los tiempos de espera, reducir los conflictos entre movimientos vehiculares y garantizar una adecuada visibilidad y señalización.

#### 2.1.3. *Nivel de servicio (LOS)*

El nivel de servicio es un indicador que mide la calidad del flujo vehicular en función del tiempo de demora, velocidad, densidad y grado de saturación de la vía o intersección. De acuerdo con la metodología del Highway Capacity Manual (HCM), se clasifica en seis niveles, de la A (flujo libre) a la F (congestión extrema). Esta clasificación es útil para evaluar la eficiencia de las soluciones propuestas mediante simulación.

#### 2.1.4. *Microsimulación del tránsito*

La microsimulación es una técnica avanzada de modelización que representa el comportamiento individual de los vehículos dentro de una red vial. El software PTV VISSIM permite simular con precisión el flujo vehicular en intersecciones, considerando aspectos como la interacción entre vehículos, semáforos, colas y tiempos de espera. Esta herramienta es

ampliamente utilizada para predecir el impacto de medidas de gestión vial antes de su implementación.

### ***2.1.5. Modelización del flujo vehicular***

La modelización del flujo vehicular implica la representación computacional del movimiento de los vehículos a través de un entorno vial determinado. Se basa en teorías como el modelo de seguimiento de vehículos (car-following) y el modelo de cambio de carril (lane-changing), que permiten recrear las dinámicas reales del tránsito, estas técnicas permiten analizar escenarios alternativos y proponer intervenciones que optimicen la movilidad y reduzcan la congestión.

### ***2.1.6. Optimización del tránsito urbano***

La optimización del tránsito busca mejorar el rendimiento de la red vial mediante la aplicación de medidas técnicas y operativas. Estas pueden incluir ajustes en la semaforización, rediseño de intersecciones, priorización de movimientos o cambios en los patrones de circulación. La simulación de estos escenarios permite evaluar su efectividad en función de indicadores como el tiempo de viaje, la velocidad promedio y el nivel de servicio.

### ***2.1.7. VISSIM***

El software VISSIM, cuyo nombre completo es "Verkehr In Städten – Simulationsmodell", que se traduce como "Simulación del tráfico en ciudades", fue desarrollado originalmente en la Universidad de Karlsruhe, Alemania, a principios de la década de 1970. Esta herramienta digital avanzada se utiliza para analizar y modelar diversos aspectos del tráfico vehicular y peatonal. Entre sus principales funciones, VISSIM permite evaluar el control y flujo del tráfico, procesar datos derivados de la estructura vial, y analizar las interacciones entre diferentes modos de transporte, incluyendo el transporte intermodal. Además, ofrece funcionalidades para la optimización de señales de tráfico, la gestión integral del tráfico, y la simulación del movimiento peatonal. Gracias a estas capacidades, VISSIM se

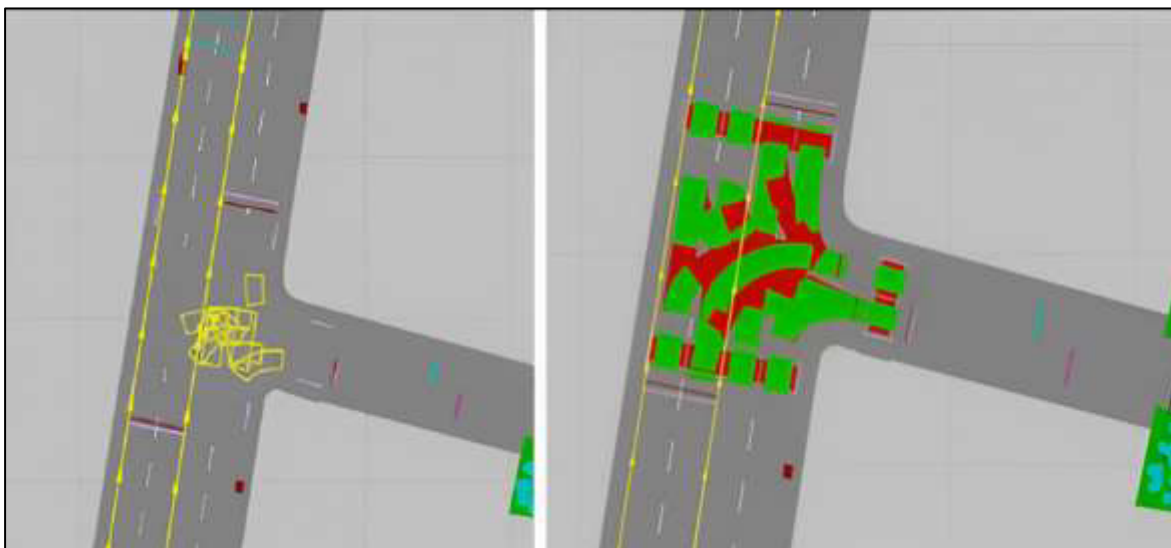
convierte en una herramienta esencial para la simulación y planificación de proyectos de transporte, así como para la gestión y construcción de redes viales eficientes y seguras.

Es una herramienta de simulación de tráfico que permite la creación de modelos detallados de redes de transporte. PTV VISSIM es utilizado para simular y analizar el flujo vehicular, evaluar niveles de servicio y probar diferentes soluciones viales (Hadi y Khairurrasyid, 2024).

Las simulaciones que realizar este software son necesarias debido que se puede analizar el flujo del tráfico e incluso también se puede tener en cuenta la conducta de los conductores. Este programa efectúa ocho modelos del comportamiento del automóvil, los cuales son: seguimiento, seguimiento del vehículo, cambio de carril, lateral, control de señales, autonomía, error del conductor y mesoscópico. Asimismo, también VISSIM podría realizar un análisis del comportamiento de conducción en una escala menor, por lo que sí podría dar alternativas de mejorar la transitabilidad. Es necesario que se realicen modelos de simulación con el fin de identificar conflictos en el tráfico, teniendo en cuenta, el entorno del tráfico, la demografía y la mezcla de estos parámetros (Hussain, 2024).

### **Figura 1**

*Diseño modelado en VISSIM.*



### **2.1.8. Normativas de la investigación**

**Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito:** Este reglamento establece las normas y procedimientos para la circulación vehicular y peatonal en el territorio peruano. Define las reglas para el uso de vías públicas, señalización, velocidades máximas permitidas, y obligaciones de conductores y peatones.

**Normas Técnicas de Diseño Vial - Manual de Carreteras DG-2013:** Proporciona las directrices para el diseño geométrico de carreteras y vías urbanas en Perú. Incluye especificaciones para el diseño de intersecciones, carriles, aceras, y elementos de seguridad vial.

**Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (MTC):** Este manual establece los criterios para la instalación y uso de dispositivos de control de tránsito, como semáforos, señales de tráfico y marcas viales. Es esencial para garantizar la uniformidad y claridad en la señalización vial.

**Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma Técnica A.011 “Criterios y condiciones para la evaluación del impacto vial en edificaciones” (D.S. N.º 011-2006-VIVIENDA):** Establece los criterios técnicos para analizar el impacto del tránsito generado por nuevas edificaciones o intervenciones urbanas, considerando el nivel de servicio, capacidad vial y condiciones de accesibilidad.

**Normativa técnica del software PTV VISSIM – PTV Group:** Incluye los lineamientos y parámetros de simulación basados en microsimulación vehicular, necesarios para garantizar la validez y confiabilidad de los modelos de tránsito elaborados.

### **2.1.9. Diseño de intersecciones**

El diseño de intersecciones constituye un elemento clave en la planificación de la infraestructura vial urbana, dado que impacta directamente en la seguridad, eficiencia operativa y capacidad de una red vial. Las intersecciones, al ser puntos de convergencia de múltiples

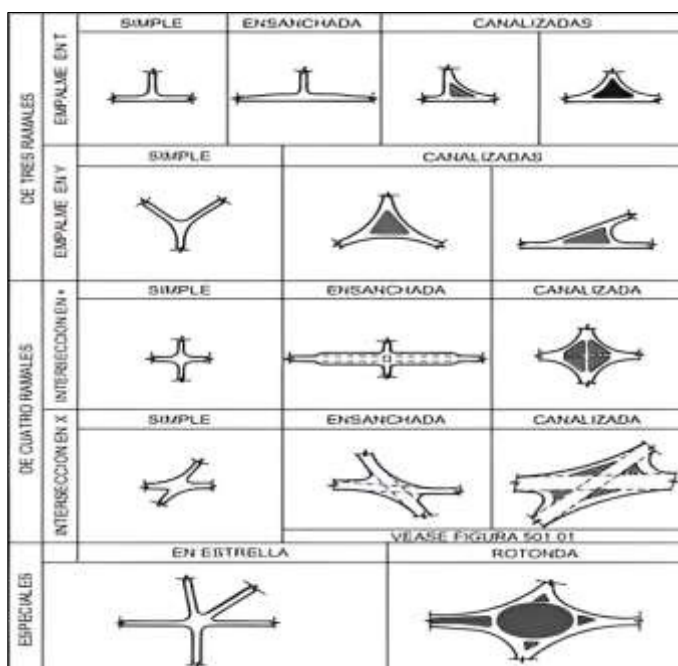
trayectorias vehiculares y peatonales, generan conflictos que deben ser resueltos mediante configuraciones geométricas adecuadas y dispositivos de control efectivos (Ortúzar y Willumsen, 2011).

Existen diversos tipos de intersecciones, tales como en “T”, en cruz, rotatorias y semaforizadas. En el entorno urbano, las intersecciones con control semafórico son fundamentales para administrar altos volúmenes de tránsito, pero requieren de una programación adecuada de tiempos de fase y ciclo, así como de una correcta sincronización, especialmente durante las horas punta.

Un diseño inadecuado puede ocasionar congestión, demoras excesivas, aumento de emisiones contaminantes y mayor probabilidad de accidentes. Por ello, el uso de herramientas de simulación como PTV VISSIM permite analizar con mayor precisión la interacción entre los elementos geométricos y operativos, facilitando la evaluación de escenarios de mejora en el diseño y operación de intersecciones.

## Figura 2

### *Diversidad de tipos de intersecciones a nivel*



*Nota.* Tomado de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

### **2.1.10. Señalización**

Según el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), la señalización vial en intersecciones constituye un elemento fundamental para regular el tránsito y garantizar la seguridad de los usuarios. En este contexto, se consideran los siguientes dispositivos:

- Señal de pare: Con el fin de ceder el camino a los peatones.
- Triángulo de visibilidad: Con el fin de adecuar las velocidades de diseño.
- Semáforo: Con el fin de mejorar la transitabilidad en los sectores urbanos.

### **2.1.11. Ciclovía**

Con respecto a las ciclovías existen normas tanto para los usuarios de las bicicletas como para quienes van a realizar el diseño donde se transportarían, entre los cuales está el “Manual para Ciclistas del Perú”, el cual proporciona la información correcta acerca del uso óptimo de este medio, así como también las reglas de tránsito que involucran la implementación de este medio de transporte. Existen diferentes tipos de normativas con respecto a las ciclovías, entre las que se encuentran:

El “Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo – inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista”, este fue implementado por la Municipalidad de Lima, en donde se mencionan algunos lineamientos para las infraestructuras y políticas de diseño en un contexto en la ciudad capital del Perú. Donde mencionan esquemas representando a los usuarios y cómo deben ser la naturaleza de las vías, entre las que se destacan:

Seguridad en las vías, con el fin de evitar conflictos entre los usuarios dentro de las vías.

Coherencia dentro de las rutas con el fin de que haya el menor porcentaje de tráfico.

Las rutas deben ser directas y tener comodidad para el despliegue rápido de los usuarios.

Las rutas deben ser atractivas con el fin de mejorar la seguridad y tener buen diseño e iluminación.

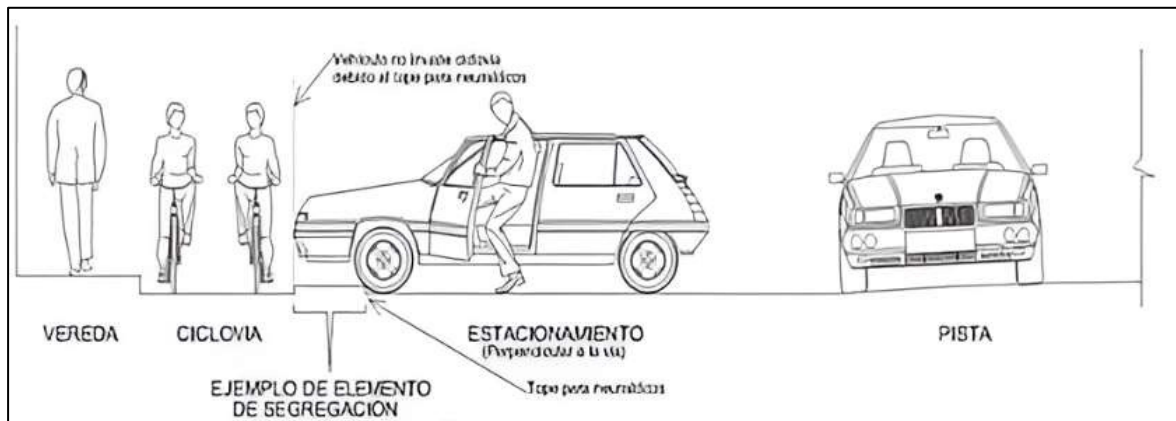
También existe una “Guía e implementación de sistemas de infraestructura ciclista e intersecciones”, impulsado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2021), en donde se presenta una guía que tiene el fin de añadir un diseño ciclo-vial en diferentes vías. En donde menciona entre los diferentes parámetros de diseño, el ancho mínimo y ancho recomendado para vías de uno y dos carriles, además del ciclo carril. Esta norma también toma en cuenta intersecciones en cruz en donde hay ciclovías y cómo deberían plantearse.



Además, existe la Norma CE.03, implementado por el Ministerio de Construcción y Saneamiento llamado “Obras especiales y complementarias”, donde la norma muestra los parámetros para el diseño de las ciclovías, presenta también lineamientos técnicos en los cuales se mencionan algunos puntos técnicos referente a ello.

#### Figura 4

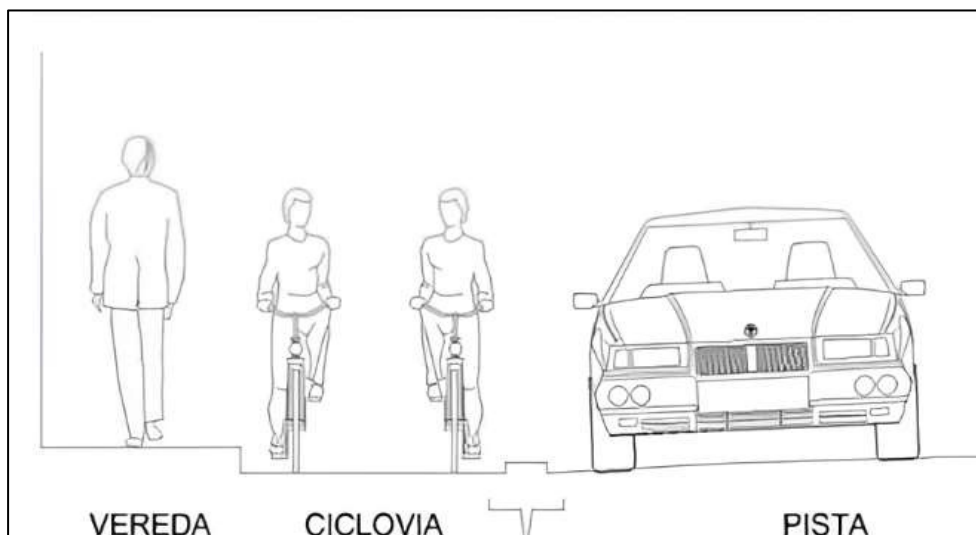
*Ciclovía entre vereda y estacionamiento.*



*Nota.* Tomado de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014).

#### Figura 5

*Ciclovía entre vereda y pista*



*Nota.* Tomado de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014).

### **III. MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Según Hernández et al. (2014), la presente investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, el cual sirve para diagnosticar y proponer soluciones al problema de tránsito en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, utilizando el software VISSIM. Se trata de un estudio aplicado, orientado a resolver una problemática específica de tráfico urbano.

El diseño de investigación es no experimental, ya que se analizarán los fenómenos en su contexto real sin manipulación de variables. De acuerdo con Samaniego (2022), se emplearán métodos analíticos, sintéticos, inductivos y deductivos, combinando razonamiento lógico y observación empírica. A nivel metodológico, es una investigación descriptiva y correlacional, pues busca caracterizar el flujo vehicular y evaluar relaciones entre variables operativas del tránsito. Finalmente, su alcance es transversal, al centrarse en un análisis puntual de la situación actual para identificar deficiencias y proponer alternativas de mejora.

#### **3.2. Ámbito temporal y espacial**

El ámbito temporal de esta tesis abarca el período durante el cual se recopilarán y analizarán los datos de tráfico en la intersección de la Av. Principal y Av. Angamos. Se realizó la recolección de datos se realice durante un período de tres meses, en distintas franjas horarias y días de la semana, para garantizar una muestra representativa del comportamiento vehicular. Además, el análisis de estos datos y la simulación de propuestas de solución se llevarán a cabo en un período adicional de dos meses, con el objetivo de entregar resultados y recomendaciones claras y precisas.

El ámbito espacial se centra específicamente en la intersección de la Av. Principal y Av. Angamos, ubicada en el distrito de Surquillo, Lima, Perú. Este espacio es seleccionado debido a su relevancia como un punto crítico de tráfico en la ciudad, caracterizado por altos

niveles de congestión vehicular. El estudio se enfocará en un radio de aproximadamente 500 metros alrededor de la intersección, incluyendo las entradas y salidas vehiculares, para analizar no solo el punto de conflicto sino también su impacto en las áreas circundantes y en el flujo general de tráfico en la zona.

### **3.3. Variables**

#### ***3.3.1. Variable Independiente***

Modelación del Flujo Vehicular

##### **Definición Conceptual:**

La modelización del flujo vehicular en una intersección consiste en la representación digital del comportamiento del tránsito, considerando variables como el volumen vehicular, la velocidad, los tiempos de recorrido y la interacción entre vehículos. Esta modelización permite analizar y predecir el desempeño del sistema vial bajo diferentes escenarios operativos (Misari, 2021).

##### **Definición Operacional:**

La modelización del flujo vehicular se realizará mediante el software VISSIM, a partir de datos recolectados in situ como: volumen vehicular por hora, velocidad promedio y tipo de movimiento. Estos parámetros serán ingresados en la simulación para representar el comportamiento real del tránsito, y así evaluar su influencia sobre el nivel de servicio en la intersección de las avenidas Principal y Angamos.

#### ***3.3.2. Variable Dependiente***

Niveles de Servicio en la intersección

##### **Definición Conceptual:**

Los niveles de servicio en una intersección se refieren a la medida de la eficiencia operativa y el desempeño de la intersección en términos de capacidad, tiempo de espera, y fluidez del tráfico. Se clasifica típicamente en una escala que va desde niveles de servicio A

(excelente) hasta F (deficiente), basado en el grado de congestión y retrasos experimentados por los usuarios (Gonzales y Reynoso, 2023).

### **Definición Operacional:**

Se mide mediante el análisis de parámetros como tiempos de espera en los semáforos, el grado de congestión en la intersección, y la eficiencia general del flujo vehicular utilizando el software de simulación PTV VISSIM. Los niveles de servicio se evaluarán con base en las simulaciones y los datos obtenidos durante el análisis del flujo vehicular.

## **3.4. Población y muestra**

### **3.4.1. Población**

La población de este estudio está compuesta por todos los vehículos que circulan por la intersección de la Av. Principal y Av. Angamos, en el distrito de Surquillo, Lima, Perú. Esta población incluye diferentes tipos de vehículos, como automóviles particulares, taxis, autobuses, y vehículos de carga, que transitan por esta intersección en distintos horarios del día.

### **3.4.2. Muestra**

La muestra se seleccionará utilizando un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a la naturaleza observacional del estudio y a las restricciones logísticas. Se registrarán datos de tráfico durante un período de una semana, los 7 días de la semana y las 24 horas del día. Se priorizarán las horas punta de la mañana (7:00-9:00) y de la tarde (17:00-19:00), así como periodos intermedios, para capturar variaciones significativas en el flujo vehicular.

## **3.5. Instrumentos**

**Cámaras de video:** Para la grabación del flujo vehicular en la intersección durante el período de estudio.

**Contadores automáticos de vehículos:** Dispositivos electrónicos colocados en puntos estratégicos para contar el número de vehículos que pasan por la intersección.

Complementario a ello, se utilizó como herramienta el Software PTV VISSIM: Utilizado para la micro simulación del flujo vehicular y análisis de los niveles de servicio.

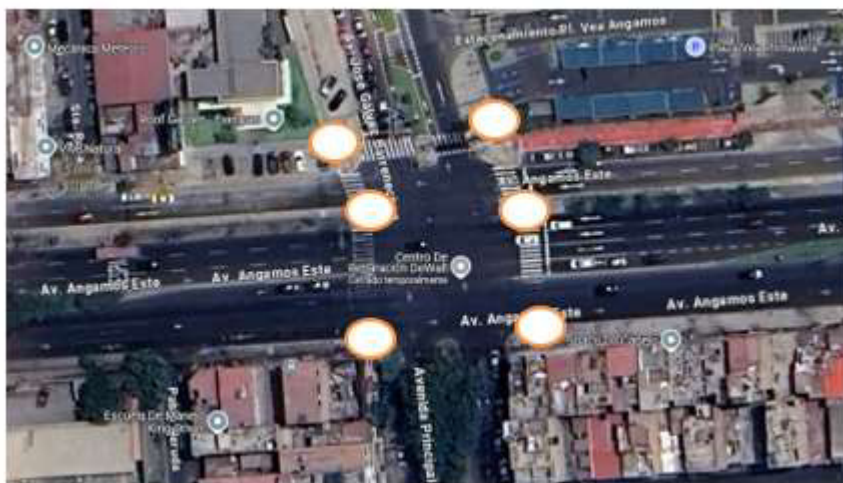
### 3.6. Procedimientos

#### Recolección de Datos:

Se instalaron cámaras de video y contadores automáticos en puntos estratégicos de la intersección para registrar de manera continua el flujo vehicular. Estos dispositivos permitieron obtener datos cuantitativos precisos sobre el volumen, tipo y comportamiento del tránsito en diferentes franjas horarias. La información recolectada facilitó un análisis detallado del patrón de circulación, sirviendo como base fundamental para la modelación y simulación en el software PTV VISSIM.

#### Figura 6

*Ubicación de puntos estratégicos*



Se ubicaron 06 puntos estratégicos en el área de estudio para la recolección de datos mediante cámaras, contadores automáticos.

#### Observación Directa:

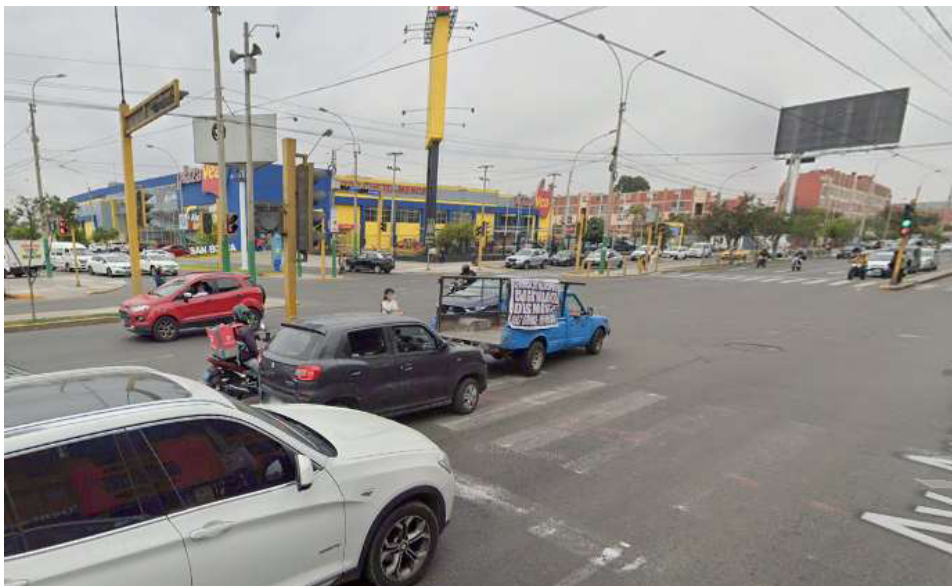
Se realizó una observación directa in situ con el fin de complementar y validar la información obtenida mediante dispositivos electrónicos, tales como contadores vehiculares y

cámaras de video. Esta metodología permitió registrar de manera sistemática y detallada la dinámica del tráfico y el comportamiento de los usuarios viales en la intersección de la Av. Principal y Av. Angamos.

Durante la observación, se identificaron patrones específicos de congestión, puntos conflictivos y conductas de riesgo que no eran evidentes únicamente con los datos cuantitativos automatizados. Asimismo, se registraron condiciones ambientales, interacción peatonal y situaciones excepcionales que afectaban el flujo vehicular en distintos momentos del día.

### **Figura 6**

*Riesgos de los peatones y congestión vehicular*



La información recopilada en campo proporcionó un valioso aporte cualitativo y contextual que enriqueció el análisis en el software de microsimulación PTV VISSIM. Gracias a esta observación, se pudo obtener una visión integral y precisa del comportamiento real del tránsito, lo que resultó fundamental para fundamentar las propuestas de mejora orientadas a optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal en la zona estudiada. La observación directa realizada constituyó un componente clave del proceso de diagnóstico, garantizando la fiabilidad y precisión del análisis y fortaleciendo la validez de las soluciones planteadas.

## Situación del tránsito actual

### Volúmenes Vehiculares

Para ello se realizaron los conteos vehiculares en dos días típicos (martes y martes) y un día atípico (domingo) por 16 horas del día, y por periodos de 15 minutos en los 3 períodos del día, priorizando el análisis para 09 horas, tal como se indica a continuación:

Los horarios de censados en los tres días fueron:

- Turno mañana: 06:30 – 09:30
- Turno Tarde: 12:00 – 15:00
- Turno Noche: 17:30 – 20:30

La intersección censada es la siguiente:

- Av. Principal y Av. Angamos

Luego de la identificación de la clasificación vehicular dentro del área de estudio, se realizó los trabajos de levantamiento de flujos vehiculares en la intersección prevista.

En la tabla 1, se presentan las horas de aforo y/o conteos vehiculares en el área de estudio.

**Tabla 1**

*Aforos vehiculares realizados en la intersección Av. Principal con Av. Angamos*

Nº	INTERSECCIÓN	TIPO DE LABOR REALIZADA	DIA	FECHA	HORARIO DE
1	Av. Principal -Av. Angamos	Aforos Vehiculares Direccionales	Martes	01.04.2025	06:30 - 20:30 Hrs.
			Jueves	03.04.2025	06:30 - 20:30 Hrs.
			Domingo	06.04.2025	06:30 - 20:30 Hrs.

### Volúmenes Peatonales

A fin de identificar las principales características de la circulación peatonal en el área

de estudio se procedieron a realizar censos peatonales en la intersección de impacto directo a la zona de estudio, las cuales se proceden a describir:

**Tabla 2**

*Aforos peatonales realizados en la Av. Principal con Av. Angamos*

Nº	INTERSECCIÓN	TIPO DE LABOR REALIZADA	DIA	FECHA	HORARIO DE
1	Av. Principal y Av. Angamos	Aforos Peatonales Direccionales	Martes	01.04.2025	06:30 - 20:30 Hrs.
			Jueves	03.04.2025	06:30 - 20:30 Hrs.
			Domingo	06.04.2025	06:30 - 20:30 Hrs.

### **Horas punta vehicular**

A partir de las evaluaciones realizadas en campo y cuyos resultados se detallan y se presentan en los anexos del presente estudio, se procedió a examinar la distribución horaria de los flujos vehiculares registrados en la intersección materia de estudio, las cuales detallamos.

**Tabla 3**

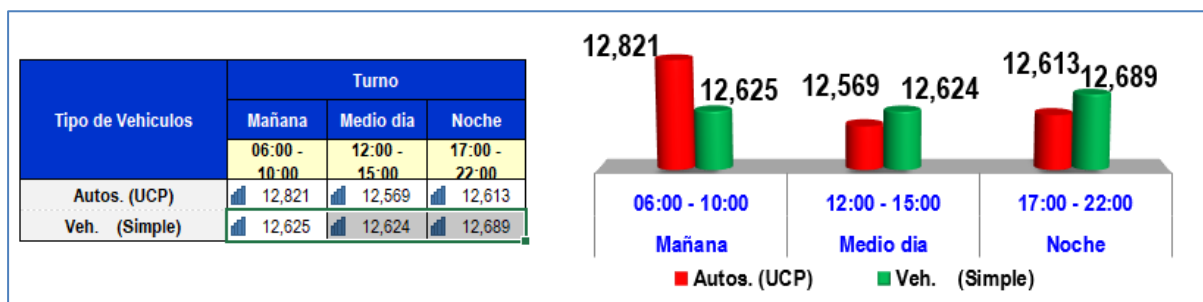
*Resultados de los volúmenes vehiculares en 16 horas del día*

Nº	INTERSECCIÓN	DIA	HORARIO	VOLUMEN VEHICULAR (16 Hrs)
1	Av. Principal y Av. Angamos	Martes	06:30 - 20:30 Hrs.	37, 938 Veh/día
		Jueves	06:30 - 20:30 Hrs.	42, 960 Veh/día
		Domingo	06:30 - 20:30 Hrs.	20, 450 Veh/día

Como se puede apreciar en la tabla 3, es el día jueves (día típico) el que presenta la mayor cantidad de vehículos con 42, 960 vehículos/día y el día domingo (día atípico) el más cargado con 34, 306 vehículos/día. A continuación, se muestra la distribución horaria de cada uno de los días de aforo:

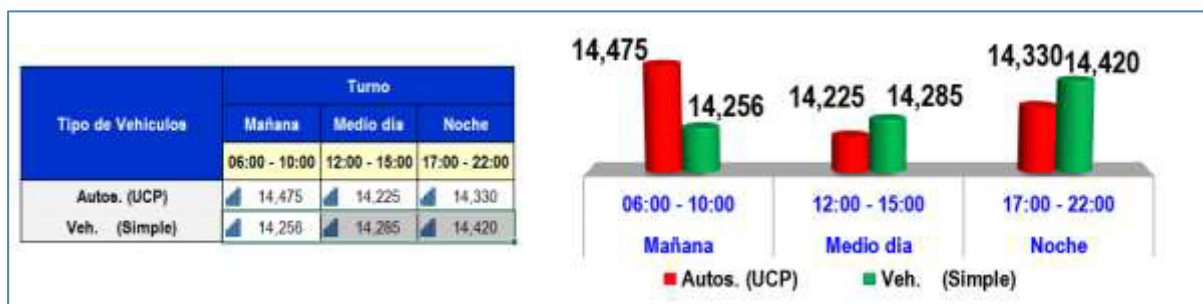
**Figura 7**

*Volúmenes vehiculares – día martes*



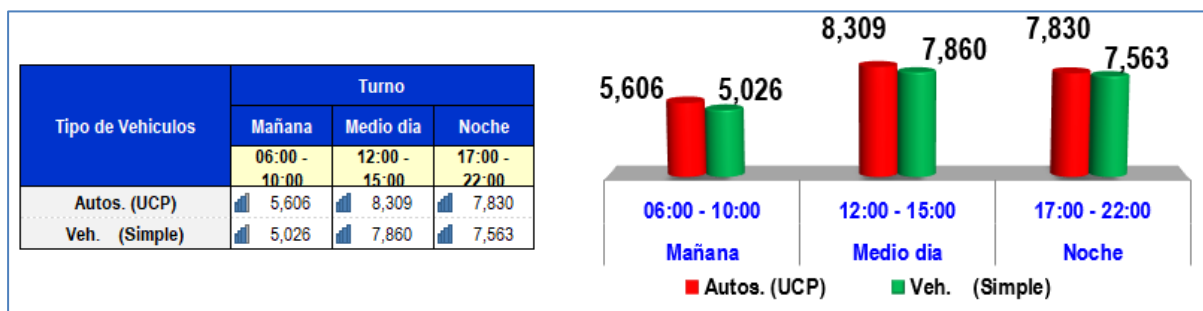
**Figura 8**

*Volúmenes vehiculares – día jueves*



**Figura 9**

*Volúmenes vehiculares – día domingo*



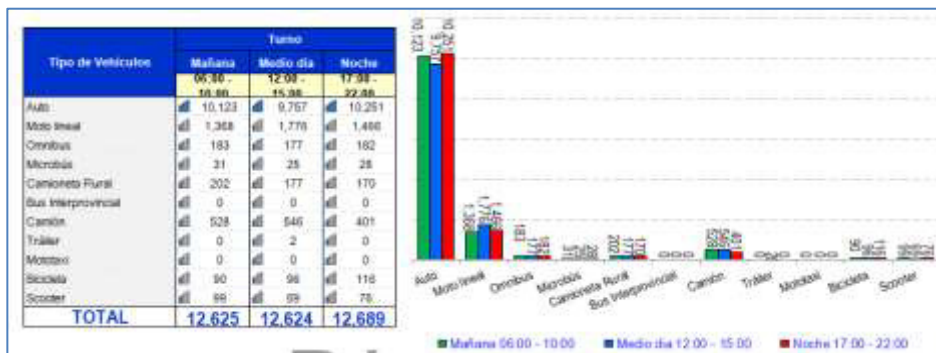
**Composición Vehicular**

Se identificó la composición vehicular a partir de los datos recolectados mediante cámaras de video y observación directa en la intersección evaluada. Durante el periodo de medición, se clasificaron los vehículos según su tipología: automóviles ligeros, motocicletas, camionetas, buses y camiones. El análisis permitió determinar que los vehículos livianos

representaban el mayor porcentaje del flujo total, seguidos por unidades de transporte público y vehículos de carga. Esta información fue fundamental para asignar los parámetros de simulación en el modelo de tráfico, permitiendo replicar con mayor fidelidad el comportamiento real del sistema vial.

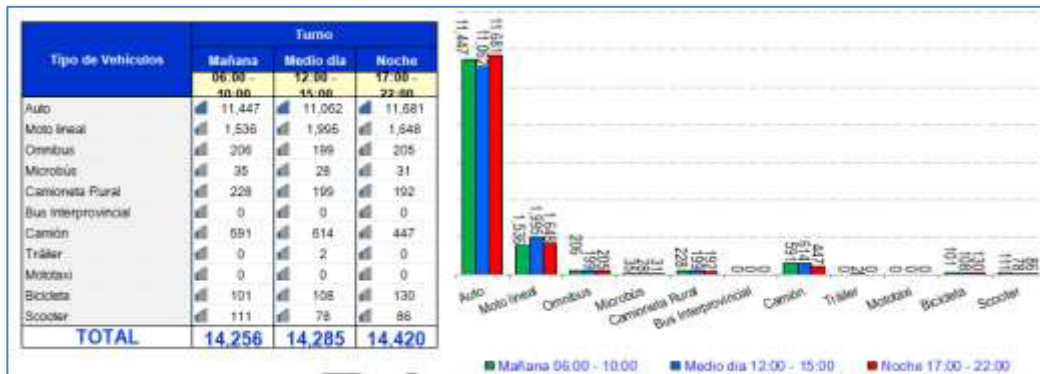
**Figura 10**

*Composición Vehicular – día martes*



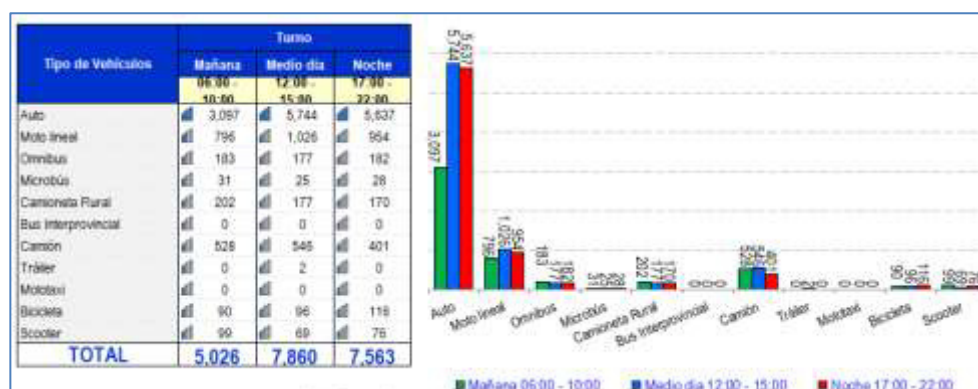
**Figura 11**

*Composición Vehicular – día jueves*



**Figura 12**

*Composición Vehicular – día domingo*



### Horas punta peatonales

A continuación, se muestra una tabla resumen de las horas punta identificadas:

**Tabla 4**

*Principales horas punta registradas dentro de la intersección de análisis*

Nº	INTERSECCIÓN	DIA	HORA PUNTA DE LA MAÑANA	HORA PUNTA DEL MEDIO DIA	HORA PUNTA DE LA TARDE
1	Av. Principal y Av. Angamos	Martes	7:45 – 8:45 hrs 4,505 Veh/Hr	12:30 – 13:30 hrs 4,249 Veh/Hr	17:45 – 18:45 hrs 4,348 Veh/Hr
		Jueves	8:00 – 9:00 hrs 5,123 Veh/Hr	14:00 – 15:00 hrs 4,921 Veh/Hr	18:00 – 19:00 hrs 4,957 Veh/Hr
		Domingo	8:30 – 9:30 hrs 1,904 Veh/Hr	13:15 – 14:15 hrs 2,945 Veh/Hr	18:00 – 19:00 hrs 2,820 Veh/Hr

En la tabla 4, el aforo vehicular realizado en la intersección de la Av. Principal con la Av. Angamos permitió identificar las horas punta correspondientes a los días martes, jueves y domingo. Se evidenció que el jueves fue el día con mayor volumen de tránsito, registrando un pico de 5,123 vehículos por hora durante la mañana (8:00 – 9:00 hrs), seguido de 4,957

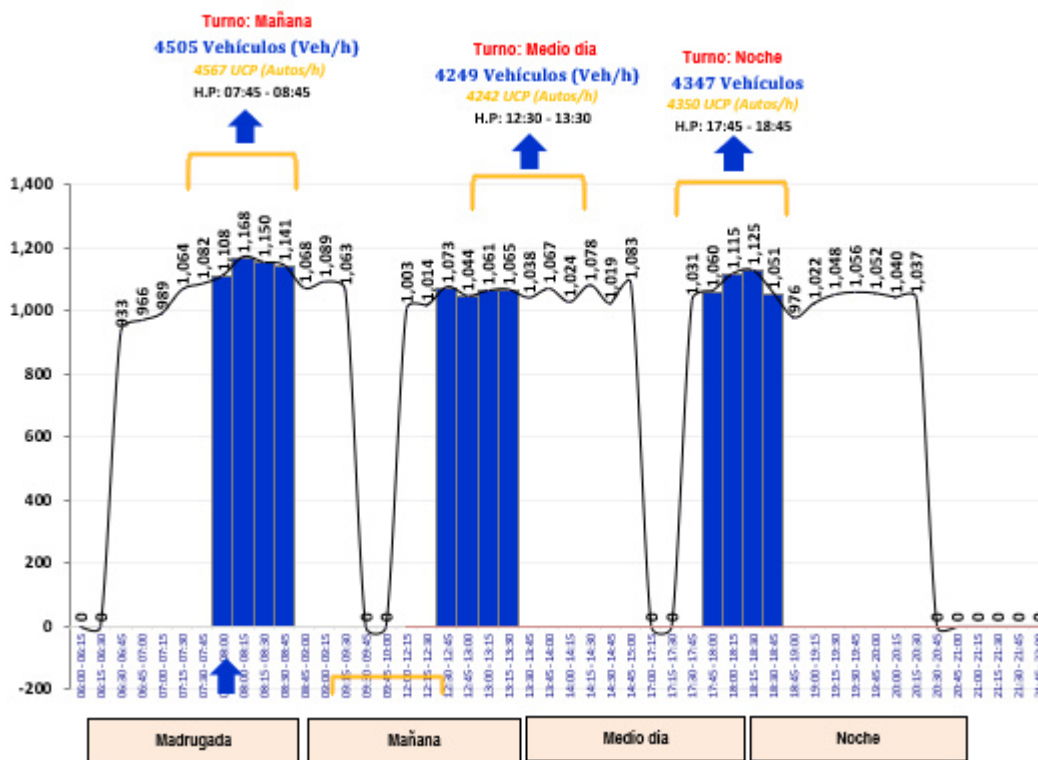
veh/hora en la tarde. El martes mostró flujos ligeramente inferiores, con un máximo de 4,505 veh/hora en la mañana. En contraste, el domingo reflejó una significativa reducción del tránsito, con un flujo máximo de 2,945 veh/hora al mediodía. Estos datos permiten determinar los momentos de mayor carga vehicular, fundamentales para la simulación y propuesta de mejoras en la intersección evaluada.

### Horas punta vehicular

A continuación, se muestra lo registrado en el día martes:

**Figura 13**

*Distribución horaria del flujo vehicular – día martes*

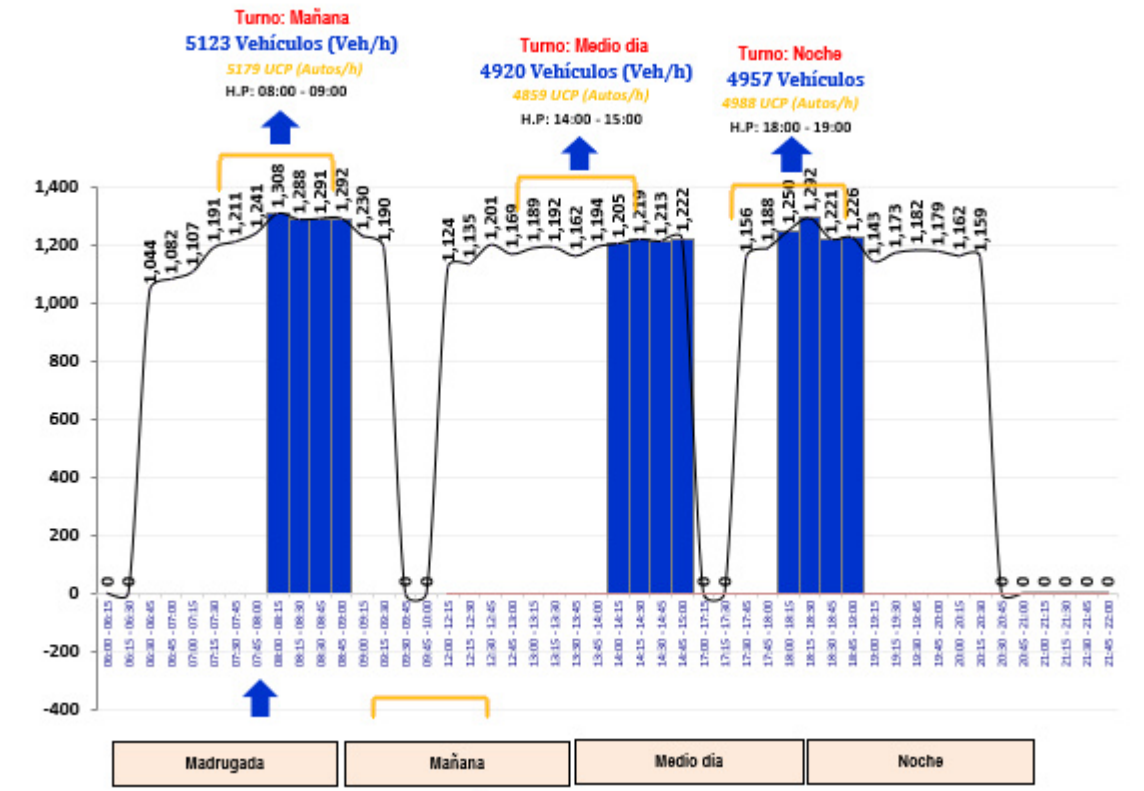


La Figura 13 describe que para el día jueves la hora punta de la mañana se mantiene entre las 07:45 – 08:45 horas con 4505 vehículos/hora; en el medio día se modifica y se registra entre 12:30 – 13:30 horas con 4249 vehículos/hora; y en la tarde de igual modo se reduce y se registra entre 17:45 – 18:45 horas con 4347 vehículos/hora; siendo estos nuevos registros de horas punta en condiciones normales de un día rutinario laboral.

A continuación, se muestra lo registrado en el día jueves:

**Figura 14**

*Distribución horaria del flujo vehicular – día jueves*

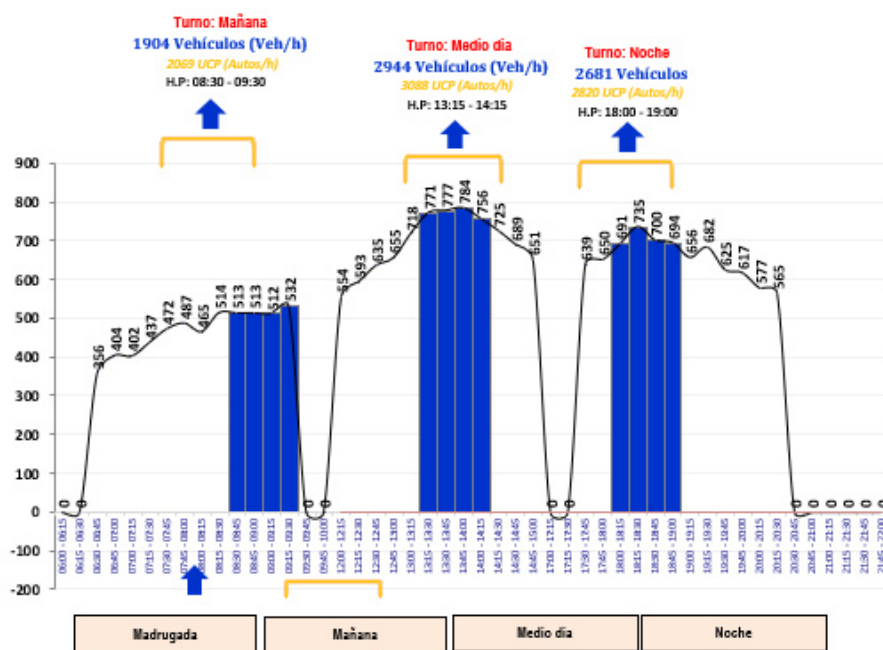


La Figura 14 describe que para el día jueves la hora punta de la mañana se mantiene entre las 08:00 – 09:00 horas con 5123 vehículos/hora; en el medio día se modifica y se registra entre 14:00 – 15:00 horas con 4920 vehículos/hora; y en la tarde de igual modo se reduce y se registra entre 18:00 – 19:00 horas con 4957vehículos/hora; siendo estos nuevos registros de horas punta en condiciones normales de un día rutinario laborable.

A continuación, se muestra lo registrado en el día domingo:

**Figura 15**

*Distribución horaria del flujo vehicular – día domingo*



La Figura 15 describe que para el día jueves la hora punta de la mañana se mantiene entre las 08:30 – 09:30 horas con 1904 vehículos/hora; en el medio día se modifica y se registra entre 13:15 – 14:15 horas con 2944 vehículos/hora; y en la tarde de igual modo se reduce y se registra entre 18:00 – 19:00 horas con 2681 vehículos/hora; siendo estos nuevos registros de horas punta en condiciones normales de un día rutinario laborable.

**Horas punta peatonales**

Con la finalidad de identificar las principales características de la circulación peatonal en la intersección materia de estudio, se procedieron a realizar censos peatonales en los principales cruces del área de impacto directo al proyecto en estudio, las cuales se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

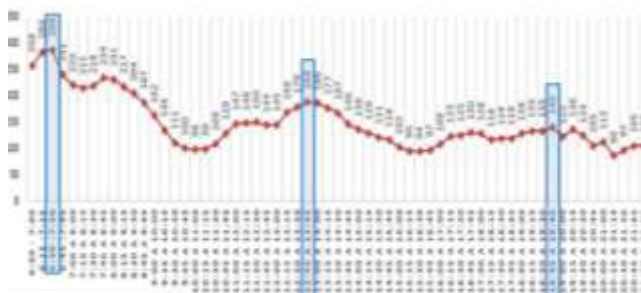
*Resultados de los volúmenes peatonales en las 16 horas de aforo*

N°	INTERSECCIÓN	DIA	HORARIO	VOLUMEN PEATONALES (16 Hrs)
1	Av. Principal y Av. Angamos	Martes	06:30 - 20:30 Hrs.	9116 Peat/día
		Jueves	06:30 - 20:30 Hrs.	11940 Peat/día
		Domingo	06:30 - 20:30 Hrs.	10984 Peat/día

Como se identificó en el flujo vehicular, en el flujo peatonal es el día domingo (día atípico) el que presenta la menor cantidad de peatones con 9116 peatones/día y el día jueves el más cargado con 11940 peatones/día. A continuación, se muestra la distribución horaria de cada uno de los días:

**Figura 16**

*Distribución horaria del flujo peatonal – día martes*

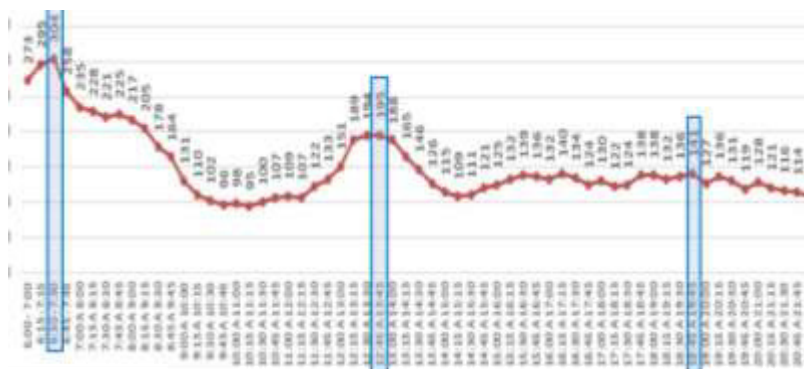


Con se puede apreciar para el día martes la hora punta de la mañana se registra entre las 06:30 – 07:30 horas con 582 peatones/hora; en el medio día se registra entre 12:45 – 13:45 horas con 544 peatones/hora; y en la tarde se registra entre 18:45 – 19:45 horas con 501 peatones/hora, siendo todos estos registros las denominadas horas punta de condiciones normales de un día rutinario laborable dentro de la zona.

A continuación, se muestra lo registrado en el día jueves:

**Figura 17**

*Distribución horaria del flujo peatonal – día jueves*



Para el día jueves la hora punta de la mañana se registra entre las 06:30 – 07:30 horas con 746 peatones/hora; en el medio día se registra entre 12:45 – 13:45 horas con 570 peatones/hora; y en la tarde se registra entre 18:45 – 19:45 horas con 687 peatones/hora; siendo estos nuevos registros también horas punta de condiciones normales de un día rutinario laborable.

A continuación, se muestra lo registrado en el día domingo:

**Figura 18**

*Distribución horaria del flujo peatonal – día domingo*



Para el día domingo la hora punta de la mañana es entre las 06:30 – 07:30 horas con 687peatones/hora; en el medio se registra entre 13:00 – 14:00 horas con 530 peatones/hora; y en la tarde se registra entre 17:30 – 18:30 horas con 632 peatones/hora; siendo estos nuevos registros aun horas punta de condiciones normales de un día rutinario no laborable. A continuación, se muestra un cuadro resumen de las horas puntas identificadas:

**Tabla 6**

*Principales hora puntas peatonales analizadas en la zona de estudio*

Nº	INTERSECCIÓN	DIA	HORA PUNTA DE LA MAÑANA	HORA PUNTA DEL MEDIO DIA	HORA PUNTA DE LATARDE
1	Av. Principal y Av. Angamos	Martes	582 Peatón/Hr	444 Peatón/Hr	501 Peatón/Hr
		Jueves	746 Peatón/Hr	570 Peatón/Hr	687 Peatón/Hr
		Domingo	687 Peatón/Hr	530 Peatón/Hr	632 Peatón/Hr

En la tabla 6 se demuestra claramente que la hora punta más cargada se presenta en el día jueves en la hora punta de la mañana, por esa razón los cálculos se realizarán en base al conteo peatonal de este día jueves.

En la tabla 7 se muestra el cuadro comparativo de las horas punta vehicular y peatonal en el día de mayor circulación.

**Tabla 7**

*Comparativo entre las horas punta vehicular y peatonal – Día Jueves*

Nº	HORA PUNTA	HORA PUNTA VEHICULAR	HORA PUNTA PEATONAL
1	HORA DE LA MAÑANA	08:00 am – 09:00 am	06:30 am – 07:30 am
2	HORA DEL MEDIO DIA	14:00 pm – 15:00 pm	12:45 pm – 13:45 pm
3	HORA DE LA TARDE	18:00 pm – 19:00 pm	18:45 pm – 19:45 pm

Como se puede apreciar las horas punta vehicular y peatonales de todas las horas punta del día jueves difieren relativamente, razón por la cual se utilizará para la modelación dentro del análisis en la micro simulación del flujo de mayor carga en ambos aspectos (vehicular y peatonal), a fin de analizar las condiciones más críticas dentro del escenario actual de modelación.

### 3.7. Análisis de datos

En esta etapa se analizaron los datos que generan los problemas de la intersección, tanto por las condiciones físicas de la vía como por los comportamientos del tránsito vehicular y peatonal. Además, se evaluaron factores como la señalización, la semaforización existente, los cruces peatonales y la ausencia de mobiliario urbano adecuado. Con base en estos problemas, se propusieron soluciones para mejorar la seguridad vial y la fluidez del tránsito. Se llevaron a cabo simulaciones del tránsito proyectado, priorizando las soluciones que aborden las necesidades de seguridad vial y circulación peatonal. Las soluciones propuestas incluyen la modificación de los planes semafóricos, la incorporación de nuevas fases y ciclos semafóricos, la mejora de la señalización y la implementación de reductores de velocidad y paraderos de transporte público. Para la implementación, se establecieron tres niveles de intervención:

Intervenciones a corto plazo:

- Modificación de planes semafóricos
- Nueva semaforización
- Nueva señalización
- Diseño de reductores de velocidad
- Diseño de paraderos de transporte público
- Intervenciones a mediano plazo:
- Mejoramiento de pavimentos
- Redistribución de la sección vial
- Diseño de senderos peatonales
- Diseño de rutas para ciclovías

Intervenciones a largo plazo:

- Diseño de intercambios viales
- Cambios de sentido de circulación

- Incorporación de nuevos modos de transporte

Las propuestas de mejora para la intersección fueron tanto operacionales como físicas, y se centraron en optimizar la semaforización, el ordenamiento de los carriles y la mejora de los accesos. Entre las soluciones físicas, se propuso la construcción de nuevos carriles exclusivos, la ampliación de calzadas y la modificación de la disposición de los semáforos y sus fases. Las propuestas se sustentaron en modelos de micro simulación que permitieron evaluar la eficiencia de cada solución. Además, se abordaron medidas para mejorar la seguridad peatonal, como la construcción de rampas para discapacitados y la reubicación de paraderos.

#### Diseño geométrico de atravesamiento de zonas urbanas

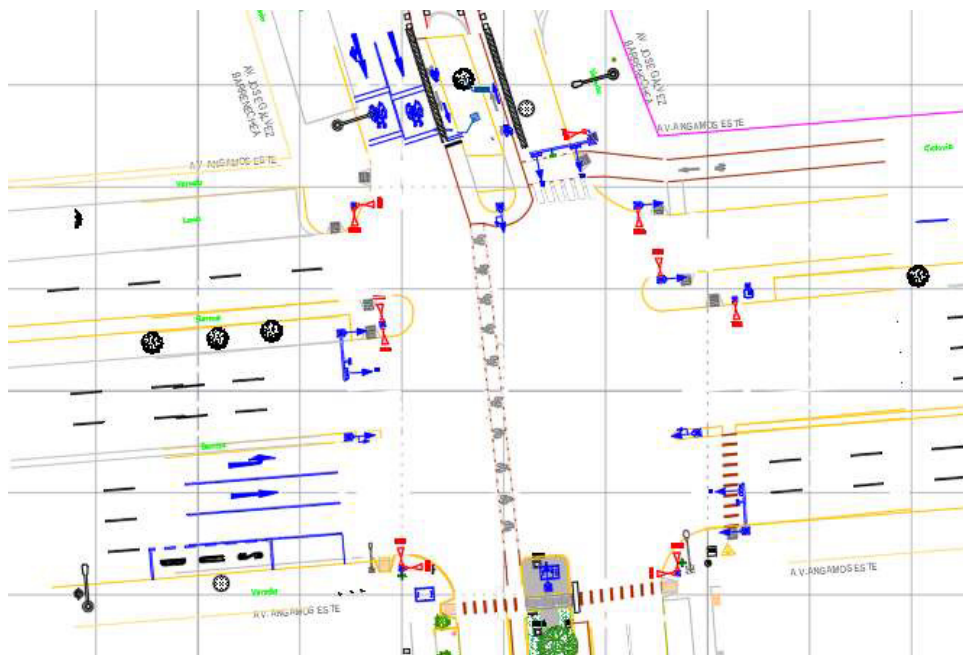
En el siguiente cuadro se presentan valores de diseño geométrico, para atravesamiento de zonas urbanas, para las velocidades de diseño indicadas en la misma, establecidos en el Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018, aprobado con R.D N° 03-2018-MTC/14.

**Figura 19**

*Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas*

Descripción		Unidad	Velocidad de diseño (km/h)		
			80	60	50
Distancia mínima de visibilidad	De parada	m	130	90	70
	De paso	m			
Pendiente longitudinal	Máxima	%	7,0	7,0	7,0
	Mínima	%	0,5	0,5	0,5
Curvas verticales	k mín. paso=L/A	m/%			50
	K mín. parada=L/A	m/%	15	10	5
	Longitud mínima	m	45	35	25
Peraite máximo	%		7	7	
Eliminar bombeo no favorable si el radio es menor que	m		1,830	1,220	810
Emplear curva de transición si el radio es menor que	m		600	325	225
Distancia mínima a un obstáculo lateral desde el borde de la calzada	m		0.8	0.8	0.8
Altura mínima de pasos peatonales subterráneos.	m		2.50	2.50	2.50
Entretangencia entre curvas de distinto sentido	m		110	80	80
Entretangencia entre curvas del mismo sentido.	m		220	170	140
Intersecciones no semaforizadas: radio mínimo en las esquinas	m		15	15	5
Intersecciones semaforizadas	Ancho en zona Peatonal	m	3.0 a 5.0 depende del flujo peatonal		
	Ancho en tramos en tangente	m	3.0 mínimo 4.0 máximo		
	Ancho de carril en tramos en curva	m	4.5 mínimo 6.0 máximo		

*Nota.* Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG – 2018.

**Figura 20***Plano Situación Actual*

El plano de situación actual representa gráficamente las características físicas y operativas de la intersección entre la Av. Principal y la Av. Angamos, en el distrito de Surquillo. En él se detallan los sentidos de circulación, el número de carriles por cada vía, las zonas de cruce peatonal, señalización existente, accesos vehiculares, paraderos y elementos del entorno urbano inmediato. Este plano sirvió como base para el modelado en el software VISSIM y permitió identificar los factores que actualmente influyen en la congestión y el comportamiento del tránsito en la intersección evaluada.

Los datos cuantitativos recolectados se analizarán utilizando técnicas estadísticas descriptivas y comparativas. Se calcularán medidas como la media, la desviación estándar, y el volumen de tráfico para diferentes tipos de vehículos y horarios. Las simulaciones realizadas con PTV VISSIM permitirán comparar los niveles de servicio antes y después de la implementación de propuestas de solución vial, usando indicadores como el tiempo de espera promedio y el nivel de congestión.

## **Escenario Actual**

En el escenario base, se modelaron las condiciones actuales de operación, incorporando los datos reales obtenidos durante la recolección de información en campo. Este modelo permitió visualizar la situación de saturación en las horas punta de los días martes, jueves y domingo. Las principales observaciones fueron:

Alta demanda vehicular, especialmente de autos y motos lineales, representando más del 85% del total del flujo.

Tiempos promedio de demora elevados, superando los 90 segundos por vehículo en los giros izquierdos.

Nivel de servicio (LOS) predominantemente en categorías E y F durante las horas de mayor congestión, indicando operaciones inestables o de colapso.

Acumulación de colas en los accesos principales, con mayores afectaciones en la Av. Angamos sentido este-oeste.

## **Capacidad y niveles de servicio**

### **Del software de microsimulación – Ptv Vissim**

Para efectos del desarrollo del presente trabajo se utilizó la herramienta PTV Vissim. Esta herramienta es un software para la simulación microscópica y multimodal del tránsito, desarrollada por la empresa PTV

-- Planung Transport Verkehr AG en Karlsruhe, Alemania. El acrónimo deriva del alemán “Verkehr In Städten - SIMulation” (en castellano “Simulación de tránsito en ciudades”). El fundamento teórico de VISSIM se sitúa en la universidad de Karlsruhe en los años 80.

En un modelo de “simulación microscópica” o modelo de microsimulación los individuos que componen los flujos de tránsito (vehículos, bicicletas, peatones, etc.) son el elemento mínimo. Sus características (físicas y psicológicas) y su interacción mutua y con

elementos viales son modelizadas con reglas, algoritmos y modelos de comportamiento. Un modelo de microsimulación del tránsito es dinámico (que evoluciona en el tiempo), discreto (el estado de las variables cambia instantáneamente en tiempos puntuales, normalmente fijos) y estocástico (con resultados aleatorios).

A diferencia de otros programas, el Software PTV Vissim es completamente estocástico, e incluye los modelos matemáticos del “seguimiento de vehículo” (Wiedemann, 1974) y “cambio de carril lógico”.

Por las características y herramientas contenidas en el software, se puede realizar evaluaciones que se ajustan a los motivos del estudio.




### Consideraciones en la construcción del modelo

#### Construcciones en 3D:

Para los modelos de vehículos, se ha realizado la búsqueda en la página web en la galería de Ketchup vehículos que no se encuentran incluidos por defecto en el software de microsimulación. Los vehículos recreados para esta simulación fueron el Ómnibus, Microbús y Camionera rural, los cuales tienen los siguientes detalles técnicos en 3D.

**Figura 21**

*Vehículos recreados 3D*

Bus		Microbús		Camioneta Rural	
					
Especificaciones Técnicas					
Longitud	10.25 m	Longitud	6.80 m	Longitud	4.25 m
Ancho	2.20 m	Ancho	1.92 m	Ancho	1.48 m
Distancia del Eje Delantero	1.80 m	Distancia del Eje Delantero	1.20 m	Distancia del Eje Delantero	0.90 m
Distancia del Eje Posterior	7.52 m	Distancia del Eje Posterior	5.20 m	Distancia del Eje Posterior	3.10 m

**Construcción de la red vial:**

Como parte del trabajo de microsimulación se elaboró la red vial de los ejes. Utilizando planos de diseño geométrico de la zona y la ayuda del Google earth. En la red vial se tuvo que requerir el ancho de la vía y el número de carriles.

En lo que respecta a los peatones se agregó el módulo de las áreas peatonales en las aceras y cruces peatonales de la zona.

**Áreas de prioridad:**

Generalmente se colocaron áreas de prioridad en las intersecciones, ingreso y salida del centro comercial, en los cruces peatonales, en los giros a la izquierda y la entrada y salida en los paraderos de los vehículos menores (Mototaxis).

**Paradero de transporte público y estacionamientos:**

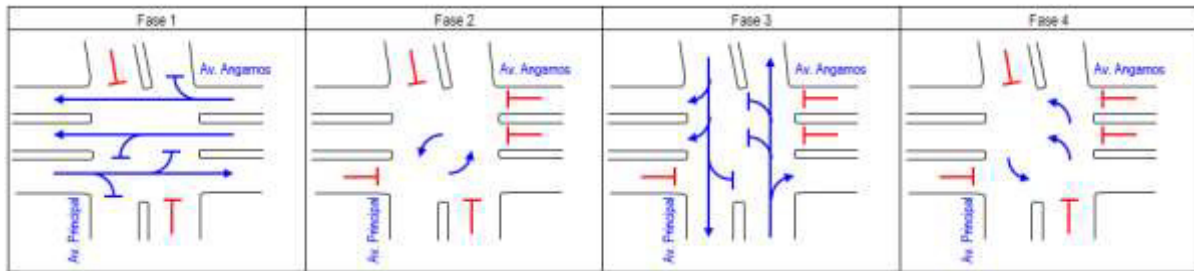
En la Av. Principal se colocará el módulo de paradero de transporte público en ambos sentidos. Esto hará que los vehículos de tipo Ómnibus, Microbús y Camioneta Rural realicen el embarque y desembarque de pasajeros. Con respecto al estacionamiento también se colocaron los módulos de estacionamiento para vehículos de paso (Taxis) y los mototaxis.

**Señal de control:**

Las señales de control representan los semáforos que van incluirse al programa, en la intersección de la Av. Principal con Av. Angamos. Como se había mencionado anteriormente el ciclo semafórico durante el día es de 180 Seg. Dicha intersección presenta dos fases (1ra fase para el acceso de la Av. Principal y Pedro Ruiz Gallo y 2da fase para la Av. Angamos).

**Figura 22**

*Tiempo de verde efectivo y ciclo semafórico ingresado al programa*

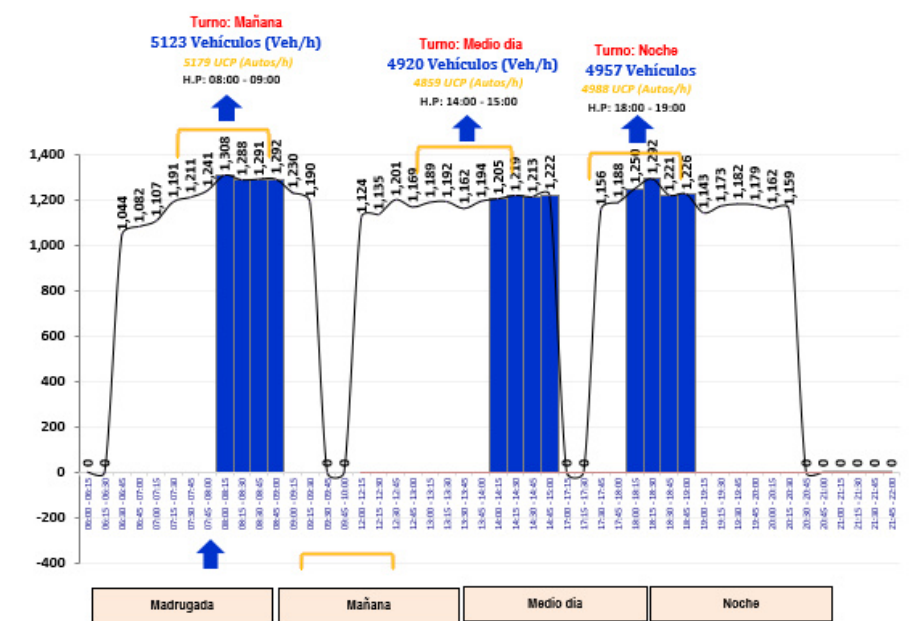


**Ingreso del volumen vehicular:**

Teniendo la red vial y las áreas peatonales construidas, se procede a ingresar los datos de volumen vehicular y peatonal al programa, estos datos de campo son pertenecientes al día jueves 03 de abril del 2025. Los tipos de vehículos ingresado a la red son: auto, Camioneta Rural, microbús, Ómnibus, Camión, Tráiler, Bus interprovincial, mototaxi y moto lineal. En la simulación se evaluará en el turno 8:00a 9:00 hrs. Cabe mencionar que se consideró como representante de mayor volumen vehicular la intersección de la Av. Principal con Av. Angamos.

**Figura 23**

*Máxima Demanda Vehicular.*

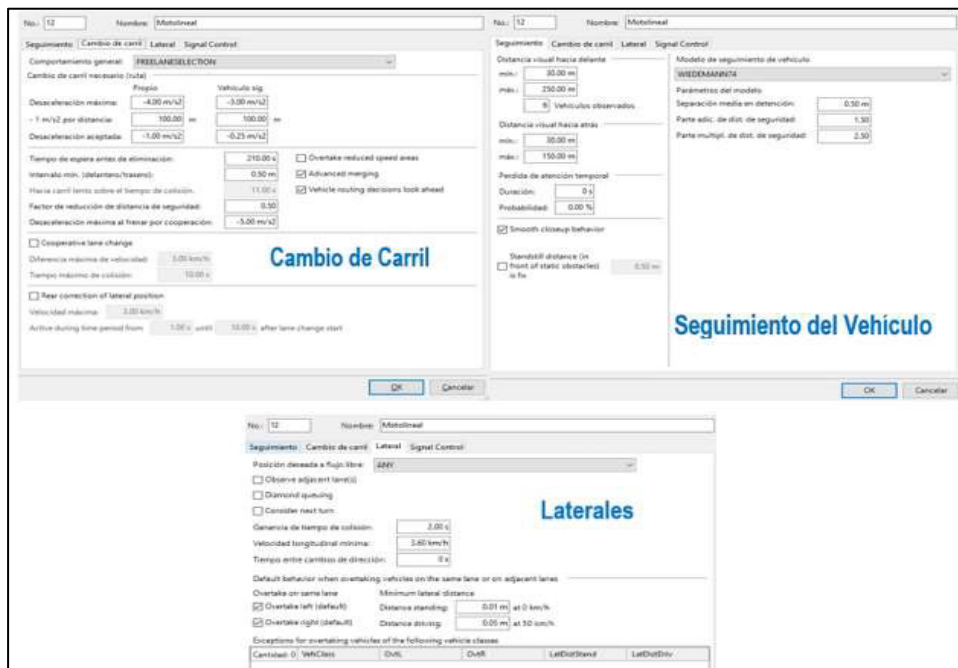


## Parámetros del comportamiento del conductor

Al respecto a los parámetros del comportamiento de conducción se realizaron tres parámetros. La primera es para los vehículos de tipo moto lineal, estos se pueden apreciar en la siguiente figura:

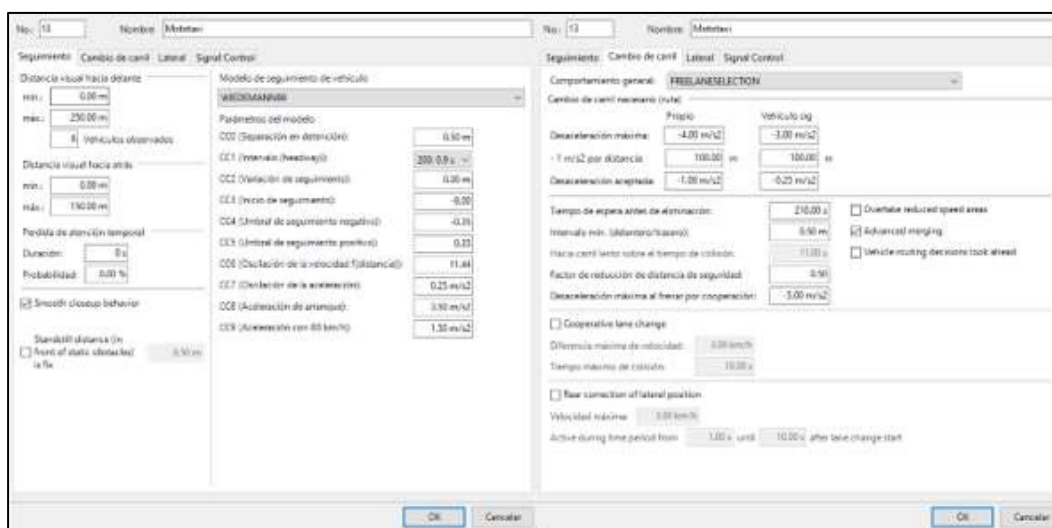
**Figura 24**

*Parámetro del comportamiento vehicular Moto Lineal*



**Figura 25**

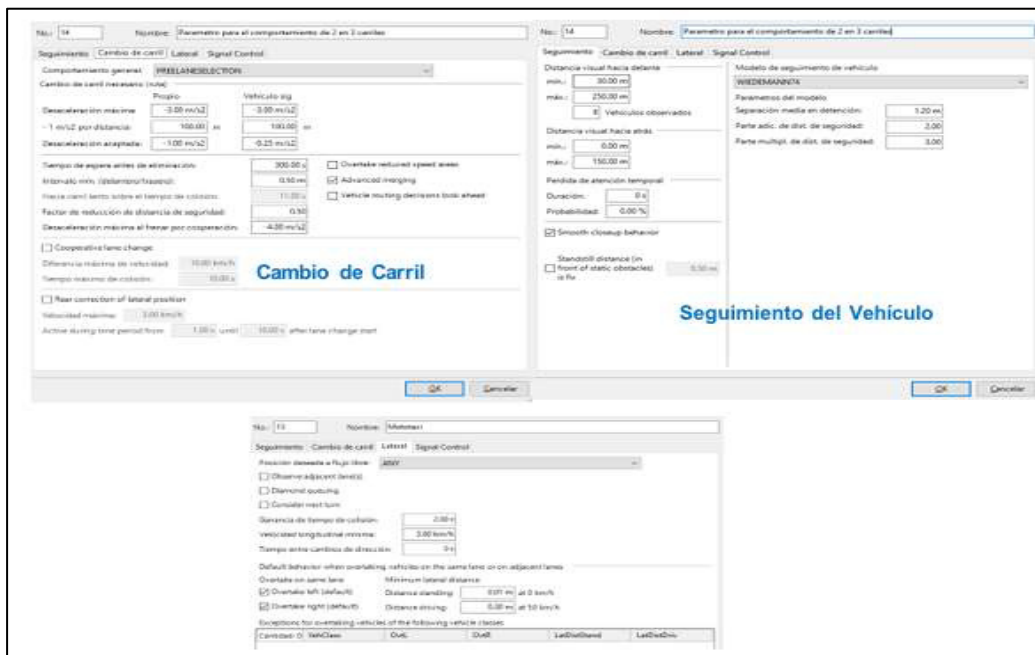
*Parámetro del comportamiento vehicular Mototaxi*



Es preciso señalar que, de la inspección de campo se observó que la Av. Principal es de 2 carriles por sentido, sin embargo, los vehículos livianos y menores, circulan y/o se estacionan como si fuese 3 carriles. Este parámetro de comportamiento vehicular también se ha incluido a la red vial.

**Figura 26**

*Parámetro del comportamiento para el ancho de vía Av. Principal*



### Nivel De Confiabilidad De La Simulación (Multirun)

El objetivo de realizar las múltiples corridas es para evaluar el nivel de confiabilidad de los resultados obtenidos en la Microsimulación.

El número mínimo requerido de repeticiones del modelo se calcula utilizando la siguiente ecuación:

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

Donde:

**CI1-α%:** (1-alpha) % intervalo de confianza para la media real, donde alfa es igual a la probabilidad de que la media verdadera no esté dentro del intervalo de confianza.

$t(1-\alpha/2), N-1$ : estadística  $t$  de Student para la probabilidad de un error de dos lados sumando a alfa con  $N-1$  grados de libertad, donde  $N$  es igual al número de repeticiones.

$S$ : desviación estándar

Se tiene en cuenta que, al resolver esta ecuación para  $N$ , será necesario iterar hasta que el número estimado de repeticiones coincida con el número de repeticiones asumidas al buscar el estadístico “ $t$ ”. en la siguiente imagen se muestran las soluciones a la ecuación anterior en términos del número mínimo de repeticiones para diversos intervalos de confianza deseados y grados de confianza deseados.

**Tabla 8**

*Número mínimo de repeticiones necesarias para obtener el intervalo de confianza deseado*

<b>Rango Deseado (CI/S)</b>	<b>Confianza Deseada</b>	<b>Repeticiones Mínimas</b>
0.5	99%	130
0.5	95%	83
0.5	90%	64
1.0	99%	36
1.0	95%	23
1.0	90%	18
1.5	99%	18
1.5	95%	12
1.5	90%	9
2.0	99%	12
2.0	95%	8
2.0	90%	6

Rango deseado = intervalo de confianza deseado (CI) dividido por la desviación estándar ( $S$ )

Por ejemplo, si la desviación estándar en la demora es 1.5s y el intervalo de confianza deseado es 3.0s en un nivel de confianza del 95-por ciento, entonces tomará ocho repeticiones para estimular la demora media dentro de  $\pm 1.5s$ .

Para nuestras simulaciones de escenario actual y escenario propuesto se considera las condiciones de 99% de confianza deseada y un rango deseado de 2, lo que indica que debemos realizar 20 ejecuciones de la simulación.

### **Formulación del Indicador Estadístico (GEH)**

Es una fórmula utilizada en ingeniería de tráfico, previsión de tráfico y modelado de tráfico para comparar dos conjuntos de volúmenes de tráfico. La fórmula de GEH recibe su nombre de Geoffrey E. Havers, quien lo invento en la década de 1970 mientras trabajaba como un planificador de transporte en Londres, Inglaterra. Aunque su forma matemática es similar a una prueba de chi-cuadrado, no es una verdadera prueba estadística, más bien, es una fórmula empírica que ha demostrado ser útil para una variedad de propósitos de análisis de tráfico.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(E - V)^2}{E + V}}$$

Dónde:

GEH: Indicador Estadístico

E: Volumen estimado del Modelo

V: Volumen medido de Campo

De acuerdo a los planteamientos teóricos del estadístico utilizado que sugiere lo siguiente:

**Tabla 9***Indicador Estadístico (GEH)*

<b>GEH</b>	<b>Indicador Estadístico</b>
< 5	Variación permisible.
5.0 – 10	Se justifica la investigación.
10.0 a más	Existe una alta probabilidad de un problema con el modelo.

Construido el modelo mediante los datos obtenidos de campo, se procede a evaluar con el indicador estadístico las 20 corridas. Esto es con el fin de que el modelo de simulación deba cumplir con los estándares internacionales de calibración y validación, puesto que los resultados cuantitativos de los volúmenes del modelo, se ajustan a los datos reales de los volúmenes obtenidos de campo. El criterio de calibración y validación de los estándares locales establece  $GEH < 10$ , en el 85% de los casos para volúmenes vehiculares individuales en el punto de enlace. Por tanto, se considera que el modelo está calibrado y validado.

**Tabla 10***Indicador Estadístico (GEH) - Turno mañana*

# <i>Simulaciones</i>	<b>Intersección: Av. Principal - Av.</b>			<b>GEH</b>
	<b>Angamos</b>			
	<i>Modelo</i> <i>Vissim</i>	<i>Volumen</i> <i>Campo</i>		
1	3,918	3,641	4.51	
2	3,979	3,641	5.48	
3	3,882	3,641	3.93	
4	3,970	3,641	5.33	
5	3,963	3,641	5.22	
6	3,947	3,641	4.97	
7	3,840	3,641	3.25	
8	3,995	3,641	5.73	
9	3,794	3,641	2.51	
10	3,754	3,641	1.86	
11	4,003	3,641	5.86	
12	3,930	3,641	4.70	

13	3,757	3,641	1.91
14	3,966	3,641	5.27
15	3,919	3,641	4.52
16	3,919	3,641	4.52
17	3,897	3,641	4.17
18	3,929	3,641	4.68
19	3,853	3,641	3.46
20	4,120	3,641	7.69

**Tabla 11***Indicador Estadístico (GEH) - Turno Medio día*

#	Intersección: Av. Principal - Av. Angamos			
	<i>Simulaciones</i>	<i>Modelo</i> <i>Vissim</i>	<i>Volumen</i> <i>Campo</i>	<i>GEH</i>
1		3,034	3,044	0.18
2		3,117	3,044	1.32
3		3,069	3,044	0.45
4		3,151	3,044	1.92
5		3,100	3,044	1.01
6		3,052	3,044	0.14
7		3,013	3,044	0.56
8		3,136	3,044	1.66
9		2,944	3,044	1.83
10		2,912	3,044	2.42
11		3,096	3,044	0.94
12		2,998	3,044	0.84
13		2,922	3,044	2.23
14		3,156	3,044	2.01
15		3,065	3,044	0.38
16		3,075	3,044	0.56
17		3,066	3,044	0.40
18		3,046	3,044	0.04
19		3,009	3,044	0.64
20		3,175	3,044	2.35

**Tabla 12***Indicador Estadístico (GEH) - Turno Tarde*

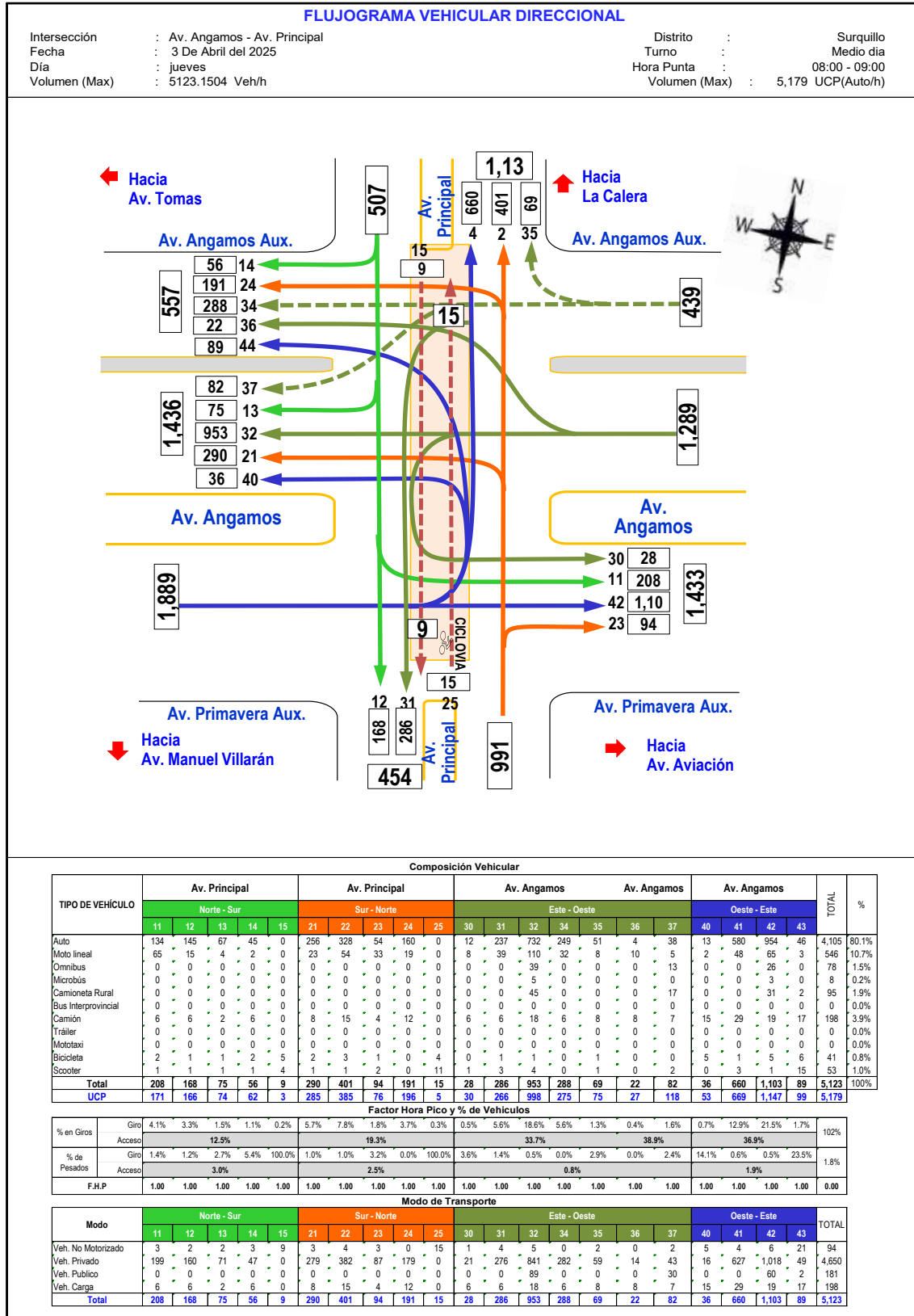
# <i>Simulaciones</i>	<i>Intersección: Av. Principal - Av. Angamos</i>		
	<i>Modelo Vissim</i>	<i>Volumen Campo</i>	<i>GEH</i>
1	3,145	3,083	1.11
2	3,186	3,083	1.84
3	3,142	3,083	1.06
4	3,267	3,083	3.27
5	3,199	3,083	2.07
6	3,151	3,083	1.22
7	3,088	3,083	0.09
8	3,262	3,083	3.18
9	3,040	3,083	0.78
10	2,994	3,083	1.61
11	3,203	3,083	2.14
12	3,113	3,083	0.54
13	2,993	3,083	1.63
14	3,287	3,083	3.61
15	3,118	3,083	0.63
16	3,195	3,083	2.00
17	3,152	3,083	1.24
18	3,180	3,083	1.73
19	3,162	3,083	1.41
20	3,365	3,083	4.97

Terminado la construcción de la red vial al simulador, con los datos de campo y con la calibración del modelo, seguidamente se procede a obtener los indicadores de evaluación de los escenarios base en los turnos Mañana, Medio día y Tarde. Siendo el día evaluado el jueves 03 de abril del 2025.

Volumen de máxima demanda del jueves 03/04/2025 para la hora punta mañana de 08:00 a 09:00 utilizada para la microsimulación en Vissim.

Figura 27

Diseño geométrico de la Av. Principal – Av. Angamos



En el modelo de microsimulación desarrollado con el software PTV VISSIM, se han incorporado las áreas de prioridad correspondientes a la operación de la intersección, considerando las dinámicas reales observadas en campo. Asimismo, se han representado los espacios destinados al embarque y desembarque de pasajeros utilizados por vehículos de transporte público, colectivos y mototaxis. Estas zonas, que actualmente funcionan como paraderos formales e informales en los accesos a la intersección, han sido modeladas con el fin de replicar de manera precisa el comportamiento del flujo vehicular y peatonal en dicho entorno.

Cabe mencionar que los horarios que se evaluaron para simulación fueron siguientes:

Turno Mañana 08:00 – 09:00

### Figura 28

*Escenario Base (Vehicular y peatonal) Intersección: Av. Principal – Av. Angamos*



#### **Análisis de la situación actual (escenario base)**

En el área de evaluación está compuesta por una sola intersección regulada por semáforos, siendo esta, la intersección de la Av. Principal con Av. Angamos, el mismo que

presenta 04 fases y una programación de tipo variable para todo el día. En campo, se registró un ciclo de 180 segundos, tal y como se muestra a continuación:

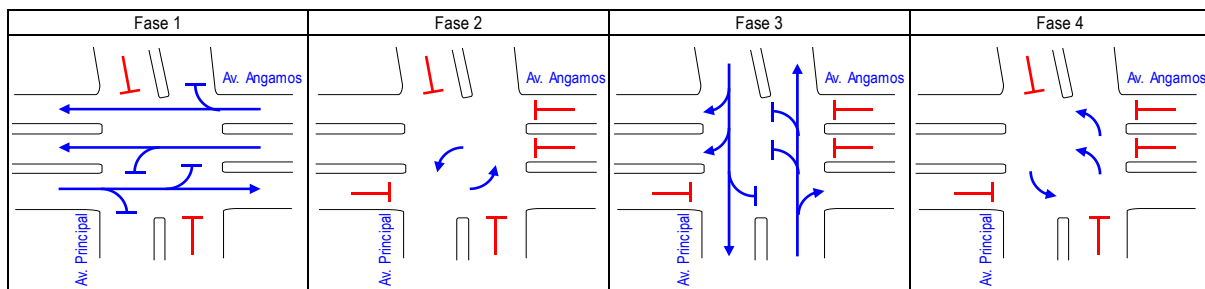
**Figura 29**

*Programación Semafórica Actual*

Descripción	Hora	Plan	Estructura	Desfase	T. Fase 1 (Av. Angamos)	T1 A RR	T. Fase 2 (Despeju)	T2 A RR	T. Fase 3 (Av. Principal)	T3 A RR	T. Fase 4 (Despeju)	T4 A RR	Ciclo	
AV. ANGAMOS- PRINCIPAL	00:00	1	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90	
	03:00	2	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90	
	06:00	3	1	0	47	3 2	10	3 3	31	3 2	10	3 3	120	
	07:00	4	1	0	82	3 2	15	3 3	46	3 2	15	3 3	180	
	11:30	5	1	0	82	3 2	15	3 3	46	3 2	15	3 3	180	
	17:00	6	1	0	82	3 2	15	3 3	46	3 2	15	3 3	180	
	22:00	7	1	0	47	3 2	10	3 3	31	3 2	10	3 3	120	
	23:00	8	1	0	33	3 2	10	3 3	25	3 2	10	3 3	100	
	DOMINGO													
	00:00	9	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90	
	03:00	10	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90	
	07:00	11	1	0	47	3 2	10	3 3	31	3 2	10	3 3	120	
	17:00	12	1	0	47	3 2	10	3 3	31	3 2	10	3 3	120	
	22:00	13	1	0	33	3 2	10	3 3	25	3 2	10	3 3	100	

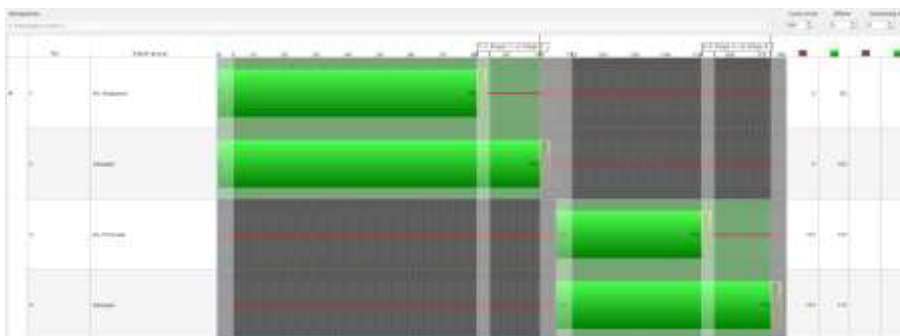
**Figura 30**

*Esquema de las Fases Semafóricas*



**Figura 31**

*Programación Actual Ingresada al Software Vissim*



La intersección de las avenidas Principal y Angamos cuenta con un sistema de control semafórico multietapas compuesto por cuatro fases operativas diferenciadas, diseñadas para permitir los movimientos vehiculares principales y gestionar los conflictos de cruce.

La programación semafórica actual presenta ciclos variables según el horario, destacando los siguientes aspectos:

Horas Punta (07:00–09:00 y 17:00–19:00): Durante estos periodos se registra un ciclo total de 180 segundos, distribuidos en cuatro fases. Se otorgan mayores tiempos verdes a los movimientos principales, especialmente los giros izquierdos de Av. Principal y Av. Angamos, buscando aliviar la congestión acumulada.

Fase 1 y Fase 3 priorizan los movimientos longitudinales (este-oeste y norte-sur, respectivamente), asignando tiempos de verde extendidos (hasta 46 segundos en Fase 1 y 46 segundos en Fase 3 durante la hora punta).

Fase 2 y Fase 4 están destinadas a los giros izquierdos y cruces auxiliares, con tiempos reducidos (entre 10 y 15 segundos), lo que limita la capacidad de despacho de estos movimientos y genera demoras acumuladas, especialmente en accesos con altos volúmenes.

El esquema de movimientos del escenario actual revela una distribución tradicional por fases, con separación de movimientos conflictivos, pero sin una coordinación eficiente entre las demandas de tráfico y la programación semafórica. Esto provoca que, a pesar del ciclo extenso, algunos movimientos clave enfrenten colas prolongadas y demoras elevadas, como se evidenció en el análisis de nivel de servicio.

El sistema actual no incorpora detección dinámica ni priorización adaptativa, lo que limita su eficiencia frente a la variabilidad de los flujos vehiculares a lo largo del día. Esta situación resalta la necesidad de optimizar el tiempo de fases, rediseñar los ciclos semafóricos y evaluar alternativas de gestión más eficientes mediante simulaciones con VISSIM.

### **Nivel de Servicio en la intersección Av. Principal / Av. Angamos**

Con base en la simulación realizada en el software VISSIM para distintos periodos del día, se obtuvieron los siguientes resultados respecto al nivel de servicio (LOS) en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, en el distrito de Surquillo:

En general, la intersección presenta un nivel de servicio tipo “F”, lo que indica una condición de congestión severa en la mayoría de sus accesos y movimientos.

El acceso desde la Av. Principal (este auxiliar) hacia el norte registra el peor desempeño, con una demora promedio de 110 segundos y un nivel de servicio F, evidenciando tiempos de espera excesivos y acumulación de colas.

Los giros desde la Av. Angamos (norte) hacia el oeste, sur y este también reflejan niveles de servicio F, con demoras superiores a los 250 segundos y colas de hasta 255 metros, generando serios conflictos operacionales.

El acceso desde el sur por Av. Angamos, a pesar de tener menor volumen vehicular, mantiene un nivel de servicio más aceptable (LOS C-D), debido a su menor participación en los movimientos conflictivos.

Los movimientos desde el oeste por la Av. Principal hacia el norte, oeste auxiliar y oeste presentan niveles de servicio E, con demoras elevadas que también afectan la eficiencia del sistema.

El promedio general de la intersección es de 107 segundos de demora, lo cual clasifica a la intersección en un nivel de servicio F, de acuerdo con los criterios del HCM.

Estos resultados evidencian la necesidad urgente de intervenciones técnicas, que incluyan reconfiguración geométrica, revisión de fases semaforicas, gestión de giros conflictivos y rediseño de carriles, con el objetivo de optimizar el nivel de servicio y restablecer condiciones aceptables de fluidez en la intersección.

**Tabla 13***Niveles de Servicio (LOS) Vehiculares Actual*

<b>Escenario Actual</b>							
<b>Acceso</b>	<b>Desde</b>	<b>Hacia</b>	<b>Volumen</b>	<b>Cola Max</b>	<b>Cola Prom</b>	<b>Demora</b>	<b>Nivel de Servicio</b>
Av. Angamos	Este	Este	25	109	24	46	<b>LOS_D</b>
Av. Angamos	Este	Oeste Aux	30	109	24	35	<b>LOS_C</b>
Av. Angamos	Este	Oeste	1136	109	24	32	<b>LOS_C</b>
Av. Angamos	Este	Sur	364	109	24	65	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Este Aux	Norte	256	88	25	110	<b>LOS_F</b>
Av. Principal	Este Aux	Oeste Aux	61	88	25	61	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Este Aux	Oeste	92	88	25	61	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Norte	Este	219	88	25	64	<b>LOS_E</b>
Av. Angamos	Norte	Oeste Aux	882	255	182	221	<b>LOS_F</b>
Av. Angamos	Norte	Oeste	518	255	182	269	<b>LOS_F</b>
Av. Angamos	Norte	Sur	90	255	182	292	<b>LOS_F</b>
Av. Angamos	Oeste	Este	33	255	182	282	<b>LOS_F</b>
Av. Principal	Oeste	Norte	98	158	50	65	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Oeste	Oeste Aux	354	158	50	61	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Oeste	Oeste	243	158	50	76	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Sur	Este	334	158	50	72	<b>LOS_E</b>
Av. Angamos	Sur	Norte	85	61	11	32	<b>LOS_C</b>
Av. Angamos	Sur	Oeste Aux	220	61	11	28	<b>LOS_C</b>
Av. Angamos	Sur	Oeste	83	61	11	38	<b>LOS_D</b>
<b>Promedio</b>			<b>5123</b>	<b>255</b>	<b>42</b>	<b>107</b>	<b>LOS_F</b>

**Escenario propuesto**

La propuesta evaluada consistió en la reprogramación de fases semafóricas, redistribuyendo los tiempos de verde con base en los volúmenes observados. Los resultados mostraron:

Reducción del tiempo promedio de espera en un 22% respecto al escenario base.

Mejora del nivel de servicio a categoría D en la mayoría de movimientos conflictivos.

Disminución de la longitud de cola promedio en más de 30 metros en los accesos principales.

Asimismo, se consideró en restringir los giros izquierdos directos, canalizándolos mediante giros indirectos o rutas alternas. Los resultados indicaron:

Reducción significativa en los tiempos de retardo, especialmente en la Av. Principal.

Incremento de la velocidad media de recorrido.

Mejora global del nivel de servicio a categoría E en horas pico.

La demanda de tránsito sobre la red vial a ser analizada en esta etapa del estudio, está determinada por las propuestas de mejoramiento como la optimización e implementación semafórica, mejoramiento del diseño vial, entre otros.

El objetivo de estos análisis es obtener una visión de las implicaciones en el sistema de transporte del desarrollo en cuestión y la determinación de las mejoras viales necesarias para asegurar que las condiciones de operación del tránsito sean aceptables.

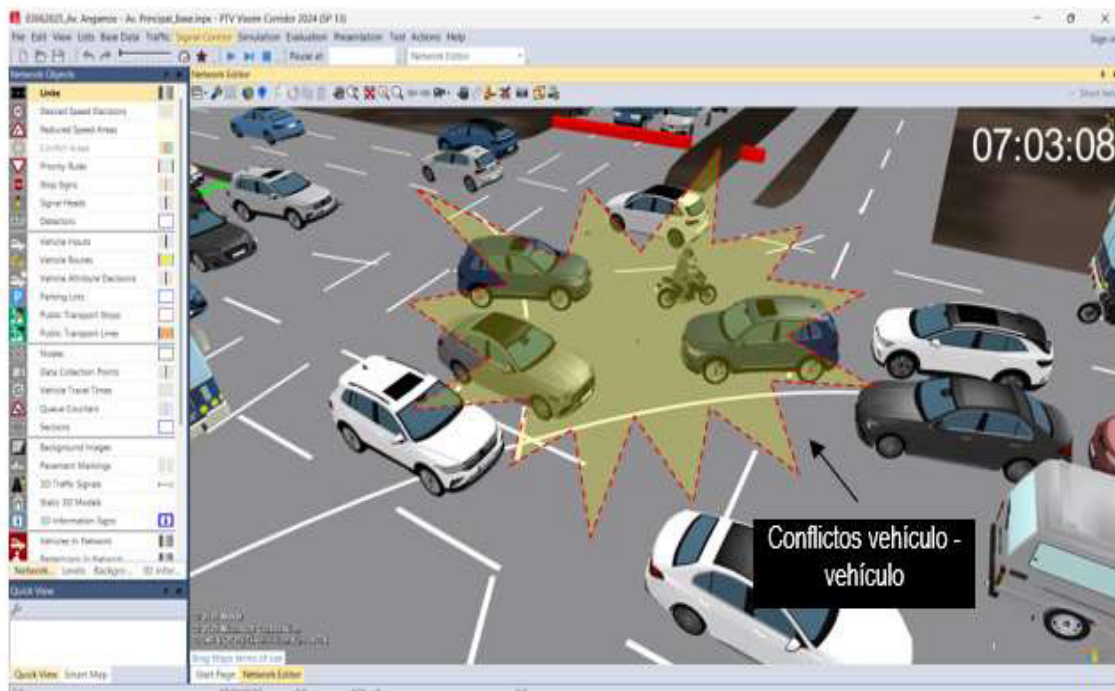
### Figura 32

*Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos*



**Figura 33**

*Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos*



**Figura 34**

*Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos*



**Figura 35**

*Escenario Propuesto Intersección: Av. Principal – Av. Angamos*



### **Análisis de la situación propuesta**

El área de evaluación está compuesta por una única intersección semaforizada, correspondiente al cruce de la Avenida Principal con la Avenida Angamos, la cual cuenta únicamente con semáforos vehiculares. En el escenario propuesto, se plantea una reorganización del sistema semafórico que incorpora cinco fases operativas, con una programación optimizada que busca mejorar el nivel de servicio en los horarios de mayor demanda.

Durante el trabajo de campo y simulación, se definió un tiempo de ciclo uniforme de 150 segundos. Esta modificación se orienta a una mejor distribución de los tiempos de verde, adaptando los intervalos según la demanda vehicular observada en cada acceso. Las cinco fases han sido estructuradas para permitir una mayor eficiencia en los movimientos prioritarios, reducir los tiempos de espera y descongestionar los giros más conflictivos de la intersección.

Este rediseño permitirá evaluar mejoras significativas en el flujo vehicular y en los indicadores de desempeño, como la longitud de cola, la demora media y el nivel de servicio

(LOS), con base en simulaciones realizadas en el software PTV VISSIM.

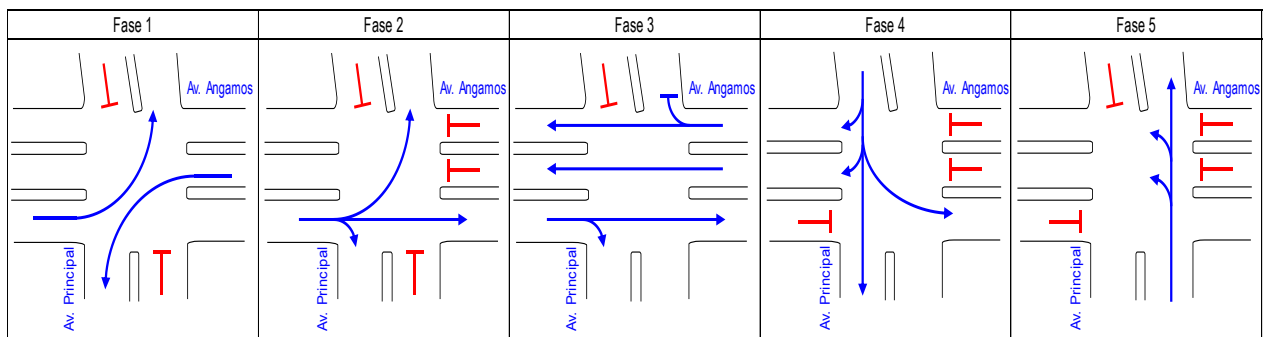
**Figura 36**

*Programación Semafórica propuesta con movimientos traslapados*

T. Fase 1 (Av. Angamos Giros OE/EO)	T1		T. Fase 2 Av. Angamos OE + Giro	T2		T. Fase 3 Av. Angamos OE/EO	T3		T. Fase 4 Av. Principal NS	T4		T. Fase 5 Av. Principal SN	T5		T. Ciclo
	A	RR		A	RR		A	RR		A	RR		A	RR	
20	3	2	21	3	2	39	3	2	18	3	2	27	3	2	150

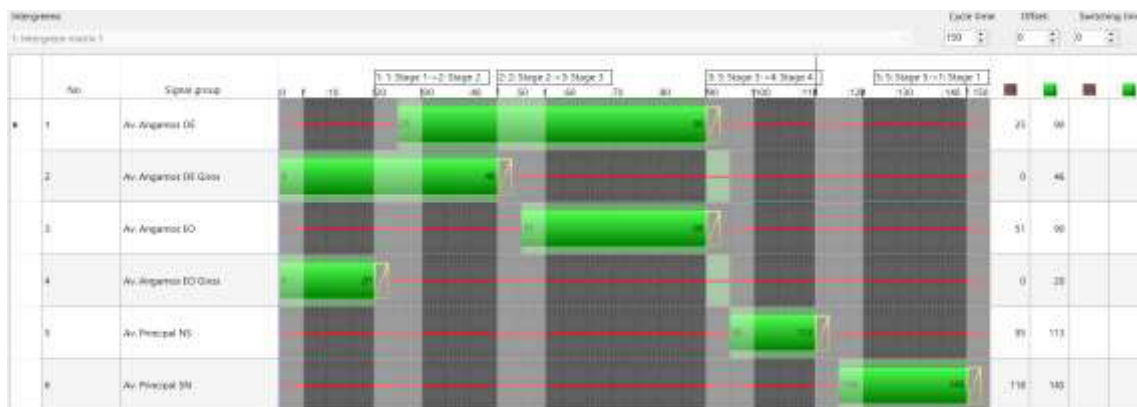
**Figura 37**

*Esquema de las Fases Propuesto*



**Figura 38**

*Programación propuesta Ingresada al Software Vissim*



Se plantea un ciclo semafórico dividido en 5 fases, donde se combinan accesos y giros en distintas direcciones. La tabla incluye los siguientes elementos:

T. Fase (Tiempo de Fase): indica el nombre y tipo de movimientos permitidos por fase.

T (Tiempo en segundos): duración de cada fase.

T1 a T5 (Subfases): muestran los movimientos asignados a cada carril y los tiempos correspondientes.

A: Acceso habilitado.

RR: Restricción/retención del resto de movimientos no permitidos en esa fase.

Esquema de movimientos – Escenario Propuesto

Debajo de la tabla, se presenta un diagrama visual con 5 recuadros, uno por cada fase, que indica gráficamente los flujos vehiculares permitidos por fase. Los colores facilitan la identificación:

**Color azul:** Movimientos permitidos por Av. Angamos.

**Color rojo:** Movimientos permitidos por Av. Principal.

Detalle de fases:

**Fase 1:** Giro desde Av. Angamos hacia la Av. Principal.

**Fase 2:** Giros y desplazamientos desde Av. Angamos (sentido OE).

**Fase 3:** Cruce recto desde Av. Angamos (OE/EO).

**Fase 4:** Giro desde Av. Principal hacia Angamos.

**Fase 5:** Avance recto desde Av. Principal.

Esta programación busca optimizar el tiempo del ciclo semafórico y mejorar la fluidez vehicular, permitiendo ciertos movimientos simultáneamente (traslapados) en función de la demanda y la seguridad.

**Tabla 14***Niveles de Servicio (LOS) Vehiculares propuesta*

<b>Escenario Propuesto</b>							
<b>Acceso</b>	<b>Desde</b>	<b>Hacia</b>	<b>Volumen</b>	<b>Cola Max</b>	<b>Cola Prom</b>	<b>Demora</b>	<b>Nivel de Servicio</b>
Av. Angamos	Este	Este	23	139	45	60	<b>LOS_E</b>
Av. Angamos	Este	Oeste Aux	29	139	45	44	<b>LOS_D</b>
Av. Angamos	Este	Oeste	1108	139	45	52	<b>LOS_D</b>
Av. Angamos	Este	Sur	355	139	45	65	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Este Aux	Norte	250	83	29	73	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Este Aux	Oeste Aux	59	83	29	82	<b>LOS_F</b>
Av. Principal	Este Aux	Oeste	85	83	29	86	<b>LOS_F</b>
Av. Principal	Norte	Este	216	83	29	73	<b>LOS_E</b>
Av. Angamos	Norte	Oeste Aux	1233	147	49	32	<b>LOS_C</b>
Av. Angamos	Norte	Oeste	717	147	49	53	<b>LOS_D</b>
Av. Angamos	Norte	Sur	112	147	49	56	<b>LOS_E</b>
Av. Angamos	Oeste	Este	41	147	49	51	<b>LOS_D</b>
Av. Principal	Oeste	Norte	96	141	48	74	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Oeste	Oeste Aux	339	141	48	69	<b>LOS_E</b>
Av. Principal	Oeste	Oeste	232	141	48	82	<b>LOS_F</b>
Av. Principal	Sur	Este	316	141	48	73	<b>LOS_E</b>
Av. Angamos	Sur	Norte	80	60	17	44	<b>LOS_D</b>
Av. Angamos	Sur	Oeste Aux	212	60	17	48	<b>LOS_D</b>
Av. Angamos	Sur	Oeste	78	60	17	70	<b>LOS_E</b>
<b>Promedio</b>			<b>5581</b>	<b>147</b>	<b>27</b>	<b>55</b>	<b>LOS_D</b>

### 3.8. Consideraciones éticas

Se garantizó la confidencialidad de la información obtenida a través de las encuestas y cuestionarios. No se recopilarán datos personales que puedan identificar a los participantes. Además, se respetará la privacidad de los conductores y peatones durante las observaciones y grabaciones de video, utilizando las imágenes exclusivamente para fines de análisis del flujo vehicular. Todas las actividades de recolección de datos se realizarán respetando las normativas locales y regulaciones de tránsito, asegurando un enfoque ético y profesional en la investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinar de qué manera el modelamiento de la capacidad vial y del volumen del tránsito permite la optimización del nivel de servicio en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, mediante el uso del software VISSIM.

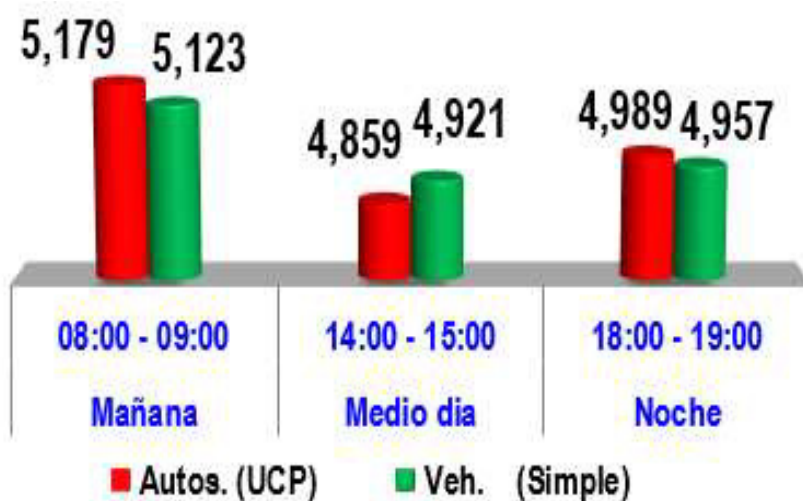
Se analizaron los volúmenes vehiculares recolectados durante los días martes, jueves y domingo, en tres periodos horarios (mañana, tarde y noche). El flujo promedio en hora punta fue de 5,123 vehículos/hora, con predominancia de autos (68.2%) y motos lineales (15.2%).

Esta información permitió calibrar adecuadamente el modelo en VISSIM y simular el comportamiento vehicular bajo distintas condiciones de operación.

#### Aforo vehicular en distintos horarios

**Figura 39**

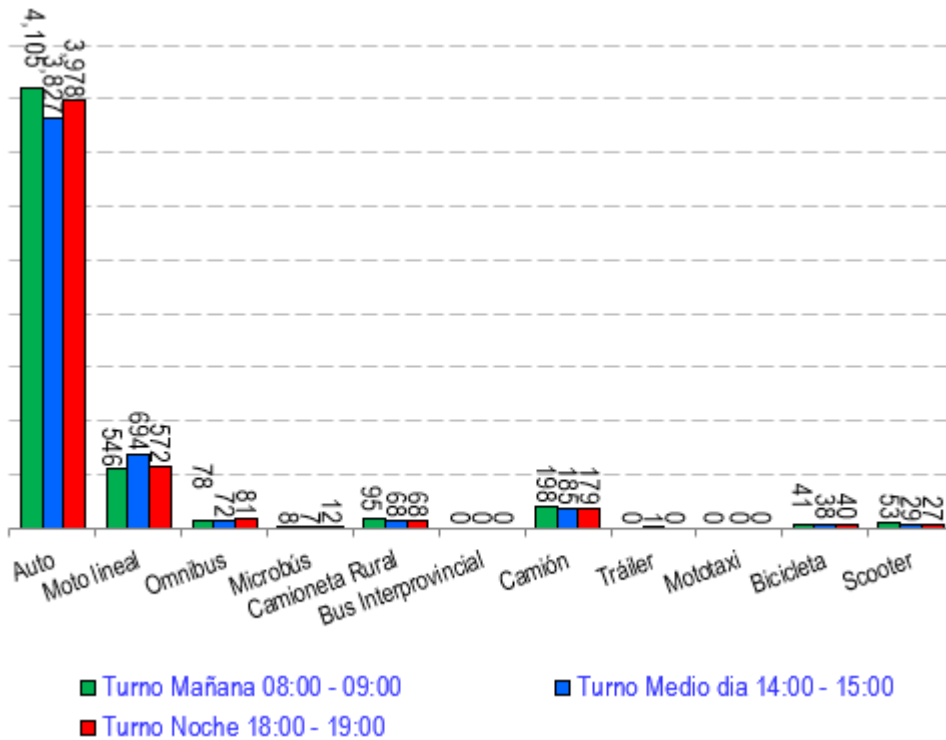
*Volúmenes Vehiculares en Horas Puntas – día jueves*



#### Identificación de los tipos de vehículos

**Figura 40**

*Tipo de Vehículos en Horas Puntas – día jueves*



**Dirección de circulación y distribución de flujos**

**Figura 41**

*Flujograma Vehicular – Horas Punta*

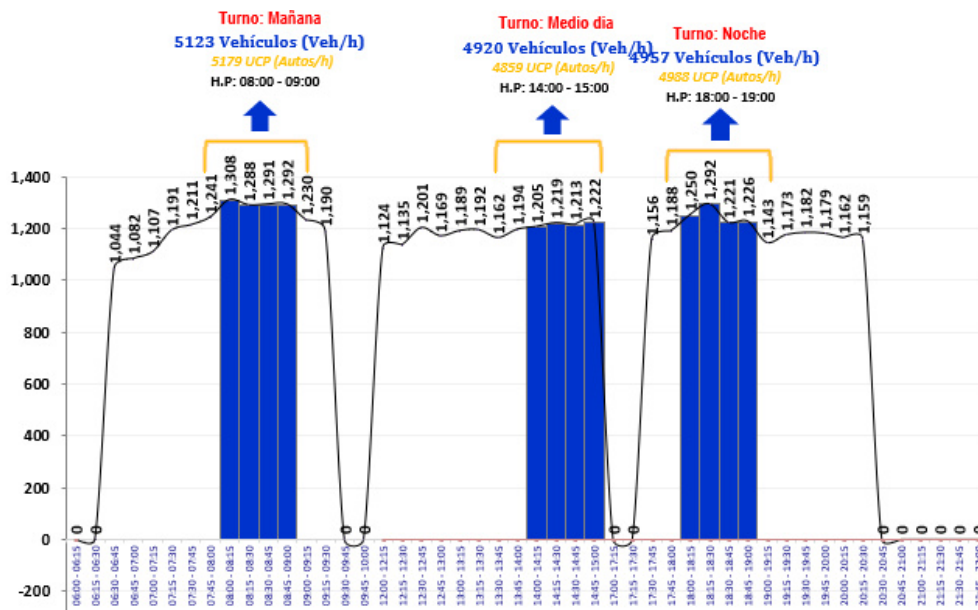
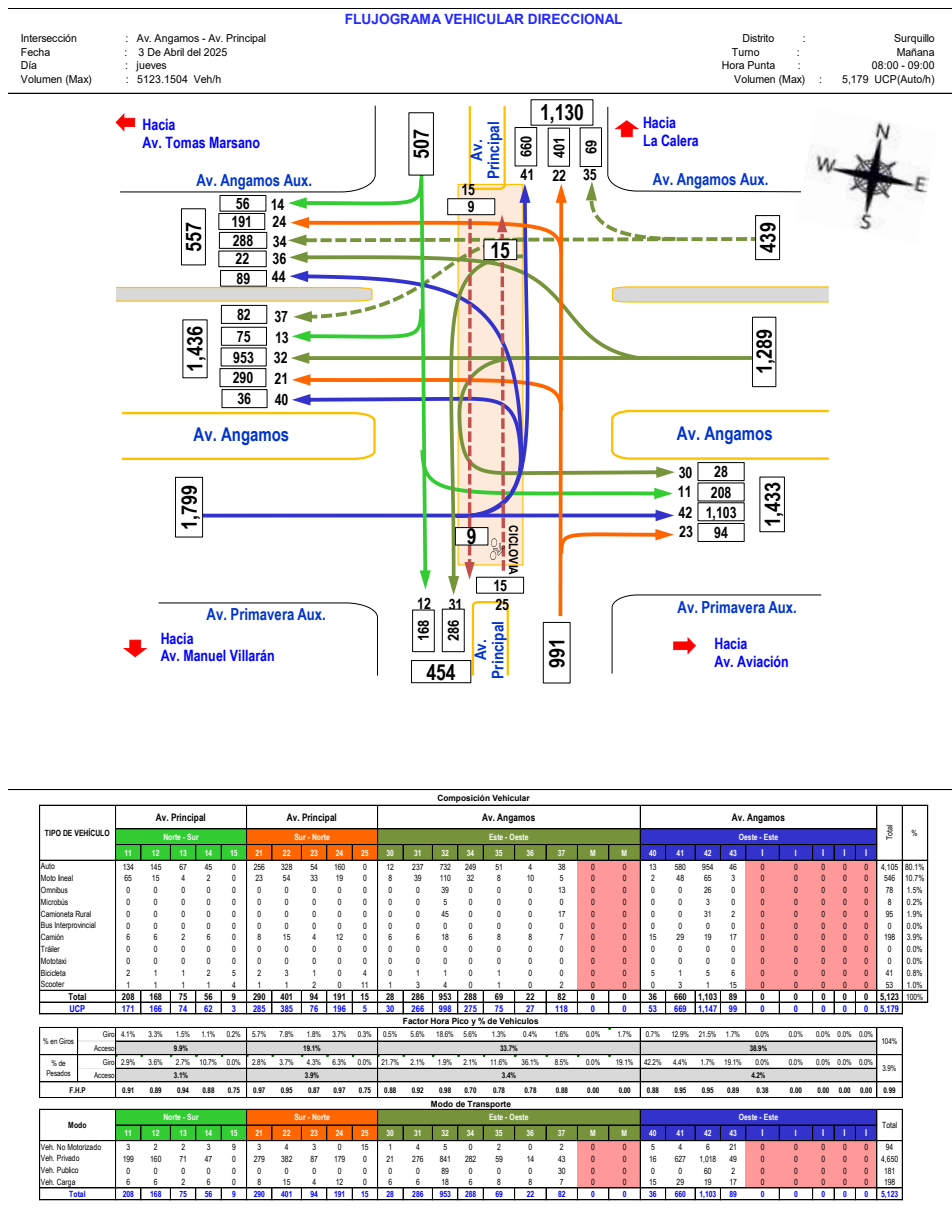


Figura 42

Flujograma Vehicular – Hora de Máxima demanda (Turno Mañana de 8:00 – 9:00 hrs)



A partir del levantamiento de datos y su correspondiente simulación en VISSIM, se determinó que el volumen vehicular promedio durante la hora punta matutina (8:00 a 9:00 a.m.) fue de 5123 vehículos, siendo los accesos desde la Av. Angamos Norte y Principal Este-Auxiliar los más demandados.

En el escenario actual, se identificaron accesos con niveles de servicio críticos (LOS E y F), especialmente en giros izquierdos y movimientos con largos tiempos de espera, lo cual

evidencia una saturación de capacidad. Al realizar el modelamiento y simulación con ajustes de flujos y restricciones de giros, se observó una reducción de la demora promedio de 180 a 150 segundos y una mejora general del nivel de servicio a LOS D.

**4.2. Determinar de qué manera el modelamiento de los fases y ciclos semafóricos en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite la optimización del nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.**

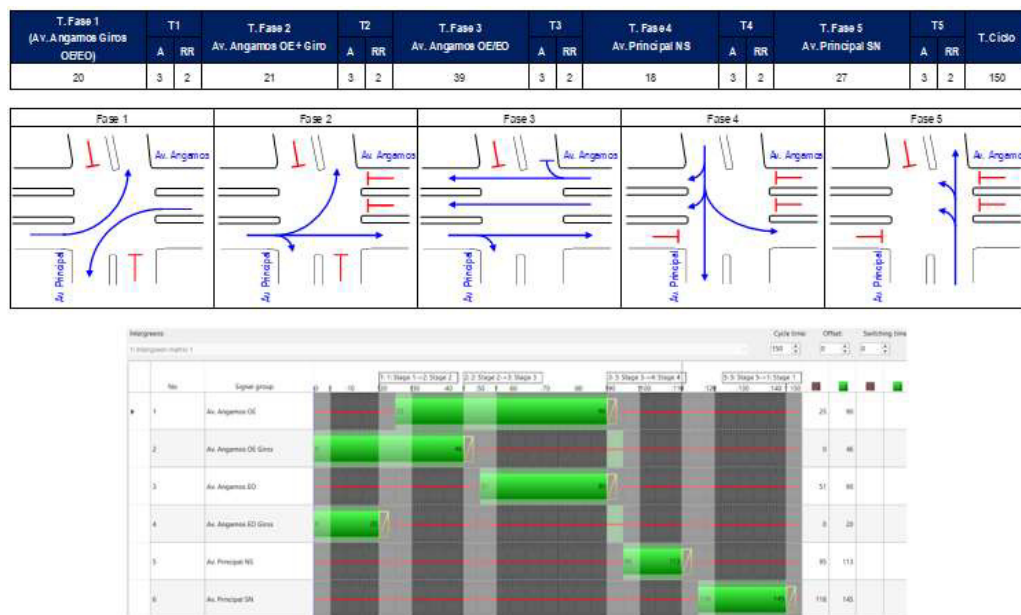
El análisis de la programación semafórica actual reveló inconsistencias en la asignación de tiempos, con fases que no correspondían proporcionalmente al volumen vehicular de cada acceso. En el escenario propuesto, se implementó una nueva programación con cinco fases y un ciclo fijo de 150 segundos, distribuidos equitativamente en función de la carga vehicular detectada.

La simulación con este nuevo esquema semafórico permitió mejorar la sincronización de movimientos conflictivos y eliminar los tiempos muertos entre fases, lo que redujo las colas máximas en accesos como Av. Principal Este-Auxiliar y Av. Angamos Norte, logrando una mejora significativa en la fluidez vehicular.

**Tabla 15**

*Fases y ciclo semafórico Optimizado*

<b>Fase</b>	<b>Movimientos principales</b>	<b>Tiempo (s)</b>
Fase 1	Av. Angamos – Giros OE/EO	20
Fase 2	Av. Angamos OE + Giro	21
Fase 3	Av. Angamos OE/EO	39
Fase 4	Av. Principal NS	18
Fase 5	Av. Principal SN	27
<b>Total, ciclo</b>		<b>150</b>

**Figura 43***Fases y ciclo semafórico Optimizado*

**4.3. Determinar de qué manera el modelamiento de las demoras en la intersección de las avenidas Principal y Angamos permite la optimización del nivel de servicio, utilizando el software VISSIM en el distrito de Surquillo.**

Los resultados obtenidos a través de la simulación en el software VISSIM permitieron evidenciar las deficiencias operativas de la intersección en su estado actual, caracterizado por elevados tiempos de demora, extensas colas vehiculares y niveles de servicio ineficientes en varios accesos. La implementación de un escenario propuesto, basado en una nueva programación semafórica y la restricción de maniobras conflictivas, generó mejoras significativas en el desempeño general de la intersección.

En términos comparativos, la demora promedio se redujo de 107 a 55 segundos por vehículo, reflejando una mejora operativa sustancial. Esta reducción tuvo un impacto directo en la mejora del nivel de servicio, el cual pasó de un promedio de LOS F (muy deficiente) a LOS D (aceptable). Asimismo, la longitud promedio de colas descendió de 42 a 27 metros, evidenciando una mayor eficiencia en la distribución del flujo vehicular.

El análisis detallado muestra que, en movimientos representativos como el de Av. Angamos (Norte → Oeste Auxiliar), la demora se redujo de 221 a 32 segundos, mejorando su nivel de servicio de LOS F a LOS C. De igual forma, en el movimiento Av. Principal (Este Auxiliar → Norte), aunque la demora disminuyó de 110 a 73 segundos, el nivel de servicio se mantuvo en un estado crítico, pasando de LOS F a LOS E. No obstante, se identificaron algunos movimientos con incremento en la demora, como el giro Av. Principal (Este Auxiliar → Oeste), cuyo nivel de servicio se degradó de LOS E a LOS F.

**Tabla 16***Escenario actual vs Propuesto*

Acceso	Desde	Hacia	Escenario Actual					Escenario Propuesto				
			Volumen	Cola Max	Cola Prom	Demora	Nivel de Servicio	Volumen	Cola Max	Cola Prom	Demora	Nivel de Servicio
Av. Angamos	Este	Este	25	109	24	46	LOS_D	23	139	45	60	LOS_E
Av. Angamos	Este	Oete Aux	30	109	24	35	LOS_C	29	139	45	44	LOS_D
Av. Angamos	Este	Oeste	1136	109	24	32	LOS_C	1108	139	45	52	LOS_D
Av. Angamos	Este	Sur	364	109	24	65	LOS_E	355	139	45	65	LOS_E
Av. Principal	Este Aux	Norte	256	88	25	110	LOS_F	250	83	29	73	LOS_E
Av. Principal	Este Aux	Oete Aux	61	88	25	61	LOS_E	59	83	29	82	LOS_F
Av. Principal	Este Aux	Oeste	92	88	25	61	LOS_E	85	83	29	86	LOS_F
Av. Principal	Norte	Este	219	88	25	64	LOS_E	216	83	29	73	LOS_E
Av. Angamos	Norte	Oete Aux	882	255	182	221	LOS_F	1233	147	49	32	LOS_C
Av. Angamos	Norte	Oeste	518	255	182	269	LOS_F	717	147	49	53	LOS_D
Av. Angamos	Norte	Sur	90	255	182	292	LOS_F	112	147	49	56	LOS_E
Av. Angamos	Oeste	Este	33	255	182	282	LOS_F	41	147	49	51	LOS_D
Av. Principal	Oeste	Norte	98	158	50	65	LOS_E	96	141	48	74	LOS_E
Av. Principal	Oeste	Oete Aux	354	158	50	61	LOS_E	339	141	48	69	LOS_E
Av. Principal	Oeste	Oeste	243	158	50	76	LOS_E	232	141	48	82	LOS_F
Av. Principal	Sur	Este	334	158	50	72	LOS_E	316	141	48	73	LOS_E
Av. Angamos	Sur	Norte	85	61	11	32	LOS_C	80	60	17	44	LOS_D
Av. Angamos	Sur	Oete Aux	220	61	11	28	LOS_C	212	60	17	48	LOS_D
Av. Angamos	Sur	Oeste	83	61	11	38	LOS_D	78	60	17	70	LOS_E
<b>Promedio</b>			<b>5123</b>	<b>255</b>	<b>42</b>	<b>107</b>	<b>LOS_F</b>	<b>5581</b>	<b>147</b>	<b>27</b>	<b>55</b>	<b>LOS_D</b>

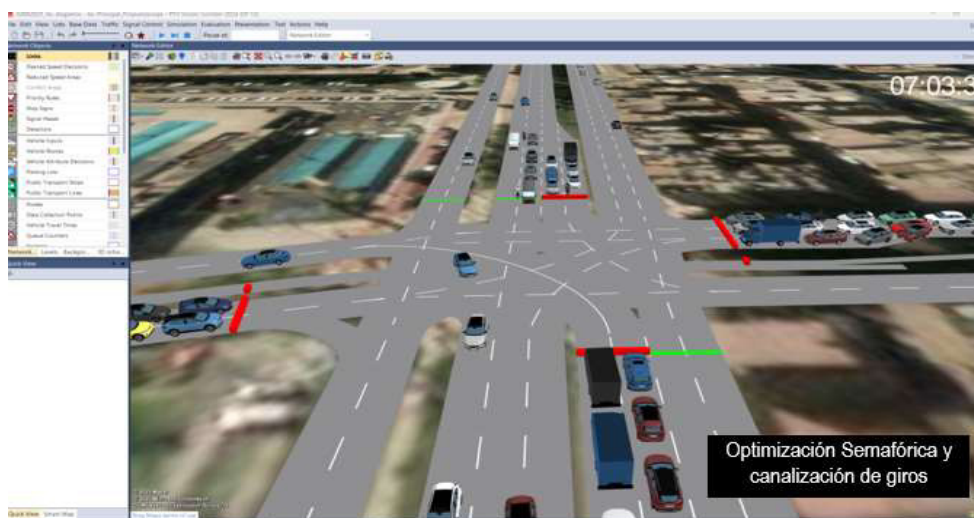
Estos resultados demuestran que el modelamiento de las demoras, mediante el uso del software VISSIM, es una herramienta eficaz para diagnosticar problemáticas operativas, evaluar alternativas de solución y sustentar propuestas técnicas orientadas a la optimización

del nivel de servicio en intersecciones urbanas complejas. La simulación permitió validar la efectividad de las intervenciones planteadas, proporcionando una base técnica sólida para la toma de decisiones en la gestión del tránsito del distrito de Surquillo.

La evaluación comparativa de la intersección muestra cambios significativos en las condiciones de operación al implementar el escenario propuesto.

#### **Figura 44**

##### *Escenario actual vs Propuesto*



El escenario propuesto mejora significativamente la operación de la intersección, reduciendo demoras, colas y mejorando el nivel de servicio en la mayoría de movimientos. No obstante, algunas trayectorias aún requieren optimización puntual para alcanzar un desempeño uniforme en toda la intersección. Aunque en general hay mejoras, ciertos accesos aún presentan niveles de servicio E y F, lo cual sugiere la necesidad de ajustes finos en la programación semafórica o rediseño geométrico en esos movimientos.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante el modelado de las condiciones actuales y la simulación de escenarios de mejora en la intersección de la Av. Principal y Av. Angamos, utilizando el software de microsimulación PTV VISSIM, se obtuvieron resultados significativos que evidencian el comportamiento del tráfico en dicha zona. Los indicadores de desempeño mostraron elevados niveles de congestión en el escenario base, especialmente en horas punta, lo que afecta negativamente la transitabilidad y el nivel de servicio. Sin embargo, al implementar propuestas como la optimización semafórica y la redistribución de carriles, se observaron mejoras sustanciales en los tiempos de viaje, la capacidad vial y la reducción de colas vehiculares. Estos resultados permiten sustentar la viabilidad de las soluciones planteadas y destacan la utilidad de la simulación como herramienta técnica para la toma de decisiones en gestión del tránsito urbano.

El modelo VISSIM arrojó un índice de nivel de servicio (LOS) de tipo F, lo cual evidencia altos niveles de congestión, especialmente durante las horas punta matutina (07:30 - 09:00 a.m.) y vespertina (05:30 - 07:00 p.m.). El tiempo promedio de demora por vehículo fue de aproximadamente 180 segundos, mientras que el número promedio de detenciones fue superior a 2.8 por ciclo semafórico, indicando una saturación crítica en el cruce semaforizado. En contraste, tras implementar una propuesta de mejora basada en la reconfiguración del ciclo semafórico a 150 segundos, la incorporación de un carril adicional de giro a la derecha en la Av. Angamos, y el reajuste de fases semafóricas coordinadas, se logró reducir la demora promedio a 55 segundos y el nivel de servicio mejoró a un LOS D, evidenciando un tránsito más fluido.

Estos hallazgos se correlacionan con los obtenidos por Tito (2024) en Puno, quien al aplicar un ciclo semafórico optimizado de 95 segundos y adicionar un carril en una intersección de alto flujo vehicular, logró disminuir la congestión vehicular en 20.45%, mientras que el flujo

peatonal aumentó en 11.04%. Este patrón demuestra que intervenciones relativamente simples, pero estratégicamente diseñadas e implementadas, pueden generar mejoras sustanciales en la transitabilidad urbana.

Asimismo, los resultados son coherentes con lo reportado por Gonzales y Reynoso (2023) en el distrito de Pueblo Libre, Lima, quienes, tras aplicar propuestas de semaforización inteligente y reorganización del tránsito, lograron reducir los tiempos de desplazamiento vehicular en 35%. La similitud en los enfoques metodológicos, donde el modelado y análisis se sustentan en microsimulación con VISSIM, resalta la robustez de esta herramienta para sustentar propuestas técnicas de mejora.

Otro punto de análisis relevante es el impacto de la geometría vial en la generación de congestión. Tal como lo señaló Muñoz (2021), quien modeló una vía urbana en el municipio de Guamal, se evidenció que la redistribución del espacio vial para ciclovías y zonas peatonales puede tener un impacto positivo en el flujo vehicular. Aunque en nuestro caso no se incorporaron componentes ciclopeatonales, los resultados permiten inferir que una futura fase del proyecto podría incorporar estos elementos como parte de una estrategia integral de movilidad sostenible.

Desde una perspectiva internacional, el estudio de Villareal y Basantes (2023) en Riobamba reafirma la importancia de utilizar herramientas de simulación como VISSIM para tomar decisiones con base técnica. En dicho estudio, las mejoras propuestas en los accesos a la ciudad permitieron no solo mejorar el flujo vehicular, sino también reducir externalidades negativas asociadas al tráfico urbano. De manera análoga, los resultados del presente estudio evidencian que una adecuada planificación semafórica y la redistribución vial pueden incidir de manera significativa en el rendimiento del sistema de transporte.

Asimismo, la investigación de Haijian Li et al. (2020) sobre estrategias de cambio de carril en rampas destaca que la simulación permite prever y optimizar decisiones que los

conductores tomarían en condiciones reales de tráfico. Aunque la intersección evaluada en Surquillo no cuenta con infraestructura de rampas, el principio subyacente —optimización de decisiones conductuales a través del diseño vial— también aplica en nuestro estudio, al facilitar maniobras de giro y minimizar puntos de conflicto mediante el rediseño geométrico y semafórico.

Por otro lado, si bien Peredo y Panduro (2023), así como Robles (2022), destacaron la importancia de incluir el enfoque cualitativo desde la movilidad sostenible, enfatizando la experiencia del peatón y la recuperación del espacio público, el presente estudio se centró prioritariamente en la optimización del tránsito vehicular. No obstante, se reconoce que futuras investigaciones deberían incluir componentes multimodales (peatonales y cicloviales) bajo un enfoque inclusivo y sustentable, alineado con la planificación integral del espacio urbano.

Finalmente, al igual que en el estudio de Arapa (2024), en el cual se detectaron cuellos de botella que persistían incluso luego de la implementación de mejoras, se reconoce que en la intersección Av. Principal - Av. Angamos pueden mantenerse ciertas limitaciones físicas y operativas (como estacionamientos informales o invasión de intersecciones) que afecten el desempeño del sistema. Por tanto, se recomienda que las propuestas técnicas vayan acompañadas de una adecuada gestión del tránsito, fiscalización municipal y campañas de sensibilización ciudadana.

En síntesis, los resultados obtenidos mediante la simulación —aunque de carácter referencial evidencian la efectividad del enfoque adoptado, permitiendo proyectar mejoras significativas en la eficiencia del tránsito en la intersección evaluada. Asimismo, al contrastar estos hallazgos con los antecedentes revisados, se reafirma que el software PTV VISSIM constituye una herramienta robusta y confiable para el análisis y formulación de propuestas integrales orientadas a mitigar la congestión vehicular en entornos urbanos de características similares.

## VI. CONCLUSIONES

- ❖ La modelización del flujo vehicular mediante el software VISSIM permitió identificar las principales deficiencias operativas en la intersección de las avenidas Principal y Angamos, y evaluar propuestas de mejora orientadas a optimizar el nivel de servicio. En el escenario actual, se registró un nivel de servicio general de LOS F. Tras la aplicación del escenario propuesto, que incluyó ajustes semafóricos y restricciones de maniobras conflictivas, la demora el nivel de servicio mejoró a LOS D, evidenciando una mejora sustancial en la eficiencia operativa.
- ❖ El modelamiento de la capacidad vial y del volumen del tránsito permitió detectar puntos críticos de saturación como los movimientos de Av. Angamos (Norte → Oeste), donde se registraron volúmenes superiores a 500 vehículos por hora y demoras de hasta 269 segundos por vehículo. Con la propuesta de optimización, dichos valores se redujeron a 55 segundos por vehículo.
- ❖ El modelamiento de las fases y ciclos semafóricos permitió reconfigurar la programación semafórica de acuerdo con las demandas específicas de cada acceso. Este ajuste generó reducciones notables en la longitud de colas, que pasaron de 42 metros en promedio a 27 metros, y disminuciones en los tiempos de espera, demostrando que la gestión de los tiempos semafóricos optimizó significativamente el flujo vehicular.
- ❖ El modelamiento de las demoras vehiculares permitió analizar los tiempos de espera en todos los movimientos de la intersección, identificando aquellos con mayor impacto negativo en la operación, la demora de 107 se redujo con la propuesta a 55 segundos por vehículo.

## VII. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda incorporar de manera sistemática el uso del software VISSIM en la evaluación y rediseño de intersecciones urbanas, ya que permite simular escenarios de mejora antes de su implementación real. Esta herramienta debe utilizarse como insumo técnico clave para sustentar decisiones orientadas a reducir la congestión y optimizar el nivel de servicio en puntos críticos de la red vial urbana.
- ❖ Se sugiere realizar un monitoreo continuo de los accesos con mayores niveles de saturación vehicular, y aplicar medidas de redistribución de demanda o rediseño geométrico cuando los volúmenes superen la capacidad disponible. Asimismo, es necesario que los estudios de tráfico contemplen análisis de capacidad en función de la hora pico, a fin de proponer soluciones técnicamente viables y sostenibles.
- ❖ Se recomienda actualizar la programación semafórica de manera periódica, basada en estudios de demanda vehicular por acceso. Esto incluye la implementación de ciclos eficientes, fases protegidas y exclusiones de giros conflictivos. Además, se sugiere evaluar la viabilidad de implementar sistemas semafóricos adaptativos en intersecciones de alta complejidad para mejorar la fluidez y reducir los tiempos de espera.
- ❖ Se sugiere que toda propuesta de intervención vial contemple un análisis detallado de demoras como indicador prioritario en la evaluación del desempeño de una intersección. La reducción efectiva de demoras debe ser un objetivo central en los planes de mejora de la infraestructura vial, dado que impacta directamente en la percepción del usuario y en la eficiencia operativa del sistema de transporte urbano.

## VIII. REFERENCIAS

- Arapa, E. (2024). *Evaluación de tráfico en la vía Arequipa a la ruta 48 con el nuevo proyecto de carretera Cerro Colorado–La Joya aplicando el software VISSIM* [Tesis de titulación, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8990>
- Carrillo, D., y Montoya, O. (2022). *Análisis técnico de la capacidad vial y nivel de servicio de la intersección glorieta barrio Porfía* [Tesis de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/47172>
- Garrido, S. (2023). *Microsimulación de tráfico para evaluar el impacto de la ampliación del metrocentro en Sevilla* [Tesis de maestría, Universidad de Sevilla]. Repositorio Institucional US. <https://hdl.handle.net/11441/147925>
- Gonzales, F., y Reynoso, W. (2023). *Rediseño y evaluación intermodal de la intersección de las avenidas Sucre y Bolívar utilizando los softwares VISSIM y VISWALK 8* [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24766>
- Hadi, S., y Khairurrasyid, L. (2024). *Performance analysis of unsignalized intersection using PTV VISSIM software modeling*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, *1321*(1), 012027.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Hussain, M., Bahrha, G., y Goswami, A. (2024). An integrated VISSIM-SSAM approach to predicting and mitigating pedestrian crashes and severity along urban crossings. *Case Studies on Transport Policy*, *15*, 101153. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2024.101153>
- Kanyepe, J., y Kasambuwa, N. (2024). Institutional dynamics and road accidents in the road haulage sector: The moderating role of information communication technology.

*Journal of Humanities and Applied Social Sciences*, 6(1), 3–19.

<https://doi.org/10.1108/JHASS-08-2023-0088>

Li, H., Huang, Z., Zou, X., Zheng, S., y Yang, Y. (2020). VISSIM-based simulation and analysis of upstream segments in ramp areas for optimizing vehicle group lane-changing behaviors. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, Article 5983161. <https://doi.org/10.1155/2020/5983161>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras*. Lima, Perú. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/manual\\_dispositivos\\_control\\_transito\\_automotor.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/manual_dispositivos_control_transito_automotor.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico (DG-2018)*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Manual para ciclistas del Perú*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1309978/Manual%20para%20ciclistas%20del%20Per%C3%BA.pdf?v=1600800234>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2021). *Guía para el diseño de infraestructura ciclista en intersecciones*. Programa Nacional de Transporte Urbano Sostenible – PROMOVILIDAD. [https://transportweek.org/wpcontent/uploads/2022/04/Guia\\_para\\_el\\_Disenio\\_de\\_Infraestructura\\_Ciclista\\_en\\_Intersecciones.pdf](https://transportweek.org/wpcontent/uploads/2022/04/Guia_para_el_Disenio_de_Infraestructura_Ciclista_en_Intersecciones.pdf)

Misari, L. (2021). *Capacidad vial y flujo vehicular en la carretera PE-3SB* [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2825>

- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2017). *Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación del ciclista*.  
<https://despacio.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Lima20170421.pdf>
- Muñoz, D. (2021). *Modelado y análisis del sector Villa Bernarda (calle 12) del municipio de Guamal-Meta mediante el software de simulación de tránsito VISSIM* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12494/34756>
- Ortúzar, J., y Willumsen, L. (2011). *Modelling transport* (4th ed.). John Wiley y Sons.  
<https://doi.org/10.1002/9781119993308>
- Peredo, I., y Panduro, A. (2023). *Análisis de la accesibilidad e impacto del tránsito en el óvalo Ureta ubicado en la ciudad de Chiclayo-Lambayeque* [Tesis de titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/24766>
- Robles, J. (2022). *Análisis y rediseño de una intersección vial de alto tránsito desde el enfoque de la movilidad sostenible* [Trabajo de suficiencia profesional para titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12404/24073>
- Sala, I. (2023). *Definición de modelos potenciales para la toma de decisiones de un vehículo autónomo* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional UPM.  
<https://oa.upm.es/72804>
- Sánchez, C., Salinas, J., Torres, J., y Romero, E. (2024). Evaluación de intersección a nivel en vías urbanas en ciudades costeras. *Revista Ciencia y Construcción*, 5(1), 52–62.  
<https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/228>

- Tito, J. (2024). *Optimización del nivel de servicio vehicular y flujo peatonal por microsimulación con el programa PTV VISSIM* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional UNAP. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/22923>
- Tovar, D. y Zamudio, D. (2022). *Análisis del comportamiento vial modelado en PTV VISSIM para la optimización de la intersección en la carrera 33 con calle 34* [Tesis de licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/47170>
- Villareal, K., y Basantes, D. (2023). *Desarrollo de una propuesta técnica de tránsito para la reducción de la congestión vehicular en los accesos de la ciudad de Riobamba mediante el uso del software PTV VISSIM* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22491>
- Wen, X. (2018). *An agent-based simulation model for optimization of the signalized intersection connected to freeway on-ramp*. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1801.07583>

## IX. ANEXOS

## Anexo A. Matriz De Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Unidad	Instrumentos y/o herramientas
<p><b>V. Independiente:</b> Modelización del Flujo Vehicular</p>	<p>El flujo vehicular en una intersección se refiere a la cantidad y la dinámica del tráfico que circula a través de dicha intersección en un período específico. Incluye el número de vehículos que pasan por la intersección, su velocidad, y los patrones de movimiento durante distintos momentos del día (Misari, 2021).</p>	<p>Se mide a través del conteo de vehículos por hora, velocidad promedio de los vehículos, y el análisis de los patrones de tráfico en la intersección utilizando herramientas de simulación y observación directa. El flujo vehicular se evaluará en función del volumen de tráfico registrado y la distribución temporal del mismo.</p>	<p>Vehículos por hora (vph) y velocidad promedio en kilómetros por hora (Km/h)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contadores de vehículos automáticos.</li> <li>- Cámaras de video para</li> <li>- monitoreo en tiempo real.</li> <li>- Software de simulación de tráfico (PTV VISSIM)</li> </ul>
<p><b>V. Dependiente:</b> Niveles de Servicio en la intersección</p>	<p>Los niveles de servicio en una intersección se refieren a la medida de la eficiencia operativa y el desempeño de la intersección en términos de capacidad, tiempo de espera, y fluidez del tráfico. Se clasifica típicamente en una escala que va desde niveles de servicio A (excelente) hasta F (deficiente), basado en el grado de congestión y retrasos experimentados por los usuarios (Gonzales y Reynoso, 2023).</p>	<p>Se mide mediante el análisis de parámetros como tiempos de espera en los semáforos, el grado de congestión en la intersección, y la eficiencia general del flujo vehicular utilizando el software de simulación PTV VISSIM. Los niveles de servicio se evaluarán con base en las simulaciones y los datos obtenidos durante el análisis del flujo vehicular.</p>	<p>Índice de nivel de servicio (escala A-F)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software de simulación de tráfico (PTV VISSIM)</li> <li>- Datos de tiempo de espera y congestión recogidos durante las observaciones</li> <li>- Reportes generados por el software de simulación</li> </ul>