

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DESAFÍOS DE MOVILIDAD EN ZONAS PERIFÉRICAS DE
LIMA: ESTUDIO DE CASO AV. NICOLÁS AYLLÓN - AV.**

NICOLÁS DE PIÉROLA

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

Scott Andres Arriola Laura

Brayan Cesar Reyes Peralta

ASESOR:

Félix Israel Cabrera Vega


Lima, agosto, 2025

Informe de Similitud

Yo, Felix Cabrera Vega docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada “DESAFÍOS DE MOVILIDAD EN ZONAS PERIFÉRICAS DE LIMA: ESTUDIO DE CASO AV. NICOLÁS AYLLÓN - AV. NICOLÁS DE PIÉROLA”, de los autores Scott Andres Arriola Laura y Brayan Cesar Reyes Peralta, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 31/07/2025.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 31 de julio 2025

Apellidos y nombres del asesor	
<u>Cabrera Vega Felix Israel</u>	
DNI: 22309049	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1917-9840	

Dedicatoria

A mi familia: Lilia, Dionisio y Giovanni, cuyo apoyo fue la fundación silenciosa de todo lo que construí.

Scott Arriola

A mis padres, César y Esperanza, por enseñarme a mantenerme firme y perseverante, y por ese amor que, aun en la distancia, siempre me sostuvo, los llevo siempre en mi corazón.

A mi hermana Flor, cuya chispa inagotable me recuerda, el valor de una familia que permanece unida.

A mis abuelos Pablo y Elvira, por enseñarme el amor que perdura. Les guardo profunda gratitud.

A mi abuela Victoria, mi querida Mamiña, por haberme criado con paciencia y ternura cuando era muy pequeño. Por enseñarme el quechua y darme siempre un motivo para volver al lugar donde nací.

A mi enamorada Tatiana, my sweetie, por ser abrigo en las noches largas de estudio; por sus palabras de aliento y ese amor que me impulsa a seguir creciendo. Su presencia, constante y única, ha sido mi mayor alegría en este viaje.

Brayan Reyes

Agradecimientos

Agradecemos a nuestro asesor de tesis, Félix Cabrera, no solo por su guía durante este trabajo, sino también por las enseñanzas transmitidas en clase: el valor de la disciplina, el pensamiento crítico y la ambición de aspirar siempre a algo más. Sus lecciones, llenas de experiencias, nos motivaron a no conformarnos con cumplir, sino a construir con propósito.

A la Pontificia Universidad Católica del Perú, por habernos brindado un espacio de formación integral, donde el aprendizaje fue tan exigente como inspirador. Al Hormigón Armado, por acogernos y permitirnos descubrir un sentido más profundo de comunidad dentro de la carrera.

A nuestros amigos y compañeros, con quienes compartimos no solo clases, sino también madrugadas de entrega, silencios nerviosos antes de un examen, frustraciones por una mala nota y una alegría inmensa al aprobar lo que parecía imposible.

A los transeúntes de nuestra área de estudio, gracias por su tiempo y disposición para compartir sus ideas y vivencias. Nos recordaron que la ingeniería civil también se construye con empatía y atención a las necesidades reales de las personas.

Finalmente, agradecemos a todos quienes, con gestos visibles o silenciosos, formaron parte de este trayecto. Esta tesis no solo representa un logro académico, sino también el resultado de un esfuerzo compartido.

RESUMEN

De acuerdo con UN-Habitat (2022), se estima que para el año 2070 la población que residirá en zonas urbanas aumentará en un 58%. Por ello, es de vital importancia, desarrollar un plan urbanístico que garantice la descongestión vehicular, la disponibilidad de espacios adecuados, la seguridad urbana y una gestión eficiente del espacio público. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo principal, evaluar integralmente la movilidad de peatones y otros modos de transporte en el área correspondiente a la intersección de la Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola.

El enfoque metodológico de la investigación fue del tipo mixto. En el ámbito cualitativo, se realizaron entrevistas exploratorias y se diseñó un mapa de barreras. En cuanto al enfoque cuantitativo, se recopilaron datos mediante encuestas no probabilísticas, conteos de flujos peatonales y vehiculares, y se llevó a cabo el modelamiento y rediseño del tránsito en la intersección utilizando el software VISSIM. Los resultados del análisis revelaron que la infraestructura vial de la intersección evaluada se encontraba en condiciones deficientes de accesibilidad. Además, se concluyó que los peatones suelen evitar el uso de puentes peatonales debido al tiempo y esfuerzo que implican, prefiriendo cruzar por la vía vehicular, a pesar del riesgo que esto representa para su seguridad.

Finalmente, mediante el modelo de microsimulación, se propuso una solución integral de gestión del tránsito. Esta incluye la habilitación de rutas seguras para peatones a través de la instalación de semáforos y rutas peatonales, así como la reubicación de los paraderos transporte público mediante la colocación de bahías. Estas medidas permitieron garantizar la seguridad de los peatones sin afectar de manera significativa el tránsito vehicular. De esta forma, se logró un equilibrio que beneficia tanto a los peatones como a los conductores en la intersección evaluada

Índice

CAPÍTULO 1	1
Introducción	1
1.1. Preguntas de investigación.....	2
1.1.1. Pregunta General.....	2
1.1.2. Preguntas Específicas.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Hipótesis	3
1.3.1. Hipótesis general.....	3
1.3.2. Hipótesis específicas.....	3
1.4. Alcances y limitaciones	4
1.4.1. Alcances.....	4
1.4.2. Limitaciones.....	4
1.5. Justificación	5
CAPÍTULO 2.....	7
Revisión de la literatura	7
2.1. Peatones en zonas urbanas	7
2.1.1. Clasificación de peatones.....	7
2.1.2. Patrones de desplazamiento de peatones en zonas urbanas	10
2.2. Diseño en función del automóvil	11
2.2.1. Pasos a desnivel	12
2.2.2. Puentes peatonales	13
2.3. Directrices de Seguridad Vial	15
2.3.1. Tipos de seguridad vial	15
2.4. Medidas de gestión de tránsito en intersecciones urbanas.....	18
2.4.1. Control de señales.....	19
2.4.2. Trafico calmado	22
2.4.3. Mejoras en la infraestructura para peatones.....	25

2.4.4. Diseño urbano	29
CAPÍTULO 3.....	34
Metodología	34
3.1. Recopilación de la información	35
3.1.1. Área de estudio	35
3.1.2. Registro de los flujos peatonales y vehiculares	37
3.2. Identificación de conflictos.....	44
3.2.1. Enfoque cualitativo	45
3.2.2. Enfoque cuantitativo	47
3.3. Herramientas para el análisis de datos	51
CAPÍTULO 4.....	52
Resultados y Discusión	52
4.1. Hallazgos de la observación.....	52
4.1.1. Rampas.....	53
4.1.2. Veredas	53
4.1.3. Elementos rígidos.....	55
4.1.4. Ancho de calzada	55
4.1.5. Puente peatonal	56
4.1.6. Entorno urbano.....	57
4.2. Obstáculos para la movilidad.....	57
4.3. Encuestas.....	59
4.4. Entrevistas.....	68
4.4.1. Perfil del entrevistado	68
4.4.2. Infraestructura vial	71
4.4.3. Seguridad vial	71
4.4.4. Propuestas de mejora	72
4.5. Aforo peatonal y vehicular.....	72
4.5.1. Aforo peatonal	72
4.5.2. Aforo vehicular	76
4.6. Microsimulación	78
4.6.1. Modelo base	78

4.6.2.	Calibración.....	79
4.6.3.	Validación.....	82
4.7.	Propuesta de gestión de tránsito.....	83
4.7.1.	Semaforización	83
4.7.2.	Rediseño vial.....	84
4.7.3.	Evaluación de propuesta de mejora	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		89
5.1.	Conclusiones.....	89
5.2.	Recomendaciones	92
BIBLIOGRAFIA		93
ANEXOS		100



Lista de figuras

Figura 1: Satisfacción con el espacio público en la ciudad vs. en el barrio	5
Figura 2: Tipos señales de tránsito	20
Figura 3: Medidas de tráfico calmado	23
Figura 4: Estrechamiento de calzada	24
Figura 5: Orejas o martillos en intersecciones.....	24
Figura 6: Miniglorieta en intersecciones	25
Figura 7: Iluminación vertical en intersecciones	28
Figura 8: Medidas de urbanismo táctico en 11 calles de Barcelona.....	30
Figura 9: Procedimiento de metodología.....	34
Figura 10: Ubicación geográfica del distrito de Ate.....	35
Figura 11: Entorno vial cercano a la Municipalidad de Ate	35
Figura 12: Ubicación geográfica de la sección de análisis.....	36
Figura 13: Tipología de Vía.....	37
Figura 14: Puntos de observación para recolección de datos	38
Figura 15: Punto de observación de dron	39
Figura 16: Captura de grabación de dron	39
Figura 17: Procedimiento de registro de flujo peatonal	40
Figura 18: Puntos de conteo para el flujo peatonal preliminar.....	41
Figura 19: <i>Captura de grabación de dron</i>	41
Figura 20: Procedimiento de encuestas	42
Figura 21: Clasificación de movimientos del flujo vehicular.....	44
Figura 22: Procedimiento de entrevista.....	45
Figura 23: Procedimiento de las listas de chequeo.....	46
Figura 24: Procedimiento de encuestas	48
Figura 25: Procedimiento de microsimulación y rediseño vial	50
Figura 26: Procedimiento de microsimulación y rediseño vial	52
Figura 27: Rampas ubicadas entre Av. Las Torres y Pedro Ruiz Gallo.....	53
Figura 28: Veredas que conforman la intersección	54
Figura 29: Comercio ambulatorio.....	54
Figura 30: Elementos rígidos.....	55
Figura 31: Intersección Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón.....	56
Figura 32: Intersección Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón.....	56
Figura 33: Intersección Av. Nicolás de Piérola - Av. Nicolás Ayllón vista desde la calle Pedro Ruiz Gallo	57
Figura 34: Mapa de barreras.....	58
Figura 35: Tipo de medio de transporte usado de acuerdo al rango de edad	59
Figura 36: Frecuencia de peatones vs Motivo de tránsito	60
Figura 37: Opción de ruta para cruzar la intersección.....	61

Figura 38: Frecuencia vs Motivación de uso y distancia de ruta.....	62
Figura 39: Dificultad y seguridad al cruzar por puente vehicular	63
Figura 40: Razones por las que no se usa el puente peatonal.....	63
Figura 41: Incidentes de tránsito	64
Figura 42: ¿Cree usted que los conductores son amables con los peatones?	65
Figura 43: Evaluación del estado general de la intersección.....	65
Figura 44: ¿Consideras que la intersección está diseñada para garantizar la seguridad de los peatones?.....	66
Figura 45: Propuestas de los peatones.....	67
Figura 46: Evaluación de las propuestas	68
Figura 47: Flujo peatonal que pasa por el puente peatonal	73
Figura 48: Flujo peatonal que pasa por el puente vehicular	74
Figura 49: Flujo peatonal videograbación en 1 hora	75
Figura 50: Flujo peatonal Av. Las Torres con Calle Pedro Ruiz Gallo en 1 hora.....	76
Figura 51: Flujograma de Av. Nicolas Ayllón con Av., Nicolas de Piérola para 1 hora	77
Figura 52: Flujograma de Av. Las Torres con Calle Pedro Ruiz Gallo para 1 hora	78
Figura 53: Velocidad motocicleta.....	79
Figura 54: Movimientos de ciclo semafórico Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola	83
Figura 55: Ciclo semafórico Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola	84
Figura 56: Propuesta de rediseño vial.....	88
Figura 57: Velocidad peatonal estimada	100
Figura 58: Velocidad automóvil.....	100
Figura 59: Velocidad vehículos pesados	101
Figura 60: Velocidad motocicleta.....	101

Lista de tablas

Tabla 1: Clasificación de peatones según desplazamientos cotidianos	8
Tabla 2: Clasificación de peatones según desplazamientos recreativos	9
Tabla 3: Clasificación de peatones vulnerables	10
Tabla 4: Comparativa de normativas de diseño	16
Tabla 5: Número de personas fallecidas por siniestros de tránsito en Lima Metropolitana	17
Tabla 6: Tipología de intersecciones	19
Tabla 7: Tipos de barreras	26
Tabla 8: Familias y tipos de señales según el mensaje	27
Tabla 9: Dimensiones de aceras por el tipo de vía	29
Tabla 10: Resultados de las medidas de urbanismo táctico en Portland	31
Tabla 11: Recomendaciones de urbanismo táctico	31
Tabla 12: Características de diseño en vías compartidas	33
Tabla 13: Características de diseño en vías compartidas	43
Tabla 14: Características de diseño en vías compartida	46
Tabla 15: Perfil del entrevistado	69
Tabla 16: Flujo peatonal registrado en treinta minutos	73
Tabla 17: Muestras de los parámetros de eficiencia en campo	80
Tabla 18: Parámetros de simulación	80
Tabla 19: Resultados de calibración	82
Tabla 20: Resultados de validación	83
Tabla 21: Resultados para la evaluación de propuesta de mejora	87

CAPÍTULO 1

Introducción

La infraestructura vial tiene un papel relevante en el ordenamiento de los modos y la fluidez en el sistema de transporte (Dextre y Aranda, 2021). En ese sentido, durante la última década, se ha experimentado un avance gradual bajo un diseño enfocado en el transporte público en Lima Metropolitana. Por ejemplo, se ha ejecutado la Línea 1 del Metro de Lima que movilizó a 345,134 pasajeros diariamente y el sistema de Bus de Tránsito Rápido, el Metropolitano, que movilizó a 720,000 pasajeros en el año 2018 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

La desigualdad a nivel de infraestructura se refleja en mayor medida conforme aumenta la distancia al centro de la ciudad (Dextre y Aranda, 2021). Sin embargo, Ate Vitarte, ubicado en la periferia de Lima, es uno de los distritos que concentra en mayor medida espacios públicos y centros laborales (AATE, 2018). Asimismo, en Latinoamérica, las autoridades brindan mayor importancia al uso de los vehículos motorizados privados (García et al., 2015). En esa misma línea, Ate Vitarte registra la ejecución de proyectos de infraestructura vial con un enfoque en la circulación, por ejemplo, se ejecutan proyectos como: pasos a desnivel, ampliación de carriles, e instalación de puentes peatonales.

Hace 14 años, en Ate, se ejecutó el bypass Ayllón-Arriola, y hasta el momento se observan, en sus alrededores, constantes conflictos. Asimismo, no se realiza su mantenimiento ni un plan estratégico para mitigar las condiciones climatológicas del distrito. Esto genera que los desplazamientos de los peatones sean inseguros.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad describir la infraestructura vial circundante al bypass y analizar los patrones de desplazamiento de los peatones y demás modos de transporte en los alrededores del bypass Ayllón Arriola. A partir de la información recolectada,

se planteará una propuesta integral de gestión de tránsito que permita mejorar las condiciones de desplazamiento de los usuarios descritos e intentar recuperar el espacio de los peatones.

1.1. Preguntas de investigación

1.1.1. Pregunta General

- ¿A qué condiciones de movilidad se enfrentan los peatones y otros modos de transporte en la intersección de la Av. Nicolas de Piérola con la Av. Nicolas Ayllón?

1.1.2. Preguntas Específicas

- ¿Cuál es el estado actual de los elementos de infraestructura vial presentes en la intersección de la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón?
- ¿Cómo afecta el diseño vial de la intersección Av. Nicolás Piérola con la Av. Nicolas Ayllón en los patrones de desplazamiento de los peatones y demás modos de transporte?
- ¿Qué alternativas de infraestructura vial podrían mejorar las condiciones de movilidad de los peatones y demás modos en la intersección de la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar integralmente las condiciones de movilidad de los peatones y otros modos de transporte

1.2.2. Objetivos Específicos

- Examinar el estado actual de los elementos de infraestructura vial presentes en la intersección de la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón

- Analizar los patrones de desplazamiento de peatones y demás modos de transporte en la intersección de la Av. Nicolas de Piérola con la Av. Nicolas Ayllón
- Diseñar una propuesta integral de tránsito que permita mejorar las condiciones de movilidad de los peatones y demás modos de transporte en la intersección de la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

- Las condiciones de movilidad que presentan los peatones y demás modos de transporte en la intersección de la Av. Nicolas de Piérola con la Av. Nicolas Ayllón se caracterizan por lo siguiente: la dificultad para acceder a puntos estratégicos de la intersección que permita el libre y seguro desplazamiento, conflictos constantes entre diferentes modos de transporte y un diseño que prioriza el flujo vehicular.

1.3.2. Hipótesis específicas

- El estado actual de la intersección vial presenta: veredas angostas, un puente peatonal tipo rampa de longitud considerable, y carece de elementos de señalización vial, vías peatonales y un sistema semafórico.
- El diseño vial de la intersección entre la Av. Nicolás de Piérola y la Av. Nicolás Ayllón modifica los patrones de desplazamiento de los peatones. Aquellos peatones, al evitar el uso del puente peatonal, optan por cruzar el carril vehicular con el objetivo de invertir menor tiempo y energía, a pesar de la separación impuesta por la infraestructura a desnivel.

- La movilidad de los peatones y demás modos de transporte puede mejorar mediante la implementación de vías compartidas, medianas, semaforización y un rediseño urbano adecuado.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

El presente proyecto de investigación se enfoca en analizar la intersección de la Av. Nicolas de Piérola con la Av. Nicolas Ayllón en el distrito de Ate.

En los alrededores de la intersección vial se encuentran los clubes de recreación Diony's y Conafovicer, el mercado "Yully", comercios ambulatorios y paraderos usados por los peatones.

Este estudio busca generar un impacto social en los peatones y comerciantes del mercado de Ate, ya que se pretende evaluar integralmente las condiciones de movilidad de los peatones cuando transiten en las zonas circundantes al bypass. Si bien se propone analizar los patrones de desplazamiento de los usuarios descritos, no se puede generalizar dicho comportamiento para toda la población de Ate.

1.4.2. Limitaciones

El proyecto de investigación no comprende analizar condiciones de tráfico atípicas, como temporadas de precipitaciones, donde el bypass se encuentra inactivo. Asimismo, la circulación ferroviaria que genera interrupciones temporales en los flujos motorizados, no serán considerados en la recolección de flujos vehiculares y peatonales.

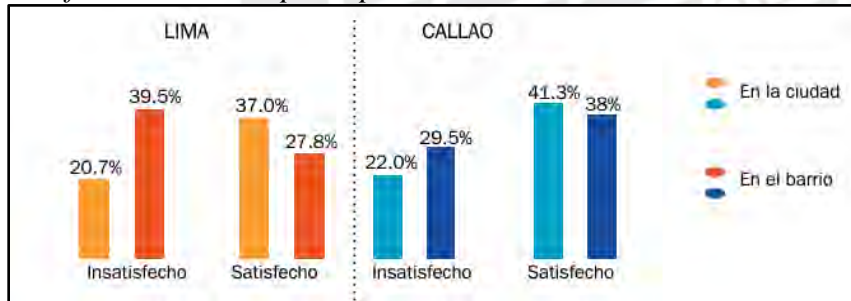
Dado que el proyecto de construcción del bypass se implementó hace diez años, este estudio no tiene como objetivo comparar la situación previa y posterior a su construcción.

1.5. Justificación

En el año 2023, el Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV, 2023) reveló la cantidad de incidentes de tránsito ocurridos en la ciudad de Lima. Se registraron 87,083 siniestros de tránsito, 58,000 lesiones y 3,316 muertes, cifras que resultan bastante alarmantes. Además, se observó un aumento en comparación con el año 2022, cuando se reportaron 83,897 siniestros, 53,552 lesiones y 3,328 muertes provocadas por incidentes de tránsito.

Por otro lado, el informe de percepción sobre calidad de vida realizado por el observatorio ciudadano Lima Cómo Vamos (2017) encontró que el 39.5% de los limeños se encuentra insatisfecho con los espacios públicos en sus barrios. Además, el 29.5% de las personas en el Callao expresaron insatisfacción con los espacios públicos en sus áreas, lo cual es un dato a tener en cuenta. Esta situación alerta a las autoridades para que implementen áreas verdes en sus jurisdicciones, lo que contribuiría a mejorar el bienestar de los transeúntes.

Figura 1:
Satisfacción con el espacio público en la ciudad vs. en el barrio



Nota: Adaptado de Lima para todos (2022)

Se observa una necesidad urgente de mejorar tanto la seguridad vial como la calidad de los espacios públicos en Lima y el Callao, lo cual podría contribuir significativamente a la reducción de incidentes de tránsito y al aumento del bienestar general de la población. Por estos motivos, este estudio busca analizar los patrones de desplazamiento de los peatones y demás modos de transporte, mediante estrategias de gestión del tránsito. Y de esta manera se pueda recuperar su autonomía y espacio destinado. Asimismo, este estudio podría servir para la implementación de

estrategias de movilidad de peatones en otras zonas periféricas de la ciudad de Lima que tengan las mismas características del área estudio.

En ese sentido, la propuesta de investigación posee un valor social y práctico significativo, ya que puede configurarse como una estrategia que priorice la movilidad segura de los transeúntes del distrito de Ate.



CAPÍTULO 2.

Revisión de la literatura

2.1. Peatones en zonas urbanas

El peatón desempeña un papel crucial en la movilidad urbana, ya que inevitablemente todos somos peatones en algún momento, independientemente del modo de transporte que utilicemos (Tanikawa & Paz, 2022). El desplazamiento de un peatón puede pasar desapercibido, pero un flujo constante de estos dinamiza la economía local y la interacción social de una zona urbana (Litman, 2014). Esto lleva a que, al mejorar las condiciones del espacio público para que la gente camine, se genere un tránsito seguro para los peatones y, además, se fortalezca la vida urbana.

Sin embargo, en América Latina y el Caribe en 2020, sólo el 20% de las ciudades contaban con acceso para el 75% de sus ciudadanos a un espacio público abierto ubicado a una distancia de 400 metros a pie; además, en promedio, solo el 3.2% de la superficie urbana es espacio público abierto lo cual perjudica inclusión, la cohesión social y las productividades de las ciudades (UN, 2023). Como resultado, en la actualidad, el desplazamiento peatonal emerge como un actor principal en la movilidad urbana en América Latina y el Caribe (Tanikawa & Paz, 2022). En este sentido, es importante reconocer al peatón y su movimiento.

2.1.1. Clasificación de peatones

Gehl (2013) agrupa a los peatones clasificando sus actividades de acuerdo con su nivel de necesidad. Las actividades peatonales obligatorias deben realizarse bajo cualquier condición, como ir al colegio o al trabajo. Por otro lado, las actividades peatonales recreativas son opcionales y se realizan por entretenimiento, como pasear o disfrutar de un buen clima.

A si también, Litmann (2022), nos dice que el tránsito de una comunidad debe poseer un enfoque de equidad pues las decisiones de planificación afectan a todas las partes involucradas de

una sociedad y aún más a grupos vulnerables. A partir de este enfoque, Littman conserva la clasificación a los peatones cotidianos que tienen actividades obligatorias y los peatones recreativos que realizan actividades de ocio, adicionalmente se añade a los peatones vulnerables que pertenecen a grupos con desventajas. Esta clasificación final se emplea en nuestro trabajo de investigación, en el cual consideramos factores como las actividades de los peatones, la edad, el porcentaje del total de usuarios que utilizan la infraestructura vial, la distancia recorrida, la velocidad de caminata, el estado de salud y las dificultades físicas.

2.1.1.1. Peatones según desplazamientos cotidianos

Los peatones que realizan actividades laborales o de estudio representan un grupo significativo en las zonas urbanas. Según una encuesta realizada en Santiago de Chile, el 63% de estos peatones camina al trabajo o a la escuela (Parra, 2018). Además, un estudio en el condado de Seattle-King observó que el 87.4% de las caminatas son utilitarias y recorren distancias más cortas a una velocidad más rápida (Kang et al., 2017). También, con los datos de la encuesta del American Time Use Survey, se pudo calcular que el 71% de las caminatas realizadas por los estadounidenses son cotidianas (Mondal et al., 2021). Esto constituye un porcentaje considerable, ya que este grupo de peatones tiene una mayor capacidad física y puede recorrer distancias a pie con versatilidad y eficiencia. Debido a su alta movilidad, no es tan crucial que la infraestructura vial tenga dimensiones adecuadas o un diseño de alta calidad.

Tabla 1:
Clasificación de peatones según desplazamientos cotidianos

Actividades	Edad	% de peatones	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Duración (min)	Discapacidades físicas
Estudiar	18- 25	19 - 26	0.5 - 1.5	2 - 3	5 - 20	No
Trabajar	25 - 60	18 - 26	1 - 2	2.5 - 4	10 - 25	No

Nota: Adaptado de Littmann (2024)

2.1.1.2. Peatones según desplazamientos recreativos

La cantidad de actividades recreativas que se realizan en un espacio público depende significativamente de las facilidades que este brinde para el tránsito de peatones. Las actividades recreativas, como pasear por la ciudad o sentarse a disfrutar del clima, requieren un espacio urbano de calidad que permita la realización de actividades sociales (Gehl, 2013). Aunque las características físicas del peatón recreativo son similares a las del peatón cotidiano, lo que varía son las actividades que realizan y la distancia que recorren para completarlas.

En una encuesta realizada en Santiago de Chile, se encontró que solo el 7% de los peatones se dedica a actividades recreativas (Parra, 2018). Además, un estudio en el condado de Seattle-King observó que el 12.6% de las caminatas son recreativas, las cuales recorren distancias más largas a una velocidad más lenta (Kang et al., 2017). Asimismo, con los datos de la encuesta del American Time Use Survey, se pudo calcular que el 29% de las caminatas realizadas por los estadounidenses son recreativas (Mondal et al., 2021).

Tabla 2:
Clasificación de peatones según desplazamientos recreativos

Actividades	Edad	% de peatones	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Duración (min)	Discapacidades físicas
Estudiar	18- 25	19 - 26	0.5 - 1.5	2 - 3	5 - 20	No
Trabajar	25 - 60	18 - 26	1 - 2	2.5 - 4	10 - 25	No

Nota: Adaptado de Littmann (2024)

2.1.1.3. Peatones Vulnerables

La mejora de la infraestructura vial tiene un impacto positivo en la movilidad de los peatones actuales y contribuye a expandir la red de flujo peatonal en entornos urbanos. Esto es especialmente relevante para personas con desventajas económicas o discapacidades físicas, ya que dependen del espacio urbano para movilizarse. Según Littmann (2024), los peatones

vulnerables incluyen a niños y personas con discapacidades físicas, quienes requieren vías cómodas y seguras para su movilidad.

Tabla 3:

Clasificación de peatones vulnerables

Actividades	Edad	% de peatones	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Duración (min)	Discapacidades físicas
Estudiar	18- 25	19 - 26	0.5 - 1.5	2 - 3	5 - 20	No
Trabajar	25 - 60	18 - 26	1 - 2	2.5 - 4	10 - 25	No

Nota: Adaptado de Littmann (2024)

2.1.2. Patrones de desplazamiento de peatones en zonas urbanas

Los patrones de desplazamiento de los diferentes colectivos sociales no solo se evidencian en los distintos modos de viaje, sino que también es crucial precisar los motivos de viaje (Dextre & Aranda, 2020). El nivel de ingreso, género, edad, capacidad física e intelectual son determinantes significativos de estos patrones de movilidad. Por ejemplo, las personas con un nivel socioeconómico bajo suelen depender del transporte público, lo cual implica largos desplazamientos diarios desde áreas residenciales en la periferia hacia el centro urbano.

La implementación de infraestructuras viales adecuadas puede configurar los patrones de desplazamiento de manera significativa, afectando las actividades diarias de diversos grupos sociales (Smith & Johnson, 2021). Según estos autores, las inversiones en transporte público y la accesibilidad peatonal pueden reducir las disparidades de movilidad y mejorar el acceso a oportunidades laborales y educativas para grupos vulnerables.

Además, es crucial considerar la planificación urbana inclusiva para garantizar que todas las personas, independientemente de su situación socioeconómica o capacidades físicas, tengan acceso equitativo a la infraestructura de transporte (Brown & García, 2022). Esto no solo

promueve la equidad urbana, sino que también contribuye a la creación de entornos más sostenibles y resilientes.

2.2. Diseño en función del automóvil

El concepto de automóvil surgió a finales del siglo XIX. Al ser una novedad, inicialmente fue accesible solo para personas adineradas. Sin embargo, con el modelo “T” propuesto por Henry Ford, su precio se volvió más asequible y, por lo tanto, su uso se popularizó. Según Ocampos et al. (2015), lo que comenzó como un modelo nuevo se convirtió en algo cotidiano, llegando a ser un importante medio de transporte en la movilidad urbana, lo cual definió sustancialmente el enfoque urbanístico en las ciudades.

Desde un punto de vista psicológico, Littmann (2020) sostiene que la preferencia por el automóvil se debe a la autonomía y la imponencia que este brinda. Asimismo, Ocampos et al. (2015) afirman que la aparente flexibilidad, comodidad y ahorro de tiempo que ofrece el automóvil han generado su supremacía en la composición modal del espacio urbano. La alta demanda de este modo de transporte ha llevado a que el automóvil sea designado como el transporte ideal y, por lo tanto, es la razón por la cual se sigue defendiendo el diseño en favor del automóvil.

El diseño urbano orientado al automóvil se basa en su velocidad de viaje. Ocampos et al. (2015) indican que la demanda de infraestructura para automóviles ha llevado a que la ingeniería de transportes se enfoque en mejorar la eficiencia y rapidez del automóvil, incrementando el ancho de las vías y separándolas de las vías peatonales para evitar accidentes. Sin embargo, la organización de la infraestructura en función de un diseño para el transporte motorizado agudiza la congestión vehicular (Dextre & Aranda, 2020). Además, esto provoca la degradación de las ciclovías y vías peatonales, y genera que las ciudades inviertan mucho más en estacionamientos y dispersen las actividades de manera que solo se puedan acceder con el automóvil (Littman, 2020).

Las externalidades del diseño en función de la circulación no solo se evidencian en su influencia para agudizar la congestión vehicular o causar posibles siniestros, sino también en la pérdida de autonomía de los peatones debido a factores económicos, sociales y ambientales (Dextre & Avellaneda, 2014). De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo, la contaminación del aire y los accidentes de tránsito son los efectos negativos más destacados del uso de vehículos motorizados, lo cual hace que el costo económico, social y ambiental no compense los beneficios del uso del automóvil. Por eso, actualmente se trata de desalentar la intensidad del flujo vehicular y equilibrarlo con el tránsito no motorizado (Ocampos et al., 2015).

En el contexto de análisis de esta tesis, se conceptualizan los pasos a desnivel y los puentes peatonales como elementos viales diseñados con un enfoque centrado en el automóvil.

2.2.1. Pasos a desnivel

Los pasos a desnivel, también conocidos como bypasses, son infraestructuras fundamentales en el diseño urbano y vial. Facilitan la circulación continua de vehículos al eliminar intersecciones directas, optimizando el flujo de tráfico y reduciendo la congestión en áreas urbanas (Smith & Johnson, 2022). Entre los tipos principales de pasos a desnivel se encuentran los elevados y las vías deprimidas.

Los pasos deprimidos plantean desafíos significativos para personas con limitaciones de movilidad, como usuarios de sillas de ruedas o personas con discapacidad visual. La instalación insuficiente de rampas, ascensores y señalización accesible puede hacer que estas rutas sean inaccesibles para una parte considerable de la población (García et al., 2020). La falta de accesibilidad inclusiva no solo dificulta el desplazamiento de estas personas, sino que también las excluye socialmente y limita su participación en la comunidad.

Las vías deprimidas deben diseñarse considerando la conectividad peatonal. Es esencial integrarlos adecuadamente con cruces peatonales, pasos elevados y otras infraestructuras para peatones, evitando así la fragmentación del entorno urbano y asegurar la continuidad de las rutas peatonales (Fernández & Silva, 2021). La falta de estas consideraciones puede generar barreras físicas que dificulten la movilidad de los peatones, especialmente para aquellos con discapacidades físicas.

2.2.2. Puentes peatonales

Los puentes peatonales se diseñan con el objetivo de facilitar el flujo vehicular y garantizar el desplazamiento seguro de los peatones. Sin embargo, al priorizar el flujo de automóviles, estas infraestructuras fomentan que los conductores incrementen su velocidad. Por otro lado, los peatones las consideran inseguras, inaccesibles y complicadas para su desplazamiento (Andrade & Chaparro, 2022).

De acuerdo con un estudio realizado en la ciudad de Chihuahua, la velocidad registrada en las locaciones de estas infraestructuras fue de aproximadamente 80 km/h (Andrade & Chaparro, 2022), lo cual cumple con el diseño en función del automóvil. Sin embargo, según Jarriot y Montané (2009), una persona es capaz de sobrevivir en un 90% a un atropellamiento por un auto que va a una velocidad de 30 km/h, mientras que al ser atropellada por un auto a 60 km/h, las posibilidades de supervivencia se reducen a un 10%. A una velocidad de 80 km/h, la probabilidad de supervivencia sería menor al 10%, lo cual no garantiza evitar la muerte, en el desplazamiento de un peatón.

Los peatones consideran que los puentes peatonales son muy largos y requieren esfuerzo y tiempo para usarlos. Estos factores los desmotivan, prefiriendo cruzar al nivel de la calle, ya que generalmente optan por la ruta más corta (Andrade & Chaparro, 2022); además, el tiempo que se

tarda en cruzar un puente peatonal es mucho mayor que el de cruzar por debajo de él (Ramadani et al., 2018). Para incentivar el uso de los puentes peatonales, se opta por cerrar ambos lados de la vía con barandillas. Sin embargo, a pesar de estas medidas, los peatones siguen cruzando al nivel de la calle, saltando las barandillas o creando accesos rompiéndolas. Estas barreras no solo resultan ineficaces, sino que también dificultan el cruce de los peatones, generando un efecto barrero (Ramadani et al., 2018).

Además de la influencia de las dimensiones del puente peatonal en el flujo de peatones, un estudio en Honduras indica que existe una relación entre la inseguridad y el desuso de los puentes peatonales (Landa-Blanco y Ávila, 2020). Estas infraestructuras no están iluminadas adecuadamente para el tránsito de peatones, lo que resulta en numerosos casos de robos y desalienta su uso durante la noche. Según Andrade y Chaparro (2022), el desuso de estos puentes trae consigo un incremento de basura, como botellas rotas, envases de bebidas alcohólicas, materia fecal y orina, lo cual se asocia con actos delictivos.

Las infraestructuras mencionadas no aseguran la seguridad de los peatones en las áreas donde se instalan. De hecho, están directamente asociadas con un aumento en los casos de atropellos (Andrade & Chaparro, 2022), así como con dificultades para desplazarse debido a sus dimensiones, que requieren un esfuerzo considerable para cruzarlas. Además, estas infraestructuras pueden crear barreras que obstaculizan el tránsito peatonal (Ramadani et al., 2018), y contribuyen a la inseguridad pública debido a actividades delictivas. A esto se suma una percepción negativa debido a la contaminación de dichas infraestructuras (Landa-Blanco y Ávila, 2020).

2.3. Directrices de Seguridad Vial

Las directrices de seguridad vial deben ser uno de los ejes prioritarios de la movilidad sostenible y segura (Dextre & Avellaneda, 2014). La Visión Cero especifica que los seres humanos cometen errores y por lo tanto se acepta que ocurran accidentes, pero lo que no se concibe es la ocurrencia de siniestros serios o muertes. El manual de Seguridad Vial (MTC, 2017), plantea tres factores de riesgo que deben considerarse: los factores que influyen en la exposición al riesgo, los factores que influyen en la posibilidad de que se produzcan siniestros y los factores que influyen en la gravedad de un siniestro. De este modo, es posible analizar de mejor manera la ocurrencia de posibles siniestros en una zona determinada.

2.3.1. Tipos de seguridad vial

Acorde Dextre (2010), se identifican tres tipos de seguridad vial los cuales pueden ser considerados al diseñar o evaluar un entorno vial. Estos dependen del grupo de especialistas a cargo y de los aspectos a tener en cuenta, tales como la normativa del país, la severidad de los accidentes o la percepción de seguridad de los propios usuarios.

Seguridad nominal

Se refiere a la normativa que cada país establece, por lo tanto, si el diseño vial cumple con los requisitos mínimos establecidos, se puede decir que se está cumpliendo con un diseño seguro para los modos que interactúan en el entorno vial. A continuación, se presenta consideraciones de diseño en la normativa nacional e internacional para la distancia de parada:

Tabla 4:*Comparativa de normativas de diseño*

Actividades	Edad	% de peatones	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Duración (min)	Discapacidades físicas
Estudiar	18- 25	19 - 26	0.5 - 1.5	2 - 3	5 - 20	No
Trabajar	25 - 60	18 - 26	1 - 2	2.5 - 4	10 - 25	No

Nota: Adaptado de DG (2018)¹ y DGT (2022)²

En la anterior comparación se evidencia la fórmula empleada para distancia de parada empleada por dos países en sus normativas de diseño correspondiente. Se puede observar que difieren en el cálculo, pero en ninguna de las dos ecuaciones se considera el comportamiento del usuario. Como menciona Hauer (1999), el resultado de una distancia visual de parada óptima no se puede establecer por simple especulación, ya que depende del comportamiento del usuario en la vía y por lo tanto no garantiza una seguridad real.

Seguridad sustantiva

La seguridad vial objetiva o estadística definida por Sorensen y Mosslemi (2009), se basa en el número registrado de accidentes y lesiones ocurridas. Asimismo, se calcula como la probabilidad de accidentes o lesiones por unidad de exposición al tráfico. Para su evaluación se utiliza datos de infraestructura, red, tráfico, uso del suelo y accidentes (Fuest et al., 2023, p. 2)

En ese sentido, el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, señala que en Lima Metropolitana y Callao para el año 2023 se registró un aumento con respecto al año 2022, de personas fallecidas como usuario “Peatón” del 54.4% al 54.8%. Asimismo, se señala que 8 de cada 10 personas fallecidas a consecuencia de un siniestro de tránsito, es correspondiente a usuarios vulnerables en el caso de Lima y Callao.

Tabla 5:*Número de personas fallecidas por siniestros de tránsito en Lima Metropolitana*

Actividades	Edad	% de peatones	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Duración (min)	Discapacidades físicas
Estudiar	18- 25	19 - 26	0.5 - 1.5	2 - 3	5 - 20	No
Trabajar	25 - 60	18 - 26	1 - 2	2.5 - 4	10 - 25	No

Nota: Adaptado de Observatorio Nacional de Seguridad Vial

En base a los datos mencionados se puede: determinar la magnitud de los traumatismos causados por el tránsito, evaluar los factores de riesgo, definir prioridades y asignar recursos, implementar y evaluar las intervenciones, informar a quienes elaboran las políticas y a los responsables de aplicarlas, y aumentar el grado de concientización (Dextre, 2010). Todo lo mencionado anteriormente, siempre y cuando los datos tengan un nivel de confiabilidad adecuado.

Seguridad subjetiva

El comportamiento de un peatón está condicionado en cierto grado por los beneficios que percibe, como el ahorro de tiempo, y las barreras que identifica, como el riesgo a la colisión (Ni et al., 2017). En ese sentido, es fundamental entender la percepción que los peatones tienen del entorno vial, así como su comportamiento, anticipación y reacción ante el (Ihssian & Ismail, 2023).

Los ingenieros de tráfico y demás responsables podrán efectuar diseños que generen la aceptación de los usuarios, si se logra entender la percepción y el comportamiento de los peatones. Es decir, el diseño deberá llegar a un punto de equilibrio en el que los usuarios comprendan los riesgos de la vía, pero de tal forma que continúen usando el entorno vial mediante los modos más eficientes, como la caminata y bicicleta (Dextre, 2010).

Una investigación realizada por Von Stulpnagel & Rintelen (2024), presenta una comparación sistemática de la seguridad subjetiva de diferentes modos de transporte para un entorno vial específico. En el caso de ciclistas y conductores, el informe señala que la falta de

claridad en la separación de las vías conlleva a inseguridades para ambos modos de transporte. Asimismo, señala que, a pesar de tener una infraestructura bien diseñada, puede favorecer a cierto modo de transporte, pero perjudicar a otros. En conclusión, se puede decir que los modos de transporte presentan diferentes enfoques respecto a su percepción ante un escenario de tráfico específico, y es por ello que es necesario considerar la seguridad subjetiva de los modos de transporte que interactúen en el entorno vial específico, para el análisis respectivo.

2.4. Medidas de gestión de tránsito en intersecciones urbanas

Se define a las intersecciones urbanas como espacios donde se llevaban a cabo ciertas actividades como: conducir, caminar, andar en bicicleta o permanecer. Por ello, son componentes esenciales de la red urbana de calles y del flujo de tráfico en la ciudad (Stanceric. et al., 2023). También, se las define como nodos de redes viales urbanas, donde la capacidad del tráfico está restringida, lo cual provoca una disminución en la fluidez y seguridad en comparación con un tramo de red vial común, debido a la interrupción mutua de diferentes modos de transporte (Parsons, 2009). Asimismo, Alobaydi (2020) menciona que el uso del suelo, el diseño de las intersecciones circundantes y la ubicación de la intersección dentro de la red de vías urbanas tiene una función fundamental en la calidad de la vida urbana y la eficiencia de la intersección.

Una investigación realizada por Cao et al. (2021) utilizó el método del cilindro efectivo, el cual permite definir el espacio correspondiente a una intersección, para poder clasificar las intersecciones en la ciudad de Vieja de Nanjing. El estudio encontró ocho tipos de intersecciones que dependían de 16 indicadores morfológicos, adicional a ello, precisó la importancia de aspectos como la geografía, cultura y políticas de estado.

De lo anterior, se puede precisar que existen alternativas de clasificación a las intersecciones viales, es por ello que la presente investigación considerará la clasificación de una

intersección en base a aspectos geométricos del entorno vial. En ese sentido, el Diseño Geométrico en Vías Urbanas (2022) clasifica a las intersecciones en dos grandes grupos: intersecciones a nivel y a desnivel:

Tabla 6:
Tipología de intersecciones

Actividades	Edad	% de peatones	Distancia (km)	Velocidad (km/h)	Duración (min)	Discapacidades físicas
Estudiar	18- 25	19 - 26	0.5 - 1.5	2 - 3	5 - 20	No
Trabajar	25 - 60	18 - 26	1 - 2	2.5 - 4	10 - 25	No

Nota: Adaptado de Diseño Geométrico en Vías Urbanas (2022)

El diseño apropiado de una canalización se basa en orientar a los modos de transporte para que puedan seguir un camino correcto, esto gracias a la instalación de marcas viales, señalización, islas de refugio, etc. Un estudio realizado por Yancang (2014), demuestra que la capacidad del tráfico de una intersección y la longitud promedio de las filas de los vehículos mejoran significativamente debido al diseño óptimo de la canalización. Asimismo, Cao et al. (2021) afirma que una intersección debería analizarse desde una perspectiva tridimensional, en vez de evaluar cada esquina de las calles por separado, además señala la participación necesaria de arquitectos y diseñadores urbanos para su configuración

A continuación, se describen las principales medidas de gestión de tránsito que se pueden optar para una intersección de medios urbanos:

2.4.1. Control de señales

2.4.1.1. Señalización

El conocimiento del lenguaje vial implica estar alerta a sus señales y seguir sus indicaciones, de esta manera se previene posibles tragedias (Dextre & Tabasco, 2010). En esa línea, un estudio realizado por Haque (2023), señala que el comportamiento de infracción de los

peatones a los elementos de señalización tiene una correlación significativa con la ruta de cruce, la dirección de curso, el transporte de un objeto, el uso del móvil, la velocidad de cruce y el tiempo de espera.

Asimismo, Suresha & Jinpeg (2024) propuso una metodología de clasificación en dos etapas para abordar el problema del factor iluminación, estimar con precisión la forma y reconocer el significado de las diferentes formas de señales de tráfico. Esto debido al aumento de siniestros ocasionados por la falta de reconocimiento de las señales de tráfico, lo cual se ve afectado por la iluminación de las escenas naturales y la diversidad de las señales de tráfico.

En ese sentido, se define al soporte como el elemento físico utilizado para poder llevar el mensaje al usuario de la vía. Según Dextre (2010), pueden clasificar en cuatro tipos de soporte físico: Soporte gráfico, soporte acústico, soporte gestual y el soporte lumínico. Por otro lado el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito (2018), clasifica en cinco tipos la descripción de señales: Reguladora, Prevención, Información, Servicios generales y Turísticas.

Figura 2:
Tipos señales de tránsito



Nota: Adaptado de Manual de Dispositivos de Control de Tránsito (2018)

2.4.1.2. SemafORIZACIÓN

En las ciudades motorizadas, el tráfico es una preocupación creciente debido al aumento del tiempo perdido, la contaminación del aire y el ruido. Existen diversas propuestas para mitigar este problema, siendo la semaforización la más utilizada por su bajo costo y la posibilidad de implementarse a corto plazo (Rasheed, Yau, Noor, Wu, & Low, 2020). Es por este motivo que la semaforización es una de las herramientas de gestión de tráfico más relevantes, ya que su efectividad en la reducción de la congestión vehicular permite flujos de tráfico fluidos y seguros (Abbracciavento et al., 2023).

Se define a los semáforos como dispositivos electrónicos diseñados para ordenar y regular el flujo de vehículos y peatones, en calles y carreteras, utilizando una unidad de control (Cal & Cardenas, 2018). En esa línea, el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del Perú (MTC, 2018) establece ciertas condiciones que deben cumplirse al menos una vez para la implementación de semáforos en una intersección. La condición nueve, que se refiere al volumen peatonal y su influencia en el tránsito de peatones, establece que se debe cumplir ciertos criterios para que se justifique la instalación de semáforos:

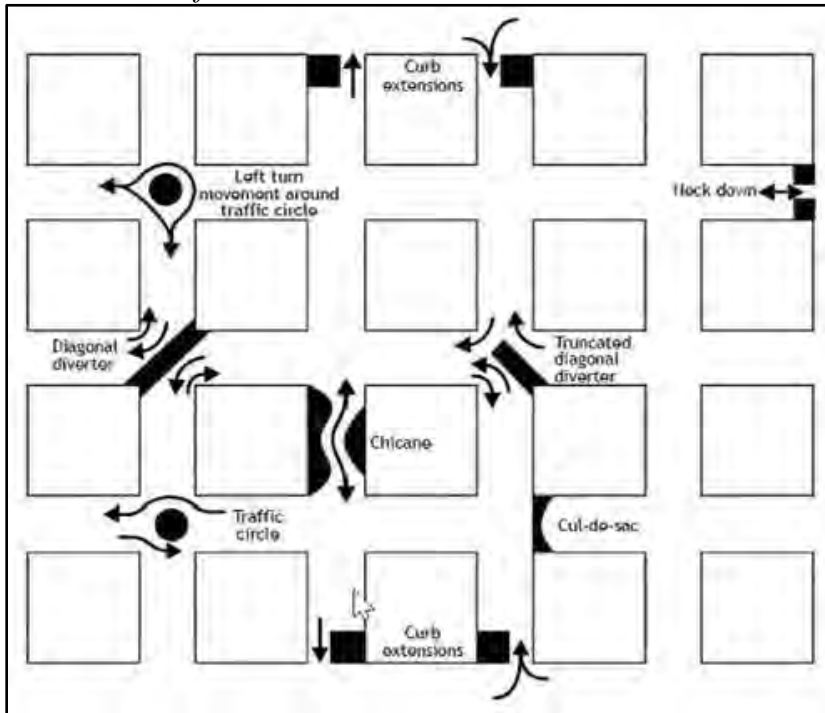
- El flujo vehicular en una intersección es de 600 vehículos a más / hora, o 1000 vehículos a más / hora en una vía principal con un separador central de 1.2 m
- Vías urbanas donde los vehículos deben detenerse para el cruce peatonal debido a una afluencia peatonal permanente
- En vías principales donde la velocidad de los vehículos es mayor a 50 km/h y no haya puentes peatonales
- En vías principales cercanas a centros escolares y no existan puentes peatonales

2.4.2. Trafico calmado

Reducir la velocidad de los modos motorizados es un pilar fundamental para disminuir la gravedad de los siniestros en vías urbanas. En ese sentido, una estrategia para poder lograr dicho objetivo son las medidas físicas de tráfico calmado (Doomah & Paupoo, 2022). Se entiende como tráfico calmado a una serie de medidas de carácter físico en su mayoría, diseñadas para mitigar los efectos negativos del uso de vehículos motorizados, de tal manera que mejoran las condiciones de los modos no motorizados en la vía pública (Lockwood, 1997)

Un estudio realizado por Gonzalo et al. (2016), concluye que, si bien las intersecciones reguladas por rotondas o semáforos pueden considerarse como elementos de tráfico calmado, esto no se aplica para los casos de cruces de peatones y elementos de señalización. Además, precisa que los resultados más favorables se lograron cuando se utilizaron más de una medida de tráfico calmado y que la distancia entre estos elementos no debería estar demasiado alejada para poder obtener resultados notorios.

Figura 3:
Medidas de tráfico calmado



Nota: Tomado de Medidas de tráfico calmado en vías urbanas, 2015

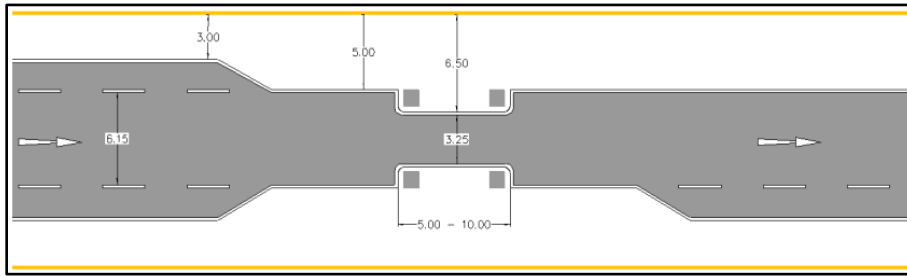
A continuación, se describen los principales elementos de tráfico calmado identificado en zonas urbanas:

2.4.2.1. Reducciones de calzada

Se puede aplicar a cualquiera de los lados de las vías o en todo caso ambos lados, su objetivo es hacer que la distancia de cruce sea menor. Pozueta. et al. (2013), muestra una relación entre los anchos de calzada con los atropellos; y por ende, posibles siniestros, es decir, cada vez que el ancho de la calzada es mayor, se incrementa la cantidad de atropellos.

Acorde el MSV (2017), consiste en reducir de dos carriles a uno, se amplían las aceras, se añaden divisiones centrales o marcas viales. Adicional a lo mencionado, los estrechamientos se logran alternando el estacionamiento en ambos lados de la calle, de manera que se forma un camino en zigzag.

Figura 4:
Estrechamiento de calzada



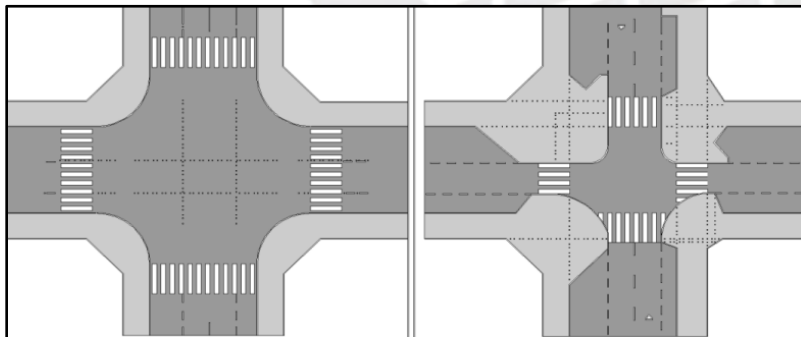
Nota: Tomado de Manual de Seguridad Vial, 2017

2.4.2.2. Tratamiento de intersecciones

Las medidas físicas mencionadas líneas arriba, aunque forman parte de las vías urbanas y, por lo tanto, tienen incidencia en los puntos que la componen, no se aplican directamente en las intersecciones. En ese sentido, el MSV (2017) recomienda instalar obstáculos para moderar la velocidad de los modos motorizados:

- Instalar orejas o martillos en intersecciones convencionales, estos elementos tienen como objetivo reducir el radio de giro, en el caso práctico se recomienda que sean extensiones de la misma vereda.

Figura 5:
Orejas o martillos en intersecciones

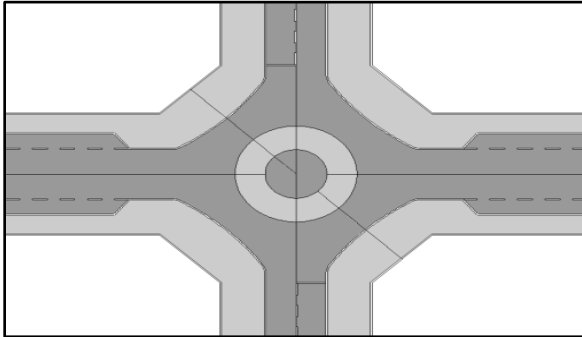


Nota: Tomado del Manual de Seguridad Vial, 2017

- Miniglorieta para intersecciones convencionales, son intersecciones de cruce obligatorio con dirección giratoria, caracterizados por un islote central cuyo diámetro es igual al ancho

de la carretera desde el inicio de la zona de franqueo. Estos elementos están diseñados para aumentar la atención del conductor de manera que reduzca la velocidad.

Figura 6:
Miniglorieta en intersecciones



Nota: Tomado del Manual de Seguridad Vial, 2017

2.4.3. Mejoras en la infraestructura para peatones

2.4.3.1. Cruce de peatones

Se presentan diversos conflictos entre peatones y vehículos, entre los más crecientes son los conflictos que ocurren cuando los peatones cruzan pasos de peatones no señalizados. (Zhuang & Wu, 2012). Asimismo, una investigación realizada por Jing & Yin (2019), intentó modelar el comportamiento de los vehículos para ceder el paso en pasos de peatones no señalizados, el resultado fue que el tamaño del espacio y la cantidad de carriles de tráfico presentaban una mayor influencia en la decisión de los conductores de ceder el paso, siendo más probable que cedieran el paso si existía la presencia policial.

En ese sentido, el Manual de Seguridad Vial (2017) estipula algunas recomendaciones:



- Para flujos peatonales no considerables, se deberá considerar la construcción de islas de tránsito
- Intersecciones donde se presente el tránsito elevado de peatones y vehículos, se debe considerar la construcción de una pasarela peatonal, asimismo se deberá considerar la instalación de una valla peatonal.

2.4.3.2. Barreras y barandillas

Acorde la Directiva Nª 007 - MTC (2008), se define a los sistemas de contención para dispositivos, como estructuras colocadas en las vías que permiten ayudar a controlar un vehículo que pueda salirse de su trayectoria y chocar con objetos duros como pilares de puentes, postes, señalización vertical, o incluso para prevenir que el vehículo se salga de la vía. Es importante mencionar que dichos dispositivos de contención tienen como objetivo reducir los daños y lesiones tanto de los ocupantes como de los otros modos de transporte en su entorno.

Asimismo, el Transportøkonomisk institutt (TØI, 2023), define tres grupos principales de elementos de contención en entornos viales:

Tabla 7:
Tipos de barreras

Barrera de hormigón	Barandilla de viga W	Barrera de cables
<p>Barandilla firmemente anclada a la carretera. Se recomienda que las barreras semirrígidas están acopladas a las rígidas</p> 	<p>Este tipo de barandillas tienen formas de W horizontal en los postes. Se debe colocar un terminal homologado que permita disipar energía ante impactos en el terminal del elemento</p> 	<p>Este tipo de barandilla ofrece mejor rendimiento y ocupa menos espacio. En Noruega ya no se utilizan debido al alto riesgo de lesiones para los motociclistas</p> 

Nota: Adaptado de Transportøkonomisk Institutt. (2020)

Para la elección de muros de contención en vías urbanas, es necesario tener en cuenta cuatro factores, los cuales dependen del tipo de vía y de la tipología de vehículos que la transitan, así como el entorno que la rodea. A continuación, se muestra el detalle de los factores a tener en cuenta.

Tabla 8:
Familias y tipos de señales según el mensaje

Parámetros a considerar	Consideraciones
Niveles de contención	Capacidad de la barrera de seguridad de absorber la energía de impacto de un vehículo. Se tiene cinco niveles de contención: P1 (Bajo) hasta el P5 (Muy alto)
Nivel de severidad de impacto	El daño que sufrirán los ocupantes del vehículo al impactar en una barrera de seguridad
Deformación del sistema	Absorción de energía por los ocupantes del vehículo, dichas deformaciones deben ser limitadas y compatibles con el lugar y entorno en el que se instalen
Capacidad de redireccionamiento del sistema	La barrera de seguridad debe reconducir el vehículo tras el impacto. La trayectoria de la rueda no atraviese una línea paralela a la posición inicial de la cara de la barrera de seguridad más próxima al tráfico

Nota: Adaptado de Sistema de contención de vehículos tipo barreras de seguridad, 2008

2.4.3.3. Iluminación vial

Los accidentes fatales que involucran peatones son más probables a altas horas de la noche, esto debido a que la visibilidad reducida durante estos periodos influye significativamente en la gravedad de dichos accidentes. (Tulu et al., 2017). En ese sentido el Manual de Seguridad vial indica que la iluminación, al centrarse en seleccionar ubicaciones específicas, es igual de eficiente que la iluminación continua.

Si bien la iluminación de las vías urbanas es de relevancia por lo descrito anteriormente, también es importante mencionar un estudio realizado por Tamakloe et al, (2021) donde rescata que la deficiente infraestructura del transporte, propios de países en desarrollo, y especialmente en relación con las condiciones de iluminación de los mismo contribuye a una mayor probabilidad de accidentes.

Siendo las intersecciones una zona de alto conflicto entre diversos modos de transporte, el MSV (2017) sugiere que la iluminación de cruce peatonal debe estar ubicadas en ambos lados de la calzada; esto permitirá que la iluminación vertical sea visible a una distancia adecuada. En ese sentido, la luminaria debe estar colocada por lo menos 3 metros del paso de los peatones. A continuación, se muestra el esquema descrito:

Figura 7:
Iluminación vertical en intersecciones



Nota: Tomado de Manual de Seguridad Vial, 2017

2.4.3.4. Veredas

Se identificaron los principales elementos que fomentan la caminata en la ciudad de Santiago en un estudio realizado por Herrmann, M. et al. (2020), los resultados fueron que factores como aceras amplias, presencia de árboles y zonas con diversidad de usos promueven la caminata. Caso contrario de aceras estrechas y en mal estado, intersecciones complicadas, y sobre todo, tráfico vehicular y ruido de autos desalientan dicha actividad. En ese sentido es necesario corroborar la norma GH.020, que establece los componentes de diseño urbano. A continuación, se presenta un cuadro resumen que de acuerdo con el tipo de vías que especifica el ancho mínimo a considerarse:

Tabla 9:
Dimensiones de aceras por el tipo de vía

Tipos de vías	Vivienda			Comercial	Industrial	Usos especiales
	1.80	2.40	3.00			
Vías locales principales						
Aceras o veredas	1.80	2.40	3.00	3.00	2.40	3.00
estacionamiento	2.40	2.40	3.00	3.00 - 6.00	3.00	3.00 - 6.00
Pistas o calzadas	Sin separador 2 módulos	Con separador central 2 módulos a cada lado del separador		Sin separador 2 módulos de 3.60	Sin separador 2 módulos de 3.60	Sin separador 2 módulos de 3.30 - 3.60
	3.60	3.00	3.30	Con separador central: 2 módulos a cada lado		
Vías locales secundarias						
Aceras o veredas	1.20			2.40	1.80	1.80 - 2.40
Estacionamiento	1.80			5.40	3.00	2.20 - 5.40
Pistas o calzadas	Dos módulos de 2.70			2 módulos de 3.00	2 módulos de 3.60	2 módulos de 3.00

Nota: Tomado de Componentes de Diseño Urbano, 2017

2.4.4. Diseño urbano

A continuación, se presentan dos medidas físicas de gestión de tránsito de corto y largo plazo, con el objetivo de mejorar la movilidad de los modos de transporte en vías urbanas

2.4.4.1. Urbanismo táctico

El urbanismo táctico representa intervenciones a pequeña escala, que pueden ser temporales o permanentes en ciertos casos. Según Lydon (2015), lo define como un enfoque para

desarrollar y revitalizar vecindarios mediante intervenciones y políticas temporales, económicas y escalables. Asimismo, menciona que las intervenciones a pequeña escala son realizadas por ciudadanos no autorizados, caso contrario de intervenciones a mediana escala, que son realizadas por las autoridades y/o personas autorizadas.

Un estudio realizado por Nello-Deakin (2022), donde se dio la ejecución de varias estrategias de urbanismos táctico en 11 calles de Barcelona, concluye que hubo una reducción significativa en las calles donde se implementaron intervenciones de urbanismos táctico, sin que se observa un incremento proporcional de tráfico en las calles cercanas. Es importante precisar que, si bien se dio un aumento relativo del tráfico en zonas adyacentes a las calles de intervención, este es mucho menor que la disminución observada en las calles donde se llevaron a cabo las intervenciones.

Figura 8:
Medidas de urbanismo táctico en 11 calles de Barcelona



Nota: Tomado de Explorando la evaporación del tráfico, 2022

Otro ejemplo práctico resulta ser el realizado en una intersección del barrio de Sunnyside en Portland, donde se evidenciaba áreas en mal estado y un deterioro urbano que conducían a un desorden social como vandalismo, delincuencia, etc. A lo mencionado se le añade infracciones de tránsito. En respuesta a lo mencionado, la comunidad organizada promovió el desarrollo de ese espacio público al encuentro entre todos, optando por medidas como el pintado de varias obras de arte interactivas, el caso más llamativo fue la creación de un girasol gigante en una de las intersecciones. A continuación, se presenta algunos resultados obtenidos:

Tabla 10:
Resultados de las medidas de urbanismo táctico en Portland

Impacto	Hallazgo y fuentes
Interacción social	El 32% de los peatones tuvo interacción con otros en el lugar
Sentido de pertenencia y bienestar	El 65% de los encuestados calificó el vecindario como excelente y 53% de los encuestados calificó su vecindario como mejor antes
Barreras y desafíos	El 75% de los encuestados expresó su preocupación por aspectos estéticos

Nota: Adaptado de “De calles para el tráfico a calles para la gente” (2020)

En ese sentido se presentan algunas recomendaciones de urbanismo táctico que se deben considerar en zonas urbanas:

Tabla 11:
Recomendaciones de urbanismo táctico

Recomendación de Urbanismo táctico	
Red peatonal saludable	Itinerarios peatones en condiciones de seguridad vial y sanitaria entre barrios y destinos cotidianos, priorizando calles con aceras estrechas
Red ciclista saludable	Itinerario en ejes prioritarios y secundarios mediante tráfico calmado o vías de ciclistas segregadas
Áreas pacificadoras	Adaptación de área y barrios para calmar el tráfico y mejorar la seguridad vial
Mejora de entornos	Intervenciones puntuales en entornos escolares y otros equipamientos cotidianos
Apoyo al transporte público	Tratamientos de paradas para facilitar la espera y creación de carriles de bus
Adaptación de regulaciones	Límite de 30 km/h, autorización del sentido ciclista a contramano y revisión de fases semafóricas

Nota: Tomado de Urban Living Lab, 2021

Por todo lo descrito, el arquitecto Fariña (2021), recalca que el urbanismo táctico se podría considerar un tema secundario o de poco interés si se compara con las necesidades previstas en un

sistema de planificación estratégica o en el planeamiento urbano. Sin embargo, implementar una dirección específica requiere de tácticas concretas, y es por ello que el urbanismo táctico debe ser de bajo costo y sobre todo reversible.

2.4.4.2. Vías compartidas

El término "vías compartidas" hace referencia a espacios donde vehículos y peatones pueden convivir sin experimentar riesgos de tránsito. Tzouras et al. (2020) indican que las calles compartidas incrementan la interacción diaria entre peatones, ya que están diseñadas para el movimiento peatonal y su confort, reduciendo la velocidad de los vehículos motorizados.

Para el diseño de las vías compartidas, es necesario considerarlas como un espacio público y no solo como un lugar de tránsito. Ocampos et al. (2015) señalan que las calles compartidas deben favorecer el entorno social de la vía urbana mediante el diseño urbano de características físicas que potencien la interacción social y reduzcan la velocidad de los vehículos motorizados. Bajo este concepto, proponen tres medidas físicas para el diseño de vías compartidas.

Tabla 12:
Características de diseño en vías compartidas

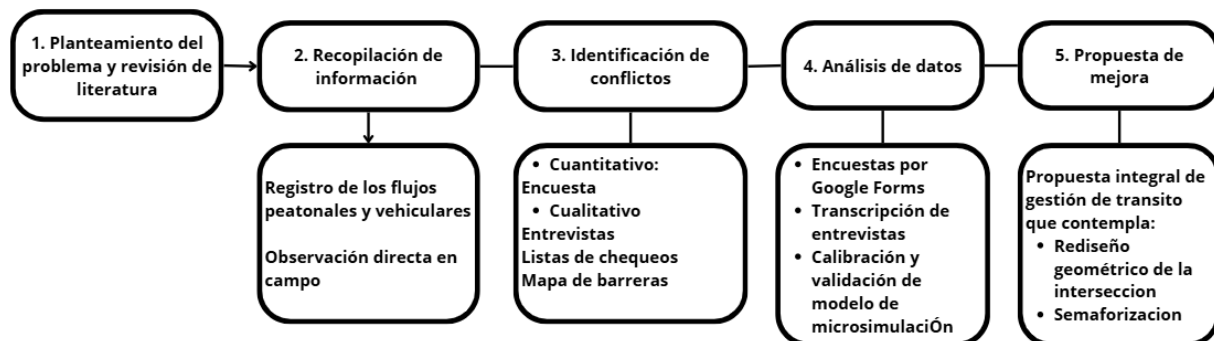
Impacto	Características	Hallazgo y fuentes
Superficie	<ul style="list-style-type: none"> • Material • Colores • Textura 	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie única y al mismo nivel, con varias texturas de pavimento. • Se brinda accesibilidad para todo tipo de peatones, incluyendo aquellos con discapacidad física. • Percepción de que el automóvil esta invadiendo el espacio público, reduce su velocidad
Mobiliario	<ul style="list-style-type: none"> • Iluminación • Áreas verdes • Lugares de descanso • Arbolado 	<ul style="list-style-type: none"> • Convierte la calle compartida en una destino o lugar de descanso. • Permite delimitar espacios, lo cual hace que los vehículos disminuyan su velocidad
Señalización	<ul style="list-style-type: none"> • Textura 	<ul style="list-style-type: none"> • Se propone la reducción de señales de tránsito • El uso de colores en el pavimento para delimitar la circulación

Nota: Adaptado de Ocampos et al. (2015)

Debido a que este criterio de diseño no cuenta con un manual formal estandarizado, se critica esta idea, ya que se propone crear calles más seguras para el movimiento peatonal, pero exponiéndose al riesgo al compartir el espacio con vehículos motorizados (Uttley et al., 2020). Sin embargo, un estudio realizado en Grecia mostró que la velocidad de los vehículos motorizados disminuye significativamente cuando se implementa el uso de calles compartidas. También se observó que el movimiento de los transeúntes se incrementó significativamente debido a esto y a la existencia de más puntos de cruce, lo cual corrobora que la implementación de vías compartidas generará un gran cambio en el tránsito peatonal y vehicular en los medios urbanos (Tzouras et al., 2023).

El objetivo principal del presente trabajo de investigación fue evaluar integralmente las condiciones de movilidad de los peatones y otros modos de transporte presentes en la intersección de la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón. Para su propósito se llevó a cabo mediante tres objetivos secundarios: Primero, se examinó el estado actual de los elementos de infraestructura vial presentes en la intersección de análisis. Segundo, se analizó los patrones de desplazamiento de peatones y demás modos de transporte que se movilizan por el lugar de interés. Tercero y último, se diseñó una propuesta integral que permita mejorar las condiciones de movilidad de los peatones y demás modos de transporte. El desarrollo de la investigación se organizó en cinco etapas como se muestra en la figura 9.

Figura 9:
Procedimiento de metodología



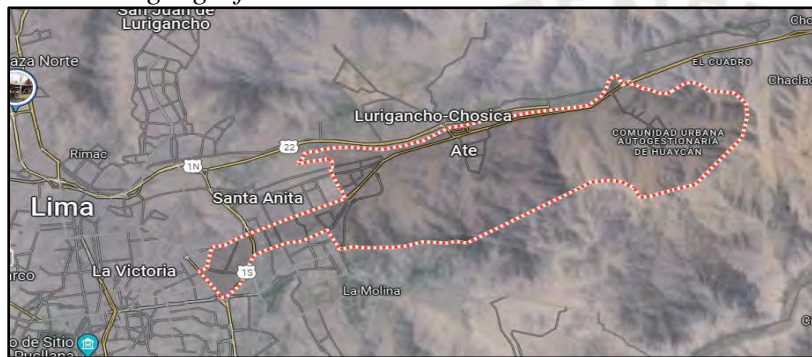
Nota: Fuente propia

3.1. Recopilación de la información

3.1.1. Área de estudio

El distrito de Ate está ubicado en la parte central y oriental de Lima Metropolitana con una superficie de 77.72 km². El clima se caracteriza por ser templado y húmedo, con nubosidad y escasas lluvias, predominando la garúa en invierno. En verano, a veces llueve de forma breve e intensa, y se intensifica durante "El Niño".

Figura 10:
Ubicación geográfica del distrito de Ate



Nota: Tomado de Google Maps, 2023

Según el Análisis Cualitativo de Vulnerabilidad (2020), el distrito de Ate es calificado como altamente vulnerable a los peligros climáticos con respecto a olas de calor y huaicos. De lo anterior, en la **Figura 11** se puede observar la poca presencia de vegetación que acompañan a los modos de transporte, en el caso de una vía vehicular circundante a la municipalidad de Ate.

Figura 11
Entorno vial cercano a la Municipalidad de Ate

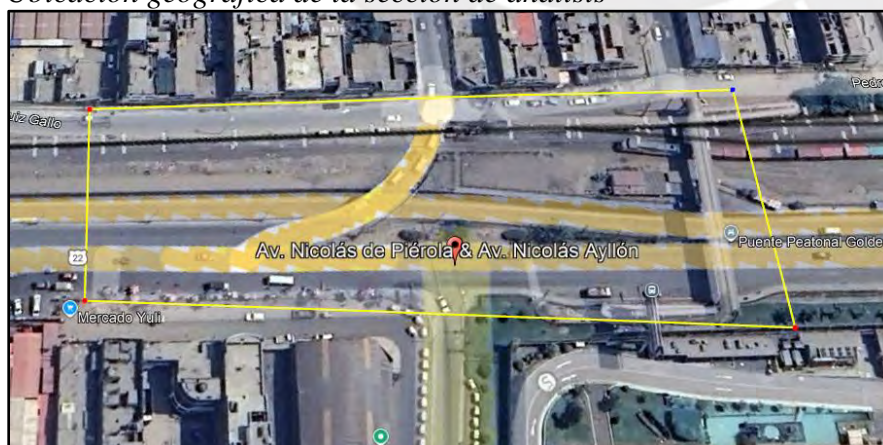


Nota: Tomado de Google Maps, 2023

Según el Plan Operativo Institucional del Distrito de Ate (2024), se tiene como objetivo incentivar programas y realizar inversiones para mejorar la infraestructura vial y peatonal en Ate para el año 2034. Aunque esta medida busca mejorar tanto el tránsito vehicular como el peatonal, actualmente persisten puntos críticos que requieren una intervención urgente. Es fundamental atender estas áreas de inmediato para garantizar que los peatones puedan transitar por las calles del distrito con la seguridad de no sufrir un accidente de tránsito.

En ese sentido, el lugar de estudio a considerar se encuentra ubicado en la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón, que comprende la Zona 5 de acuerdo con la Gerencia de Planificación Estratégica del Distrito de Ate. El área de análisis comprende aproximadamente 10832.88 m² y 479.46 m como se muestra en la **Figura 12**, y corresponde a una intersección con alta concurrencia de modos de transporte motorizados, tales como motocicletas, volquetes, ómnibus, microbús, ferrocarril, etc. Además, de presentar un flujo peatonal importante que hace uso de la vía vehicular para su desplazamiento. La intersección fue configurada en el año 2010, a partir de la implementación de una vía deprimida que buscaba mitigar el tráfico, en paralelo se instaló un puente peatonal ubicado a unos metros de la Av. Nicolás Piérola.

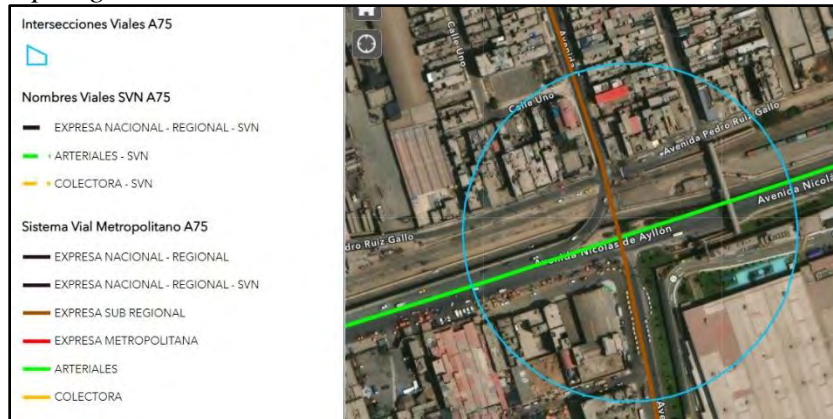
Figura 12:
Ubicación geográfica de la sección de análisis



Nota: Tomado de Google Earth, 2023

Acorde el Instituto Metropolitano de Planificación la Av. Nicolás Ayllón y la Av. Nicolás de Piérola en cuestión a su funcionalidad, se define como vía arterial y vía expresa subregional respectivamente. De acuerdo el Decreto Supremo N° 025-2021-MTC, las avenidas en mención tienen como límite máximo el valor de 50 Km/h.

Figura 13:
Tipología de Vía



Nota: <https://portal.imp.gob.pe/normas-zonificacion-y-sistema-vial-metropolitano/sistema-vial/> (2018)

3.1.2. Registro de los flujos peatonales y vehiculares

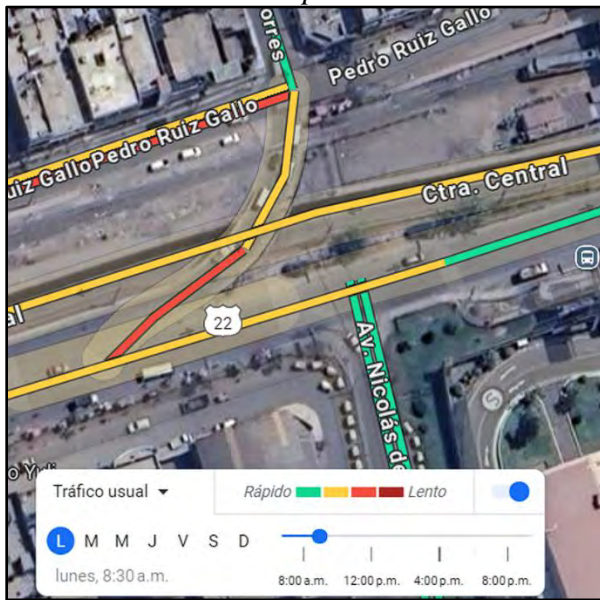
Para el rediseño de la intersección y propuesta de semaforización en el área de estudio, es necesario recolectar en campo los datos de los flujos peatonales y vehiculares, información que será de interés para el análisis.

Se utilizará la técnica numérica de microsimulación, es por ello que se registró un tiempo de 30 minutos, en los cuales se considera que se incluyen los 15 minutos pico del tráfico en el área de interés. Además, la grabación se realizó con un dron que registró toda la intersección en estudio, que permitió capturar no solo el flujo vehicular y peatonal, sino también otros parámetros como: geometría de la intersección, interacción entre peatón y vehículo, y velocidades promedio, que contribuirán al modelo de microsimulación.

Se estableció el lunes como día para realizar la videograbación, y el horario se determinó utilizando la herramienta Google Maps, cuya función de tráfico indica que la hora pico suele ser en el periodo de 8:00 - 8:30 a.m.

Figura 14:

Puntos de observación para recolección de datos



Nota: Tomado de Google Maps, 2024

En línea con lo anterior, se registró el flujo peatonal y vehicular entre las 8:30 y las 9:00 a.m. Además, por razones climáticas, el dron no pudo sobrevolar el área más temprano, debido a la neblina y llovizna que se generan en las primeras horas de la mañana.

Posteriormente, se estableció un punto de observación utilizando el dron para registrar el flujo vehicular y peatonal, como se muestra en la **Figura 15**.

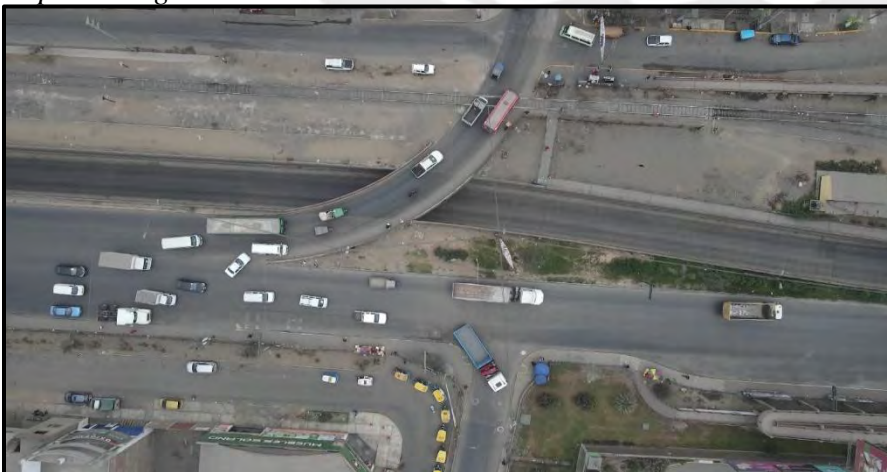
Figura 15:
Punto de observación de dron



Nota: Adaptado Google Maps, 2023

El modelo del dron utilizado fue el MAVIC Air 2, que grabó a una altura aproximada de 100 metros, lo que permitió una mejor observación de nuestra área de interés. La grabación se realizó en resolución 4K, lo que facilitó la identificación de la tipología vehicular. Asimismo, a partir de la videograbación, se pudieron obtener medidas para la elaboración de nuestro mapa de barreras. En la **Figura 16** se observa una captura de la grabación del dron.

Figura 16:
Captura de grabación de dron



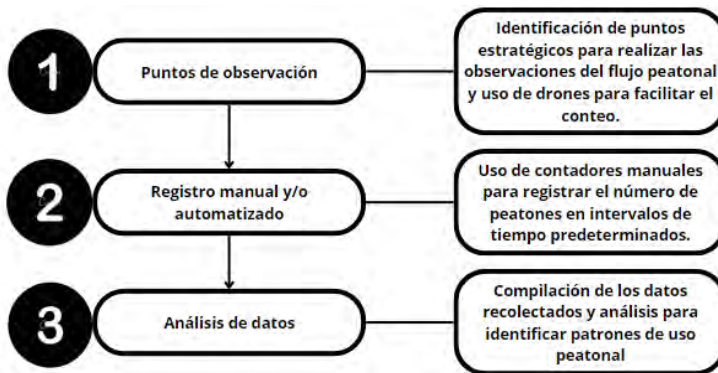
Nota: Fuente propia

- **El registro flujo peatonal**

El registro del flujo peatonal permitió cuantificar el número y tipo de peatones que utilizan la intersección en diferentes momentos del día y días de la semana.

Figura 17:

Procedimiento de registro de flujo peatonal



Nota: Fuente propia

El aforo del flujo peatonal se dividió en dos fases. En la primera fase, se realizó un conteo manual en el puente peatonal y otro en el puente vehicular, contabilizando las personas que cruzaban la calle y cruzan por el puente peatonal. Estas se clasificaron en cuatro categorías: hombres, mujeres, niños y ancianos. Esta información nos permitió identificar la ruta más utilizada por los peatones, basada en la observación y verificada por este conteo del flujo peatonal preliminar. Además, la clasificación nos ayudó a recopilar características de los peatones, lo cual fue útil para dirigir nuestras encuestas a los grupos que más frecuentan la intersección. En la **Figura 18** se muestran los puntos de conteo peatonal de la primera fase.

Figura 18:
Puntos de conteo para el flujo peatonal preliminar



Nota: Adaptado de Google Maps, 2023

En la segunda fase, el aforo del flujo peatonal se realizó mediante la grabación con el dron, registrando a las personas que cruzaban la calle y recorrían el puente vehicular, como se observa en la **Figura 19**.

Figura 19:
Captura de grabación de dron



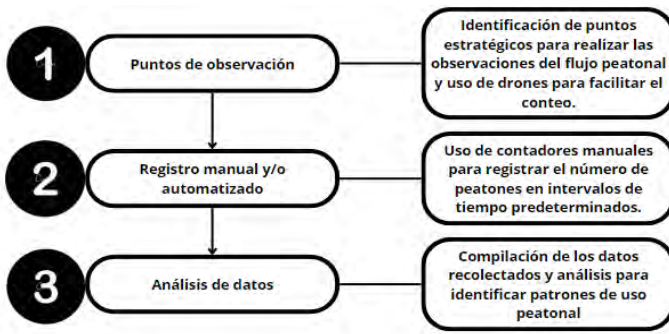
Nota: Fuente propia

- **El registro flujo vehicular**

El registro del flujo vehicular permitió cuantificar el número de vehículos que transitan por la intersección, así como, identificar posibles conflictos entre peatones y vehículos.

Figura 20:

Procedimiento de encuestas



Nota: Fuente propia

El aforo del flujo vehicular se realizó mediante la videograbación con dron y se clasificó en base a la Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares, para el presente trabajo de investigación, se dividió en siete grupos de vehículos con movimientos y dimensiones similares. En el grupo 1 se incluyeron los vehículos de carga pesada, los cuales, debido a su gran tamaño y necesidad de un amplio radio de giro, ralentizan el flujo vehicular en ciertas ocasiones. El grupo 2 correspondió a los vehículos de carga pesada de tamaño mediano, que, aunque también presentan un radio de giro representativo, no afecta el flujo vehicular tanto como la tipología vehicular del grupo 1. El grupo 3 incluyó a los buses interprovinciales y al transporte público formal del tipo ómnibus, que se detienen en paraderos establecidos y poseen dimensiones considerables. En el grupo 4 se agrupó al transporte público informal, que además de tener un tamaño menor que los del grupo 3, presenta un comportamiento más impredecible. El grupo 5 se asignó al transporte privado, que se caracteriza por dirigirse de manera directa hacia su destino. El grupo 6 correspondió a vehículos motorizados de tres ruedas, como mototaxis, y vehículos de cuatro ruedas como cuatrimotos que, si bien no tienen grandes dimensiones, presentan

un comportamiento más flexible. Finalmente, el grupo 7 comprendió las motocicletas, que se destacan por su alta velocidad y reducidas dimensiones.

Tabla 13:
Características de diseño en vías compartidas

Clasificación a considerar		Tipología vehicular
Grupo 1		Plataforma Baranda Chasis motorizado Cama baja
Grupo 2		Furgón isotérmico Furgón frigorífico Remolcador Furgón
Grupo 3	M	M3 Omnibus interurbano, Omnibus urbano
Grupo 4		M2 Microbus(combi), Minibus(chosicano)
Grupo 5		M1 Hatchback Station Wagon Sedan Suv Multipropósito
Grupo 6	L	L5, L2 Trimoto carga, cuatrimoto, trimoto pasajeros
Grupo 7		L3, L1 Motocicleta

Nota: Adaptado de Clasificación Vehicular y Estandarización de Características Registrables Vehiculares, 2018

Además, se realizó el aforo para cinco movimientos en la intersección de la Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola, siguiendo la teoría de microsimulación, que establece que

se debe registrar el flujo por carril. En la intersección de la Av. Las Torres con el Jr. Pedro Ruiz Gallo se llevó a cabo el conteo de siete movimientos. En la **Figura 21** se presentan los movimientos con mayor detalle.

Figura 21:
Clasificación de movimientos del flujo vehicular



Nota: Fuente propia

3.2. Identificación de conflictos

El diseño de la propuesta integral de gestión de tránsito se realizó a partir de encuestas dirigidas a los peatones, comerciantes y los residentes locales en la zona de la intersección. Este proceso, basado en un enfoque cuantitativo, son claves para el rediseño y semaforización de la intersección. Asimismo, se realizó el método de muestreo selectivo de informantes claves, utilizando la técnica de investigación conocida como entrevista, junto con una cédula o guía de entrevista hacia los usuarios, acerca de su percepción de riesgo en el área de estudio, lo cual pertenece a un enfoque cualitativo. En consecuencia, la metodología de investigación posee un enfoque mixto.

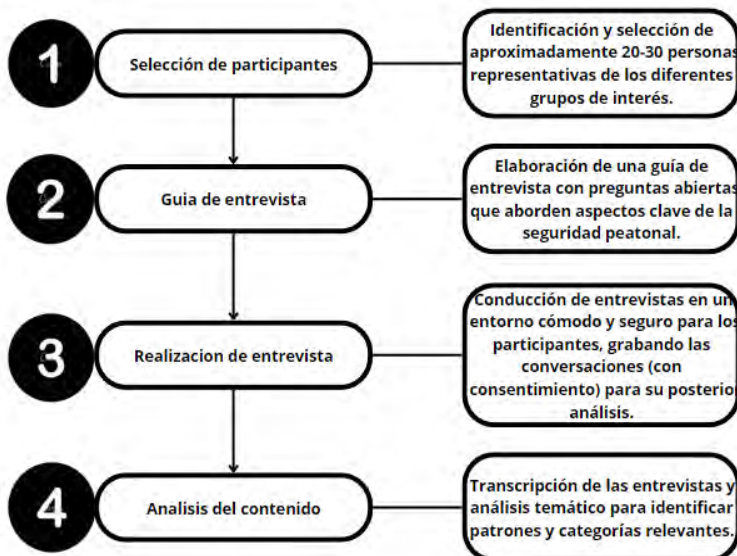
3.2.1. Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo tuvo un diseño de teoría fundamentada que se centró en comprender las percepciones, experiencias y opiniones de los peatones y otros actores relevantes sobre la seguridad en la intersección. Para su ejecución se utilizó el método de muestreo selectivo de informantes claves, empleando la técnica de investigación cualitativa conocida como entrevista. Adicionalmente, se complementó con las listas de chequeo y mapa de barreras.

- **Entrevistas**

Las entrevistas fueron de tipo exploratorias, semiestructuradas e individuales, estas se realizaron a diferentes actores clave, incluyendo peatones, comerciantes y residentes locales mediante una cédula o guía de entrevista. La muestra será del tipo no probabilísticas o dirigida; por lo tanto, se considerará la tipología de peatón de interés, asegurando el consentimiento previo de los participantes. Estas entrevistas permitirán explorar las percepciones y experiencias relacionadas con la percepción de seguridad peatonal y accesibilidad.

Figura 22:
Procedimiento de entrevista



Nota: Fuente propia

- **Lista de chequeo**

Se realizaron listas de chequeo para evaluar los aspectos geométricos de los elementos viales que influyen en la movilidad peatonal y vehicular del área de estudio. En base a la lista de Chequeo realizada por Cabrera (2019), se consideró los aspectos de estado de elementos viales, y obstáculos en las aceras y otras zonas peatonales analizados en la **Tabla 14**.

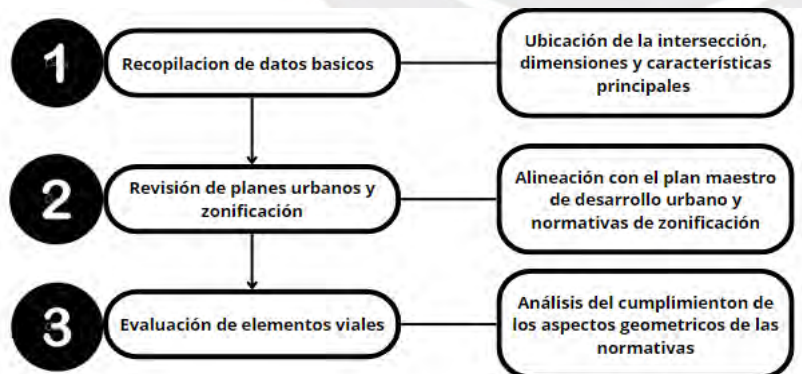
Tabla 14:
Características de diseño en vías compartida

Aspectos	Comentario	Nivel de logro
1. Clima		
2. Diseño de las edificaciones		
3. Mobiliario y su ubicación en edificaciones		
4. Diseño y estado de elementos viales		
5. Obstáculos en las aceras y otras zonas peatonales		
6. Sentidos humanos y navegación		
7. Gestión de tránsito		
8. Transporte público		
9. Actitud de la ciudadanía y autoridades		
10. Seguridad vial y ciudadana		

Nota: Tomado de Cabrera. (2019)

Se siguió la metodología detallada en la **Figura 23** en las visitas a campo, que se ejecutó en los periodos de mayor flujo peatonal.

Figura 23:
Procedimiento de las listas de chequeo



Nota: Fuente propia

- **Mapa de barreras**

Se realizó a partir de las capturas tomadas en Google Earth y de la posterior comprobación en campo de la presencia de obstrucciones físicas que afectan a la movilidad de los peatones. Los criterios de evaluación para identificar los problemas de diseño fueron tomadas en base a los manuales:

- Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para calles y carreteras (2018)
- Manual de Seguridad Vial (2017)
- Guía para el Diseño de Vías Accesibles (2023)
- Manual de Diseño Urbano Inclusivo para Lima Metropolitana (2016)

3.2.2. Enfoque cuantitativo

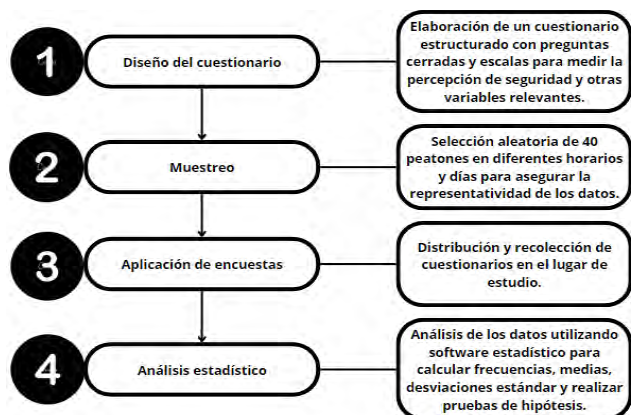
El enfoque cuantitativo tuvo un diseño del tipo no experimental, de corte transversal exploratorio que nos permitió recopilar, caracterizar y analizar datos numéricos para evaluar objetivamente la seguridad peatonal en la intersección. Se utilizó la técnica llamada encuesta que complementó a las entrevistas exploratorias ejecutadas, a partir de entrevistas informales realizadas con anterioridad.

- **Encuestas**

Las encuestas se aplicaron a un número significativo de peatones que utilizan la intersección, con el fin de obtener datos cuantitativos sobre su percepción de seguridad, frecuencia de uso y experiencias relacionadas con la intersección. El instrumento usado es el cuestionario y se realiza de dos formas, el autoadministrado, para quienes contaban con acceso en línea y por entrevista personal, para las personas sin acceso a internet.

Figura 24:

Procedimiento de encuestas



Nota: Fuente propia

- Población y muestra

En el año 2021, el distrito de Ate estimó una población total de 599,196 habitantes, y también dividió la población por grupos de edad y zonas del distrito (Distrito de Ate, 2021). Dado que las características de los individuos de análisis del estudio fueron consideradas, se tomó la cantidad total de habitantes de Ate como nuestra población de estudio.

La muestra de análisis fue del tipo no probabilística o dirigida, esto debido a que se requiere obtener información en base a cierta tipología de peatones en específico, contando con su consentimiento previo. Cabe destacar que el estudio no pretende generalizar dicho comportamiento para el distrito de Ate.

- Validez del instrumento

El cuestionario se modificó tres veces. Primero, se realizó una encuesta preliminar a un grupo de personas mediante preguntas abiertas, con el fin de obtener una idea general de las preguntas que se incluirían. A partir de la información recabada, se elaboró el cuestionario basándose en la observación, las encuestas preliminares y la información bibliográfica. Para su respaldo, se tomó como referencia el estudio de la Universidad Internacional de Florida (1997), que realizó intervenciones en intersecciones urbanas para promover la seguridad peatonal a través

de cuestionarios a los transeúntes, y el estudio de Skandami et al. (2020), que evaluó el uso de puentes peatonales y la implementación de señalizaciones en vías urbanas con el objetivo de maximizar la seguridad peatonal. En este último, también se aplicó una encuesta en su área de análisis para apoyar el estudio.

Asimismo, se consideró que algunas preguntas fueran formuladas de manera que permitieran el uso de la escala de Likert, para evaluar la confiabilidad de la herramienta utilizada. Finalmente, se presentó el cuestionario al asesor de tesis, quien realizó observaciones que fueron corregidas para obtener la versión final. La encuesta quedó conformada por cuatro secciones de preguntas: en el primero se evaluó el perfil de los peatones que transitan por la zona, en el segundo se preguntó acerca de la circulación del peatón, en el tercero sobre la circulación del automóvil y, por último, una sección sobre posibles propuestas de mejora de la intersección.

- **Confiabilidad del instrumento**

Para la evaluación de las encuestas, se encuestó a 30 personas. En el diseño de las preguntas, se formularon 10 ítems que podían ser evaluados, asignando el valor de 5 a la opción más favorable y el valor de 1 a la menos favorable. Después de codificar los valores obtenidos y analizar los resultados, se calculó el parámetro alfa de Cronbach para determinar la consistencia interna de la encuesta. Este valor se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right) = \frac{10}{10-1} \left(1 - \frac{10.7}{77.29} \right) = 0.96$$

- K: Número de preguntas
- Vi: Varianza de cada ítem
- Vt: Varianza del total del conjunto de ítems

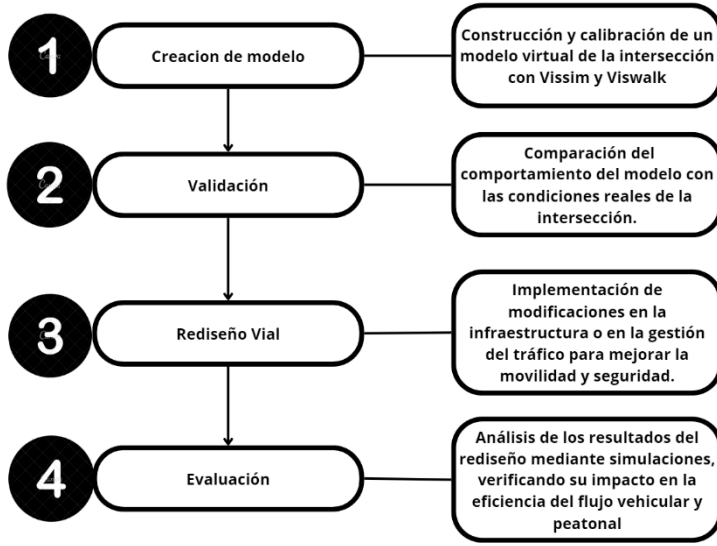
Tras aplicar la fórmula, se obtuvo un valor alfa de 0.96, lo que indica una consistencia interna adecuada, respaldando así la confiabilidad de la herramienta utilizada.

- **Microsimulación y rediseño de vial**

Para el proceso de microsimulación, se utilizó el registro del flujo peatonal y vehicular de la primera grabación. Para este proceso, se usaron los programas Vissim y Viswalk, donde se realizó la calibración del modelo. Posteriormente, se realizó la segunda grabación para verificar que el modelo simule las condiciones normales del área.

Figura 25:

Procedimiento de microsimulación y rediseño vial



Nota: Fuente propia

Después de realizar el proceso de validación del modelo de microsimulación, se procedió a realizar las modificaciones de gestión de tránsito al modelo, con el objetivo de mejorar las condiciones de movilidad de los peatones y los demás modos de transporte.

Debido a que nuestro plan de rediseño incluye la semaforización, se obtuvo los tiempos mediante el programa PTV Vistro, el cual trabaja con la metodología HCM. Con esa información, se inició el proceso de rediseño de la intersección en cuanto al semáforo, hasta lograr el tiempo óptimo.

3.3. Herramientas para el análisis de datos

La recolección de datos de las encuestas se realizó mediante el uso de hojas físicas para las personas sin acceso a internet, cuyos datos se transfirieron posteriormente a Google Forms, o directamente a través de Google Forms para quienes contaban con acceso en línea. Las listas de chequeo se elaboraron mediante las visitas al área de estudio, de esta manera se pudo identificar de manera sistematizada los conflictos entre los peatones y demás modos de transportes. El mapa de barreras se llevó a cabo exportando el mapa desde Google Earth, luego se ploteó en AutoCAD, esto a su vez fue compatibilizado mediante las visitas a campo.

Se utilizó la observación directa mediante el aforo vehicular y una videocámara para analizar el tránsito de los modos de transporte en la intersección, de esta manera se obtuvo los patrones de movimiento y su influencia en el flujo peatonal. Además, se realizará un aforo mediante el uso de un dron para identificar los patrones de movimiento vehicular.

Para el procesamiento de datos se usó la herramienta Matlab, lo que permite una comprensión más profunda de los patrones de movimiento de peatones y vehículos. Se realizó un análisis descriptivo inicial para resumir las características básicas de los datos recopilados, utilizando medidas de tendencia central (media, mediana) y de dispersión (desviación estándar, rango). Se crearon gráficos y tablas para visualizar los datos cuantitativos, facilitando la interpretación y comunicación de los resultados.

En base a los resultados obtenidos de las entrevistas y encuestas realizadas a los peatones, comerciantes y los residentes locales, junto con la aplicación de las recomendaciones de los manuales de diseño urbano accesible presentados, se propuso la propuesta integral de gestión de tránsito que comprende el rediseño vial y la semaforización de la intersección de interés.

En el presente acápite se presentan los resultados obtenidos durante las visitas realizadas, así como el posterior análisis de los datos recolectados, todo ello basado en la metodología expuesta en el acápite anterior.

4.1. Hallazgos de la observación

Durante las visitas de campo se utilizó la observación directa para el análisis del área, se tomaron fotografías y anotaciones para poder utilizar la herramienta denominada Listas de Chequeo en base Cabrera (2019), considerando la ubicación de tres puntos estratégicos para un mejor entendimiento del entorno. En la **Figura 26** se observa el detalle de lo descrito: el punto 1 está ubicado en el puente peatonal “Golden Gate”, el punto 2 cercano al puente vehicular y el punto 3 cercano a la Av. Pedro Ruiz Gallo.

Figura 26:
Procedimiento de microsimulación y rediseño vial



Nota: Adaptado de Google Earth, 2023

4.1.1. Rampas

Se tomaron medidas de 6 rampas registradas en la intersección de análisis. De las cuales 4 se ubican en las intersecciones de las vías secundarias comprendidas por la Av. Las Torres y el Jr. Pedro Ruiz Gallo y las restantes se ubican en la intersección de las Av. Nicolas de Piérola y Av. Nicolas Ayllón, siendo las vías principales. Se registró anchos de 1.10 – 1.20 m y pendientes longitudinales de aproximadamente 2%-12%. Siendo la medida de los anchos menores al mínimo y las pendientes en algunos casos mayores al máximo exigido por el Manual de Diseño Urbano Inclusivo. En la **Figura 27**, se muestra las veredas que conforman a las vías secundarias.

Figura 27:

Rampas ubicadas entre Av. Las Torres y Pedro Ruiz Gallo



Nota: Fuente propia

4.1.2. Veredas

Se registró veredas con anchos desde 0.50 – 1.40 m, siendo anchos menores al 1.50 m exigido por el Manual de Diseño Urbano Inclusivo. A continuación, se presenta algunas capturas de los principales tramos que conforman la intersección de análisis: Por un lado, se tiene las veredas que colindan con el puente vehicular de 50 cm de ancho, siendo un patrón continuo el cruzar por el puente vehicular, genera que los peatones y vehículos presenten conflictos constantes al tener que compartir el tramo destinado al modo motorizado. En la **Figura 28**, se evidencia el ancho de vereda construido que bordea al parapeto del puente vehicular, asimismo se presentan

otras capturas de las veredas que conforman las vías secundarias correspondiente al Jr. Pedro Ruiz Gallo con la Av. Las Torres.

Figura 28:
Veredas que conforman la intersección



Nota: Fuente propia

Por otro lado, se encuentra las veredas que bordean las avenidas principales y secundarias. Se presentan medidas desde 1.20 - 1.45 m, en algunos casos el comercio ambulatorio genera un obstáculo para el peatón y por ende disminuye el ancho efectivo, en la **Figura 29**, se muestra el detalle de los descrito.

Figura 29:
Comercio ambulatorio



Nota: Fuente propia

4.1.3. Elementos rígidos

Se evidenció el mal estado de estructuras complementarias a la intersección, como el parapeto de concreto que bordea el puente vehicular, el cual representa un elemento duro al carecer de mantenimiento, y por lo tanto es un factor que incrementa el riesgo a posibles tragedias. Por otro lado, se muestra el detalle del pavimento de concreto, donde se evidencia la falta de capas granulares en la base y espesor, y un mantenimiento a la capa de concreto.

Figura 30:
Elementos rígidos



Nota: Fuente propia

4.1.4. Ancho de calzada

Se evidenció un ancho de calzada que no permite el cruce seguro de los peatones en caso opten por usar el puente vehicular, siendo este el comportamiento más frecuente. Asimismo, no se ha considerado la implementación de una mediana ante la ausencia de un semáforo. En ese sentido se pueden identificar conflictos entre la circulación de peatones y los flujos motorizados. En la **Figura 31**, se observa a personas cruzando por el carril destinado al flujo vehicular. Asimismo, a personas ubicadas al borde del parapeto del puente, con la presencia de una variada tipología motorizada.

Figura 31:

Intersección Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón



Nota: Fuente propia

4.1.5. Puente peatonal

Se presenta el puente peatonal “Golden Gate”, que no cuenta con iluminación y se caracteriza por ser del tipo rampa, lo cual genera un mayor recorrido y esfuerzo para los peatones. Además, la ubicación establecida se encuentra unos metros detrás de la intersección, lo cual reduce su utilidad para los peatones. En la **Figura 32**, se observa tanto el interior y exterior del puente en cuestión, el cual carece de mantenimiento y presenta acumulación de desechos de basura.

Figura 32:

Intersección Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón



Nota: Fuente propia

4.1.6. Entorno urbano

En la **Figura 33**, se observa la presencia de un paradero informal y provisional debido al flujo de personas que utilizan el transporte público ubicada en la Av. Pedro Ruiz Gallo. Además, la gestión del espacio público compromete la seguridad de los peatones, no se disponen de áreas verdes, y el polvo recubre tramos de la vía vehicular. La presencia de residuos en ciertas áreas compromete la funcionalidad del espacio público y genera una percepción negativa entre los peatones.

Figura 33:

Intersección Av. Nicolás de Piérola - Av. Nicolás Ayllón vista desde la calle Pedro Ruiz Gallo

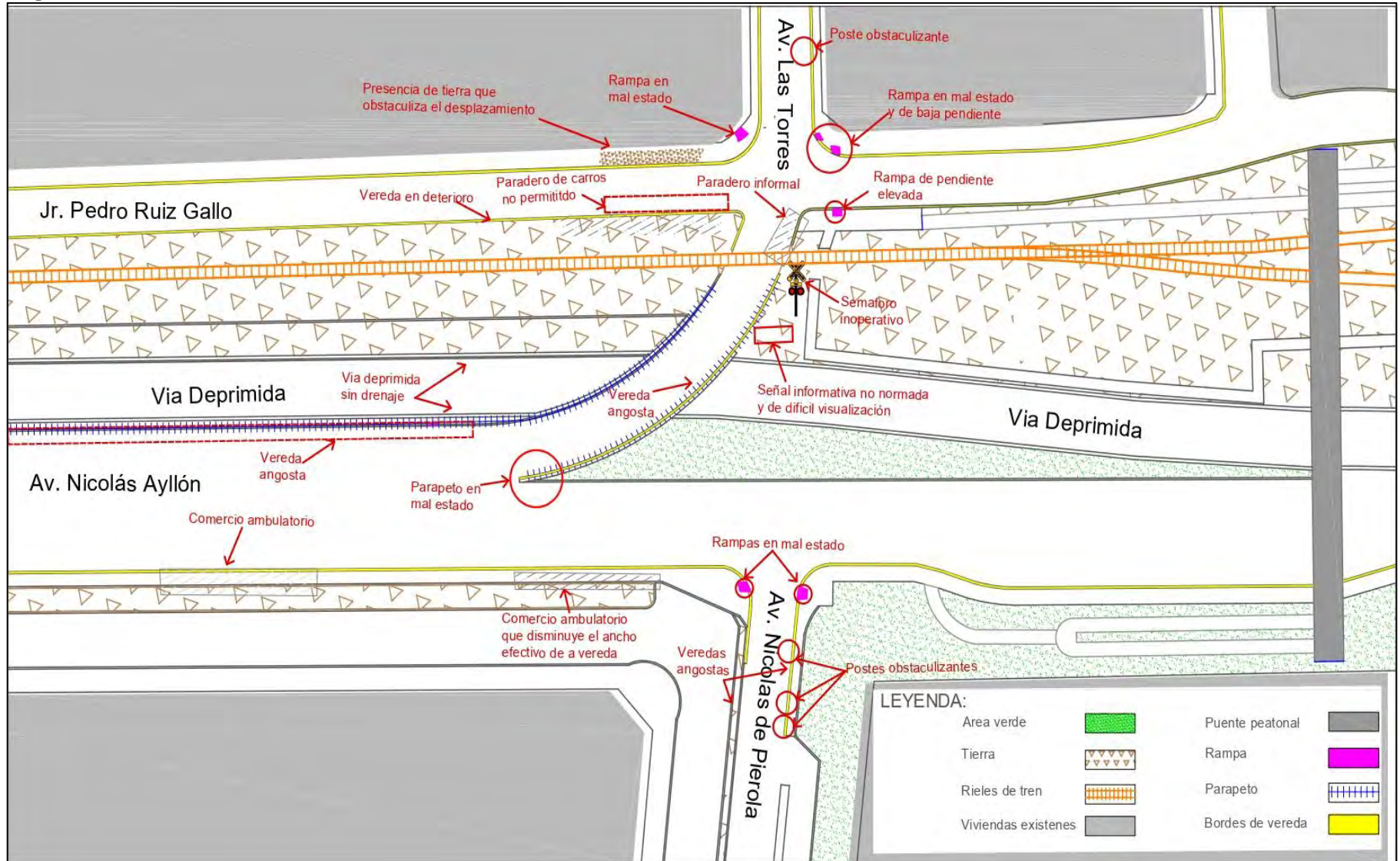


Nota: Fuente propia

4.2. Obstáculos para la movilidad

En la **Figura 34**, se muestra el mapa de barreras correspondiente al área de análisis. Se identificaron rampas en mal estado y que no cumplían la normativa, paraderos informales, veredas en deterioro y que no incumplían los estándares mínimos de accesibilidad, parapetos de concreto con daños por corrosión progresiva, comercio ambulatorio que reduce el espacio efectivo para los peatones, un semáforo ferroviario en mal estado y la poca presencia de elementos de señalización vertical y horizontal.

Figura 34:
Mapa de barreras



Nota: Fuente Propia

4.3. Encuestas

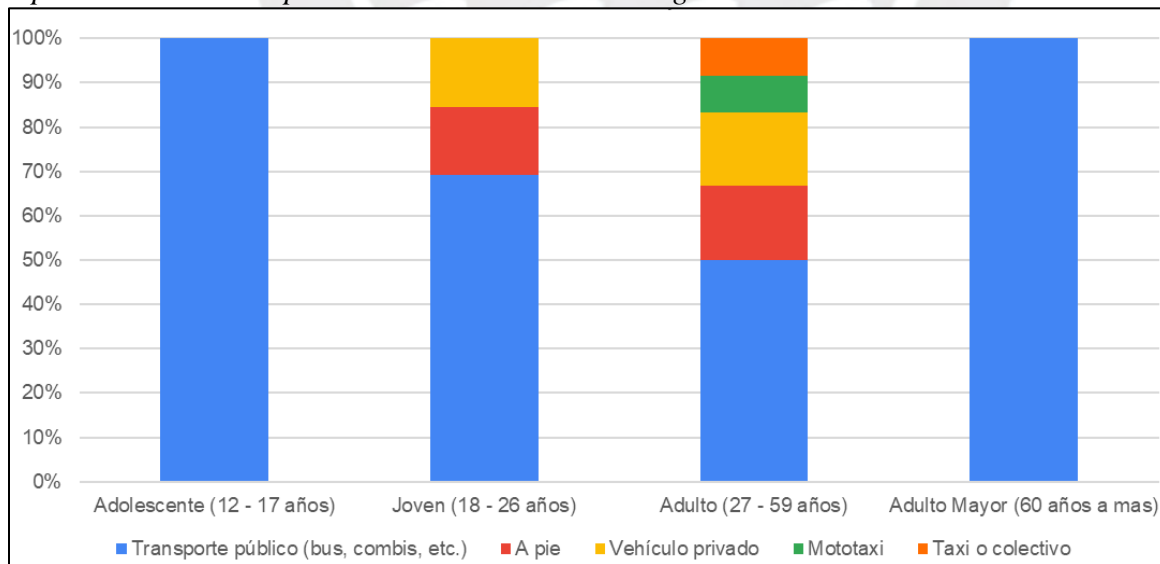
A continuación, se presentan los resultados de las encuestas realizadas, en las cuales se evaluaron cuatro aspectos y se analizaron los datos estadísticos obtenidos.

4.3.1. Descripción del perfil del peatón

Del total de 30 encuestados, el 66% eran varones y el 34% mujeres. Además, el 43% de los encuestados se encuentra en un rango de edad entre 18 y 26 años, otro 43% en un rango entre 27 y 59 años, un 7% tiene entre 12 y 17 años, y el 7% restante se encuentra en un rango de 60 años o más. En la **Figura 35** se observa que, de acuerdo con los rangos de edad de los peatones, la mayoría prefiere el uso del transporte público como medio de transporte principal en la zona. Esto se debe a que, al ser un área periférica, resulta mucho más económico movilizarse en transporte público hacia zonas más céntricas. También se observa un porcentaje de personas que utilizan vehículo privado o se desplazan a pie, principalmente residentes de los alrededores. Además, se registra un porcentaje de transeúntes que usa mototaxis, las cuales son populares en la zona.

Figura 35:

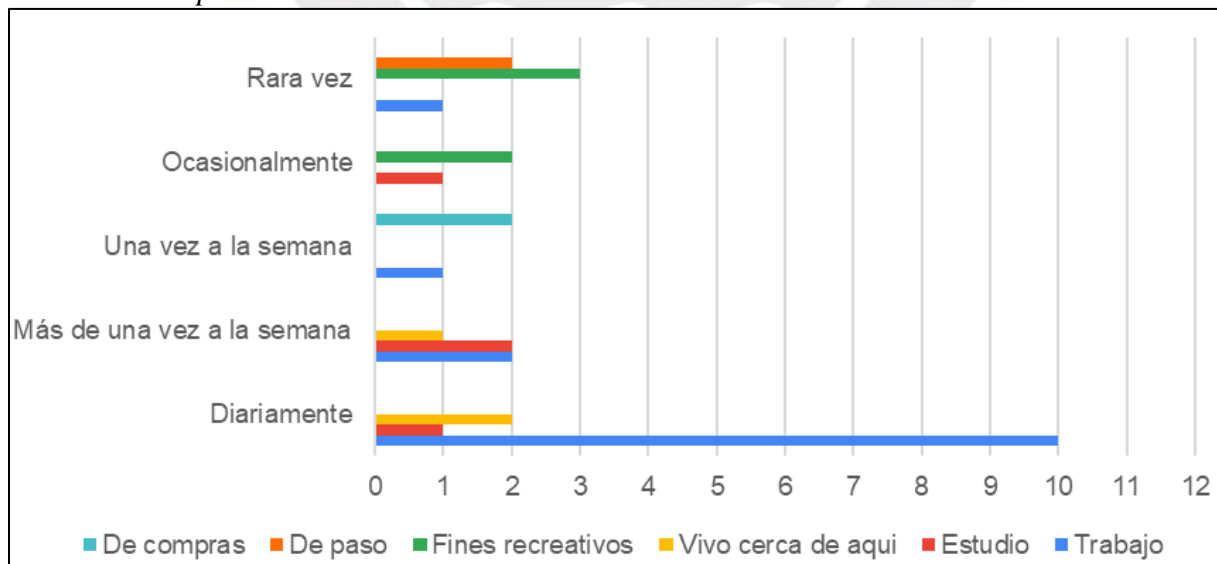
Tipo de medio de transporte usado de acuerdo al rango de edad



Nota: Fuente propia

Se intentó incluir a personas con dificultades de movilidad entre los encuestados. Sin embargo, al realizar las encuestas, verificamos que, debido a las características de la infraestructura de la intersección, que no es amigable para personas con discapacidades físicas, su tránsito en la zona es muy poco habitual. De hecho, durante todos los días en que se realizaron las encuestas, no se observó ninguna persona con dichas características. A pesar de ello, observamos que un 10% de los peatones pertenece a la categoría de peatones vulnerables, como las personas mayores, que requieren mayor esfuerzo para cruzar la intersección, y los niños y adolescentes, quienes son fácilmente distraídos y, por lo tanto, más propensos a sufrir accidentes de tránsito. Por ello, es necesario dar un enfoque de accesibilidad a los peatones vulnerables en su totalidad en el tránsito por la intersección. En la **Figura 36** se observa que, de los encuestados, 10 peatones que transitan diariamente por la intersección trabajan en la zona, mientras que solo 2 personas que transitan a diario viven en el área. Por otro lado, quienes transitan al menos una vez por semana son en su mayoría estudiantes, lo que se debe a la presencia de colegios en los alrededores, lo cual genera una alta concurrencia de estudiantes y también de personas que residen en la zona.

Figura 36:
Frecuencia de peatones vs Motivo de tránsito



Nota: Fuente propia

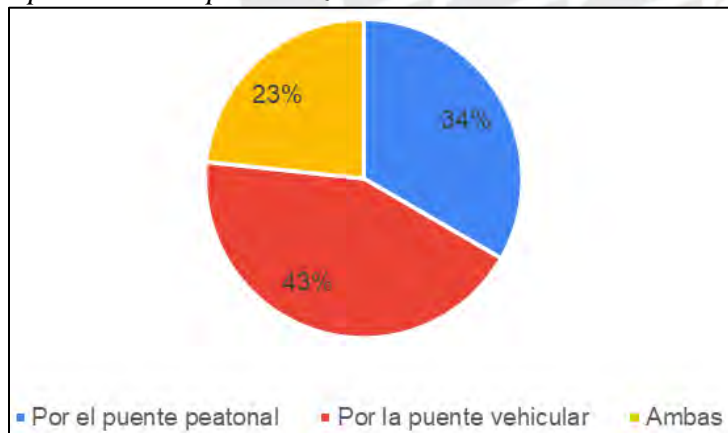
Del análisis de estos datos, se puede concluir que la mayoría de los peatones que transitan por la zona son hombres jóvenes y adultos, con edades entre 18 y 59 años, que prefieren usar el transporte público como medio de transporte. A pesar de que el tránsito de personas con discapacidades físicas es poco frecuente, se ha identificado que el 14% de los peatones son vulnerables, lo que resalta la necesidad de mejorar la accesibilidad en la intersección.

4.3.2. Preguntas acerca de la circulación de los peatones

La circulación de los peatones para cruzar la intersección analizada presenta dos rutas: una a través del puente vehicular (calle) y otra por el puente peatonal. Por ello, se procedió a realizar encuestas para conocer la preferencia de ruta de los peatones.

En la **Figura 37** se puede observar que el 34% de los peatones prefiere utilizar exclusivamente el puente peatonal, mientras que el 43% prefiere cruzar únicamente por el puente vehicular, y el 23% restante utiliza ambas rutas.

Figura 37:
Opción de ruta para cruzar la intersección



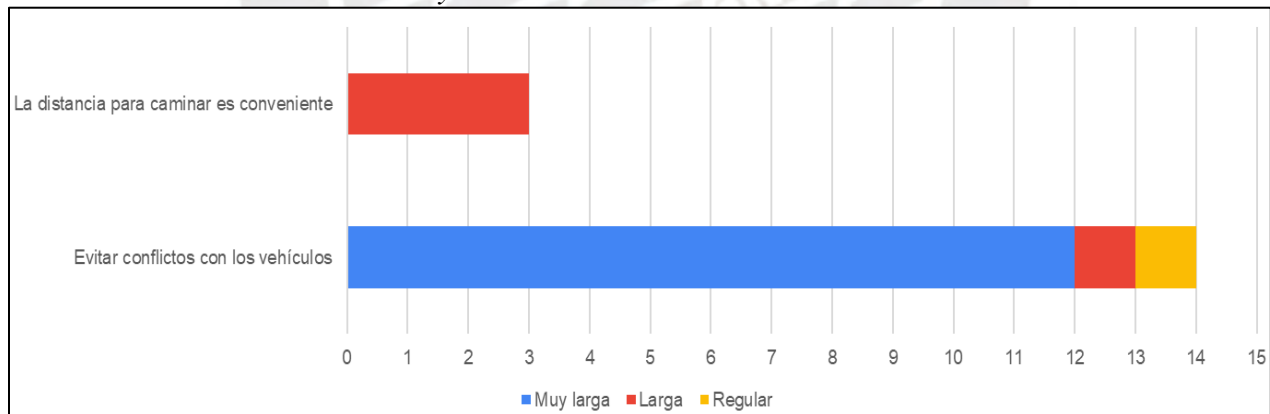
Nota: Fuente propia

Se puede concluir que la mayoría de los peatones prefieren cruzar por el puente vehicular, ya que ofrece una ruta más corta. Durante la observación y la interacción con los peatones, se detectó que algunos de ellos prefieren usar el puente peatonal durante el día, pero optan por el puente vehicular en la noche debido a la falta de iluminación en el puente peatonal, lo que

incrementa el riesgo de asaltos en esa ruta. Este factor de inseguridad es una razón importante por la cual muchos peatones evitan el puente peatonal en horas nocturnas.

En primer lugar, realizamos un análisis detallado de los peatones que cruzan por el puente peatonal, incluyendo también las opiniones de aquellos que utilizan ambas opciones. En la **Figura 38**, se puede observar que el 83% de los peatones que utilizan el puente peatonal lo hacen por motivos de seguridad, para evitar conflictos con vehículos. Además, el 78% de estos peatones considera que la distancia que deben recorrer es muy larga, mientras que el porcentaje restante opina que la distancia es larga y regular. El 17% de los peatones que usa el puente peatonal considera que la distancia no influye en su decisión para cruzar por esta ruta. Este grupo podría estar habituado a usar el puente peatonal regularmente o, en algunos casos, ser personas con un buen estado físico, por lo que el esfuerzo necesario no afecta significativamente su elección. Aunque reconocen que la distancia es considerable, no la perciben como un obstáculo insuperable.

Figura 38:
Frecuencia vs Motivación de uso y distancia de ruta

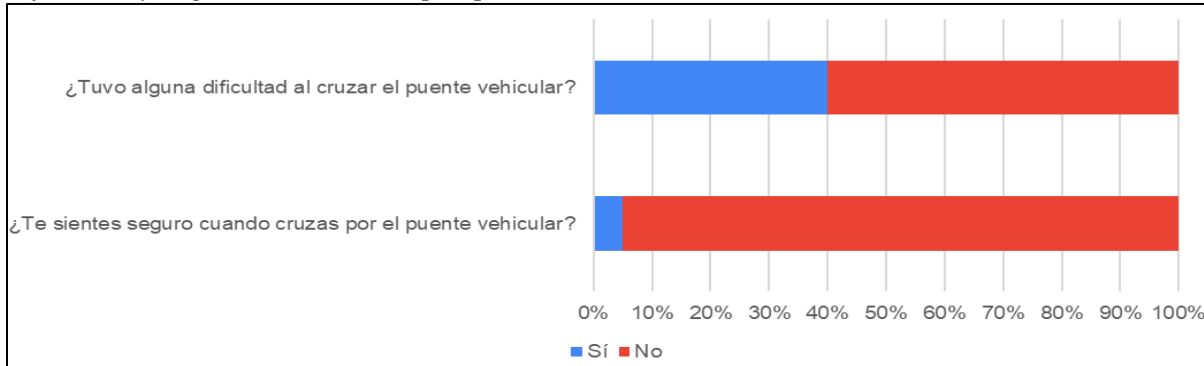


Nota: Fuente propia

En la **Figura 39**, se puede observar que, del total de peatones que cruzan por el puente vehicular, el 40% reportó haber tenido dificultades para atravesar la calle. Según las observaciones en campo y las conversaciones con los peatones, estos deben cruzar a gran velocidad debido a que los vehículos no suelen reducir su velocidad al acercarse a los cruces peatonales. Esto representa

un problema significativo para personas con movilidad reducida, quienes encuentran aún más complicado realizar el cruce. Además, el 95% de los peatones que cruzan por el puente vehicular mencionó no sentirse seguro al hacerlo, principalmente debido a la alta velocidad de los vehículos y al tránsito de vehículos de gran tamaño en la intersección, lo cual genera temor entre los peatones.

Figura 39:
Dificultad y seguridad al cruzar por puente vehicular



Nota: Fuente propia

Se identificó que el 100% de los peatones que cruzan por el puente peatonal considera que este es demasiado largo. Además, los peatones expresaron percepciones adicionales: el 53% cree que es mucho más rápido cruzar por la calle, el 33% se siente inseguro al usar el puente peatonal debido a la presencia de robos y asaltos, y el 14% restante considera que la ubicación del puente es inadecuada, ya que las rampas de acceso están demasiado alejadas.

Figura 40:
Razones por las que no se usa el puente peatonal



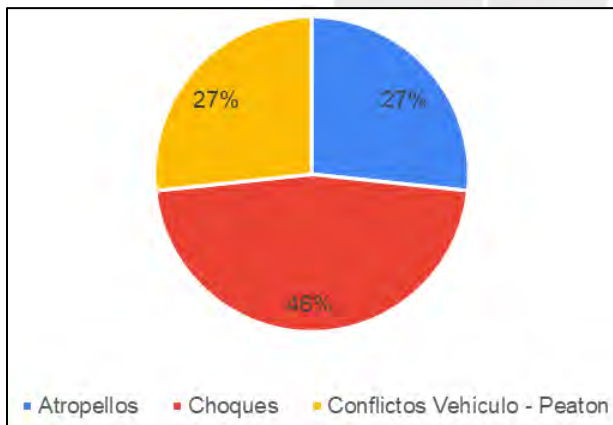
Nota: Fuente propia

De este análisis podemos concluir que los peatones prefieren mayormente cruzar por el puente vehicular en lugar del peatonal. Esto se debe a problemas con el diseño del puente peatonal, ya que es percibido como demasiado largo y está mal ubicado. Sin embargo, esta preferencia por el cruce vehicular genera una gran sensación de inseguridad en los peatones, ya que se enfrentan a un alto riesgo debido al tránsito constante de vehículos rápidos y de gran tamaño en la zona.

4.3.3. Preguntas acerca de la circulación de los vehículos

En el análisis sobre la circulación vehicular, se observó que el 33% de los encuestados estuvo involucrado en algún incidente de tránsito, los cuales se dividen en atropellos, choques y conflictos entre vehículos y peatones. De los siniestros descritos por los encuestados, el 46% de los incidentes fueron choques entre vehículos, un 27% correspondió a atropellos a peatones, y el otro 27% a conflictos entre peatones y vehículos.

Figura 41:
Incidentes de tránsito



Nota: Fuente propia

Estos incidentes se deben principalmente a que los conductores no suelen ser amables con los peatones. En la **Figura 42**, se puede observar que el 23% de los peatones cree que los conductores de la zona nunca son amables, ya que viajan a gran velocidad y no se detienen al percibir peatones esperando para cruzar. Además, un 34% considera que rara vez los conductores muestran amabilidad, y un 30% cree que solo algunas veces los conductores son considerados con

los peatones. Esto da como resultado que el 87% de los peatones considera que los conductores no son del todo amables en la zona.

Figura 42:

¿Cree usted que los conductores son amables con los peatones?

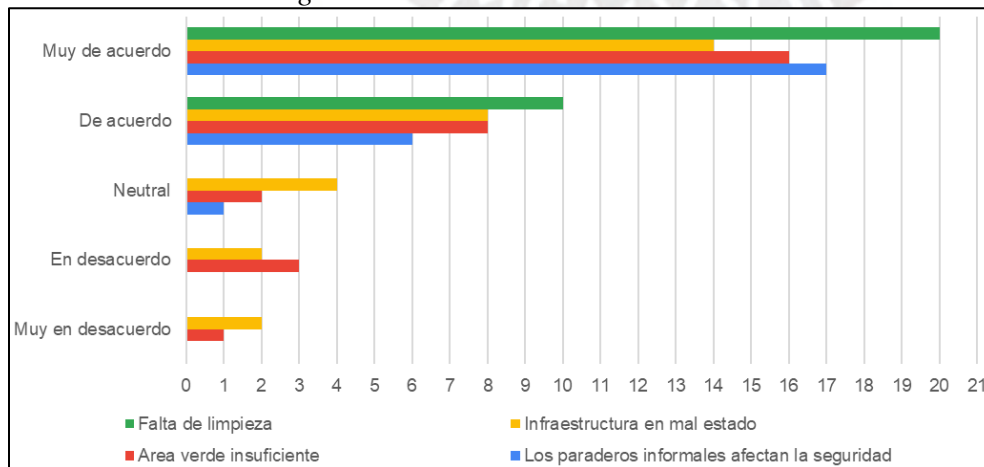


Nota: Fuente propia

Asimismo, se evaluó el estado general de la intersección, incluyendo aspectos como limpieza, áreas verdes, infraestructura y ordenamiento. En la **Figura 43**, se puede observar que la mayoría de los peatones está de acuerdo en que la intersección necesita mayor limpieza, muchas más áreas verdes, mejor mantenimiento de los elementos de infraestructura, y un mejor ordenamiento de los paraderos informales que generan inseguridad y congestionan el tráfico en la zona. Estos problemas son muy notorios, lo que hace que su solución sea aún más urgente.

Figura 43:

Evaluación del estado general de la intersección



Nota: Fuente propia

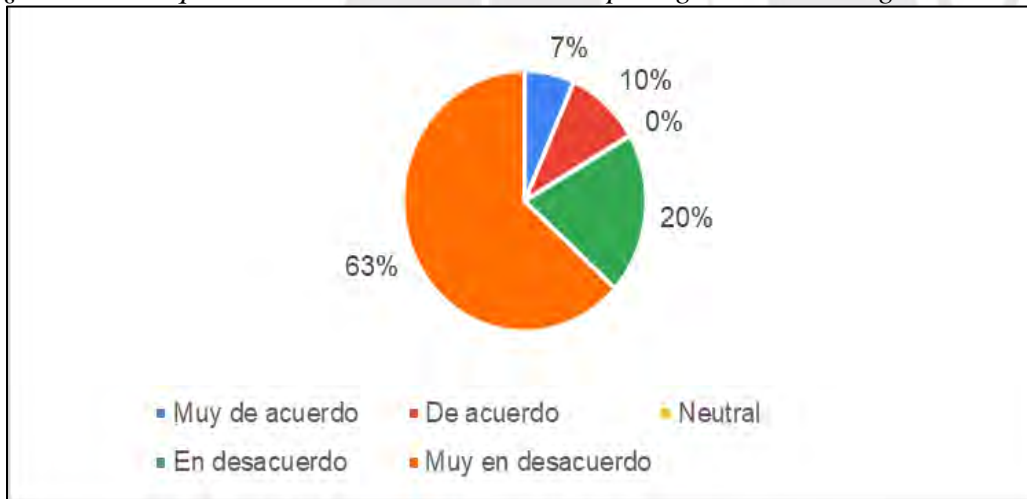
El análisis revela que tanto los problemas de seguridad vial como la falta de infraestructura adecuada contribuyen a una experiencia negativa para peatones y conductores en la intersección. Es fundamental mejorar tanto el comportamiento de los conductores hacia los peatones como la infraestructura urbana para garantizar una mayor seguridad y fluidez en el tránsito.

4.3.4. Propuestas de mejora

Después del análisis de las problemáticas identificadas en las encuestas realizadas a los peatones, se les consultó sobre posibles soluciones para la zona. Primero se les preguntó si consideraban que la intersección garantiza la seguridad de los peatones. Como se observa en la **Figura 44**, el 63% de los encuestados cree que la intersección no garantiza la seguridad de los peatones, debido a los problemas detallados previamente.

Figura 44:

¿Consideras que la intersección está diseñada para garantizar la seguridad de los peatones?

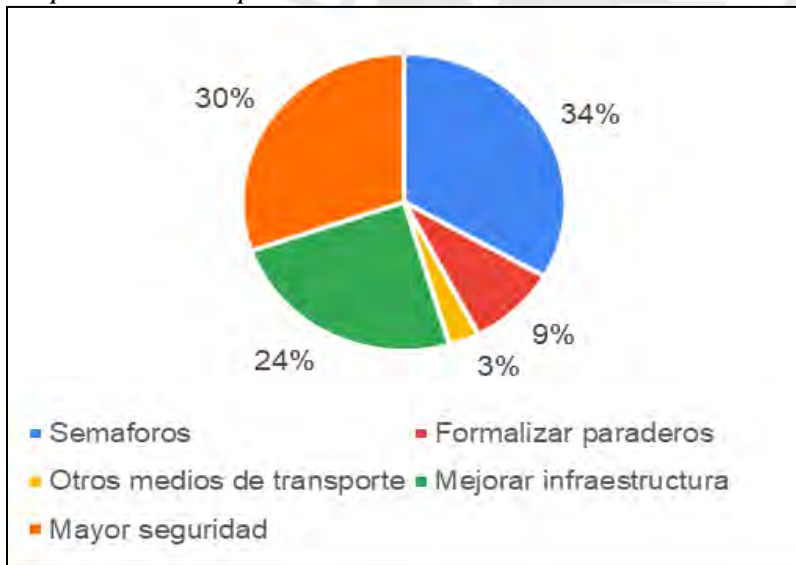


Nota: Fuente propia

Luego, se les consultó si tenían alguna propuesta de mejora para la zona. El 81% de los encuestados nos proporcionó ideas. En la **Figura 45**, podemos ver que el 30% de los peatones sugirió mejoras relacionadas con la seguridad, dado que es un tema recurrente. Las propuestas incluyen la presencia de más policías, la instalación de más luces en zonas oscuras y un mayor patrullaje para reducir la criminalidad. Un 34% sugirió la colocación de semáforos para disminuir

la velocidad de los vehículos, permitiendo que los peatones crucen de manera más segura añadiendo pasos de cebra. Por otro lado, el 24% indicó que es necesario mejorar la infraestructura, ya que varios elementos se encuentran desgastados, lo que genera incomodidad para los peatones. Además, mencionaron la necesidad de modificar la ubicación del puente peatonal y añadir nuevas escaleras para facilitar el acceso y reducir el tiempo de cruce. Finalmente, el 9% de los encuestados considera necesario tener mayor control sobre los paraderos informales, ya que estos generan tráfico, desorden y situaciones de riesgo tanto para peatones como para conductores. El resto de los encuestados sugirió que una mayor diversidad en el transporte ayudaría a reducir la cantidad de paraderos informales.

Figura 45:
Propuestas de los peatones

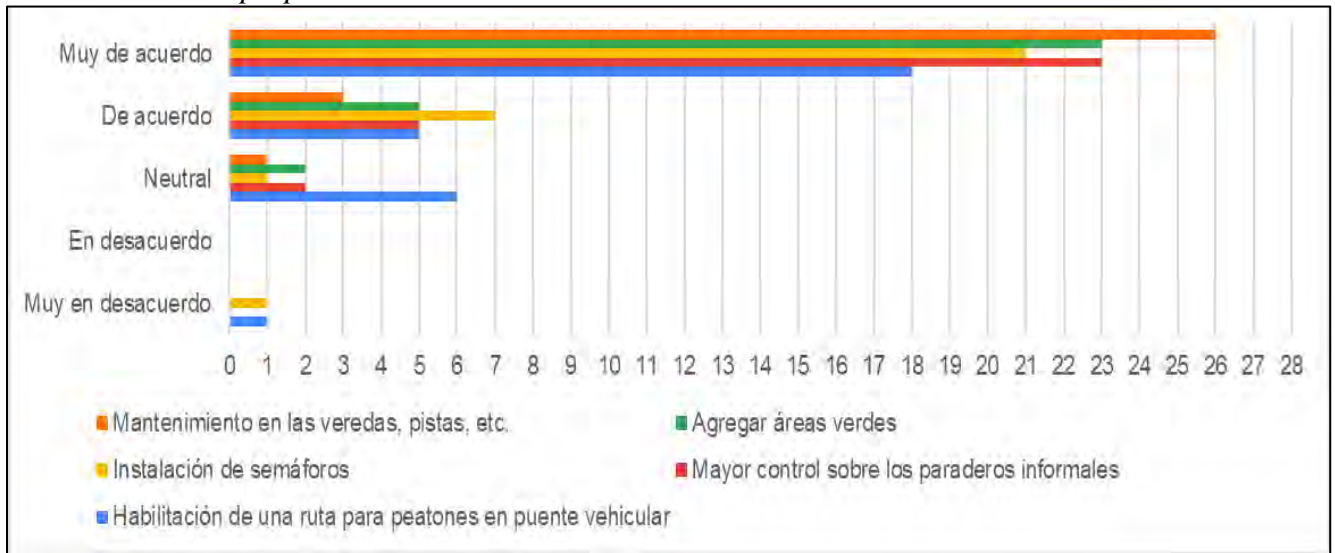


Nota: Fuente propia

Posteriormente, se les solicitó a los peatones que evaluaran las propuestas que tenemos en mente, basadas en las observaciones realizadas en la zona de estudio. Entre estas propuestas se encuentran: el mantenimiento continuo de los elementos de tránsito tanto para peatones como para conductores; la creación de más áreas verdes para fomentar actividades recreativas y mejorar la experiencia de tránsito de los peatones; mayor control sobre los paraderos, reubicando los formales

y formalizando los informales más recurrentes que generan desorden; habilitar una ruta peatonal en el puente vehicular para que sea accesible para ambos lados; y, finalmente, la instalación de semáforos para que los peatones se sientan más seguros al cruzar la calle, complementado con rutas adicionales en el puente vehicular. En la **Figura 46**, se observa que la mayoría de los encuestados mostró afinidad con las propuestas planteadas a partir de nuestras observaciones.

Figura 46:
Evaluación de las propuestas



Nota: Fuente propia

Las encuestas revelan que una parte significativa de los peatones percibe la intersección como insegura, y sus propuestas de mejora se centran en la seguridad vial y la infraestructura. Asimismo, las soluciones planteadas por los investigadores, basadas en las observaciones, fueron bien recibidas por los encuestados, lo que sugiere que su implementación contribuiría a mejorar tanto la seguridad como la comodidad en la zona.

4.4. Entrevistas

4.4.1. Perfil del entrevistado

Se entrevistó a 10 personas considerando factores como su lugar de residencia, la frecuencia y el motivo por el cual transitan por la intersección, así como el medio de transporte

que utilizan. Esta diversidad contribuye a fortalecer las propuestas de gestión de tránsito del trabajo de investigación. A continuación, en la **Tabla 15**, se muestra el detalle de las características de cada entrevistado.

Tabla 15:
Perfil del entrevistado

Entrevistado	Edad	Ocupación/Actividad en la intersección	Distrito de Residencia
Entrevistado 1	52	Consumo, compra en el mercado	Santa Clara - Ate
Entrevistado 2	52	Consumo, compra en el mercado	Santa Clara - Ate
Entrevistado 3	23	Estudiante, pasa por la intersección	Santa Anita
Entrevistado 4	22	Estudiante, pasa por la intersección	Santa Clara - Ate
Entrevistado 5	27	Comerciante del mercado Yully	Ate
Entrevistado 6	53	Consumo, compra en el mercado	Ate
Entrevistado 7	69	Contador de carros	San Juan de Lurigancho
Entrevistado 8	42	Comerciante del mercado Yully	Huaycán - Ate
Entrevistado 9	54	Mototaxista	Ate
Entrevistado 10	36	Comerciante del mercado Yully	San Juan de Lurigancho

Nota: Fuente propia

Los entrevistados 1, 2 y 6 transitan por la intersección con fines de consumo, esto debido a la presencia del mercado “Yully”. Realizan su visita una vez a la semana por la intersección y pertenecen a la categoría de adulto. El entrevistado 1, utiliza su auto particular para poder llegar a la intersección, el cual comenta que al existir una vía deprimida o bypass ya no puede doblar de manera rápida como lo hacía antes de su existencia, cuando se acercaba a comprar al mercado, ahora tiene que llegar mucho más lejos para poder recién entrar y estacionarse en el mercado. Las entrevistadas 2 y 6 utilizan medios de transporte públicos en la categoría de microbús o minibús

para poder llegar a la intersección, ambas personas coinciden en que es mejor bajar en el paradero “La Cruz”, de tal manera de no usar el puente peatonal, siendo muy largo y lejana su ubicación. Para su regreso, ya que ambas viven en Santa Clara, lugar que se encuentra a 20 minutos en flujo libre, tienen que utilizar paraderos informales generados propiamente tanto por los peatones como por los propios conductores de la tipología vehicular microbús y minibús, comúnmente llamados “chosicanos” y “combies” respectivamente, al ser el medio más económico para los usuarios.

Con respecto al entrevistado número 9, al ser su lugar de trabajo la intersección de estudio transita diariamente y utiliza dicho modo de transporte para poder llegar, además pertenece a la categoría de adulto. Su lugar de residencia es Huaycán que se encuentra a 40 minutos en flujo libre del lugar en cuestión,

El entrevistado número 10, pertenece a la categoría de adulto y realizaba sus actividades de oficio dos veces por semana, principalmente se dedicaba a la venta de comidas en el rango de 6:00 – 9:00 PM, su centro de labores era en el lugar recreativo denominado “Diony’s” que se encuentra a unos metros del mercado “Yully”. Para poder llegar desde su lugar de residencia hasta su lugar de trabajo utilizaba un taxi como medio de transporte.

El entrevistado número 8, reside en el distrito de Huaycán y pertenece a la categoría adulto. Él se desempeña como comerciante en el mercado “Yully”, por lo tanto, transita diariamente por el lugar de estudio. Para poder llegar a su lugar de trabajo, utiliza su auto particular.

El entrevistado número 5 pertenece a la categoría de joven, tiene como lugar de residencia en San Antonio, Ate. Su lugar de trabajo es el mercado “Yully”, por el cual transita diariamente, y para poder llegar utiliza la denominada “combies”.

Con respecto a los entrevistados números 3 y 4, son estudiantes universitarios, que pertenecen a la categoría de joven. El entrevistado número 3 viaja por fines recreativos hacia

Chosica o Lima provincia, además que su lugar de residencia es Santa Anita, él debe pasar por la intersección de estudio. El entrevistado normalmente utiliza un auto particular para poder llegar a su lugar de destino. A su vez, el entrevistado 4, utiliza un ómnibus urbano para poder llegar a la universidad, y normalmente pasa por la intersección con este medio, y realiza esta actividad tres veces por semana. Por último, el entrevistado número 7 pertenece a la categoría de adulto mayor, su lugar de residencia es San Juan de Lurigancho, se lugar de trabajo se ubica en la intersección de Jr. Pedro Ruiz Gallo con Av. Las Torres, y normalmente utiliza un ómnibus urbano para poder llegar a su lugar de destino, trabaja de lunes a viernes y se dedica al conteo de microbús y minibús de empresas con destino hacia Huachipa.

4.4.2. Infraestructura vial

Los entrevistados que transitan diariamente por la intersección y/o son residentes del distrito de Ate como los entrevistados números 1,2,4 ,5 ,6, 8, 9 y 10 concuerdan que la infraestructura vial como veredas, rampas, muros de concreto, pavimento de concreto, etc. se encuentran pésimo estado y que requieren no solo su sustitución sino de un adecuado mantenimiento. Además, señalan que la escasez de áreas verdes y la presencia de basura hacen que la estadía en los comercios que rodean a la intersección sea difícil de mantener. Con respecto a los restantes entrevistados, su estadía en la intersección es de apenas segundos o minutos, por lo cual su percepción del lugar es solo visual, de alguna manera concuerdan en el estado deficiente de la infraestructura vial, pero el detalle en la descripción de ellos problemas y necesidades fueron gradualmente distintos a los propios residentes del distrito de Ate y/o comerciantes.

4.4.3. Seguridad vial

La percepción de seguridad vial entre los entrevistados varía según su experiencia: aquellos que han cruzado por la vía directa o el puente vehicular tienen una percepción diferente en

comparación con quienes solo utilizan el puente peatonal o aquellos que no lo han usado y se han limitado a observar el movimiento. Los entrevistados que usan diariamente la intersección, usan siempre la vía directa, ya que muchas veces deben de llevar pedidos a distintos lugares cercanos al mercado “Yully”. El miedo a ser atropellados, y al mismo tiempo, con la conciencia de estar actuando de manera imprudente, les provoca temor hacia sí mismos e ira hacia las autoridades. Los entrevistados comentan que, a pesar de los accidentes reportados en la zona, ninguno de los alcaldes que ha ocupado el cargo ha realizado mejoras en la intersección.

4.4.4. Propuestas de mejora

Para el rediseño vial de la intersección, fue necesario conocer las propuestas de mejora de cada entrevistados. De los 10 entrevistados, la personas que transitan diariamente y los residentes de Ate, coincidieron en la instalación de un semáforo en la Avenida Nicolas Ayllón con Nicolás de Piérola. Además, resaltaron que se debería de crear una vía exclusiva para peatones que bordee al puente vehicular ya que el puente peatonal se encuentra alejado y su extensión es larga al ser tipo rampa. Por otro lado, enfatizaron en mayor presencia policial para que el semáforo a instalarse sea respetado y para la seguridad ciudadana de los mismos. Los entrevistados señalaron mayor iluminación en la intersección y sobre todo mayor presencia de áreas verdes, ya que en temporadas de verano es difícil su estadía en el área de estudio. Por su parte, las personas que solo hacen transitan por la intersección desde un modo vehicular, destacaron la iniciativa de una mejora del entorno urbano, ya que la presencia del mercado Yully, el comercio ambulatorio y los paraderos informales, generan colas en el flujo vehicular y puede traer posibles accidentes fatales.

4.5. Aforo peatonal y vehicular

4.5.1. Aforo peatonal

- **Aforo peatonal manual**

Se realizó el aforo manual del flujo peatonal, el día 2 de septiembre del 2024, que circula por el puente peatonal y vehicular, con un intervalo de tiempo de 30 minutos. Si bien no pertenece al periodo de análisis del modelo, se tomó en cuenta para poder evidenciar que el puente peatonal no es utilizado.

Tabla 16:
Flujo peatonal registrado en treinta minutos

Clasificación	Flujo en puente peatonal	Flujo en puente vehicular
Niños	17	6
Ancianos	4	12
Hombre	15	65
Mujeres	18	56
Peatones/30 min	54	139

Nota: Fuente Propia

Se observa que 139 personas prefirieron usar el puente vehicular en comparación con las 54 personas que optaron por el puente peatonal. Esto puede explicarse por el recorrido más directo y el menor esfuerzo físico que implica cruzar por el puente vehicular. Al desglosar los flujos, se pueden identificar la tipología de peatón:

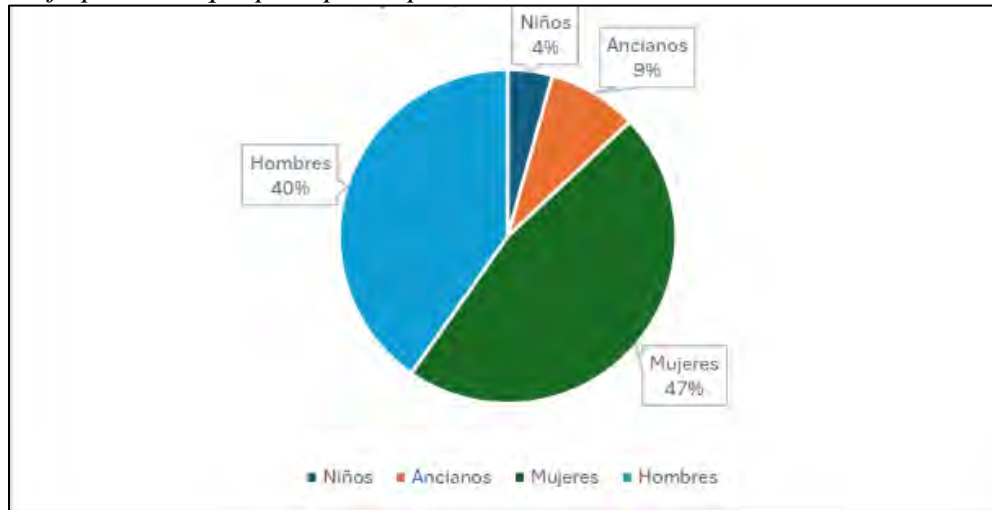
Figura 47:
Flujo peatonal que pasa por el puente peatonal



Nota: Fuente propia

Figura 48:

Flujo peatonal que pasa por el puente vehicular



Nota: Fuente propia

Al analizar los datos de forma desagregada, se observa que en el puente peatonal hay un mayor porcentaje de niños. Esto puede deberse a que cruzar la intersección por el puente vehicular requiere un mayor esfuerzo físico, lo cual los niños pueden realizar más fácilmente debido a su mayor agilidad. Además, la observación reveló que muchos de estos niños provenían de un colegio cercano a la intersección, y algunos estaban acompañados de sus padres o apoderados.

Por otro lado, el porcentaje de ancianos es similar en ambos puentes; sin embargo, en términos absolutos, 12 ancianos prefirieron cruzar por el puente vehicular, frente a solo 4 que utilizaron el puente peatonal. Esto sugiere que el esfuerzo físico necesario para cruzar por el puente peatonal es considerablemente mayor para los ancianos, lo que hace que prefieran la ruta más directa a través del puente vehicular, a pesar de los posibles riesgos asociados.

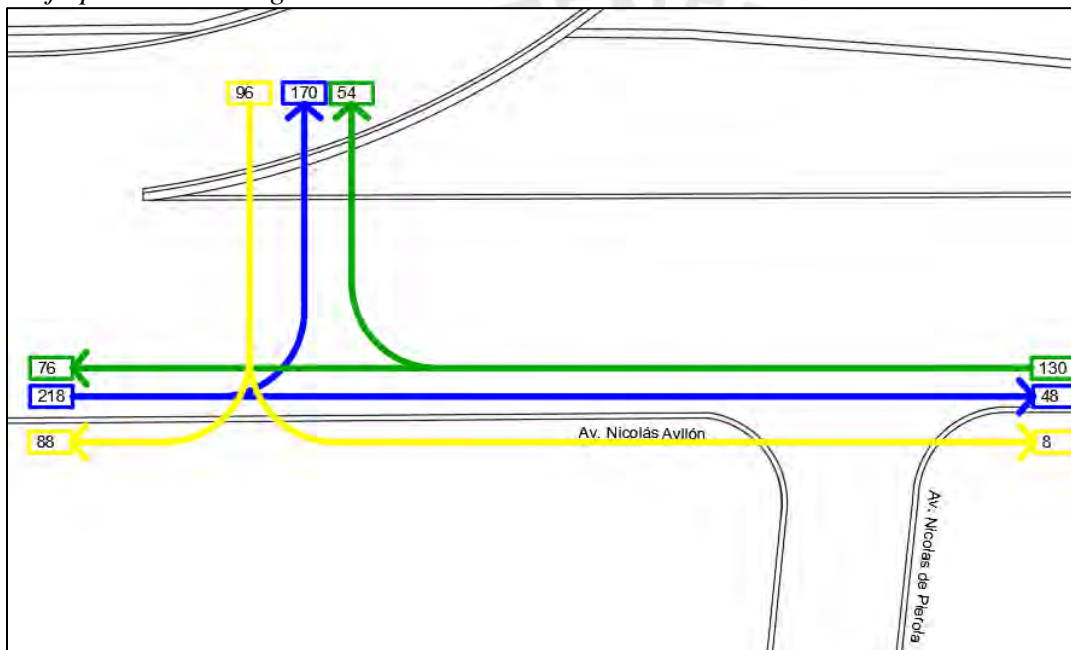
El hecho de que el puente vehicular sea el más utilizado se debe a que las personas suelen preferir rutas más rápidas o que implican menos esfuerzo físico. Aunque el puente peatonal ofrece una opción más segura para el cruce, no se considera adecuadamente el esfuerzo energético necesario ni el tiempo que toma cruzarlo, lo cual afecta de manera significativa a grupos con dificultades físicas, como los ancianos. Estos datos sugieren la necesidad de implementar mejoras

en el acceso y ofrecer opciones de cruce más directas, que también garanticen la seguridad, especialmente para los grupos vulnerables como ancianos y niños. Entonces después de realizar esas especificaciones se realizó el conteo del flujo peatonal mediante la videograbación.

- **Aforo peatonal mediante videograbación**

A partir de la videograbación realizada por el dron, se efectuó el conteo peatonal de los durante toda la hora punta de análisis como se observa en la **Figura 49**.

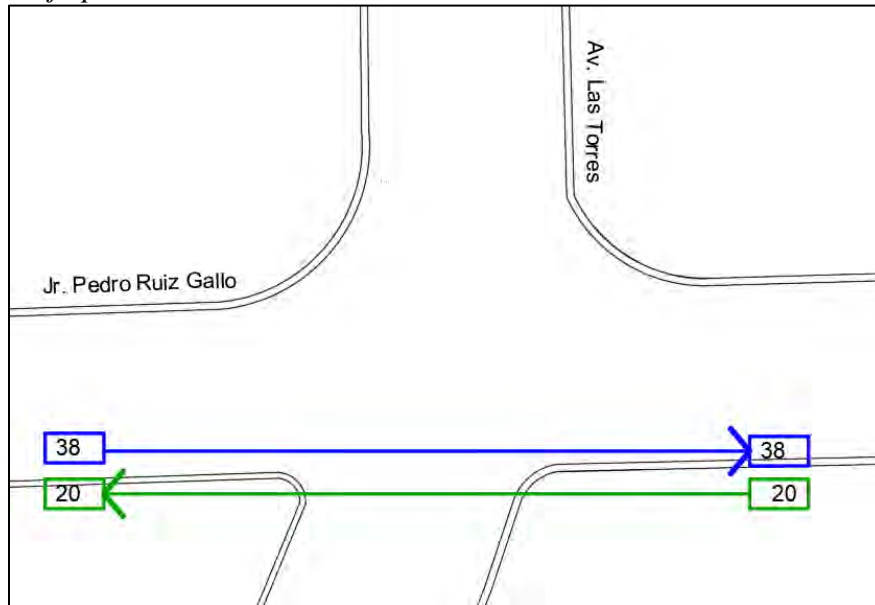
Figura 49:
Flujo peatonal videograbación en 1 hora



Nota: Fuente propia

Figura 50:

Flujo peatonal Av. Las Torres con Calle Pedro Ruiz Gallo en 1 hora



Nota: Fuente propia

Adicionalmente, se calculó la velocidad de los peatones en la intersección mediante la medición del tiempo de viaje en una sección sin obstáculos de 33 m. Estas velocidades se determinaron en km/h, esto se puede observar en la sección de anexos.

4.5.2. Aforo vehicular

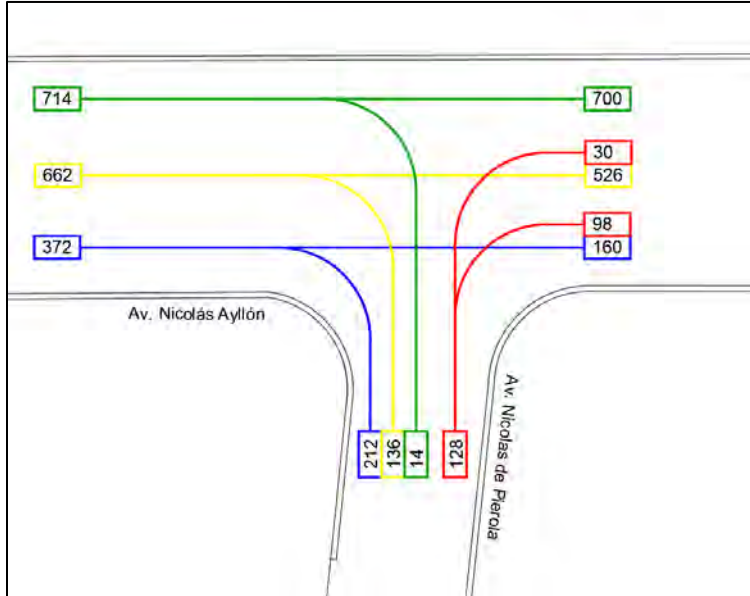
A partir de la videograbación realizada por el dron, se efectuó el conteo vehicular de los movimientos descritos en la metodología previamente mencionada, durante toda la hora punta de análisis.

Se muestra en la **Figura 51** el conteo del flujo vehicular de la intersección Av. Nicolas Ayllón con Av. Nicolas de Piérola. Dado que se implementará la semaforización en la intersección, se contabilizó el flujo vehicular por movimientos. Se observa que existen tres movimientos con menos de 100 vehículos por hora, lo cual podría sugerir la posibilidad de omitirlos debido a su bajo volumen. Sin embargo, en su mayoría, estos movimientos son realizados por vehículos de carga pesada pertenecientes a los grupos 1 y 2. Lo anterior, resulta relevante, ya que el movimiento

involucra un radio de giro mayor, lo cual genera pausas en el flujo vehicular, debido a que otros conductores deben esperar a que completen sus maniobras, provocando congestión vehicular. Además, muchos de estos vehículos utilizan el carril izquierdo para girar a la derecha, lo que ocasiona retrasos adicionales para los vehículos que siguen una ruta directa por la avenida.

Figura 51:

Flujograma de Av. Nicolás Ayllón con Av., Nicolás de Piérola para 1 hora

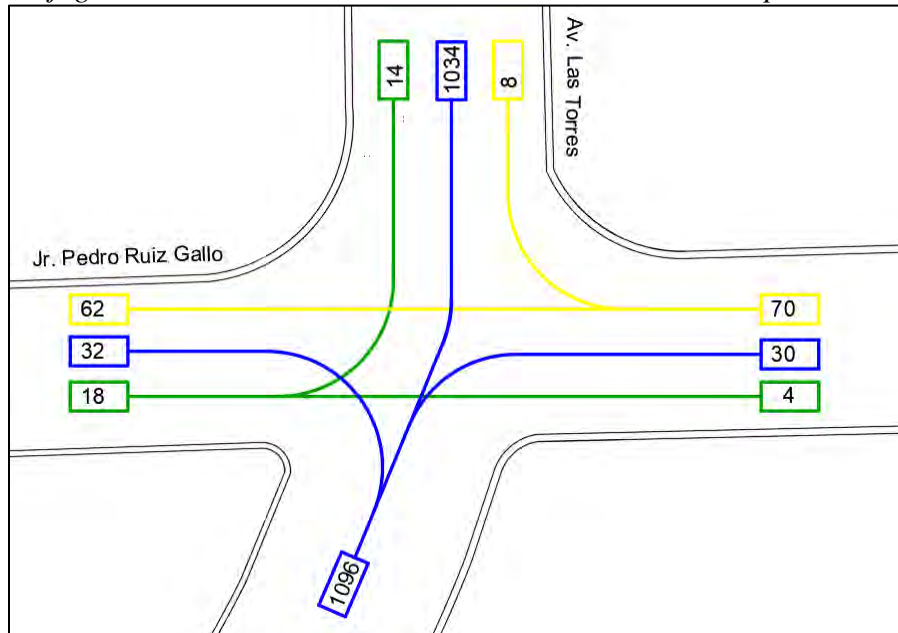


Nota: Fuente Propia

En la **Figura 52**, se puede observar el conteo del flujo vehicular en la Av. Las Torres con Calle Pedro Ruiz Gallo. Se nota que el flujo vehicular de todos los movimientos, excepto el segundo, no supera los 50 vehículos por hora. Esto hace que estos movimientos se descarten para el cálculo del ciclo semafórico; sin embargo, para el modelo de microsimulación, se utilizarán estos movimientos para simular de mejor manera las condiciones normales del área de estudio.

Figura 52:

Flujograma de Av. Las Torres con Calle Pedro Ruiz Gallo para 1 hora



Nota: Fuente propia

Adicionalmente, se calculó la velocidad de los vehículos en la intersección mediante la medición del tiempo de viaje en una sección sin obstáculos de 17 m. Estas velocidades se determinaron en km/h y se acumularon para analizar la tendencia. Esto se puede observar en la sección de anexos.

4.6. Microsimulación

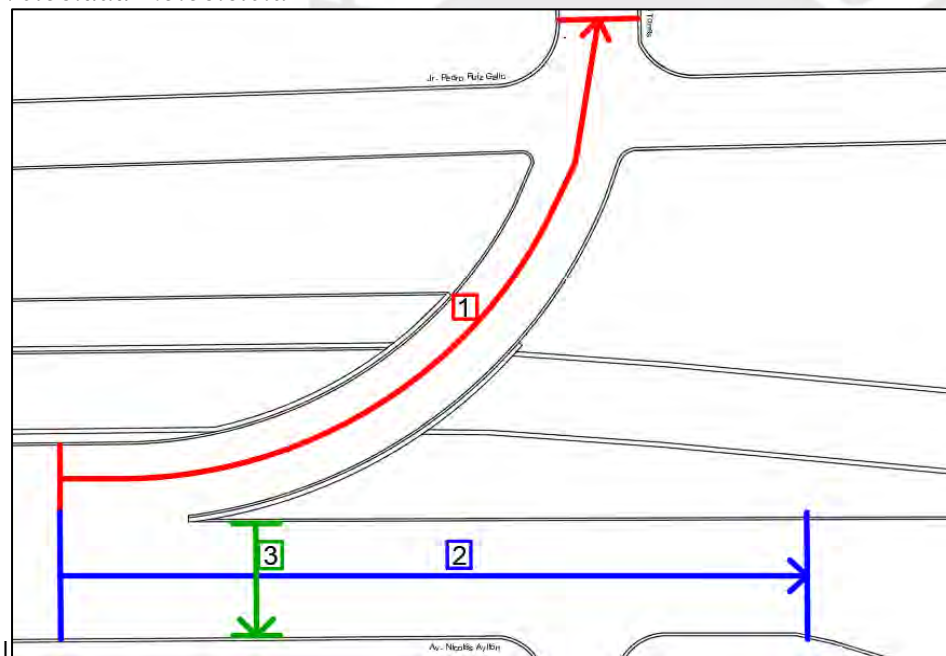
4.6.1. Modelo base

Se realizó la microsimulación del estado actual de la intersección en análisis utilizando el programa VISSIM y su complemento Viswalk. Para ello, se emplearon los datos obtenidos de los flujos y las velocidades de peatones y vehículos, previamente detallados a partir de la grabación con dron, así como las medidas de la geometría de la intersección en estudio. Con esto, se buscó garantizar que en la microsimulación de la intersección no se presentaran, a simple vista, siniestros, fallas o comportamientos inusuales que no hubieran sido observados directamente en la intersección o en la grabación.

4.6.2. Calibración

Los parámetros empleados para el proceso de calibración del modelo de microsimulación fueron los tiempos de viaje de vehículos y peatones en las secciones y direcciones que se muestran en la **Figura 53**. En el caso del flujo peatonal, se calculó el tiempo que los peatones demoran en cruzar el cruce peatonal. Para los flujos vehiculares, se registró el tiempo que tardan los vehículos en recorrer una sección: primero una sección de 30 metros para los vehículos que cruzan la intersección de Pedro Ruiz Gallo con la Av. Las Torres, y una sección de 40 metros para los vehículos que cruzan la intersección de la Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola.

Figura 53:
Velocidad motocicleta



Nota: Fuente propia

Con los parámetros de eficiencia definidos, se obtuvo una muestra de las mediciones realizadas a partir de las grabaciones del dron, como se muestra en la. Para este análisis, se consideró un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%.

Tabla 17:
Muestras de los parámetros de eficiencia en campo

	Flujo Vehicular		Flujo Peatonal
	Sección 1	Sección 2	Sección 3
N° datos recolectados	29	40	25
Distribución	T - student	Normal	T – student
Promedio (\bar{x})	14.27	7.62	8.01
Desv. estándar (σ)	3.62	2.43	1.92
Error aceptado ($0.1\bar{x}$)	1.43	0.76	0.801
N° datos mínimos	27	40	25

Nota: Fuente Propia

Tras corroborar la validez de las muestras obtenidas en campo, se procedió a realizar el proceso de calibración, comenzando por establecer los parámetros de simulación en el modelo.

Tabla 18:
Parámetros de simulación

Parámetros	
Tiempo de warm up	4200 seg
Periodo de simulación	600 seg
Numero de semilla inicial	2024
Numero de corridas	15
Incremento de semillas	5

Nota: Fuente Propia

Para que los valores obtenidos a partir de la muestra de campo se ajusten de mejor manera a los resultados obtenidos en VISSIM, se variaron ciertos factores del comportamiento vehicular y peatonal.

En primer lugar, se calibraron los valores de la distancia promedio deseada (ax), la parte aditiva de la distancia de seguridad (bx_Add) y la parte multiplicativa de la distancia de seguridad (bx_Mult), que modifican el comportamiento vehicular según el modelo de Wiedemann 74. Para ello, se llevó a cabo un proceso iterativo, ajustando estos factores vehiculares hasta encontrar la combinación de valores que mejor se ajustara a los datos de campo. La evaluación del ajuste se realizó mediante la prueba t-value de Excel.

En segundo lugar, se calibraron los valores del tiempo de reacción (τ) y de la fuerza de repulsión (λ) del modelo de fuerza social que utiliza el programa para simular el comportamiento peatonal en la intersección. Se llevó a cabo un proceso iterativo para ajustar estos valores, hasta encontrar la combinación que mejor se adecuara a las muestras de campo. Este ajuste se verificó mediante pruebas realizadas en Excel siguiendo el mismo procedimiento detallado en la calibración del flujo vehicular.

Finalmente, después de un proceso iterativo, se obtuvieron los resultados de calibración derivados de la variación de los factores de comportamiento vehicular y peatonal.

Tabla 19:
Resultados de calibración

Flujo	Factor	Valor	Sección	\bar{x} campo (s)	σ campo (s)	\bar{x} programa (s)	σ programa (s)	T_e	T_{value}	$T_{value} >$
Vehicular	α_x	2.0	1	14.27	3.62	13.61	0.61	0.096	0.347	CALIBRADO
	β_{x_ad}	1.0								
Vehicular	α_d		2	7.62	2.43	7.92	0.16	0.102	0.448	CALIBRADO
	β_{x_m}	0.5						2		DO
Peatonal	τ	0.2	3	8.01	1.92	8.40	0.45	0.078	0.335	CALIBRADO
	λ	1.0						8		DO

Nota: Fuente Propia

4.6.3. Validación

Finalmente, para comprobar que nuestro modelo base de microsimulación refleja las características observadas en campo, es necesario realizar una validación. Para ello, se evaluaron los parámetros utilizados en la calibración, como el tiempo de viaje tanto peatonal como vehicular. Se tomó una muestra de mediciones realizadas a partir de las grabaciones del dron en un horario diferente y se verificó mediante pruebas realizadas en Excel.

Tabla 20:
Resultados de validación

Flujo	Sección n	\bar{x} validación (s)	σ validación (s)	\bar{x} programa (s)	σ programa (s)	e	T value	Tvalue > e
Vehicular	1	14.08	5.53	13.61	0.61	0.10 ₁	0.519	VALIDAD O
	2	8.02	3.00	7.92	0.16	0.10 ₂	0.801	VALIDAD O
Peatonal	3	8.85	1.31	8.40	0.45	0.09 ₄	0.275	VALIDAD O

Nota: Fuente Propia

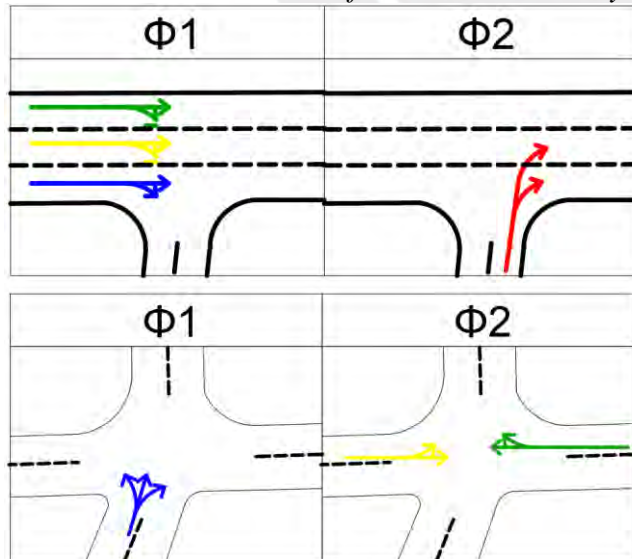
4.7. Propuesta de gestión de tránsito

4.7.1. Semaforización

Se instalará un semáforo en la intersección de la Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola debido al alto tránsito de peatones y vehículos. Asimismo, en la intersección de la Av. Las Torres con el Jr. Pedro Ruiz Gallo, se implementarán tiempos mínimos en los ciclos semafóricos para manejar el alto flujo vehicular y garantizar la seguridad de los peatones.

Figura 54:

Movimientos de ciclo semafórico Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola



Nota: Fuente propia

Figura 55:

Ciclo semafórico Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola



Nota: Fuente propia

4.7.2. Rediseño vial

Para la propuesta de rediseño, se tomó como referencia el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (2018) y el Manual de Diseño Urbano Inclusivo para Lima Metropolitana (2016). Así como, las recomendaciones del Manual de Seguridad Vial (2017) y la Guía para el Diseño de Vías Accesibles (2023).

- Rediseño Geométrico

Para las vías principales, en el caso de la Av. Nicolás de Piérola, se evidenció un ancho de la calzada de 5.80 m para una vía de dos sentidos. Además, es una vía concurrida por vehículos del grupo 1 y 2 (ver **Tabla 13**) en su mayoría, ya que en dicha avenida se ubica las fábricas: Kimberly Clark Perú y San Jorge, y es la vía de acceso para productos que se comercializan en el mercado Yully. En ese sentido, se amplió la vía a 6.00 m y se aumentó el radio de giro de 4.27 a 4.50 m. Asimismo, se amplió el ancho de las veredas de 1.08 a 2.20 m. En el caso de la Av. Nicolás Ayllón, se creó una bahía de 24 m para el paradero de los microbús y minibús, el cual se ubica cercano a la entrada del mercado Yully y se eliminó el paradero que colindaba con el puente peatonal, esto debido a su lejana ubicación del mercado Yully y demás centros de comercio. Con respecto al puente vehicular, se creó una bahía de 12 m, ubicada a 10 m del riel del tren, con el objetivo cumplir con la norma de seguridad. Asimismo, se eliminó el puente peatonal, ya que se creó una vía peatonal que bordea al puente vehicular, el ancho ha considerar fue de 2 m, el cual

conecta el paradero “Estación” con la bahía ubicada en el puente vehicular y la bahía ubicada en la Av. Nicolas Ayllón.

Para las vías secundarias, en el caso del Jr. Pedro Ruiz Gallo, en el tramo derecho se disminuyó el ancho de calzada de 6.00 m a 4.00 m, además se aumentó el ancho de la vereda de 2.70 m a 4.00 m para el lado que colinda con las residencias. Para el tramo izquierdo, se conservó el ancho de calzada con respecto al lado que colinda con el riel del tren, se consideró dejar el ancho de 2.00 m permitiendo conservar las vías en dos direcciones de 5.60 m de ancho de calzada. Con respecto a la Av. La Torres, se disminuyó el ancho de calzada de 6.50 a 6.00 m y se amplió el ancho de vereda de 1.05 a 1.50 m.

Para las 6 rampas, se consideró utilizar rampas de 1.50 m de ancho con 8% de pendiente, ya que ninguna cumplía con las normas señaladas anteriormente.

- Señales de tráfico y demarcación vial

La intersección de análisis no contemplaba demarcación vial ni señalización horizontal, y presentaba señalización vertical no normada o de difícil visualización ya que no se realiza un mantenimiento respectivo. En ese sentido de acuerdo con el rediseño geométrico, explicado en el anterior acápite, se consideró colocar la señal de paradero (R-47) en las dos bahías instaladas, asimismo se decidió colocar dos semáforos en la Av. Nicolas Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola y en el Jr. Pedro Ruiz Gallo con la Av. Las Torres, acompañados de una línea de cebra de ancho de 4 m para orientar al flujo peatonal, esto con el objetivo de evitar los conflictos recurrentes entre peatón y vehículo. Asimismo, se añadió la señal de proximidad de cruce peatonal (P-48A), metros antes del cruce peatonal. Para el caso de la intersección del riel del ferrocarril con el puente vehicular, se colocó una señal de cruce ferroviario a nivel “cruce oblicuo” (P-44A), acompañado

de una línea de pare a una distancia de 5 m. Asimismo, una señal de paradero prohibido (R-44) unos metros más delante de la bahía instalada.

En el Jr. Pedro Ruiz Gallo, se consideró utilizar la señal de prohibido estacionar (R-27), que bordea con el riel del tren. Asimismo, una señal de giro solamente a la izquierda (R-5). Asimismo, una señal de pare (R-1) a una distancia de 2 m de la vía interceptada, ya que la Av. Las Torres tiene prioridad sobre el Jr. Pedro Ruiz Gallo.

- Elementos complementarios

Se consideró instalar iluminación de los cruces ferroviarios y en los pasos peatonales y zonas de tránsito peatonal. Para el cruce del riel del tren con la vía urbana se consideró utilizar placas de paso, ya que, al ser un flujo motorizado variado, pueden comprometer la funcionalidad de la vía férrea, además de garantizar el flujo libre de los modos motorizados.

Por otro lado, se consideró instalar barandillas peatonales que tienen como objetivo impedir que los usuarios crucen al área que bordea el riel del tren. Asimismo, se consideró colocar muros rígidos New Jersey tipo F para el puente vehicular y la zona que colinda la Av. Nicolas Ayllón con la vía deprimida. Con respecto al diseño urbano, se consideró ubicar áreas verdes, bancas y elementos de ocio en general para que el peatón pueda disfrutar de su estadía en la intersección.

4.7.3. Evaluación de propuesta de mejora

Una vez implementadas las propuestas de mejora en la intersección, se procedió a analizar el impacto del rediseño en los parámetros de eficiencia, comparándolos con las muestras de campo utilizadas en la calibración del modelo. Además, se emplearon los mismos parámetros de simulación utilizados en las fases de calibración y validación del modelo.

A partir de esto, se compararon los valores obtenidos mediante el programa:

Tabla 21:
Resultados para la evaluación de propuesta de mejora

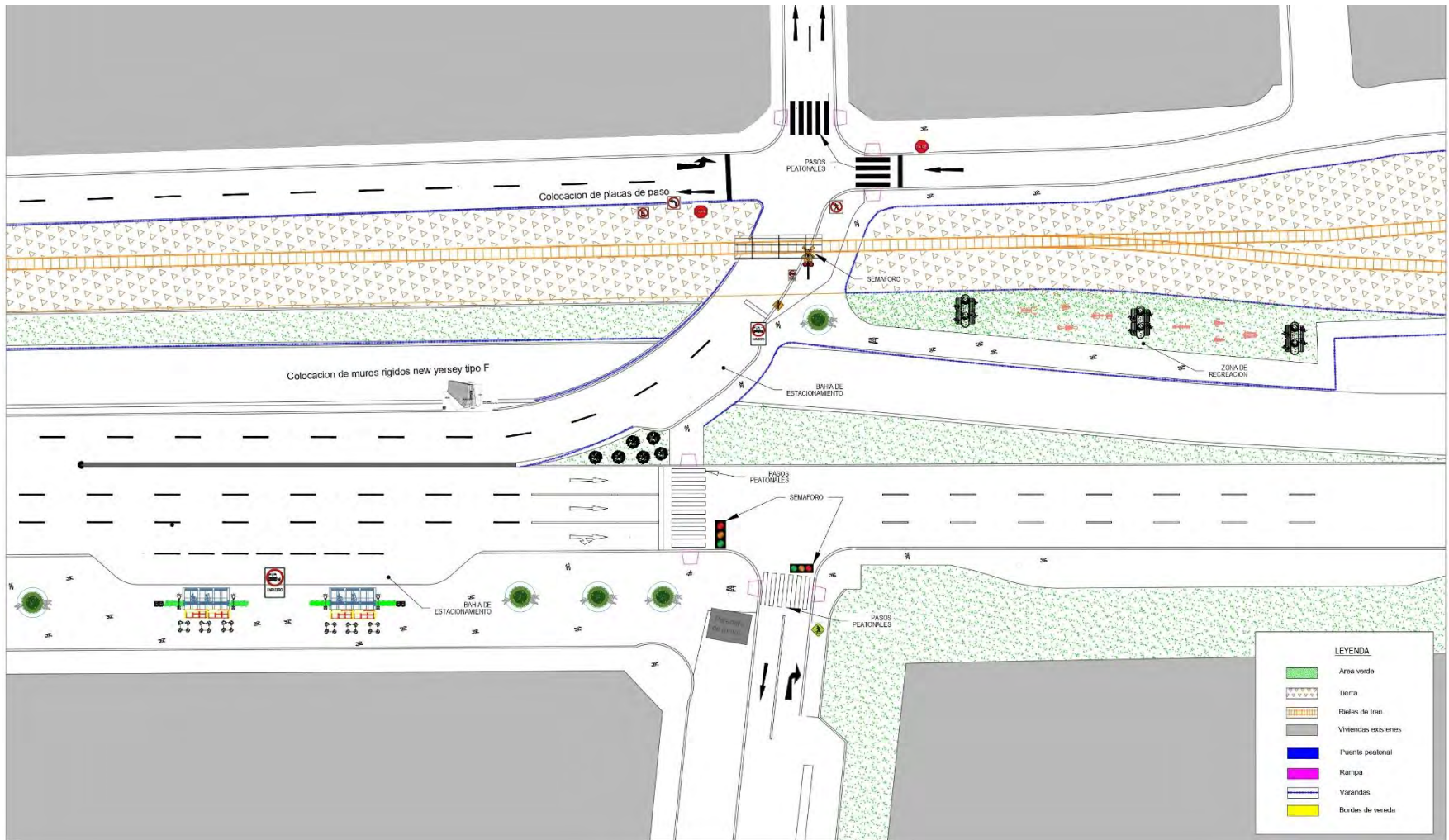
Flujo	Sección	\bar{x} campo (s)	σ campo (s)	\bar{x} propuesta (s)	σ propuesta (s)
Vehicular	1	14.27	3.62	12.81	0.44
	2	7.62	2.43	11.44	0.295
Peatonal	3	8.01	1.92	7.38	0.109

Nota: Fuente Propia

El objetivo principal de la investigación fue mejorar la seguridad de los peatones debido a las deficientes condiciones de infraestructura que presentaba la intersección. Esto se evidenció en la reducción de un 8% en el tiempo de viaje de los flujos peatonales.

Adicionalmente, se logró disminuir el tiempo de viaje en la sección 1, a pesar de la implementación de un semáforo, lo cual no sucedió en la sección 2. Sin embargo, aunque el tiempo de viaje aumentó en esta última, la seguridad proporcionada por el semáforo frente a los conflictos entre peatones y entre vehículos fue significativa.

Figura 56:
Propuesta de rediseño vial
 Nota: Fuente Propia



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El objetivo de la investigación fue “*Evaluar integralmente las condiciones de movilidad de los peatones y otros modos de transporte*” en la intersección de la Av. Nicolás Ayllón con la Av. Nicolás de Piérola, en el distrito de Ate. Para ello, se analizaron tres objetivos específicos con el propósito de comprobar las hipótesis formuladas para cada uno de ellos y, finalmente, validar la hipótesis general relacionada con el objetivo principal de la investigación.

- **Objetivo 1:** Examinar el estado actual de los elementos de infraestructura vial presentes en la intersección de la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón

La hipótesis del primer objetivo fue: “*El estado actual de la intersección vial presenta veredas angostas, un puente peatonal tipo rampa de longitud considerable y carece de elementos de señalización vial, vías peatonales y un sistema semafórico.*” Esto se examinó a partir de una evaluación mixta que incluyó la percepción de los peatones y listas de chequeo mediante observación directa de la zona.

En primer lugar, de la estadística obtenida en las encuestas, se determinó que el 73.3% de los peatones está muy de acuerdo o de acuerdo en que la infraestructura vial de la intersección se encuentra en mal estado. En cuanto a las entrevistas realizadas, los entrevistados señalaron que elementos de la infraestructura vial, como veredas, rampas, muros de concreto y pavimento, están en pésimo estado, siendo necesario un mantenimiento adecuado de estos componentes.

Adicionalmente, se destacó la falta de limpieza en la intersección analizada, lo que representa el 100% de las opiniones en las encuestas. Esto genera un gran descontento, especialmente entre los comerciantes de los alrededores. Asimismo, la falta de áreas verdes incrementa la percepción

negativa de la zona: el 93.3% de los encuestados considera que su ausencia afecta significativamente la experiencia de los peatones.

En segundo lugar, el mapa de barrera proporcionado detalla los puntos críticos de la intersección, siendo las veredas en los tramos del Jr. Pedro Ruiz Gallo y la Av. Nicolas Ayllón los que cumplen con la normativa utilizada, con respecto a la infraestructura restante: rampas, muros de concreto, pavimentos, veredas correspondientes a la Av. Nicolas de Piérola y Av. Las Torres, elementos de señalización vertical y horizontal, no cumplen con la normativa establecida, no tiene un mantenimiento adecuado y/o no ha sido utilizada.

Mediante el análisis de estos puntos, se observó que la hipótesis planteada al inicio de la investigación es compatible con los resultados obtenidos. Esto permite concluir que la infraestructura vial en la intersección se encuentra en mal estado, lo que genera una sensación de desagrado en los peatones.

- **Objetivo 2:** Analizar los patrones de desplazamiento de peatones y demás modos de transporte en la intersección de la Av. Nicolas de Piérola con la Av. Nicolas Ayllón

La hipótesis del segundo objetivo fue: *“El diseño vial de la intersección entre la Av. Nicolás de Piérola y la Av. Nicolás Ayllón modifica los patrones de desplazamiento de los peatones. Aquellos que evitan el puente peatonal y optan por cruzar el carril vehicular lo hacen con el objetivo de invertir menor tiempo y energía, que están separados por la infraestructura a desnivel.”* Esto se examinó a partir de una evaluación mixta que incluyó la percepción de los peatones y el aforo de los flujos de peatones y vehículos.

En primer lugar, según los datos obtenidos de las encuestas, se determinó que al menos el 66% de los peatones prefieren cruzar por el puente vehicular en lugar del puente peatonal. Esto se debe principalmente a que cruzar por el puente vehicular toma menos tiempo y requiere menos esfuerzo.

Esta preferencia fue corroborada mediante un aforo peatonal, en el cual se observó que el 72% del flujo total de peatones opta por esta alternativa.

Este comportamiento genera gran preocupación, ya que evidencia el mal diseño y ubicación del puente peatonal, y resalta la peligrosidad a la que están expuestos los peatones en la intersección. De hecho, el 95% de los encuestados afirmó no sentirse seguro al transitar por el puente vehicular, y el 33% reportó haber estado involucrado en algún accidente de tránsito en la zona.

Adicionalmente, se destaca el elevado flujo vehicular que transita por la intersección, compuesto en gran medida por vehículos de carga pesada. Según el 87% de los encuestados, estos conductores suelen mostrar poca consideración hacia los peatones.

Por lo tanto, tras el análisis de estos puntos, se concluye que los peatones prefieren usar el puente vehicular en lugar del puente peatonal, lo que evidencia un diseño inadecuado de la infraestructura y pone en riesgo la seguridad de los usuarios.

- **Objetivo 3:** Diseñar una propuesta integral de tránsito que permita mejorar las condiciones de movilidad de los peatones y demás modos de transporte en la intersección de la Av. Nicolás de Piérola con la Av. Nicolás Ayllón

La hipótesis del tercer objetivo fue: *“La movilidad de los peatones y demás modos de transporte pueden mejorar mediante la implementación de vías compartidas, medianas, semaforización y un diseño urbano adecuado”*. Esto se comprobó mediante la triangulación efectuada, tanto de datos recolectados en las encuestas y entrevistas, como de la videograbación y la evaluación del modelo de microsimulación con las propuestas de mejora.

Por un lado, el 93% de los peatones, de acuerdo con las encuestas, aseguró que la intersección necesita semáforos y el mayor control de los paraderos y un 77%, estuvo de acuerdo con que se

habilite una ruta exclusiva para peatones que cruce de manera directa la intersección. En cuanto a las entrevistas realizadas, los entrevistados respaldaron las anteriores medidas de mejora, adicionalmente destacaron la presencia de efectivos policiales.

Por otro lado, mediante la propuesta se logró mejorar el tiempo de viaje de los flujos peatonales con la implementación de semáforos, reduciéndolo en un 8%. Asimismo, no solo se mejora la eficiencia de este parámetro sino también la seguridad de los peatones. Si bien la implementación aumentó el tiempo de viaje del modo motorizado en una sección, se logró reducir este parámetro en las secciones restantes con la colocación de bahías y se redujo significativamente los conflictos entre los modos de transportes.

En conclusión, se puede aseverar que las medidas de gestión de tránsito usadas mejoraron las condiciones de movilidad de los peatones y demás modos de transporte en la intersección de interés.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda considerar la influencia del ferrocarril en la intersección, ya que incrementa significativamente la longitud y el tiempo de viaje tanto en los flujos vehiculares como peatonales.
- La composición del bypass de la Av. Nicolás Ayllón consta de dos etapas. Se sugiere evaluar la propuesta de mejora mediante un análisis meso. Además, dado que en la zona existen dos fábricas y un mercado, que generan un elevado tránsito de vehículos pesados, es necesario analizar su influencia en toda el área.
- Para la implementación de este rediseño vial, es fundamental realizar un análisis económico que contemple la reubicación del puente peatonal, ya que eliminarlo podría ser más costoso que mantenerlo y mejorarlo para beneficiar a un grupo específico de usuarios.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, S. y Chaparro, V. (2022). Relación cuantitativa entre atropellamientos y puentes peatonales en Chihuahua, México. *Revista INVI*, 37(106), 121-148. Recuperado de <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2022.67149>
- Bertolini, L. (2020). *From “streets for traffic” to “streets for people”: can street experiments transform urban mobility?* *Transport Reviews*.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1761907>.
- Brown, T., & García, M. (2022). *Inclusive Urban Planning: Strategies for Equitable Mobility*. *Journal of Urban Planning and Development*.
- Dextre, J., Aranda, F. (2020). *Avanzando con resiliencia: Una “nueva movilidad” para Lima y Callao*. Perú, Debate 2021.
- Dextre, J., Avellaneda, P. (2014). *Movilidad en zonas urbanas*. Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Doomah, Z., Paupoo, D. (2022). *Evaluation of the effectiveness of speed tables combined with other traffic calming measures and their community acceptance in Mauritius*. *Case Studies on Transport Policy*.
<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.04.022>.
- Fariña, J. (2021). *Urbanismo táctico*. Urban Living Lab.
<https://www.urbanlivinglab.net/tag/mike-lydon/>
- Fernández, A., & Silva, B. (2021). *Urban Infrastructure and Pedestrian Connectivity*. *Journal of Urban Planning and Development*.

- Fuest, S., Batista, M., Berghoefer, F., Flessler, L., Flessler, M., Gandhi, B., Spühler, F., Sester, M., Vollrath, M. (2023). *I bet you feel safe! assessing cyclists' subjective safety by objective scores*. Journal of Urban Mobility. Recuperado de
- García, M., Martínez, L., & Sánchez, P. (2020). *Accessibility and Inclusive Design in Urban Infrastructure*. Transportation Research Part A: Policy and Practice.
- Gonzalo, H., Rojo, M., Perzez, H., Linares, A., (2016). *Traffic Calming Measures and their Effect on the Variation of Speed*. Transportation Research Procedia. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2019.12.007>.
- Herrmann-Lunecke, M., Mora, R., Vejares, P. (2020). *Identificación de elementos del paisaje urbano que fomentan la caminata en Santiago*. Departamento de Urbanismo, Universidad de Chile.
- https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-50512020000200004&script=sci_arttext&tlng=pt
- Hydén, C. (2021). *Refuge Islands*. International Encyclopedia of Transportation. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10172-1>.
- Ihssian, A., Ismail, K., (2023). *Modelling pedestrian safety at urban intersections using user perception*. Accident Analysis & Prevention. Recuperado de: <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1016/j.aap.2022.106912>
- Jariot, M. & Montané, J. (2009). *Actitudes y velocidad en jóvenes. Aplicación de un programa de educación vial*. Relieve, 5, 1. Recuperado de <https://doi.org/10.7203/relieve.15.1.4186>
- Kang, B.(2019). *Identifying street design elements associated with vehicle-to-pedestrian collision reduction at intersections in New York City*. Accident Analysis & Prevention. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.10.019>.

- Litman, T. M. (2022). Evaluating transportation equity: Guidance for incorporating distributional impacts in transport planning. *ITE Journal*, 92(4), 43-49. Recuperado de <https://www.proquest.com/openview/d4c81df78746ebc189b035953eaec2b2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=42116>
- Litman, T. (2024). *Evaluating Active Transport Benefits and Costs: Guide to Valuing Walking and Cycling Improvements and Encouragement Programs*. Victoria Transport Policy Institute. Recuperado de <https://www.vtpi.org/nmt-tdm.pdf>
- Lockwood, I. (1997). ITE Traffic Calming Definition. Institute of Transportation Engineers. *ITE Journal*; Washington. <https://www.proquest.com/openview/2dfcf461b918c4246566ac478284103d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=42116>
- Lydon, M & García, A. (2015). *Tactical Urbanism*. Island Press. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-567-0>
- Lima cómo vamos (2017) VII Informe de percepción sobre calidad de vida. Recuperado de: <https://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2017/04/Espacios-pu%CC%81blicos.pdf>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2008). *Sistema de contención de vehículos tipo barrera de seguridad*. Directiva N° 007-2008-MTC/02 https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/otras/directiva_N007_2008MTC_barreras_seguridad.pdf
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_6%20DCT-2016.pdf

Municipalidad Distrital de Ate. (2024). Plan Operativo Institucional del Distrito de Ate (POI) - 2024.

https://www.muniate.gob.pe/ate/files/documentosPlaneamientoOrganizacion/GTPLAN%20DE%20GOBIERNO%20DIGITAL%20MUNICIPALIDAD%20DISTRITAL%20DE%20ATE_2022_2024_RESOLUCION%20DE%20ALCALDIA_693.pdf

Municipalidad Distrital de Ate. (2024). Plan Operativo Institucional del Distrito de Ate (POI) - 2024. Recuperado de: <https://www.muniate.gob.pe/conociento-ate/>

Nello-Deakin, S. (2022). *Explorando la evaporación del tráfico: hallazgos de intervenciones de urbanismo táctico en Barcelona*. Ciudad y Territorio / Estudios Territoriales.

<https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1016/j.cstp.2022.11.003>

Ocampos, X., Garcia, E., Paillie, F., Aguilar, D. (2015). *Calles Compartidas , calles de encuentro*. Dérive LAB. Recuperado de https://derivelab.org/wp-content/uploads/2017/11/CallesCompartidasv1.0_low.compressed.pdf

Osorio, D., Escobar, D., & Hernández, G. (2022). *Variables de comportamiento peatonal para la priorización de puntos críticos evaluados a partir de auditorías en seguridad vial*. Información Tecnológica, 33(5), 155–164. Recuperado de <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.4067/S0718-07642022000500155>

Pozueta, J., Lamíquiz, F., Porto, M. (2013). *La ciudad paseable*. CEDEX

<https://urbanitasite.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/01/pozueta-lamiquiz-y-porto-la-ciudad-paseable.pdf>

- Ramadani, H., Rahmani, H., y Gazali, A. (2018). Study of efficiency pedestrian bridge crossing in the road of Pangerang Antasari, Banjarmasin. *MATEC Web of Conferences*, 181, 06009). <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818106009>
- Rasheed, F., Yau, K., Noor, R., Wu, C., & Low, Y. (2020). Deep reinforcement learning for traffic signal control: A review. *IEEE Access*, 8, 208016–208044. <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3034141>.
- Tamakloe, R., Hong, J., Park, D. (2020). *A copula-based approach for jointly modeling crash severity and number of vehicles involved in express bus crashes on expressways considering temporal stability of data*. *Accident Analysis & Prevention*. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105736>.
- Smith, J., & Johnson, K. (2021). *Public Transport Infrastructure and Social Equity*. *Journal of Urban Economics*.
- Smith, J., & Johnson, K. (2022). *Effectiveness of Overpasses and Underpasses in Urban Traffic Management*. *Urban Transportation Journal*
- SMFTA (2024). *Refugios peatonales*. San Francisco Municipal Transportation Agency. Recuperado de: <https://www.sfmta.com/es/node/25503>
- Stančerić, I., Klarić, M., Bezina, Š. *Redesign of Four-leg Urban Intersection with Light Rail in a Street Corridor: Case Study in Zagreb*. *Transportation Research Procedia*. Recuperado de <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1016/j.trpro.2023.11.889>
- Suresha, R., Manohar, N., Jipeng, T., (2024). Two-Stage Traffic Sign Classification System. *Procedia Computer Science*. Recuperado de: <https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1016/j.procs.2024.04.255>

- Tanikawa, K., & Paz, Diana. (2021). *El peatón como base de una movilidad urbana sostenible en Latinoamérica: una visión para construir ciudades del futuro*. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (50), 33-38. Epub February 07, 2022. Recuperado de <https://doi.org/10.15446/rbct.n50.94842>
- Tulu, G. S., Washington, S., Haque, Md. M., & King, M. J. (2017). *Injury severity of pedestrians involved in road traffic crashes in Addis Ababa, Ethiopia*. *Journal of Transportation Safety & Security*.
<https://doi.org/10.1080/19439962.2016.1199622>
- Tzouras, P., Farah, H., Papadimitriou, E., Oort, N., Hagenzieker, M. (2020). Tram drivers' perceived safety and driving stress evaluation. A stated preference experiment. *Transp Res Interdiscip Perspect* 7,. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100205> 100205.
- Tzouras, P., Kepaptsoglou, K., & Vlahogianni, E. I. (2023). Empirical investigation of shared space traffic: A comparison to conventional urban road environments. *International Journal Of Transportation Science And Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2023.08.001>
- UN Statistics Division. (2023). *The Sustainable Development Goals Report 2023*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Recuperado de https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- Uttley, J., Lee, Y., Madigan, R., Merat, N. (2020). Road user interactions in a shared space setting: Priority and communication in a UK car park. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* 72, 32–46. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.05.004>.
- Welle, B., Liu, Q., Li, W., Adriazola-Steil, C., King, R., Sarmiento, C., Oberlheiro, M. (2016). *Ciudades más seguras mediante el diseño*. World Resources Institute.

<https://publications.wri.org/citiessafer/es/#c2>

Zhuang X, Wu C. (2012) *The safety margin and perceived safety of pedestrians at unmarked roadway*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour.;



- **Velocidades promedio**

Figura 57:
Velocidad peatonal estimada

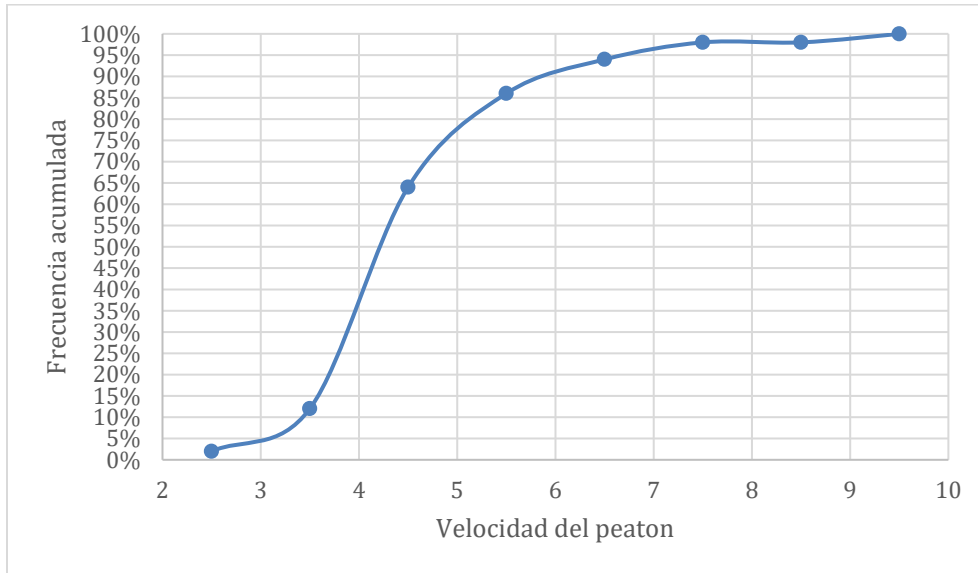
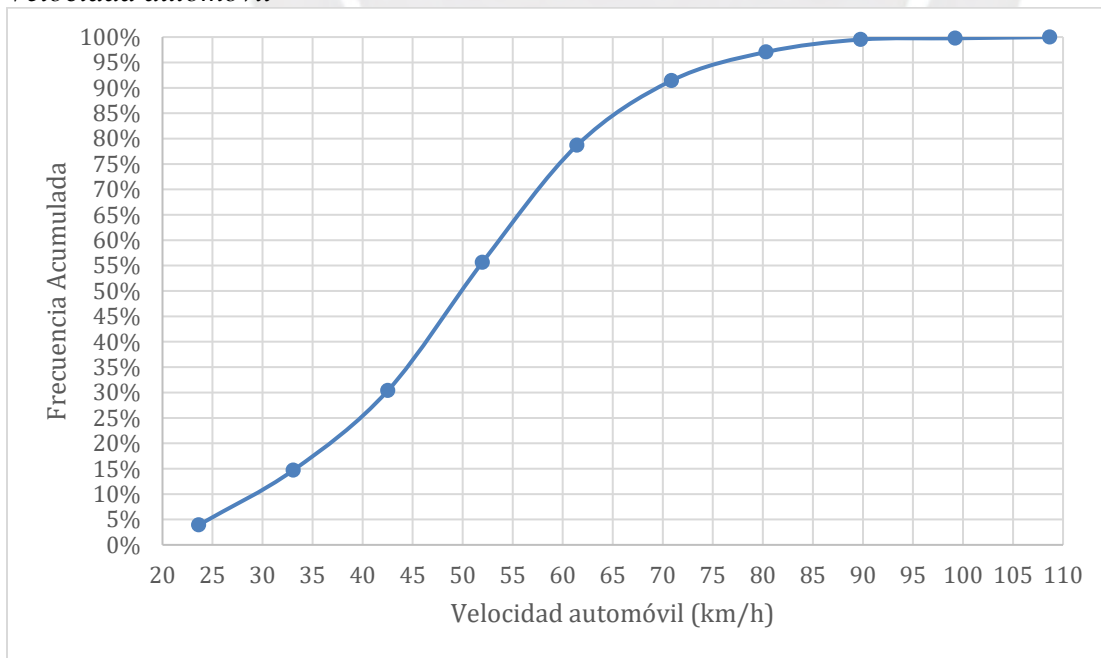
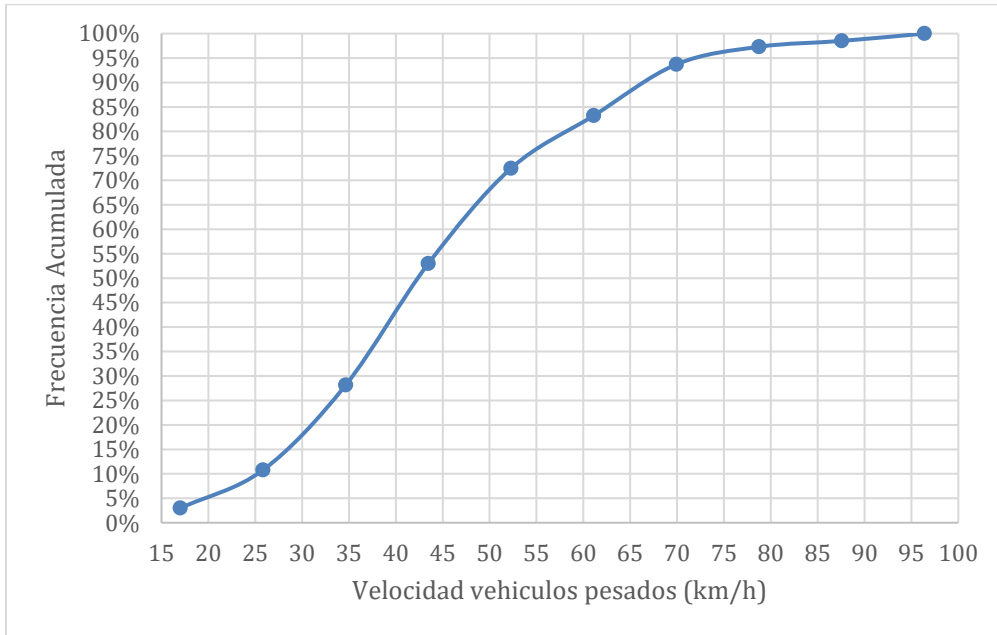


Figura 58:
Velocidad automóvil



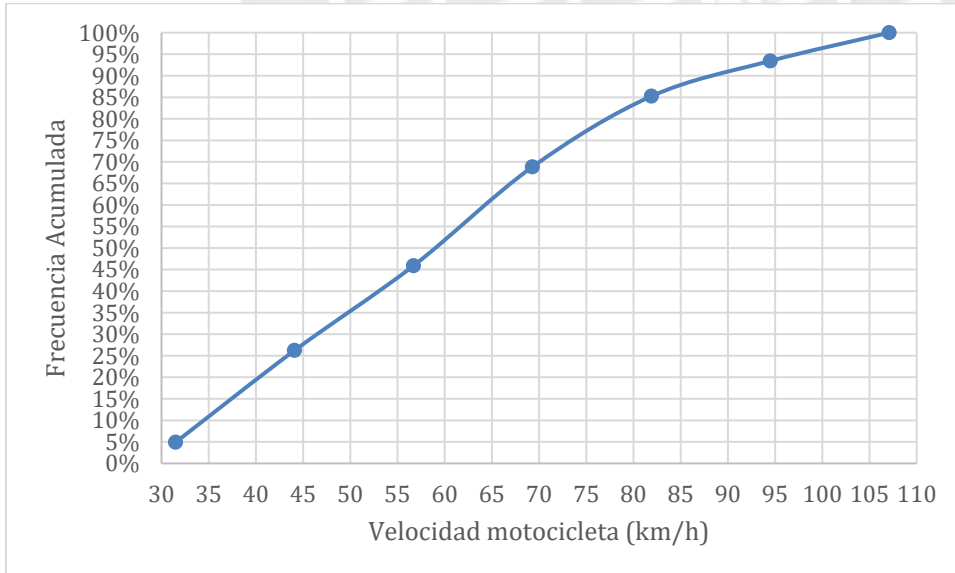
Nota: Fuente propia

Figura 59:
Velocidad vehículos pesados



Nota: Fuente propia

Figura 60:
Velocidad motocicleta



Nota: Fuente propia