



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

IMPACTO DEL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA SEMAFÓRICA

SOBRE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV.

SEBASTIÁN BARRANCA, HUANCVELICA

Línea de investigación:

Seguridad vial e infraestructura de transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autora

Licla Ripas, Thalia

Asesor

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro

ORCID: 0000-0003-2200-7169

Jurado

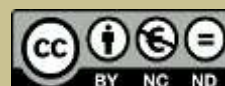
Benavides Caveró, Oscar

Vidal Retamozo, Eduardo Silvano

Carrillo Balceda, Jesus Elias

Lima - Perú

2026



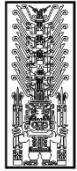
IMPACTO DEL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA SEMAFÓRICA SOBRE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. SEBASTIÁN BARRANCA, HUANCAMELICA

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%	11%	1%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	2%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
5	www4.congreso.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad APEC Trabajo del estudiante	<1%
10	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
11	es.unionpedia.org	



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

IMPACTO DEL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA
SEMAFÓRICA SOBRE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y
PEATONAL EN LA AV. SEBASTIÁN BARRANCA,
HUANCAVELICA

Línea de Investigación:

Seguridad vial e Infraestructura de Transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Transportes

Autora:

Licla Ripas, Thalia

Asesor:

Chávez Dueñas, Jesús Alejandro

ORCID: 0000-0003-2200-7169

Jurado:

Benavides Cavero, Oscar

Vidal Retamozo, Eduardo Silvano

Carrillo Balceda, Jesus Elias

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

A mi padre Bacilio Liela y mi madre Bertha Ripas, por ser mi orgullo y motivación de seguir creciendo profesionalmente y en lo personal, a mi hermana Karin por creer en mí y estar apoyándome en todo momento y en los momentos más difíciles.

Esta dedicatoria también tiene como objetivo contribuir al mejoramiento del transporte y generar mayores iniciativas para que los funcionarios de las Municipalidades inviertan en el transporte y la movilidad, dando prioridad al usuario y al peatón.

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a la naturaleza por permitirme llegar hasta este momento. A mis padres, por su amor y apoyo incondicional; a mi hermana Karin, por ser mi soporte, ejemplo de perseverancia y motivación constante; y a mis hermanos y familiares, por su inspiración y respaldo permanente.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a mi asesor, el ingeniero Alejandro Chávez Dueñas, por su acompañamiento, paciencia y apoyo desde el inicio hasta la aprobación de mi tesis.

ÍNDICE

Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Descripción y formulación del problema.....	10
1.1.1. <i>Problema general</i>	12
1.1.2. <i>Problemas específicos</i>	12
1.2. Antecedentes	12
1.2.1. <i>Antecedentes internacionales</i>	12
1.2.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	14
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación.....	16
1.5. Hipótesis.....	18
1.5.1. <i>Hipótesis general</i>	18
1.5.2. <i>Hipótesis específicas</i>	18
II. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	19
III. MÉTODO.....	24
3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Ámbito temporal y espacial	24
3.3. Variables	25
3.3.1. <i>Variable independiente</i>	25
3.3.2. <i>Variable dependiente</i>	25
3.4. Población y muestra	26
3.5. Instrumentos	26

3.6. Procedimientos	27
3.7. Análisis de datos	37
3.8. Consideraciones éticas	42
IV. RESULTADOS	43
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
VI. CONCLUSIONES	50
VII. RECOMENDACIONES	51
VIII. REFERENCIAS	52
IX. ANEXOS	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Intersecciones seleccionadas y características generales	30
Tabla 2 Volúmenes de tránsito vehicular y peatonal por intersección	31
Tabla 3 Evaluación técnica de los semáforos por intersección	33
Tabla 4 Tiempos promedio de espera vehicular y peatonal	34
Tabla 5 Parámetros utilizados en la simulación semafórica	35
Tabla 6 Comparación de indicadores de transitabilidad antes y después de la mejora	36
Tabla 7 Indicadores de congestión vehicular	37
Tabla 8 Tiempos de ciclo y fases semafóricas	39
Tabla 9 Indicadores de transitabilidad peatonal	40
Tabla 10 Impacto del mejoramiento semafórico en la Av. Sebastián Barranca	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Área de estudio en la Av. Sebastián Barranca, Huancavelica	29
Figura 2 Diagrama del flujo vehicular y peatonal	31
Figura 3 Estado actual de la infraestructura semafórica	32
Figura 4 Diagrama de fases semafóricas	38
Figura 5 Flujo y cruce peatonal en intersecciones	40

Resumen

El objetivo: Principal de la presente investigación fue determinar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica, considerando las condiciones de congestión, sincronización semafórica y seguridad vial. **Método:** El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un tipo de investigación aplicada y un alcance descriptivo-comparativo, empleando métodos de observación directa, medición de flujos vehiculares y peatonales, registro de tiempos de espera y cruce, así como modelación y simulación del tránsito. **Resultado:** Del diagnóstico evidenciaron altos niveles de congestión vehicular en las intersecciones evaluadas, con relaciones volumen/capacidad cercanas o superiores a la saturación, tiempos de demora elevados y niveles de servicio deficientes. Asimismo, se identificaron deficiencias en la sincronización y mantenimiento de la infraestructura semafórica, las cuales afectan negativamente la fluidez del tránsito y generan conflictos frecuentes entre peatones y vehículos. Frente a esta problemática, se desarrolló un escenario de mejoramiento semafórico basado en la optimización de los tiempos de ciclo, la coordinación entre intersecciones y una asignación más adecuada de las fases vehiculares y peatonales. La evaluación comparativa permitió evidenciar reducciones significativas en los tiempos de espera, disminución de la congestión y mejoras en la fluidez del tránsito y la seguridad peatonal. **Conclusiones:** El mejoramiento de la infraestructura semafórica se constituye como una herramienta técnica eficaz para optimizar la movilidad urbana en ciudades intermedias como Huancavelica.

Palabras clave: infraestructura semafórica, transitabilidad, seguridad vial

Abstract

The main objective: Of this research was to determine the impact of improving traffic signal infrastructure on vehicular and pedestrian traffic flow along Sebastián Barranca Avenue in the city of Huancavelica, considering current conditions of congestion, signal coordination, and road safety. **Method:** The study was conducted under a quantitative approach, with an applied type of research and a descriptive–comparative scope, using methods such as direct observation, measurement of vehicular and pedestrian flows, recording of waiting and crossing times, as well as traffic modeling and simulation. **Result:** The diagnostic results revealed high levels of vehicular congestion at the evaluated intersections, with volume-to-capacity ratios close to or exceeding saturation, long delay times, and poor levels of service. Likewise, deficiencies were identified in the synchronization and maintenance of the traffic signal infrastructure, which negatively affect traffic flow and generate frequent conflicts between pedestrians and vehicles. In response to this problem, an improved traffic signal scenario was developed based on the optimization of cycle times, coordination between intersections, and a more appropriate allocation of vehicular and pedestrian phases. The comparative evaluation evidenced significant reductions in waiting times, decreased congestion levels, and improvements in traffic flow and pedestrian safety. **In conclusion:** Improving traffic signal infrastructure constitutes an effective technical tool for optimizing urban mobility in intermediate cities such as Huancavelica.

Keywords: traffic signal infrastructure, traffic flow, road safety

I. INTRODUCCIÓN

La transitabilidad vehicular y peatonal en las zonas urbanas constituye un elemento fundamental para el desarrollo ordenado de las ciudades, ya que influye directamente en la calidad de vida de la población, la seguridad vial y la eficiencia del sistema de transporte. Una adecuada gestión del tránsito permite optimizar los desplazamientos, reducir tiempos de viaje, minimizar conflictos entre usuarios de la vía y contribuir a un entorno urbano más seguro, accesible y sostenible. En este contexto, la infraestructura vial y, en particular, la infraestructura semafórica, cumple un rol estratégico en la regulación del flujo vehicular y peatonal en las intersecciones urbanas.

La infraestructura semafórica tiene como función principal ordenar el tránsito, asignar de manera equitativa los tiempos de paso y garantizar la seguridad de los peatones y conductores. No obstante, en muchas ciudades peruanas de tamaño intermedio, como Huancavelica, los sistemas semafóricos presentan deficiencias asociadas a la antigüedad de los equipos, la falta de sincronización, el inadecuado diseño de los tiempos semafóricos y el mantenimiento insuficiente. Estas limitaciones generan congestión vehicular, incrementan el riesgo de accidentes de tránsito y dificultan el desplazamiento seguro de los peatones, especialmente en zonas con alta afluencia de personas.

La avenida Sebastián Barranca es una de las principales arterias viales de la ciudad de Huancavelica, caracterizada por concentrar un elevado flujo de tránsito vehicular y peatonal debido a la presencia de actividades comerciales, servicios públicos y centros educativos en su entorno inmediato. Esta situación genera una alta demanda de movilidad, especialmente en horas punta, evidenciando problemas recurrentes como demoras excesivas, conflictos entre peatones y vehículos, cruces inseguros y un uso ineficiente del espacio vial. Dichas condiciones ponen de manifiesto la necesidad de contar con un sistema semafórico moderno, eficiente y adaptado a las características reales del tránsito local.

En este sentido, el mejoramiento de la infraestructura semafórica en la avenida Sebastián Barranca se plantea como una alternativa técnica orientada a optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal, mediante la implementación de equipos modernos, la mejora en la sincronización de los semáforos y la adecuación de los tiempos de cruce. Estas acciones permitirían reducir los tiempos de espera, mejorar la fluidez del tránsito, incrementar los niveles de seguridad vial y promover una convivencia más ordenada entre los distintos usuarios de la vía.

Por ello, la presente investigación tiene como propósito evaluar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, Huancavelica. A través del análisis de indicadores técnicos de tránsito y seguridad vial, se busca identificar los beneficios, limitaciones y efectos derivados de esta intervención, aportando evidencia objetiva que permita sustentar futuras decisiones en materia de planificación urbana y movilidad sostenible. Los resultados del estudio podrán servir como referencia para la formulación de políticas públicas y proyectos de infraestructura vial orientados a mejorar la movilidad urbana y la seguridad vial en la ciudad de Huancavelica.

1.1. Descripción y formulación del problema

El crecimiento acelerado del parque vehicular y el proceso continuo de urbanización a nivel mundial han generado importantes desafíos en la gestión del tránsito urbano y la seguridad vial. Este fenómeno ha incrementado la demanda sobre la infraestructura vial existente, la cual, en muchos casos, no ha sido diseñada ni actualizada para soportar los actuales volúmenes de tránsito. Dentro de este contexto, la infraestructura semafórica cumple un rol esencial en la regulación del flujo vehicular y peatonal; sin embargo, cuando presenta deficiencias en su diseño, operación o mantenimiento, se convierte en un factor que contribuye directamente a la congestión vehicular, al incremento de los tiempos de viaje y a la ocurrencia de conflictos y accidentes de tránsito.

Diversos estudios a nivel internacional evidencian que la modernización y el mejoramiento de los sistemas semafóricos, mediante la incorporación de tecnología adecuada, una correcta sincronización y el ajuste de los tiempos de ciclo, permiten optimizar la fluidez del tránsito, reducir los niveles de congestión y mejorar significativamente la seguridad vial, tanto para conductores como para peatones. En contraste, la presencia de sistemas semafóricos obsoletos o ineficientes genera desorden en la circulación, cruces inseguros y un uso inadecuado del espacio vial, afectando la eficiencia del sistema de transporte urbano.

En el contexto nacional, el Perú ha experimentado en los últimos años un aumento significativo del parque automotor en ciudades de distintos tamaños, lo cual ha intensificado los problemas de congestión vehicular y siniestralidad vial, especialmente en zonas urbanas donde la infraestructura vial y semafórica no ha sido modernizada ni mantenida de manera adecuada. La deficiente semaforización, caracterizada por equipos obsoletos, falta de sincronización entre intersecciones y mantenimiento insuficiente, se identifica como una de las causas recurrentes de los problemas de transitabilidad vehicular y peatonal, evidenciando la necesidad de intervenciones técnicas orientadas a mejorar estos sistemas en las principales vías urbanas.

En la ciudad de Huancavelica, la avenida Sebastián Barranta constituye una de las vías de mayor importancia y demanda de movilidad, concentrando un elevado flujo vehicular y peatonal debido a su función como eje articulador de actividades comerciales, institucionales y de servicios. No obstante, esta vía presenta deficiencias notables en su infraestructura semafórica, tales como la falta de sincronización entre los semáforos, inadecuado mantenimiento y limitada incorporación de tecnología moderna. Estas condiciones generan congestión vehicular, demoras prolongadas en las intersecciones y situaciones de riesgo para los peatones, especialmente durante las horas de mayor demanda.

La problemática descrita afecta de manera directa la fluidez del tránsito, incrementa los conflictos entre peatones y vehículos y pone en riesgo la seguridad vial de los usuarios de la avenida Sebastián Barranca. Asimismo, estas deficiencias impactan negativamente en la calidad de vida de la población, limitan el desarrollo económico de la zona y generan una percepción de inseguridad en el espacio urbano. En este contexto, resulta imprescindible evaluar de manera técnica y objetiva cómo el mejoramiento de la infraestructura semafórica puede influir en la transitabilidad vehicular y peatonal en esta vía, permitiendo diagnosticar las deficiencias existentes y proponer soluciones orientadas a optimizar la movilidad urbana y mejorar las condiciones de seguridad vial en la ciudad de Huancavelica.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica?

1.1.2. Problemas específicos

¿Qué niveles de congestión vehicular se presentan actualmente la Av. Sebastián Barranca debido a la inadecuada semaforización?

¿Cómo influye la falta de sincronización y mantenimiento de los semáforos en el desplazamiento seguro de los peatones?

¿Cuál es el impacto del actual sistema semafórico en la fluidez del tránsito y la ocurrencia de conflictos viales entre vehículos y peatones?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Jara-Díaz et al. (2021), en el estudio “Impact of traffic signal infrastructure on pedestrian safety in school zones of Santiago, Chile”, evaluaron el efecto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la seguridad peatonal en zonas urbanas con alta demanda.

Su objetivo fue analizar la relación entre la modernización de los semáforos y la reducción de conflictos viales en entornos escolares. La metodología empleada fue un análisis antes–después utilizando registros de siniestros, aforos peatonales y observaciones de campo en intersecciones semaforizadas. Los resultados evidenciaron una reducción significativa de atropellos y conflictos peatón–vehículo, además de mejoras en el cumplimiento de los tiempos de cruce. Concluyeron que la mejora de la infraestructura semafórica contribuye directamente a incrementar la seguridad vial y la transitabilidad peatonal en áreas urbanas sensibles.

Zhao et al. (2020), en su investigación titulada “Effects of signal timing optimization on urban traffic congestion and safety”, analizaron el impacto de la optimización de tiempos semafóricos en intersecciones urbanas de ciudades chinas de tamaño medio. El objetivo del estudio fue evaluar los cambios en la fluidez vehicular y la seguridad vial tras la implementación de ajustes en los ciclos semafóricos. La metodología consistió en el análisis de datos de tránsito, simulación microscópica y comparación de indicadores de desempeño antes y después de la intervención. Los resultados mostraron una reducción promedio del 15% en las demoras vehiculares y una disminución del 12% en los conflictos de tránsito. Los autores concluyeron que una adecuada optimización de la semaforización mejora significativamente la eficiencia del tránsito urbano.

Papageorgiou et al. (2019), en el estudio “Urban traffic control strategies and their impact on traffic flow and safety”, evaluaron diferentes estrategias de control semafórico aplicadas en corredores urbanos europeos. Su objetivo fue determinar el impacto del control semafórico coordinado en la transitabilidad vehicular y la seguridad vial. La metodología incluyó modelación matemática, simulación del tráfico y análisis comparativo de escenarios con y sin control semafórico mejorado. Los resultados evidenciaron mejoras en la velocidad promedio, reducción de colas y disminución de conflictos en intersecciones. Concluyeron que el mejoramiento de la infraestructura y gestión semafórica es una herramienta eficaz para

optimizar la movilidad urbana.

Sayed et al. (2018) desarrollaron el estudio “Evaluating the safety and operational impacts of traffic signal improvements at urban intersections”, cuyo objetivo fue analizar los efectos de la modernización semafórica en la operación y seguridad de intersecciones urbanas en Canadá. La metodología empleada incluyó análisis estadístico de accidentes, medición de tiempos de viaje y evaluación del nivel de servicio antes y después de la intervención. Los resultados mostraron una reducción del 18% en accidentes y mejoras sustanciales en la fluidez vehicular. Los autores concluyeron que la mejora de los sistemas semafóricos tiene un impacto positivo tanto en la transitabilidad como en la seguridad vial.

Feng et al. (2022), en la investigación “Smart traffic signal control and its effects on pedestrian and vehicle mobility”, evaluaron el impacto de la implementación de semáforos inteligentes en intersecciones urbanas de alta demanda peatonal. El objetivo fue determinar cómo la modernización tecnológica influye en la movilidad segura de peatones y vehículos. La metodología combinó simulación de tráfico, observación directa y análisis de indicadores de movilidad. Los resultados mostraron una reducción significativa de los tiempos de espera y una mejora en la seguridad de los cruces peatonales. Concluyeron que los sistemas semafóricos modernos contribuyen a una movilidad urbana más eficiente y segura.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Tarquino (2023), en el estudio “Sistema de gestión y operación de la red semafórica de la ciudad de Lima”, evaluó el impacto de la modernización y gestión de la red semafórica en intersecciones urbanas de alta congestión. El objetivo fue analizar los cambios en la fluidez vehicular tras la implementación de sensores y ajustes en los tiempos semafóricos. La metodología incluyó simulación microscópica y análisis de indicadores de tránsito. Los resultados evidenciaron una reducción de colas vehiculares de hasta 59%. Concluyó que una adecuada gestión semafórica mejora significativamente la transitabilidad urbana.

Carrasco et al. (2021), en el estudio “Evaluation of an intersection with an exclusive traffic light phase for pedestrians in Lima, Peru”, analizaron el impacto de fases semafóricas exclusivas para peatones en una intersección urbana. El objetivo fue evaluar los efectos en la movilidad peatonal y vehicular. La metodología consistió en microsimulación con VISSIM y VISWALK, comparando escenarios antes y después. Los resultados mostraron una reducción del tiempo de cruce peatonal y mejoras en los niveles de servicio. Concluyeron que el mejoramiento semafórico favorece una convivencia más segura entre peatones y vehículos.

Larios (2021), en la investigación “Propuesta de mejora de la semaforización vial para la reducción de accidentes en una intersección urbana de Lima”, evaluó el impacto de la optimización de ciclos semafóricos sobre la seguridad vial. El objetivo fue determinar la influencia de una correcta programación semafórica en la reducción de siniestros. La metodología incluyó análisis de accidentes, aforos y simulación de tráfico. Los resultados evidenciaron una disminución significativa de conflictos vehiculares y peatonales. Concluyó que el mejoramiento de la infraestructura semafórica contribuye a una mayor seguridad vial.

Quispe (2020), en el estudio “Evaluación de la semaforización y su influencia en la congestión vehicular en una avenida principal de Cusco”, analizó el efecto de la sincronización semafórica en la transitabilidad vehicular. El objetivo fue determinar la relación entre la deficiente semaforización y la congestión urbana. La metodología empleada fue un análisis antes–después con medición de tiempos de viaje y colas vehiculares. Los resultados mostraron mejoras significativas en la fluidez del tránsito. Concluyó que la modernización semafórica es clave para reducir la congestión urbana.

Huamán y Rojas (2022), en la investigación “Impacto de la optimización de los tiempos semafóricos en la seguridad vial urbana”, evaluaron el efecto del ajuste de ciclos semafóricos en intersecciones urbanas de Arequipa. El objetivo fue analizar los cambios en los niveles de seguridad y transitabilidad. La metodología incluyó análisis estadístico de accidentes y

simulación de tráfico. Los resultados evidenciaron una reducción de accidentes y mejoras en los tiempos de desplazamiento. Concluyeron que el mejoramiento de la infraestructura semafórica tiene un impacto positivo en la movilidad urbana.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos

Determinar los niveles actuales de congestión vehicular en la Av. Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

Analizar la sincronización y el mantenimiento de los semáforos en la Av. Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

Identificar el impacto del sistema semafórico vigente en la fluidez del tránsito en la Av. Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

1.4. Justificación

La presente investigación se justifica porque contribuye al análisis del rol que cumple la infraestructura semafórica en la transitabilidad vehicular y peatonal dentro del contexto urbano, aportando evidencia empírica sobre los efectos del mejoramiento de los sistemas semafóricos en la fluidez del tránsito y la seguridad vial. El estudio permite fortalecer el marco teórico relacionado con la gestión del tránsito urbano, especialmente en ciudades intermedias como Huancavelica, donde la infraestructura vial presenta limitaciones técnicas y operativas.

Asimismo, la investigación tiene una justificación práctica, ya que sus resultados proporcionarán información técnica relevante para las autoridades locales y entidades responsables de la gestión del tránsito, facilitando la toma de decisiones orientadas a la

planificación, diseño y mejora de la infraestructura semafórica en vías urbanas de alta demanda. El análisis del impacto del mejoramiento semafórico en la avenida Sebastián Barranca permitirá identificar deficiencias existentes y evaluar la efectividad de las intervenciones realizadas o propuestas.

Desde una perspectiva social, el estudio aborda una problemática que afecta directamente la calidad de vida de la población, debido a que una infraestructura semafórica inadecuada incrementa los riesgos de accidentes, genera demoras en los desplazamientos y limita la movilidad segura de los peatones. El mejoramiento de estos sistemas contribuye a crear entornos urbanos más seguros, accesibles y ordenados, beneficiando especialmente a los usuarios más vulnerables de la vía.

Finalmente, la investigación se justifica metodológicamente porque aplica técnicas propias de los estudios de tránsito urbano, como el análisis de aforos vehiculares y peatonales, medición de tiempos de viaje y evaluación de niveles de servicio, permitiendo obtener resultados objetivos, confiables y replicables que pueden servir como referencia para futuras investigaciones en el ámbito de la movilidad urbana y la seguridad vial.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

El mejoramiento de la infraestructura semafórica influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

1.5.2. Hipótesis específicas

Lo niveles actuales de congestión vehicular influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

La sincronización y el mantenimiento de los semáforos influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

El sistema semafórico influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Teoría de la transitabilidad urbana*

La teoría de la transitabilidad urbana sostiene que el funcionamiento eficiente del sistema vial depende de la capacidad de la infraestructura y de los mecanismos de control del tránsito para permitir desplazamientos seguros, continuos y ordenados de vehículos y peatones. Vasconcellos (2014) señala que la transitabilidad no se limita a la fluidez vehicular, sino que incorpora la seguridad, accesibilidad y equidad en el uso del espacio vial. En este sentido, la infraestructura semafórica cumple un rol clave al regular los flujos en intersecciones, reduciendo conflictos y tiempos de espera. Esta teoría se vincula directamente con la presente investigación, ya que el mejoramiento de la semaforización en la avenida Sebastián Barranca busca optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal mediante una gestión más eficiente de los flujos de tránsito.

2.1.2. *Semaforización*

La semaforización es un sistema fundamental de control del tránsito que asigna derechos de paso de manera alternada a los distintos movimientos vehiculares y peatonales. Según el Transportation Research Board (TRB, 2022), una adecuada semaforización permite reducir conflictos en intersecciones, mejorar la seguridad vial y aumentar la capacidad operativa de las vías urbanas. La eficiencia del sistema semafórico depende de factores como la sincronización, los tiempos de ciclo y la consideración de los volúmenes reales de tránsito. En esta investigación, el mejoramiento de la infraestructura semafórica constituye la variable independiente, ya que se analiza cómo su modernización influye directamente en la fluidez del tránsito y en la seguridad de peatones y conductores en la avenida Sebastián Barranca.

2.1.3. Teoría de la Gestión del Tránsito

La teoría de la gestión del tránsito plantea que es posible optimizar el desempeño de la red vial mediante estrategias operativas, sin necesidad de ampliar la infraestructura física. Papageorgiou et al. (2003) indican que la gestión eficiente del tránsito incluye la regulación semafórica, la coordinación de intersecciones y el control de flujos. La semaforización mejorada es una de las herramientas más efectivas dentro de esta teoría, ya que permite redistribuir los tiempos de paso y reducir la congestión. En relación con el estudio, el mejoramiento semafórico en la avenida Sebastián Barranca se analiza como una estrategia de gestión del tránsito orientada a mejorar la transitabilidad urbana.

2.1.4. Teoría de la Infraestructura Vial y Diseño Geométrico de Vías

La teoría del diseño geométrico de vías establece que la infraestructura vial debe adecuarse a las características del tránsito y a las necesidades de los usuarios. Aashto (2018) señala que el diseño de intersecciones, carriles y cruces peatonales debe integrarse con sistemas de control como los semáforos para garantizar condiciones seguras de operación. Una infraestructura semafórica adecuada complementa el diseño geométrico al ordenar los movimientos y minimizar puntos de conflicto. En esta investigación, el mejoramiento de los semáforos se vincula con la necesidad de adaptar la infraestructura vial existente a los actuales volúmenes vehiculares y peatonales de la avenida Sebastián Barranca.

2.1.5. Teoría de la Seguridad Vial

La teoría de la seguridad vial se enfoca en la prevención de accidentes y la reducción de sus consecuencias mediante la intervención sobre la infraestructura, el vehículo y el usuario. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) sostiene que una infraestructura vial segura, que incluya sistemas de control adecuados, es fundamental para disminuir la siniestralidad urbana. Los semáforos contribuyen a la seguridad vial al regular los cruces y proteger a los peatones. Esta teoría se vincula directamente con el estudio, ya que el mejoramiento de la

infraestructura semafórica busca reducir riesgos y conflictos en las intersecciones de la avenida Sebastián Barranca.

2.1.6. Modelos de Optimización del Tránsito

Los modelos de optimización del tránsito permiten determinar configuraciones óptimas de operación semafórica para minimizar demoras y colas. Webster (1958) desarrolló un modelo clásico para calcular ciclos semafóricos óptimos, ampliamente utilizado en estudios de tránsito urbano. Estos modelos constituyen la base técnica para evaluar escenarios antes y después del mejoramiento semafórico. En esta investigación, los modelos de optimización del tránsito sustentan el análisis del impacto del mejoramiento de la semaforización sobre la transitabilidad vehicular y peatonal.

2.1.7. Movilidad Urbana

La movilidad urbana se refiere a la capacidad de desplazamiento de las personas dentro de la ciudad de manera eficiente, segura y sostenible. Banister (2008) plantea que una movilidad adecuada debe priorizar la seguridad y accesibilidad de todos los usuarios. La semaforización eficiente contribuye a una movilidad urbana ordenada al regular el uso del espacio vial. En el estudio, el mejoramiento semafórico se analiza como un factor que favorece la movilidad urbana en la avenida Sebastián Barranca.

2.1.8. Seguridad Vial

La seguridad vial urbana está relacionada con la interacción segura entre peatones, vehículos e infraestructura. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC, 2016) destaca que los dispositivos de control del tránsito, como los semáforos, son esenciales para reducir accidentes en zonas urbanas. En este contexto, el mejoramiento de la infraestructura semafórica se vincula con la reducción de riesgos y la mejora de la seguridad de los usuarios de la vía.

2.1.9. Accesibilidad

La accesibilidad urbana se define como la facilidad para que las personas puedan desplazarse y acceder a servicios y actividades. Gehl (2010) enfatiza que la accesibilidad peatonal depende de cruces seguros y tiempos adecuados de semáforo. En esta investigación, el mejoramiento de la semaforización peatonal se relaciona con una mayor accesibilidad y seguridad para los peatones en la avenida Sebastián Barranca.

2.1.10. Dispositivos de Control de Tránsito

Los dispositivos de control del tránsito regulan el comportamiento de los usuarios de la vía. Según el MTC (2016), los semáforos son dispositivos esenciales en intersecciones con altos volúmenes de tránsito. Su correcto funcionamiento es determinante para la transitabilidad. En el estudio, el mejoramiento de estos dispositivos se analiza como un factor clave para optimizar el tránsito vehicular y peatonal.

2.1.11. Diseño vial

El diseño vial busca garantizar condiciones seguras y eficientes de circulación. Garber y Hoel (2015) sostienen que un diseño vial eficiente debe complementarse con sistemas adecuados de control del tránsito. En la avenida Sebastián Barranca, el mejoramiento de la infraestructura semafórica se integra al diseño vial existente para mejorar la operación de la vía.

2.1.12. Clasificación de vías urbanas

Las vías urbanas se clasifican según su función dentro de la red vial. El MTC (2018) establece que las vías arteriales requieren sistemas de control eficientes debido a su alta demanda. La avenida Sebastián Barranca, por su función, necesita una semaforización adecuada, lo que justifica el análisis del impacto de su mejoramiento.

2.1.13. La caminabilidad urbana

La caminabilidad urbana se relaciona con la facilidad y seguridad del desplazamiento peatonal. Southworth (2005) indica que la señalización y el control semafórico influyen

directamente en la experiencia del peatón. En este estudio, el mejoramiento semafórico busca fortalecer la caminabilidad en la avenida Sebastián Barranca.

2.1.14. Análisis del tránsito

El análisis del tránsito permite evaluar el desempeño de las vías mediante indicadores como volumen, demoras y nivel de servicio. El Highway Capacity Manual (TRB, 2022) proporciona metodologías para evaluar intersecciones semaforizadas. Estas herramientas sustentan metodológicamente la evaluación del impacto del mejoramiento semafórico en la transitabilidad.

2.1.15. Tránsito peatonal

El tránsito peatonal comprende los desplazamientos a pie dentro del sistema vial urbano. Fruin (1971) establece niveles de servicio peatonal basados en seguridad y comodidad. En esta investigación, la mejora de los semáforos peatonales se vincula con una mayor seguridad y eficiencia del tránsito peatonal en la avenida Sebastián Barranca.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se orienta a analizar una problemática concreta de la realidad urbana, como es la deficiente infraestructura semafórica, y a generar conocimientos prácticos que contribuyan a la mejora de la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. Este tipo de investigación no se limita a la generación teórica del conocimiento, sino que busca evaluar el impacto de una intervención específica, cuyos resultados puedan ser utilizados como base para la toma de decisiones técnicas y la formulación de propuestas de mejora en la gestión del tránsito urbano.

Asimismo, la investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se sustenta en la medición y análisis de variables objetivas relacionadas con el tránsito, tales como volúmenes vehiculares y peatonales, tiempos de viaje, demoras, niveles de servicio y condiciones de operación de las intersecciones semaforizadas. El análisis de estos indicadores permitirá evaluar de manera objetiva el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal, garantizando resultados verificables y replicables.

3.2. Ámbito temporal y espacial

La investigación se desarrolló durante el periodo comprendido entre los meses de mayo y julio del año 2025, tiempo en el cual se ejecutaron de manera progresiva las etapas de diagnóstico de la situación existente, recolección de información de campo, análisis e interpretación de resultados, así como la elaboración del informe final. Durante este periodo se realizaron los estudios de tránsito correspondientes, se identificaron los principales problemas de transitabilidad vehicular y peatonal y se analizaron las condiciones operativas de la infraestructura semafórica existente. Asimismo, en este intervalo temporal se evaluaron las características actuales de la infraestructura vial y semafórica, y se efectuaron análisis técnicos

y simulaciones orientadas a estimar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre el flujo vehicular y peatonal, permitiendo sustentar de manera objetiva los resultados obtenidos.

El estudio se llevó a cabo en cuatro intersecciones ubicadas a lo largo de la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. Esta avenida constituye una de las principales vías urbanas de la ciudad y concentra un elevado flujo vehicular y peatonal, presentando problemas recurrentes asociados a la congestión, deficiencias en la sincronización semafórica y condiciones de inseguridad para los peatones. La selección de estas intersecciones respondió a su importancia funcional dentro de la red vial urbana y a la presencia de conflictos frecuentes entre peatones y vehículos, lo que las convierte en espacios representativos para evaluar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable independiente*

Mejoramiento de la infraestructura semafórica

Esta variable hace referencia a las acciones orientadas a optimizar el funcionamiento del sistema de semáforos, incluyendo la instalación, modernización, sincronización y mantenimiento de los dispositivos semafóricos.

Dimensiones:

- Instalación y cobertura semafórica
- Sincronización y temporización
- Mantenimiento y operatividad

3.3.2. *Variable dependiente*

Transitabilidad vehicular y peatonal

Esta variable se refiere a las condiciones de circulación de vehículos y peatones, considerando la fluidez, seguridad y accesibilidad en la vía intervenida.

Dimensiones:

- Fluidez del tránsito vehicular
- Seguridad del tránsito peatonal
- Conflictos viales y tiempos de espera

3.4. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por los peatones, conductores y agentes de tránsito que transitaban o laboraban en las cuatro intersecciones seleccionadas de la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. Este conjunto de usuarios representó a los principales actores del sistema vial en la zona de intervención semafórica, cuyas interacciones y comportamientos resultaron fundamentales para evaluar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal.

La muestra estuvo conformada por los usuarios del sistema vial que se encontraban presentes durante las horas de máxima demanda, periodo en el cual se registró la mayor concentración de tránsito vehicular y peatonal. La selección de este periodo permitió obtener información representativa de las condiciones más críticas de operación de las intersecciones analizadas.

3.5. Instrumentos

Para la recolección de datos en la presente investigación se utilizaron diversos instrumentos orientados a obtener información precisa y confiable sobre la infraestructura semafórica y la transitabilidad en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. En primer lugar, se empleó una ficha de observación estructurada, la cual permitió registrar el flujo vehicular y peatonal, los tiempos de espera y de cruce, así como los comportamientos observados en las intersecciones seleccionadas. Asimismo, se utilizó una guía de observación

técnica para evaluar el estado de la infraestructura semafórica, considerando criterios como funcionamiento, sincronización, mantenimiento y visibilidad.

Adicionalmente, se utilizaron cámaras de video y cronómetros digitales para registrar evidencias audiovisuales y medir con mayor precisión los tiempos de circulación y espera. Finalmente, se empleó un software de simulación de tráfico para modelar escenarios con y sin intervención semafórica, lo que permitió analizar de manera técnica el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica en la transitabilidad vehicular y peatonal.

3.6. Procedimientos

La investigación se desarrolló mediante un conjunto de procedimientos sistemáticos y secuenciales orientados a evaluar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. Inicialmente, se realizó la delimitación del área de estudio, seleccionándose cuatro intersecciones representativas por su alta demanda de tránsito y la presencia de infraestructura semafórica activa. Esta etapa permitió establecer el contexto espacial para el análisis del tránsito.

Posteriormente, se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual del tránsito vehicular y peatonal, mediante observaciones directas en horas de máxima demanda. Durante esta fase se registraron los volúmenes de tránsito, los tiempos de espera, las longitudes de cola y los flujos peatonales, lo que permitió identificar los niveles de congestión existentes y los principales puntos críticos de la avenida. De manera complementaria, se evaluó el estado físico y funcional de la infraestructura semafórica, considerando aspectos como sincronización, tiempos de ciclo, visibilidad, funcionamiento y mantenimiento de los dispositivos. En una siguiente etapa, se procedió a la recolección de datos específicos relacionados con los tiempos de cruce y espera tanto vehicular como peatonal, empleando cronómetros digitales y registros audiovisuales, con el fin de garantizar la precisión de las mediciones. Estos datos fueron

sistematizados y utilizados para analizar el desempeño del sistema semafórico vigente y su influencia en la fluidez del tránsito y la seguridad de los usuarios de la vía.

Finalmente, se desarrollaron escenarios de simulación del tránsito, comparando la situación actual con un escenario de mejoramiento de la infraestructura semafórica, que incluyó la optimización de la sincronización y los tiempos semafóricos. Los resultados obtenidos fueron analizados de forma comparativa, permitiendo determinar el impacto del mejoramiento propuesto sobre la transitabilidad vehicular y peatonal. Con base en este análisis, se elaboraron conclusiones y recomendaciones técnicas orientadas a la mejora de la movilidad urbana y la seguridad vial en la avenida Sebastián Barranca.

3.6.1. Delimitación del área de estudio

El área de estudio se delimitó en un tramo representativo de la avenida Sebastián Barranca, una de las principales vías urbanas de la ciudad de Huancavelica, caracterizada por un elevado flujo vehicular y peatonal. Se seleccionaron cuatro intersecciones estratégicas que concentran mayor intensidad de tránsito y presentan infraestructura semafórica operativa, debido a que en estos puntos se registran recurrentes problemas de congestión, demoras y conflictos entre vehículos y peatones. Esta delimitación permitió centrar el análisis en zonas críticas donde el mejoramiento de la infraestructura semafórica puede generar un mayor impacto en la transitabilidad y seguridad vial.

Figura 1

Área de estudio en la Av. Sebastián Barranca, Huancavelica



Nota. La figura muestra la ubicación geográfica de la avenida Sebastián Barranca dentro del área urbana de Huancavelica, destacando el tramo evaluado y las cuatro intersecciones seleccionadas para el estudio. Se identifican los principales cruces viales, la disposición de la infraestructura semafórica existente y el entorno urbano inmediato, lo que permite visualizar la importancia estratégica del área de estudio en la red vial de la ciudad.

Tabla 1*Intersecciones seleccionadas y características generales*

N. o	Intersección	Tipo de intersección	Presencia de semáforos	Nivel de tránsito	Uso predominante del entorno
1	Av. Sebastián Barranca – Jr. La Mar	Cruzada	Sí	Alto	Comercial
2	Av. Sebastián Barranca – Jr. Virrey Toledo	Cruzada	Sí	Alto	Mixto
3	Av. Sebastián Barranca – Jr. Celestino Manchego	Cruzada	Sí	Medio– Alto	Institucional
4	Av. Sebastián Barranca – Jr. Torre Tagle	Cruzada	Sí	Alto	Residencial– Comercial

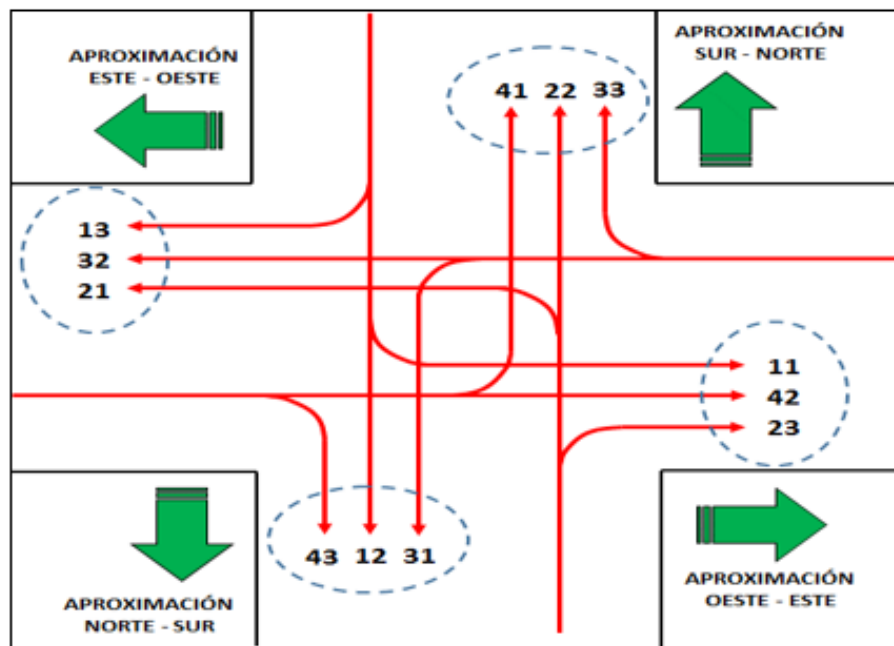
Nota. La delimitación del área de estudio permitió identificar intersecciones clave con alta demanda vehicular y peatonal, facilitando el análisis detallado del desempeño de la infraestructura semafórica y su influencia en la transitabilidad de la avenida Sebastián Barranca.

3.6.2. Diagnóstico de la situación actual del tránsito

Se realizó un diagnóstico de la situación actual del tránsito vehicular y peatonal en las intersecciones seleccionadas de la avenida Sebastián Barranca, mediante observaciones directas efectuadas durante las horas de máxima demanda. Durante este proceso se registraron los volúmenes de tránsito, los tiempos de espera, la formación de colas vehiculares y los flujos peatonales, con el propósito de evaluar el nivel de servicio y la fluidez del tránsito existente. Este diagnóstico permitió identificar los niveles actuales de congestión, así como los puntos críticos donde se presentan mayores demoras y conflictos entre peatones y vehículos.

Figura 2

Diagrama del flujo vehicular y peatonal



Nota. La figura representa el comportamiento del flujo vehicular y peatonal durante las horas punta en las intersecciones estudiadas de la avenida Sebastián Barranca. Se observan los movimientos predominantes, la intensidad del tránsito y la interacción entre vehículos y peatones, lo que permite identificar los periodos de mayor congestión y los puntos de mayor conflictividad vial.

Tabla 2

Volúmenes de tránsito vehicular y peatonal por intersección

N. o	Intersección	Volumen vehicular (veh/h)	Volumen peatonal (peat/h)	Nivel de congestión
1	Av. Sebastián Barranca – Jr. La Mar	1 150	420	Alto
2	Av. Sebastián Barranca – Jr. Virrey Toledo	1 080	390	Alto
3	Av. Sebastián Barranca – Jr. Celestino Manchego	920	310	Medio–Alto
4	Av. Sebastián Barranca – Jr. Torre Tagle	1 200	450	Alto

Nota. Los volúmenes corresponden a mediciones realizadas durante la hora de máxima demanda.

El diagnóstico evidenció elevados volúmenes de tránsito vehicular y peatonal en las intersecciones analizadas, lo que explica los niveles de congestión observados y la necesidad de mejorar la gestión del tránsito y la infraestructura semafórica.

3.6.3. Evaluación de la infraestructura semafórica existente

Se realizó una evaluación técnica del estado físico y funcional de la infraestructura semafórica existente en las intersecciones seleccionadas de la avenida Sebastián Barranca. La evaluación consideró criterios relacionados con la sincronización de los semáforos, los tiempos de ciclo, la visibilidad de las señales, la presencia de señalización complementaria y las condiciones de mantenimiento. Este análisis permitió identificar deficiencias técnicas y operativas que inciden directamente en la fluidez del tránsito vehicular y peatonal, así como en la seguridad vial de los usuarios.

Figura 3

Estado actual de la infraestructura semafórica



Nota. La figura muestra el estado actual de los semáforos ubicados en las intersecciones evaluadas de la avenida Sebastián Barranca. Se evidencian las condiciones de funcionamiento, la visibilidad de las señales, el estado de los postes y controladores, así como la presencia de señalización complementaria, permitiendo identificar de manera visual las principales deficiencias de la infraestructura semafórica existente.

Tabla 3

Evaluación técnica de los semáforos por intersección

N ^o	Intersección	Sincronización	Tiempos de ciclo	Visibilidad	Mantenimiento	Evaluación general
1	Av. Sebastián Barranca – Jr. La Mar	Deficiente	Inadecuados	Regular	Deficiente	Deficiente
2	Av. Sebastián Barranca – Jr. Virrey Toledo	Regular	Inadecuados	Regular	Regular	Regular
3	Av. Sebastián Barranca – Jr. Celestino Manchego	Deficiente	Inadecuados	Deficiente	Deficiente	Deficiente
4	Av. Sebastián Barranca – Jr. Torre Tagle	Regular	Parcialmente adecuados	Buena	Regular	Regular

Nota. La evaluación se realizó mediante observación técnica directa en horas de máxima demanda.

La evaluación técnica evidenció deficiencias en la sincronización, tiempos de ciclo y mantenimiento de los semáforos, las cuales afectan la fluidez del tránsito y justifican la necesidad de mejorar la infraestructura semafórica existente.

3.6.4. *Recolección de datos de tiempos y comportamiento vial*

Se realizó la recolección de datos relacionados con los tiempos de espera vehicular y peatonal, los tiempos de cruce y los comportamientos viales observados en las intersecciones seleccionadas de la avenida Sebastián Barranca. Para ello, se emplearon técnicas de cronometraje directo y registros audiovisuales, lo que permitió obtener mediciones precisas y confiables sobre la transitabilidad. Asimismo, se observaron comportamientos de riesgo, como cruces fuera de la fase semafórica, invasión de pasos peatonales y maniobras indebidas de los vehículos, información que contribuyó a una mejor comprensión del desempeño del sistema semafórico vigente.

El proceso de medición de los tiempos de espera y cruce vehicular y peatonal en las intersecciones estudiadas. Se aprecia la aplicación del cronometraje y el uso de equipos de grabación para registrar de manera sistemática el comportamiento de los usuarios de la vía durante las fases semafóricas, lo que permitió asegurar la precisión de los datos recopilados.

Tabla 4

Tiempos promedio de espera vehicular y peatonal

N. o	Intersección	Tiempo promedio de espera vehicular (s)	Tiempo promedio de espera peatonal (s)	Tiempo promedio de cruce peatonal (s)
1	Av. Sebastián Barranca – Jr. La Mar	85	62	18
2	Av. Sebastián Barranca – Jr. Virrey Toledo	78	58	17
3	Av. Sebastián Barranca – Jr. Celestino Manchego	92	70	20
4	Av. Sebastián Barranca – Jr. Torre Tagle	80	60	19

Nota. Los tiempos corresponden a mediciones realizadas durante la hora de máxima demanda. Los resultados evidenciaron tiempos elevados de espera vehicular y peatonal, así como comportamientos de riesgo asociados a la inadecuada operación del sistema semafórico, lo que afecta la fluidez y seguridad del tránsito.

3.6.5. Modelación y simulación del mejoramiento semafórico

Se desarrolló la modelación y simulación del tránsito vehicular y peatonal en las intersecciones seleccionadas de la avenida Sebastián Barranca, con el propósito de evaluar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica en la transitabilidad. Para ello, se construyeron dos escenarios: el escenario actual, que representó las condiciones existentes del sistema semafórico, y el escenario mejorado, en el que se incorporaron ajustes en la sincronización, optimización de los tiempos de ciclo y redistribución de fases semafóricas. Esta simulación permitió estimar los cambios en la fluidez del tránsito, los tiempos de espera y la interacción entre vehículos y peatones.

La representación del escenario de tránsito con mejoramiento de la infraestructura semafórica en la avenida Sebastián Barranca. Se observa la optimización de los tiempos semafóricos, la coordinación entre intersecciones y la mejora en la organización de los flujos vehiculares y peatonales, lo que permite visualizar los efectos positivos del sistema semafórico propuesto sobre la transitabilidad.

Tabla 5

Parámetros utilizados en la simulación semafórica

Parámetro	Escenario actual	Escenario mejorado
Tiempo de ciclo (s)	120	90
Tiempo de verde vehicular (s)	55	65
Tiempo de verde peatonal (s)	20	30
Coordinación entre intersecciones	No	Sí

Nivel de servicio estimado	D-E	C
----------------------------	-----	---

Nota. La simulación permitió evidenciar que la optimización de la sincronización y los tiempos semafóricos mejora la fluidez del tránsito y reduce los tiempos de espera vehicular y peatonal.

3.6.6. Comparación y validación de escenarios

Se realizó la comparación entre los resultados obtenidos en el escenario actual y el escenario con mejoramiento de la infraestructura semafórica, con el propósito de validar los efectos del sistema propuesto sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca. Para ello, se analizaron indicadores clave como los niveles de congestión, los tiempos de espera, la fluidez del tránsito y las condiciones de seguridad peatonal. Este proceso comparativo permitió verificar de manera técnica y objetiva las mejoras generadas por la optimización de la sincronización y los tiempos semafóricos, sustentando el impacto positivo del mejoramiento propuesto.

Tabla 6

Comparación de indicadores de transitabilidad antes y después de la mejora

Indicador	Escenario actual	Escenario mejorado	Variación
Tiempo promedio de espera vehicular (s)	84	58	-31 %
Tiempo promedio de espera peatonal (s)	63	42	-33 %
Nivel de congestión	Alto	Medio	Mejora
Fluidez del tránsito	Deficiente	Adecuada	Mejora
Conflictos peatón-vehículo	Frecuentes	Ocasionales	Reducción

Nota. La tabla muestra una reducción significativa de los tiempos de espera y de los niveles de congestión, confirmando que el mejoramiento de la infraestructura semafórica contribuye positivamente a la transitabilidad vehicular y peatonal.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Análisis de la congestión vehicular

Se realizó el análisis de la congestión vehicular en las intersecciones evaluadas de la avenida Sebastián Barranca a partir de indicadores técnicos tales como la relación volumen/capacidad (V/C), la longitud promedio de cola vehicular y el tiempo de demora por vehículo. Estos indicadores permitieron evaluar el nivel de eficiencia del sistema vial existente y determinar el grado de saturación de cada intersección durante las horas de máxima demanda. El análisis facilitó la identificación de los puntos con mayor congestión, los cuales requieren intervenciones orientadas a mejorar la gestión del tránsito y la operación del sistema semafórico.

Los niveles de congestión vehicular registrados en cada una de las intersecciones analizadas de la avenida Sebastián Barranca. Se muestran las variaciones en la relación volumen/capacidad y los tiempos de demora, lo que permite identificar las intersecciones con mayor grado de saturación y menor eficiencia operativa del tránsito.

Tabla 7

Indicadores de congestión vehicular

N. o	Intersección	Relación V/C	Longitud de cola (m)	Tiempo de demora (s/veh)	Nivel de servicio
1	Av. Sebastián Barranca – Jr. La Mar	0.95	110	85	E
2	Av. Sebastián Barranca – Jr. Virrey Toledo	0.90	95	78	D
3	Av. Sebastián Barranca – Jr. Celestino Manchego	0.88	90	82	D

4	Av. Sebastián Barranca – Jr. Torre Tagle	0.97	120	90	E
---	---	------	-----	----	---

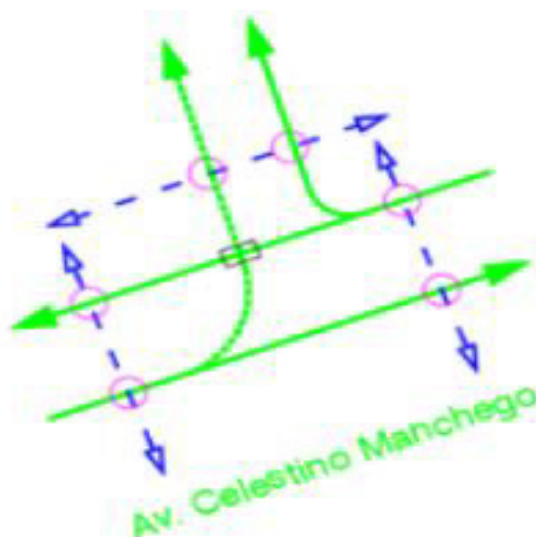
Nota. El análisis evidenció elevados niveles de congestión vehicular en la mayoría de las intersecciones, con relaciones volumen/capacidades cercanas a la saturación, lo que confirma la necesidad de mejorar la operación semafórica para optimizar la fluidez del tránsito.

3.7.2. Análisis de la sincronización semafórica

Se analizó el desempeño de la sincronización semafórica en las intersecciones evaluadas de la avenida Sebastián Barranca, considerando los tiempos de ciclo, la duración de las fases y la coordinación entre semáforos consecutivos. Este análisis permitió determinar la influencia de la operación semafórica en la fluidez del tránsito vehicular y peatonal, así como identificar desajustes en los tiempos asignados a cada fase. Los resultados evidenciaron que una sincronización inadecuada genera incrementos en los tiempos de espera, formación de colas vehiculares y conflictos con los cruces peatonales.

Figura 4

Diagrama de fases semafóricas



Nota. La figura muestra el diagrama de fases semafóricas correspondiente a las intersecciones analizadas, en el que se representan los movimientos vehiculares y peatonales autorizados en

cada fase, así como la duración de los tiempos de verde, ámbar y rojo. Esta representación permitió visualizar el funcionamiento del sistema semafórico vigente y detectar inconsistencias en la asignación de tiempos y en la coordinación entre intersecciones.

Tabla 8

Tiempos de ciclo y fases semafóricas

N. o	Intersección	Tiempo de ciclo (s)	Fases vehiculares	Fases peatonales	Coordinación
1	Av. Sebastián Barranca – Jr. La Mar	120	3	1	No
2	Av. Sebastián Barranca – Jr. Virrey Toledo	110	3	1	Parcial
3	Av. Sebastián Barranca – Jr. Celestino Manchego	125	4	1	No
4	Av. Sebastián Barranca – Jr. Torre Tagle	115	3	1	Parcial

Nota. Los tiempos de ciclo y fases se obtuvieron a partir de la observación directa y el análisis técnico del sistema semafórico existente.

El análisis de la sincronización semafórica evidenció desajustes en los tiempos de ciclo y una limitada coordinación entre intersecciones, lo que afecta negativamente la fluidez del tránsito vehicular y peatonal.

3.7.3. Análisis de la transitabilidad peatonal

Se realizó el análisis de la transitabilidad peatonal en las intersecciones evaluadas de la avenida Sebastián Barranca, considerando indicadores como los tiempos de cruce, los niveles de exposición al riesgo y la frecuencia de conflictos entre peatones y vehículos. Este análisis permitió evaluar las condiciones de seguridad y accesibilidad para los peatones, así como identificar situaciones que limitan un desplazamiento seguro y eficiente. Los resultados evidenciaron que la operación semafórica vigente influye de manera directa en el

comportamiento peatonal y en el nivel de riesgo durante el cruce de las intersecciones.

Figura 5

Flujo y cruce peatonal en intersecciones



Nota. La figura muestra el comportamiento del flujo peatonal y las dinámicas de cruce en las intersecciones analizadas de la avenida Sebastián Barranca. Se representan los principales movimientos peatonales, los tiempos de cruce y la interacción con el tránsito vehicular, lo que permite identificar puntos de conflicto y evaluar las condiciones de seguridad para los peatones.

Tabla 9

Indicadores de transitabilidad peatonal

N.º	Intersección	Tiempo promedio de cruce (s)	Tiempo de espera (s)	Conflictos peatón-vehículo	Nivel de seguridad
1	Av. Sebastián Barranca – Jr. La Mar	18	62	Frecuentes	Bajo
2	Av. Sebastián Barranca – Jr. Virrey Toledo	17	58	Moderados	Medio
3	Av. Sebastián Barranca – Jr. Celestino Manchego	20	70	Frecuentes	Bajo

	Av. Sebastián				
4	Barranca – Jr. Torre Tagle	19	60	Moderados	Medio

Nota. El análisis evidenció tiempos de espera elevados y frecuentes conflictos peatón–vehículo, lo que refleja condiciones limitadas de seguridad y accesibilidad para los peatones en las intersecciones estudiadas.

3.7.4. Evaluación del impacto del mejoramiento semafórico

Se evaluó el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica en la avenida Sebastián Barranca mediante la comparación de los principales indicadores de transitabilidad vehicular y peatonal antes y después de la intervención simulada. El análisis consideró variables como los tiempos de espera, los niveles de congestión, la fluidez del tránsito y la seguridad peatonal. Esta evaluación permitió determinar de manera objetiva los efectos del sistema semafórico mejorado y su contribución a la optimización de la movilidad urbana y la reducción de conflictos viales.

Los indicadores de transitabilidad del escenario actual y del escenario con mejoramiento de la infraestructura semafórica. Se evidencian reducciones en los tiempos de espera, mejoras en la fluidez vehicular y condiciones más seguras para el cruce peatonal, lo que permite visualizar el impacto positivo de la intervención propuesta.

Tabla 10

Impacto del mejoramiento semafórico en la Av. Sebastián Barranca

Indicador	Escenario actual	Escenario mejorado	Variación
Tiempo promedio de espera vehicular (s)	84	58	–31 %
Tiempo promedio de espera peatonal (s)	63	42	–33 %

Nivel de congestión	Alto	Medio	Mejora
Fluidez del tránsito	Deficiente	Adecuada	Mejora
Conflictos peatón–vehículo	Frecuentes	Ocasionales	Reducción

Nota. La evaluación evidenció que el mejoramiento de la infraestructura semafórica genera una reducción significativa de los tiempos de espera y de los niveles de congestión, mejorando la fluidez del tránsito y la seguridad peatonal en la avenida Sebastián Barranca.

3.8. Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló respetando los principios éticos fundamentales aplicables a los estudios en el ámbito urbano y social. Se garantizó el respeto a la dignidad, integridad y derechos de los participantes, asegurando que la recolección de información no generara riesgos físicos, psicológicos ni sociales para peatones, conductores ni agentes de tránsito observados durante el trabajo de campo. Asimismo, la información obtenida fue utilizada exclusivamente con fines académicos, manteniendo la confidencialidad y el anonimato de los participantes, sin registrar datos personales que permitieran su identificación.

Durante el proceso de observación y registro audiovisual, se actuó con transparencia y responsabilidad, evitando interferir en el comportamiento natural de los usuarios de la vía y en el normal funcionamiento del tránsito. Los datos recopilados fueron tratados con objetividad y rigor científico, evitando cualquier tipo de manipulación o sesgo en el análisis y la interpretación de los resultados. En ese sentido, la investigación se condujo conforme a los principios de honestidad, responsabilidad y respeto por el bienestar social, los cuales constituyen pilares esenciales de la ética en la investigación científica (vasconcell, 2018).

IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos a partir del análisis del tránsito vehicular y peatonal, así como de la evaluación de la infraestructura semafórica en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. Los resultados se derivan del diagnóstico de la situación actual, del análisis de los indicadores de congestión, sincronización semafórica y transitabilidad peatonal, y de la evaluación del escenario de mejoramiento de la infraestructura semafórica.

La información obtenida permitió identificar las condiciones existentes del sistema vial y determinar el impacto del mejoramiento semafórico sobre la fluidez del tránsito, los tiempos de espera y la seguridad de los usuarios.

Los resultados se presentan de manera ordenada y detallada en los siguientes subapartados, en correspondencia con los objetivos planteados en la investigación.

4.1. Niveles actuales de congestión vehicular

Los resultados del diagnóstico de la congestión vehicular en la avenida Sebastián Barranca evidencian que las intersecciones analizadas presentan altos niveles de saturación durante las horas de máxima demanda. Los indicadores de tránsito, tales como la relación volumen/capacidad, la longitud de colas vehiculares y el tiempo promedio de demora por vehículo, muestran que el sistema vial opera en condiciones cercanas o superiores a su capacidad.

Las intersecciones ubicadas en los tramos de mayor actividad comercial y concentración peatonal registraron los valores más elevados de congestión, reflejándose en tiempos de espera prolongados y formación recurrente de colas vehiculares. En particular, se identificaron intersecciones con niveles de servicio clasificados entre D y E, lo que indica un funcionamiento deficiente del tránsito y una baja fluidez vehicular. Estos resultados ponen en evidencia la necesidad de intervenciones orientadas a mejorar la gestión del tránsito y la

operación de la infraestructura semafórica existente en la avenida Sebastián Barranca.

4.2. Estado de la infraestructura y sincronización semafórica

Los resultados de la evaluación técnica de la infraestructura semafórica en la avenida Sebastián Barranca evidencian diversas deficiencias en su estado físico y funcionamiento operativo. En varias de las intersecciones analizadas se identificaron problemas relacionados con la sincronización de los semáforos, tales como tiempos de ciclo inadecuados, descoordinación entre intersecciones consecutivas y asignación insuficiente de tiempo para ciertos movimientos vehiculares y peatonales.

Asimismo, se observaron limitaciones en el mantenimiento de los dispositivos semafóricos, reflejadas en fallas ocasionales de funcionamiento, visibilidad reducida de las señales y ausencia o deterioro de señalización complementaria. Estas condiciones afectan la eficiencia del sistema semafórico y contribuyen al incremento de los tiempos de espera y a la formación de colas vehiculares. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que el estado actual de la infraestructura y la sincronización semafórica no responden adecuadamente a la demanda de tránsito existente en la avenida Sebastián Barranca.

4.3. Impacto del sistema semafórico en la fluidez del tránsito

Los resultados obtenidos evidencian que el sistema semafórico vigente en la avenida Sebastián Barranca tiene una influencia directa en la fluidez del tránsito vehicular y peatonal. La operación actual de los semáforos, caracterizada por tiempos de ciclo poco ajustados a la demanda y una sincronización limitada entre intersecciones, genera incrementos en los tiempos de espera y una circulación vehicular discontinua, especialmente durante las horas de máxima demanda.

Asimismo, se observó que la asignación insuficiente de tiempo para los cruces peatonales provoca interrupciones frecuentes en el flujo vehicular y comportamientos de riesgo

por parte de los peatones, lo que afecta el desempeño general del tránsito. En conjunto, los resultados muestran que el sistema semafórico existente no optimiza adecuadamente la fluidez del tránsito, contribuyendo a la congestión y a una menor eficiencia del sistema vial en la avenida Sebastián Barranca.

4.4. Resultados del escenario de mejoramiento semafórico

Los resultados del escenario de mejoramiento de la infraestructura semafórica en la avenida Sebastián Barranca evidencian cambios favorables en el desempeño del tránsito vehicular y peatonal. A partir de la simulación realizada, se registró una reducción significativa en los tiempos de espera vehicular y peatonal, así como una disminución en la longitud de las colas y en los niveles de congestión en las intersecciones evaluadas.

Asimismo, el escenario mejorado mostró una mayor coordinación entre semáforos consecutivos y una asignación más equilibrada de los tiempos de verde para los distintos movimientos vehiculares y peatonales. Estos ajustes permitieron una circulación más continua y ordenada del tránsito, mejorando la fluidez general del sistema vial. En términos de seguridad, se observó una reducción de los conflictos entre peatones y vehículos, lo que refleja un impacto positivo del mejoramiento semafórico en las condiciones de operación del tránsito en la avenida Sebastián Barranca.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se discuten de manera crítica los principales resultados obtenidos en la investigación titulada “Impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Sebastián Barranca, Huancavelica”. Dichos resultados son contrastados con los objetivos planteados y con los antecedentes teóricos y empíricos desarrollados a nivel internacional y nacional, lo que permite interpretar los hallazgos desde una perspectiva técnica y contextual, así como evidenciar su contribución al conocimiento y a la gestión de la movilidad urbana.

El objetivo general de la investigación fue determinar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca. Los resultados obtenidos permiten afirmar que este impacto es positivo y significativo, manifestándose principalmente en la reducción de los tiempos de espera, la disminución de los niveles de congestión vehicular y la mejora de las condiciones de seguridad para los peatones.

Estos resultados guardan coherencia con lo señalado por Papageorgiou et al. (2019), quienes concluyen que una adecuada mejora y gestión de los sistemas semafóricos urbanos contribuye a optimizar la fluidez del tránsito y a reducir los conflictos en las intersecciones. De manera similar, Sayed et al. (2018) demostraron que la modernización de la infraestructura semafórica genera mejoras tanto operacionales como en la seguridad vial, efectos que también se reflejan en el escenario de mejoramiento simulado para la avenida Sebastián Barranca.

Asimismo, la reducción de los conflictos peatón-vehículo y la mejora en las condiciones de cruce peatonal observadas en el escenario mejorado coinciden con los resultados reportados por Jara-Díaz et al. (2021) y Feng et al. (2022), quienes destacan que una infraestructura semafórica optimizada incrementa la seguridad y la transitabilidad en zonas urbanas con alta demanda peatonal, particularmente en entornos sensibles.

En relación con el primer objetivo específico, orientado a determinar los niveles actuales de congestión vehicular, los resultados evidenciaron que las intersecciones analizadas operan con relaciones volumen/capacidad cercanas o superiores a la saturación, niveles de servicio clasificados entre D y E, y tiempos de demora elevados durante las horas de máxima demanda. Estos hallazgos confirman que el sistema vial presenta un desempeño operativo deficiente en su condición actual.

Dichos resultados confirman lo señalado por Zhao et al. (2020), quienes indican que una operación semafórica inadecuada contribuye directamente al incremento de la congestión y de las demoras vehiculares en intersecciones urbanas. De igual manera, los hallazgos coinciden con lo reportado por Quispe (2020) en una avenida principal de la ciudad del Cusco, donde se evidenció que la falta de una adecuada sincronización semafórica incrementa la congestión y reduce la eficiencia del sistema vial.

En el contexto local de Huancavelica, la elevada congestión observada puede atribuirse a la combinación de una alta demanda vehicular, la concentración de actividades urbanas y una infraestructura semafórica que no ha sido ajustada de manera sistemática a las condiciones actuales del tránsito, lo que refuerza la necesidad de intervenciones técnicas orientadas a la mejora de la gestión semafórica.

Respecto al segundo objetivo específico, relacionado con el análisis de la sincronización y el mantenimiento de los semáforos, los resultados evidenciaron desajustes en los tiempos de ciclo, una limitada coordinación entre intersecciones consecutivas y deficiencias en el mantenimiento de los dispositivos semafóricos. Estas condiciones afectan negativamente la eficiencia del tránsito y contribuyen a la formación de colas vehiculares y al incremento de los tiempos de espera.

Estos resultados guardan relación directa con lo planteado por Tarquino (2023), quien señala que la ausencia de una gestión integral y tecnológica de la red semafórica genera

ineficiencias operativas y un aumento significativo de la congestión vehicular. Asimismo, Larios (2021) concluye que una programación inadecuada de los ciclos semafóricos incrementa los conflictos viales y reduce la seguridad en las intersecciones, situación similar a la observada en la avenida Sebastián Barranta.

La evidencia empírica obtenida confirma que la infraestructura semafórica existente no responde adecuadamente a la dinámica actual del tránsito, lo que refuerza la necesidad de implementar mejoras técnicas orientadas a la optimización de la sincronización, el mantenimiento y la coordinación semafórica.

En cuanto al tercer objetivo específico, referido a identificar el impacto del sistema semafórico vigente en la fluidez del tránsito, los resultados demostraron que la operación actual de los semáforos contribuye a una circulación vehicular discontinua, caracterizada por tiempos de espera prolongados y frecuentes interrupciones del flujo, especialmente durante los periodos de mayor demanda.

Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos por Carrasco et al. (2021), quienes evidenciaron que una semaforización no optimizada afecta negativamente tanto a peatones como a vehículos, generando pérdidas de eficiencia en el sistema vial. De forma similar, Huamán y Rojas (2022) concluyen que la optimización de los tiempos semafóricos mejora significativamente la fluidez del tránsito y reduce los conflictos viales en intersecciones urbanas.

La investigación confirma que el sistema semafórico vigente en la avenida Sebastián Barranta limita la fluidez del tránsito, principalmente debido a la falta de sincronización entre intersecciones y a una asignación inadecuada de los tiempos para los diferentes movimientos vehiculares y peatonales.

Finalmente, la evaluación del escenario de mejoramiento semafórico permitió evidenciar reducciones significativas en los tiempos de espera vehicular y peatonal, mejoras

sustanciales en la fluidez del tránsito y una disminución de los conflictos peatón-vehículo. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Zhao et al. (2020), quienes observaron reducciones promedio del 15 % en las demoras vehiculares tras la optimización de los tiempos semafóricos.

Asimismo, los resultados son consistentes con lo señalado por Feng et al. (2022), quienes destacan que la modernización de los sistemas semafóricos contribuye a una movilidad urbana más eficiente y segura. En el ámbito nacional, los hallazgos se alinean con los resultados obtenidos por Tarquino (2023), quien evidenció mejoras sustanciales en la transitabilidad urbana tras la implementación de una gestión semafórica optimizada.

En conjunto, la discusión de los resultados confirma que el mejoramiento de la infraestructura semafórica constituye una herramienta efectiva para optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal, reducir la congestión y mejorar la seguridad vial en la avenida Sebastián Barranca, aportando evidencia técnica relevante para la planificación y gestión del tránsito urbano en ciudades intermedias como Huancavelica.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluyó que el mejoramiento de la infraestructura semafórica tuvo un impacto positivo y significativo en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica, evidenciado por la reducción de los tiempos de espera, la disminución de los niveles de congestión y la mejora de la seguridad en los cruces peatonales, contribuyendo a una operación más eficiente y ordenada del sistema vial.
- Se concluyó que los niveles actuales de congestión vehicular en la avenida Sebastián Barranca fueron elevados, registrándose relaciones volumen/capacidad cercanas o superiores a la saturación, niveles de servicio entre D y E, y tiempos de demora prolongados durante las horas de máxima demanda, lo que evidenció un funcionamiento deficiente del sistema vial en su condición actual.
- Se concluyó que la infraestructura semafórica existente presentó deficiencias en la sincronización y el mantenimiento, manifestadas en tiempos de ciclo inadecuados, limitada coordinación entre intersecciones y fallas operativas, las cuales influyeron negativamente en la fluidez del tránsito vehicular y peatonal y contribuyeron al incremento de la congestión.
- Se concluyó que el sistema semafórico vigente influyó de manera desfavorable en la fluidez del tránsito en la avenida Sebastián Barranca, generando circulación vehicular discontinua, tiempos de espera elevados y conflictos frecuentes entre peatones y vehículos; sin embargo, el escenario de mejoramiento semafórico demostró que una adecuada optimización de los tiempos y la coordinación semafórica permite mejorar significativamente el desempeño del tránsito y la seguridad vial.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades municipales y a las entidades responsables de la gestión del tránsito implementar el mejoramiento integral de la infraestructura semafórica en la avenida Sebastián Barranca, incorporando una adecuada sincronización, mantenimiento periódico y criterios técnicos de operación, con el fin de optimizar la transitabilidad vehicular y peatonal y fortalecer la seguridad vial en la ciudad de Huancavelica.
- Se recomienda realizar evaluaciones periódicas de la congestión vehicular mediante aforos y análisis de indicadores técnicos como la relación volumen/capacidad, longitud de colas y tiempos de demora, a fin de identificar oportunamente los puntos críticos y aplicar medidas de gestión del tránsito que permitan reducir la saturación en las intersecciones de la avenida Sebastián Barranca.
- Se recomienda establecer un programa permanente de sincronización y mantenimiento de los semáforos, que incluya la revisión y ajuste de los tiempos de ciclo, la coordinación entre intersecciones consecutivas y la mejora de la visibilidad y funcionamiento de los dispositivos, garantizando una operación semafórica acorde con la demanda real del tránsito vehicular y peatonal.
- Se recomienda optimizar el funcionamiento del sistema semafórico incorporando fases peatonales adecuadas, tiempos de cruce suficientes y una coordinación eficiente entre movimientos vehiculares y peatonales, con el propósito de mejorar la fluidez del tránsito, reducir los conflictos viales y promover una movilidad urbana más segura y ordenada en la avenida Sebastián Barranca.

VIII. REFERENCIAS

- Aashto. (2018). *A policy on geometric design of highways and streets* (7th ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Carrasco, J., Villena, M., y Mendoza, R. (2021). Evaluation of an intersection with an exclusive traffic light phase for pedestrians in Lima, Peru. *Transportation Research Procedia*, 52, 310–317. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.01.037>
- Feng, S., Yu, X., y Wang, Y. (2022). Smart traffic signal control and its effects on pedestrian and vehicle mobility. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103459. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103459>
- Fruin, J. J. (1971). *Pedestrian planning and design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners.
- Garber, N. J., y Hoel, L. A. (2015). *Traffic and highway engineering* (5th ed.). Cengage Learning.
- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press.
- Huamán, L., y Rojas, P. (2022). Impacto de la optimización de los tiempos semafóricos en la seguridad vial urbana. *Revista de Ingeniería de Transporte*, 6(2), 45–56.
- Jara-Díaz, S., Tirachini, A., y Guzmán, L. (2021). Impact of traffic signal infrastructure on pedestrian safety in school zones of Santiago, Chile. *Accident Analysis & Prevention*, 150, 105911. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105911>
- Larios Rojas, M. (2021). *Propuesta de mejora de la semaforización vial para la reducción de accidentes en una intersección urbana de Lima* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras*. MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. MTC.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Global status report on road safety 2018*. WHO.
- Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A., y Wang, Y. (2003). Review of road traffic control strategies. *Proceedings of the IEEE*, 91(12), 2043–2067. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2003.819610>
- Papageorgiou, M., Diakaki, C., y Kotsialos, A. (2019). Urban traffic control strategies and their impact on traffic flow and safety. *Transportation Research Part C*, 98, 235–256. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.11.018>
- Quispe Huamán, R. (2020). *Evaluación de la semaforización y su influencia en la congestión vehicular en una avenida principal de Cusco* [Tesis de licenciatura, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional UAC.
- Resnik, D. B. (2018). *The ethics of science: An introduction*. Routledge.
- Sayed, T., Zaki, M. H., y El-Basyouny, K. (2018). Evaluating the safety and operational impacts of traffic signal improvements at urban intersections. *Transportation Research Record*, 2672(32), 1–11. <https://doi.org/10.1177/0361198118756886>
- Southworth, M. (2005). Designing the walkable city. *Journal of Urban Planning and Development*, 131(4), 246–257. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2005\)131:4\(246\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2005)131:4(246))
- Tarquino Torres, J. (2023). *Sistema de gestión y operación de la red semafórica de la ciudad de Lima* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI.

Transportation Research Board. (2022). *Highway Capacity Manual* (7th ed.). National Academies of Sciences.

Vasconcellos, E. A. (2014). *Urban transport environment and equity*. Routledge.

Webster, F. V. (1958). Traffic signal settings. *Road Research Technical Paper No. 39*. Road Research Laboratory.

Zhao, J., Liu, Y., y Zhang, H. (2020). Effects of signal timing optimization on urban traffic congestion and safety. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1–12.
<https://doi.org/10.1155/2020/8854137>

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Título: Impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la Av. Sebastián barranca, Huancavelica

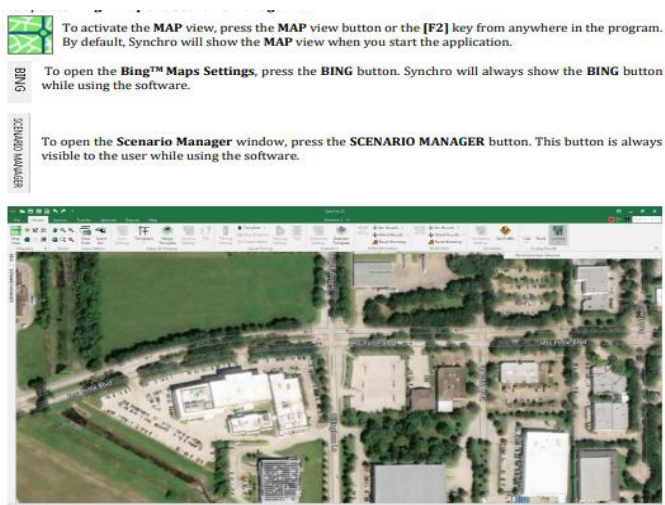
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Diseño Metodológico
<p>Problema General: ¿Cuál es el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica sobre la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Qué niveles de congestión vehicular se presentan actualmente la Av. Sebastián Barranca debido a la inadecuada semaforización? ¿Cómo influye la falta de sincronización y mantenimiento de los 	<p>Objetivo General: Determinar el impacto del mejoramiento de la infraestructura semafórica en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar los niveles actuales de congestión vehicular en la Av. Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. Analizar la sincronización y el mantenimiento de los semáforos en la Av. 	<p>Hipótesis General: El mejoramiento de la infraestructura semafórica influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Lo niveles actuales de congestión vehicular influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. La sincronización y el mantenimiento de los 	Mejoramiento de la infraestructura semafórica	<p>Instalación y cobertura semafórica</p> <p>Sincronización y temporización</p>	<p>Porcentaje de intersecciones con semáforos operativos, existencia de fases peatonales, adecuación de la ubicación y visibilidad del semáforo, cobertura semafórica de la vía</p> <p>tiempo promedio de espera vehicular, tiempo promedio de espera peatonal, relación volumen/capacidad, nivel de servicio</p>	<p>Tipo de estudio: El presente estudio es de tipo aplicada.</p> <p>Diseño: Es un estudio cuantitativo – no experimental</p> <p>Área de estudio: Av. Sebastián Barranca</p> <p>Población y muestra: Usuarios que interactúan en las cuatro intersecciones de la Av. Sebastián Barranca – Huancavelica</p>

<p>semáforos en el desplazamiento seguro de los peatones?</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el impacto del actual sistema semafórico en la fluidez del tránsito y la ocurrencia de conflictos viales entre vehículos y peatones? 	<p>Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.</p> <ul style="list-style-type: none"> Identificar el impacto del sistema semafórico vigente en la fluidez del tránsito en la Av. Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. 	<p>semáforos influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica.</p> <ul style="list-style-type: none"> El sistema semafórico influye en la transitabilidad vehicular y peatonal en la avenida Sebastián Barranca, en la ciudad de Huancavelica. 		<p>Mantenimiento y operatividad</p>	<p>porcentaje de semáforos en correcto funcionamiento, frecuencia de fallas semafóricas, estado físico y operativo del semáforo, tiempo promedio de reparación</p>	<p>La muestra son Los usuarios del sistema vial observados en horas de máxima demanda</p> <p>Técnica: Observación directa estructurada + simulación</p> <p>Instrumento: Ficha de observación de tránsito vehicular y peatonal</p>
			<p>Transitabilidad vehicular y peatonal</p>	<p>Fluidez del tránsito vehicular</p>	<p>velocidad promedio de circulación, tiempo de viaje, nivel de servicio, longitud de colas vehiculares</p>	
				<p>Seguridad del tránsito peatonal</p>	<p>número de conflictos peatón-vehículo, tiempo de cruce peatonal, cumplimiento de fases peatonales, percepción de seguridad peatonal</p>	
				<p>Conflictos viales y tiempos de espera</p>	<p>tiempo promedio de espera vehicular, tiempo promedio de espera peatonal, frecuencia de conflictos viales, número de paradas por vehículo</p>	

Anexo B. Demoras de tránsito












Anexo C. Software de modelación

El software denominado Synchro 11.0 + Sim Traffic 11, son dos softwares en uno, conocidos en el mercado simplemente como Synchro, está diseñado para analizar y representar las condiciones de circulación de las vías estudiadas, y determinar los parámetros de evaluación recomendados por el Ministerio de Economía y Finanzas – MEF, de velocidad de recorrido de recorrido, demoras, colas y ratio de volumen/capacidad utilizando el Método del Highway Capacity Manual – HCM.



Anexo D. Ficha de observación de tránsito vehicular y peatonal

Ficha de observación de tránsito vehicular

FLUJO VEHICULAR SELECTIVO DIRECCIONAL FORMATO DE CAMPO FCV-01											
INTERSECCION:.....											
FECHA:.....						SENTIDO :.....					
HORA :.....						TURNO :.....					
ENCUESTADOR:.....						SUPERVISOR:.....					
HORA	 AUTO	 MOTO LINEAL	 TRAMWAY	 MICROBUS	 CAMIONETA VANAL	 BUS INTA	 CAMION	 SEMIRRECAMION Y TIRANES	 MOTOCICLO	 BICICLETA	 ESCOPIA
6:00 - 6:15											
6:15 - 6:30											
6:30 - 6:45											
6:45 - 7:00											
OBSERVACIONES:.....											

Ficha de observación de tránsito peatonal

FLUJO PEATONAL SELECTIVO DIRECCIONAL FORMATO DE CAMPO FCP-01								
INTERSECCION:.....								
FECHA:..... SENTIDO								
:.....								
HORA	HOMBRE			MUJER			MOVILIDAD REDUCIDA	
	NIÑO	ADULTO	ADULTO MAYOR	NIÑO	ADULTO	ADULTO MAYOR	HOMBRE	MUJER
OBSERVACIONES:.....								
:.....								

Anexo E. Parámetros ingresados para la operatividad de la red vial en el software

a) Configuración de líneas (Lane Settings)

Imagen N° 244: Lane Settings – Syncho v. 11.

LANE SETTINGS	← EBL → EBT → EBR			← WBL → WBT → WBR			← NBL → NBT → NBR			← SBL → SBT → SBR		
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
☑ Lanes and Sharing (HRL)	▼ +			+ +			+ +			+ +		
☑ Traffic Volume (vph)	212	275	0	5	426	4	1	26	4	9	4	21
☑ Future Volume (vph)	212	275	0	5	426	4	1	26	4	9	4	21
☑ Street Name	Jr. Jorge Chavez			Jr. Jorge Chavez			Jr. Colonial			Jr. Tanbo de Mosa		
☑ Link Distance (ft)	39.6			139.5			42.2			66.7		
☑ Links Speed (km/h)	20			20			20			20		
☑ Set Arterial Name and Speed	EB			WB			NB			SB		
☑ Travel Time (s)	7.1			25.1			7.6			12.0		
☑ Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
☑ Lane Width (ft)	4.5	4.5	4.5	3.5	3.5	3.5	2.4	2.4	2.4	2.8	2.8	2.8
☑ Grade (%)	0			0			0			0		
☑ Area Type CBD	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
☑ Storage Length (ft)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0
☑ Storage Lanes (#)	—			—			—			—		
☑ Right Turn Channelized	None			None			None			None		
☑ Curb Radius (ft)	—			—			—			—		
☑ Add Lanes (#)	—			—			—			—		
☑ Lane Utilization Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
☑ Right Turn Factor	1.000			0.997			0.982			0.919		
☑ Left Turn Factor (prot)	0.981			0.999			0.997			0.985		
☑ Saturated Flow Rate (prot)	2050			1871			1612			1567		
☑ Left Turn Factor (perm)	0.532			0.991			0.990			0.940		
☑ Right Ped Bike Factor	1.000			1.000			1.000			1.000		
☑ Left Ped Factor	1.000			1.000			1.000			1.000		
☑ Saturated Flow Rate (perm)	1112			1056			1001			1495		
☑ Right Turn on Red?	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
☑ Saturated Flow Rate (RTOR)	0			0			0			0		
☑ Link Is Hidden	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
☑ Hide Name in Node Title	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		

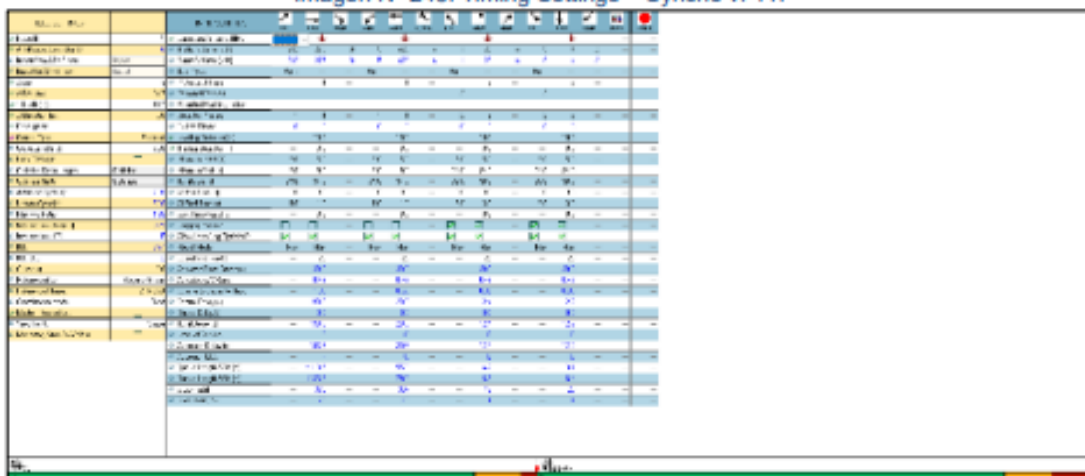
b) Configuración de volúmenes (Volume Settings)

Imagen N° 245: Volume Settings – Syncho v. 11.

VOLUME SETTINGS	← EBL → EBT → EBR			← WBL → WBT → WBR			← NBL → NBT → NBR			← SBL → SBT → SBR		
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
☑ Lanes and Sharing (HRL)	▼ +			+ +			+ +			+ +		
☑ Traffic Volume (vph)	212	275	0	5	426	4	1	26	4	9	4	21
☑ Development Volume (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
☑ Combined Volume (vph)	212	275	0	5	426	4	1	26	4	9	4	21
☑ Future Volume (vph)	212	275	0	5	426	4	1	26	4	9	4	21
☑ Conflicting Peds. (#/hr)	0			0			0			0		
☑ Conflicting Bicycles (#/hr)	—			—			—			—		
☑ Peak Hour Factor	0.85	0.70	0.92	0.63	0.84	0.35	0.25	0.54	0.50	0.75	1.00	0.89
☑ Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
☑ Adjusted Flow (vph)	249	393	0	8	507	11	4	48	8	12	4	24
☑ Heavy Vehicles (%)	0			0			0			0		
☑ Bus Blockages (#/hr)	0			0			0			0		
☑ Adj. Parking Lane?	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
☑ Parking Maneuvers (#/hr)	—			—			—			—		
☑ Traffic from mid-block (%)	0			0			0			0		
☑ Link OD Volumes	—			WB			—			—		
☑ Traffic in shared lane (%)	—			—			—			—		
☑ Lane Group Flow (vph)	0	642	0	0	526	0	0	60	0	0	40	0

c) Configuración de tiempos (Timing Settings)

Imagen N° 246: Timing Settings – Syncho v. 11.



Criterios de nivel de servicio de demoras para intersecciones semafóricas

NIVEL DE SERVICIO	DEMORA POR PARADA POR VEHICULO (SEG)
A	0 - 10
B	> 10 - 20
C	> 20 - 35
D	> 35 - 55
E	> 55 - 80
F	>80

Fuente: HCM 2010

Criterios de nivel de servicio ICU

ICU	NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN
0 A 55%	A	La intersección no tiene congestión
> 55% A 64%	B	La intersección tiene muy poca congestión
> 64% A 73%	C	La intersección no tiene congestión importante
> 73% A 82%	D	La intersección normalmente no tiene congestión
> 82% A 91%	E	La intersección esta justo al borde de condiciones congestionadas
> 91% A 100%	F	La intersección esta por encima de su capacidad y es probable experimente periodos de congestión de 15 a 60 minutos por día.

Fuente: HCM 2010