



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Estado del arte sobre la prevención de la siniestralidad vial
basada en la infraestructura en zonas urbanas. Caso de
estudio: Piura**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

Samantha Lucía Vela Jiménez

Asesor:
Mgtr. Ing. Jenny Carolina Sánchez Ramírez

Piura, enero de 2026

Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Samantha Lucía Vela Jiménez, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI: 70275271, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

“Estado del arte sobre la prevención de la siniestralidad vial basada en la infraestructura en zonas urbanas. Caso de estudio: Piura”

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil.

Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.

- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:

- Mgtr. Ing. Jenny Carolina Sánchez Ramírez, identificado con DNI: 72748177
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número
- Haga clic o pulse aquí para escribir texto, identificado con Elija un elemento: Escribir número

Declaro (declaramos) que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi (nuestra) experiencia como investigador(es), declaro (declaramos) que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo (asumimos) responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 01/01/2026.



Firma del asesor¹



Firma del autor¹

Firma del co-asesor¹

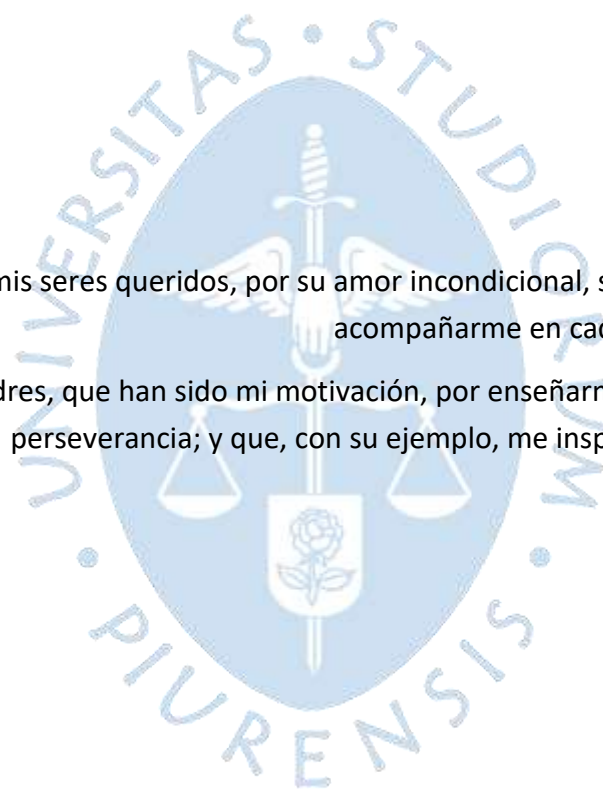
Firma del co-asesor¹

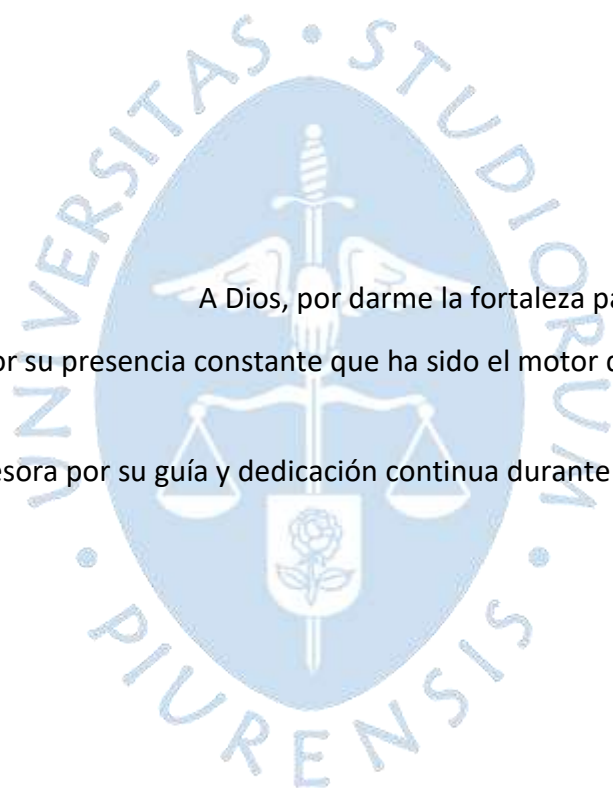
¹ Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis seres queridos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por acompañarme en cada etapa de este camino.

A mis padres, que han sido mi motivación, por enseñarme el valor del esfuerzo y perseverancia; y que, con su ejemplo, me inspiran a seguir avanzando.





Agradecimientos

A Dios, por darme la fortaleza para culminar esta etapa.

A mi familia, por su presencia constante que ha sido el motor que me impulsó a seguir adelante.

A mi asesora por su guía y dedicación continua durante el desarrollo de la tesis.

Resumen

La siniestralidad vial representa una problemática de salud pública en el mundo, especialmente en países de ingresos medios y bajos, y como principales causas se tienen al comportamiento del usuario, la regulación y la infraestructura vial. Esta última, de manera particular, se viene estudiando en los últimos años no solo por su rol en la gestión eficiente del flujo vehicular, sino por su potencial capacidad de mitigar el error humano. Por tal motivo, esta investigación buscó realizar un estado del arte sobre la prevención de siniestros viales basados en la infraestructura en zonas urbanas, analizando el caso de la ciudad de Piura.

La metodología empleada se basó en la revisión de literatura científica, informes técnicos y documentos realizados por organismos internacionales, nacionales y locales, con el fin de comprender cómo la infraestructura vial influye en la seguridad de los usuarios.

Los resultados confirmaron que la infraestructura vial segura constituye uno de los pilares más importantes para reducir muertes y lesiones, ya que permite mitigar el error humano. Asimismo, se identificaron intervenciones vinculadas al diseño geométrico, interacción y cruces peatonales; iluminación, señalización, infraestructura peatonal y ciclista; y gestión de la velocidad, cuya eficiencia está ampliamente documentada. Además, se examinaron sistemas internacionales de registro de siniestros y metodologías de detección, evidenciando la importancia de contar con datos completos, georreferenciados y con registros policiales y hospitalarios vinculados. Sin embargo, su efectividad y aplicación depende de varios factores como el contexto de la ciudad, la adaptación al comportamiento de los usuarios y del mantenimiento continuo de las vías.

Finalmente, el estudio evidenció que Piura presenta limitaciones en cuanto a la falta de infraestructura vial adecuada; además, la ausencia de sistemas modernos de registro y la limitada planificación urbana representan brechas significativas. A partir de la evidencia revisada, se identificaron oportunidades de mejora que permitan fortalecer la seguridad vial basado en infraestructura urbana segura.

Se espera que esta revisión permita establecer una base técnica que sirva para futuras propuestas y proyectos destinados a prevenir y reducir la siniestralidad vial mediante mejoras en la infraestructura vial urbana.

Tabla de contenido

Introducción	10
Capítulo 1 Marco teórico y contextual de la seguridad vial urbana	12
1.1 Conceptos básicos de seguridad vial.....	12
1.2 Nuevas tendencias en seguridad vial en el mundo.....	12
1.3 La siniestralidad vial en América y Perú.....	14
1.4 Contexto de Piura: características viales, transporte, usuarios vulnerables	17
1.5 Infraestructura, regulación y educación vial como causas de siniestralidad.....	17
1.6 Relevancia y necesidad de la investigación.....	24
Capítulo 2 Metodología de revisión de la literatura	25
2.1 Tipo de investigación.....	25
2.2 Fuentes de información	25
2.3 Criterios de selección	26
2.4 Definición de las palabras clave	27
2.5 Procedimiento de recopilación y análisis de información	27
2.6 Limitaciones de metodología	27
Capítulo 3 Estado del arte sobre la prevención de la siniestralidad vial basada en la infraestructura	28
3.1 Infraestructura vial y su relación con seguridad vial.....	28
3.1.1 <i>Infraestructura vial como factor que reduce la probabilidad de cometer errores..</i>	28
3.1.2 <i>Infraestructura vial como elemento que minimiza el daño en caso de siniestros ..</i>	28
3.1.3 <i>Influencia del diseño urbano en la seguridad de usuarios vulnerables.....</i>	29
3.2 Elementos de infraestructura que influyen en la seguridad vial	30
3.2.1 <i>Diseño geométrico de la vía</i>	32
3.2.2 <i>Intersecciones y cruces</i>	32
3.2.3 <i>Infraestructura peatonal y ciclista</i>	32
3.2.4 <i>Sistemas de contención y seguridad pasiva</i>	33
3.2.5 <i>Condición superficial de la vía</i>	33
3.2.6 <i>Gestión de velocidad a través de la infraestructura</i>	34
3.2.7 <i>Iluminación y señalización.....</i>	34
3.3 Estrategias de prevención de la siniestralidad vial basadas en la infraestructura vial..	45
3.3.1 <i>Intervenciones estructurales y rediseño vial</i>	45
3.3.2 <i>Infraestructura para usuarios vulnerables</i>	45
3.3.3 <i>Gestión de velocidades por diseño</i>	46
3.3.4 <i>Iluminación, visibilidad y control de riesgos.....</i>	46
3.3.5 <i>Mantenimiento, ordenamiento y operación de la infraestructura</i>	46
3.3.6 <i>Políticas estratégicas internacionales</i>	46
3.3.7 <i>Auditorías e inspecciones de seguridad vial</i>	47
3.4 Registro y detección de siniestros viales asociados a la infraestructura vial.....	49
3.4.1 <i>Limitaciones del registro actual</i>	49
3.4.2 <i>Sistemas de mejora del registro</i>	50
3.4.3 <i>Nuevas tendencias mundiales en recopilación de datos.....</i>	52
3.4.4 <i>Relación entre infraestructura vial y el registro de siniestros</i>	53
3.4.5 <i>Registro y detección de siniestros en Latinoamérica y Perú</i>	54
3.5 Brechas identificadas y oportunidades de mejora en la prevención de la siniestralidad vial a nivel internacional.....	56
3.5.1 <i>Brechas identificadas</i>	56

3.5.2 Oportunidades de mejora	58
Capítulo 4 Análisis preliminar de brechas en seguridad vial en Piura y propuesta de mejora	63
4.1 Diagnóstico del sistema urbano	63
4.1.1 Indicadores de nivel de servicio urbano	63
4.1.2 Estado del pavimento	63
4.1.3 Geometría vial	64
4.1.4 Visibilidad vial.....	65
4.1.5 Conflictividad peatonal	65
4.1.6 Datos georreferenciados de siniestros	66
4.2 Brechas identificadas y oportunidades de mejora para Piura	66
4.2.1 Brechas específicas de la infraestructura en Piura.....	67
4.2.2 Oportunidades de mejora en Piura	68
4.2.3 Medidas de mejora para prevenir la siniestralidad en Piura	71
4.3 Aplicabilidad de intervenciones de infraestructura vial en la ciudad de Piura.....	72
4.3.1 Medidas prioritarias de bajo costo y alto impacto	72
4.3.2 Intervenciones de rediseño urbano adaptadas al contexto local	72
4.3.3 Priorización de usuarios vulnerables	72
4.3.4 Sistemas de gestión y registro de siniestros viables para Piura	73
4.3.5 Intervenciones progresivas de mediano plazo	73
Conclusiones.....	74
Referencias.....	76



Lista de tablas

Tabla 1 Efectos de intervenciones de seguridad vial en cada una de las “tres E”, según la bibliografía.....	19
Tabla 2 Elementos de la infraestructura vial aplicados a la seguridad vial	36
Tabla 3 Resumen de elementos más recurrentes de la infraestructura vial aplicados a la seguridad vial	43
Tabla 4 Tabla de elementos de infraestructura vial, fallas, causas y oportunidades de mejora	61



Lista de figuras

Figura 1 Tasa de mortalidad por 100 000 hab	14
Figura 2 Proceso de una estrategia de prevención de siniestros viales basada en infraestructura urbana segura	48



Introducción

La siniestralidad vial representa una problemática importante de salud pública en el mundo, ya que las colisiones en las vías de tránsito generan más de 1.19 millones de muertes al año, siendo la principal causa de mortalidad de niños y jóvenes de 5 a 29 años. En particular, más del 90% de las defunciones causadas por estos incidentes de tránsito se producen en los países de ingreso medio y bajo (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Según el *Transport Latin America Caribbean Final HighRes* (2015), en América Latina y el Caribe los costos sociales provocados por siniestros viales alcanzan entre 3% y 6% del PBI de los países afectados por año, problemática que no solo afecta la salud pública, sino también el valor económico total que pierde un país por estos siniestros.

En el caso de Perú, la tasa de mortalidad en 2019 fue de 13,6 por cada 100 000 habitantes, situándose por encima de la media de países de ingresos altos y duplicando la cifra reportada en Europa (*The Global Economy*, 2019; *United Nations Economic Commission for Europe*, 2024). En 2023, el país registró 87,083 siniestros, dejando 3,316 muertes y más de 58,000 heridos (Observatorio Nacional de Seguridad Vial, 2023).

En zonas urbanas como Piura, la problemática se agrava por déficits en la infraestructura vial, insuficiente regulación y una débil cultura de prevención, lo que se traduce en una elevada tasa de siniestros viales. Solo el 44% de las vías cuentan con veredas completas, un 36% carecen de veredas y un 13% son incompletas, comprometiendo seriamente la seguridad peatonal. Además, la movilidad urbana está dominada principalmente por mototaxis y minivanos que circulan en condiciones de desorden, reflejo de un transporte sin planificación adecuada (CAF, 2019). Este escenario se traduce en cifras alarmantes, ya que en los primeros siete meses de 2023 se reportaron 1,958 siniestros viales, con 569 fallecidos y 1,602 heridos en la región, según la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones de Piura (La Hora Piura, 2023).

Estas cifras reflejan no solo la magnitud del problema de salud pública y económica, sino también la necesidad de intervenciones que prevengan la siniestralidad vial.

Existen políticas como la “Visión Cero” que fue adoptada por el Parlamento sueco en 1997 como una nueva dirección para la seguridad vial, teniendo como objetivo que nadie fallezca ni sufra lesiones graves en el sistema de transporte (Kristianssen et al., 2018). También existen propuestas como el nuevo Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021–2030 que lanzó la OMS, el cual tiene como objetivo reducir un 50% las muertes y lesiones producidas por siniestros viales (*Global Plan for Road Safety*, 2021).

También se conoce de innovaciones como lo son programas como el *International Road Assessment Programme* (iRAP) y el *European Road Assessment Programme* (EuroRAP), que consolidaron herramientas proactivas de evaluación de infraestructura vial como los *Star Ratings*, que consisten en calcular las calificaciones por estrellas y los *Safer Roads Investment*

Plans, que consisten en elaborar los planes de inversión en carreteras más *seguras* (Green, 2021). Estos instrumentos permitirían clasificar el riesgo de una vía sin necesidad de contar antes con grandes bases de datos de siniestros. Posteriormente, en 2021, Wijnands et al. propusieron el uso de imágenes satelitales y algoritmos de aprendizaje automático para identificar intersecciones seguras. Esta innovación muestra cómo las nuevas tecnologías pueden complementar el registro de siniestros, facilitando la detección de registros vinculados a la infraestructura vial.

Según Novoa et al. (2009), las intervenciones de seguridad vial más efectivas incluyen medidas dirigidas al individuo, al vehículo, a la infraestructura y al entorno social. Sin embargo, Novoa et al. (2009), concluyen que las intervenciones de seguridad vial más efectivas son aquellas que están relacionadas con el vehículo o con las infraestructuras ya que no dependen directamente del comportamiento de los usuarios.

A pesar de que existen diversos estudios nacionales e internacionales que han analizado el impacto de la infraestructura vial en la siniestralidad, en el caso específico de Piura, la recopilación de información respecto a las causas que originan los siniestros asociados a la infraestructura vial en zonas urbanas es aún limitada, lo que dificulta la formulación de soluciones y proyectos efectivos. Por ello, el enfoque de la presente tesis es el análisis de la infraestructura vial como eje principal para disminuir los riesgos, particularmente en zonas urbanas de Piura, donde las deficiencias de los elementos de infraestructura vial son la causa principal de siniestros.

En este sentido, la presente investigación tiene como objetivo principal realizar un estado del arte sobre la prevención de la siniestralidad vial basada en la infraestructura en zonas urbanas, analizando el caso de la ciudad de Piura. Se espera obtener una revisión técnica que identifique brechas de infraestructura vial asociadas a siniestros, así como las intervenciones más efectivas reportadas en la literatura internacional. Este análisis permitirá establecer una base técnica que sirva para futuras propuestas y proyectos destinados a reducir la siniestralidad vial mediante mejoras en la infraestructura urbana de Piura.

La tesis se estructurará en cuatro capítulos principales. En el capítulo I se desarrollará el marco teórico y contextual, los cuales abordarán conceptos básicos de seguridad vial, siniestralidad en América Latina y Piura, infraestructura vial, regulación y comportamiento, así como el contexto urbano piurano. En el capítulo II se expondrá la metodología del estudio, explicando el tipo de investigación, las fuentes consultadas, los criterios de selección y análisis de la lectura, así como las limitaciones de la metodología. En los capítulos III y IV, se presentará el estado del arte sobre la prevención de siniestros viales desde la infraestructura en zonas urbanas. Caso de estudio: Piura, detallando experiencias internacionales, nacionales y locales relacionadas con la siniestralidad vial, como elementos de infraestructura que influyen en la seguridad vial, estrategias de prevención, registro y detección de siniestros y brechas y oportunidades de mejora identificadas en la ciudad de Piura.

Capítulo 1

Marco teórico y contextual de la seguridad vial urbana

En este apartado se definirán los conceptos centrales de seguridad y siniestralidad vial y se expondrán los enfoques que guían la investigación.

1.1 Conceptos básicos de seguridad vial

Según el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (FHWA, 2017), la seguridad vial es el conjunto de prácticas y estrategias destinadas a reducir muertes y lesiones en las vías.

La seguridad vial es fundamental en la vida cotidiana: los usuarios requieren las vías y aceras para desplazarse a diferentes lugares y satisfacer así sus necesidades, mientras que los organismos públicos deberían trabajar para garantizar que estos usuarios lleguen a su destino sin incidentes. Al contarse con un sistema de transporte seguro, no se tendría por qué experimentar siniestros viales; sin embargo, la realidad demuestra que factores como la infraestructura, el diseño vehicular y el comportamiento humano influyen en la generación de riesgos, lo que provoca que disminuir o eliminar estos siniestros viales se convierta en un reto (FHWA, 2017). Incluso, la OMS (2023) menciona que las muertes y lesiones provocadas por incidentes automovilísticos se han convertido en una problemática de salud pública mundial ya que se estima que más de un millón de usuarios pierden la vida cada año debido a estas causas.

1.2 Nuevas tendencias en seguridad vial en el mundo

Actualmente existe una tendencia creciente a usar el término “siniestro vial” en reemplazo de “accidente vial”, debido a una diferencia clave en su significado. Para la Organización Mundial de la Salud, la siniestralidad se refiere a la ocurrencia de eventos que pueden causar daño físico a personas o bienes, pero que son de carácter generalmente prevenible (OMS, 2021). Por otra parte, un accidente vial sería un suceso fortuito, imprevisible e inevitable, donde poco se pudo hacer para prevenirlo (TIRF & DIAD, 2017).

Por otra parte, en el contexto de las políticas internacionales de seguridad vial, en 1997 se adoptó por primera vez la Visión Cero en Suecia, implementándose en varios países en las últimas décadas. El objetivo de esta política es que ningún usuario fallezca o resulte gravemente herido como consecuencia de siniestros viales y que el diseño del sistema de transporte por carretera se adapte a estos requisitos (Kristianssen et al., 2018). Las estadísticas oficiales muestran que el número de fallecimientos en carreteras se redujo a la mitad y que disminuyó un 60% entre los usuarios de automóviles durante 2000-2010. Aunque la disminución se ha estancado después de 2010, las carreteras suecas se encuentran entre las más seguras en el mundo, lográndose que solo 3 de cada 1000 000 suecos mueran en las carreteras cada año (Administración de Transporte Sueca, 2016). Visión Cero transforma la seguridad vial en un problema colectivo y ético, en el cual la movilidad no debe comprometer

la vida de los usuarios cada vez que acceden al transporte por carretera. Esta política demuestra y promueve una relación equilibrada entre seguridad y movilidad cuando se aplican correctamente los principios de diseño, y se resalta que los sistemas de transporte deberían adaptarse a las limitaciones del humano, no al revés (Kim et al., 2017).

Otra tendencia importante en seguridad vial es la implementación del concepto de Calles Completas (*Complete Streets*), impulsado por el *Institute for Transportation and Development Policy* (ITDP). Este enfoque propone transformar las calles urbanas en espacios seguros y accesibles para todos los usuarios como peatones, conductores y ciclistas mediante aceras continuas, redes ciclistas, cruces seguros, iluminación adecuada y diseño accesible. El ITDP recopiló experiencias exitosas en ciudades indias como Chennai y Pune, donde se aplicaron políticas de transporte no motorizado y de reducción de la dependencia del automóvil. Se demostró que la priorización de la infraestructura peatonal y ciclista, junto a la gestión de la velocidad y la participación ciudadana, puede reducir significativamente los siniestros viales (ITDP, 2019).

Por otra parte, organismos internacionales como la OMS, el Banco Mundial, la OCDE/ITF Y el BID han promovido el Enfoque del Sistema Seguro (*Safe System Approach*), el cual busca crear un sistema de transporte que garantice que no se causen muertes o lesiones graves debido a un siniestro. Este enfoque del sistema seguro parte de que los errores humanos son inevitables; sin embargo, las vías, los vehículos y las políticas deben adecuarse o diseñarse para que dichos errores no provoquen muertes ni lesiones graves (Ronan, 2016).

Ligado a lo anterior, la OMS promovió el primer Decenio de Acción para la Seguridad Vial entre los años 2011 y 2020, consolidándose así el Enfoque del Sistema Seguro (*Safe System Approach*), y reconociéndose la infraestructura y la gestión de la velocidad como ejes estructurales de la seguridad vial, en especial para peatones, ciclistas y motociclistas (OMS, 2011). Para este Decenio, la seguridad vial se organiza en 5 pilares, impulsados por la ONU. Estos pilares son 1) Gestión de la seguridad Vial (*Road Safety Management*) 2) Vías e infraestructura más segura (*Safer Roads and Mobility*) 3) Vehículos más seguros (*Safer Vehicles*) 4) Usuarios de las vías más seguros (*Safer Road Users*) 5) Respuesta post-siniestro más efectiva (*Post-Crash Response*). Estos componentes permiten comprender que la seguridad vial es una responsabilidad compartida y multisectorial (OMS, 2011). Los resultados del primer Decenio de Acción para la seguridad vial evidenciaron avances importantes, aunque insuficientes para lograr reducir en 50% las muertes por siniestros viales.

Con base en las experiencias acumuladas, la OMS lanzó luego un nuevo Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021–2030, cuyo objetivo es reducir un 50% las muertes y lesiones en las vías, logrando obtener estabilización de las cifras mundiales de mortalidad y promoviendo medidas en tres frentes: infraestructura vial segura y accesible para todos los usuarios, marcos regulatorios eficaces que incluyan leyes y su aplicación para controlar la velocidad, y cambios en el comportamiento de los usuarios a través de educación y

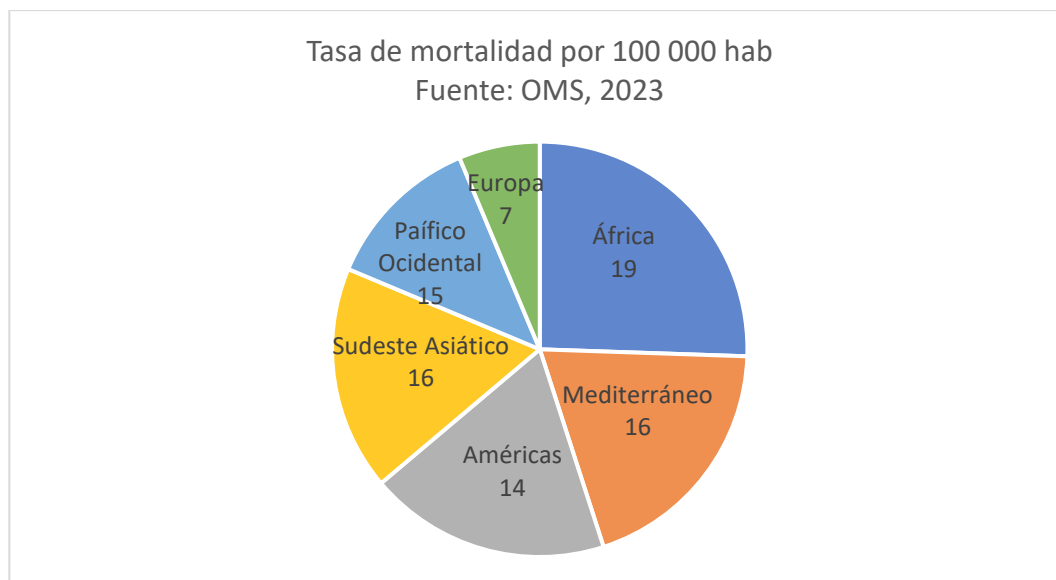
concientización para la adopción de hábitos seguros al transitar (OMS, 2021). Más recientemente, el Informe Global de Seguridad Vial (2023), reafirmó que las intervenciones de infraestructura, combinadas con la gestión de la velocidad, constituyen las palancas con mejor relación impacto-costo, sobre todo en ciudades con alta proporción de usuarios vulnerables.

1.3 La siniestralidad vial en América y Perú

La OMS analiza de manera comparativa la tasa de mortalidad vial por cada 100 000 habitantes en cada una de las regiones del mundo. Como se observa en la **Figura**, la región de África posee la tasa de mortalidad más alta en el mundo, mientras que la región de Europa posee la tasa más baja. Esto se debe a que África posee la mayor cantidad de países de ingreso bajo y medio bajo, mientras que en Europa predominan países de ingreso alto. En América, la tasa promedio de muertes es de 14 por cada 100 000 habitantes, ubicada por debajo del promedio global, pero muy por encima de Europa. Esto se debe a que en América hay variedad de países que poseen ingresos altos, medios y bajos, siendo EE.UU. uno de los países principales con mayor ingresos en América, sin embargo Latinoamérica posee la mayoría de países de ingresos medios y bajos, lo que explica por qué América no posee una tasa de mortalidad tan elevada (OMS, 2023).

Figura 1

Tasa de mortalidad por 100 000 hab



Nota. Adaptado de Global Status Report on Road Safety 2023 (p. 7), la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023).

Un informe realizado en 2025 por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) sobre seguridad vial indica que, en 2021, los siniestros viales cobraron más de 144 090 vidas en las Américas, representando el 12% de los fallecimientos globales por esta causa. A pesar de que hay nuevos avances en América en cuanto a seguridad vial, la tasa de reducción de

muerter en las vías ha sido lenta y desigual, lo que demuestra que se requieren de políticas nacionales más fuertes e integrales. De los 31 países que fueron investigados, solo nueve lograron reducir los fallecimientos por siniestralidad vial, traduciéndose esto en una reducción de solo 9.37% en América entre 2010 y 2021, reflejando un progreso lento. Estos nueve países redujeron el número de muertes por siniestro de tráfico gracias a la implementación de planes nacionales de seguridad vial, mejoras en la infraestructura, estándares de seguridad vehicular y regulaciones más estrictas sobre el consumo de alcohol y el exceso de velocidad. Uno de los países en el que hay un progreso notable es Trinidad y Tobago, el cual logró una disminución del 70% de fallecimientos por siniestralidad vial entre 2010 y 2021, logrando reducir estas cifras, con iniciativas relacionadas a un plan nacional de seguridad vial, una inversión aproximada de 40 millones de dólares en mejoras de infraestructura, así como la introducción de regulaciones para mejorar la calidad de vehículos importados (OPS, 2025). La mayor parte de víctimas afectadas en América son peatones, ciclistas y motociclistas ya que son los que están más expuestos a mayores riesgos en las vías. Desde 2009 hasta 2021, los fallecimientos de motociclistas, ciclistas y peatones han aumentado del 39% al 47% del total de fallecimientos por siniestros viales. Los motociclistas representaron el 27%, los peatones el 17% y los ciclistas el 3%. El informe señala una desigualdad territorial; datos muestran una disminución del 9,37% de la tasa de mortalidad por tránsito en las Américas. (OPS/OMS, 2025).

En América Latina, los países con las más alarmantes cifras son Haití (31,6%) y República Dominicana (27,4%), tasas que duplican la media latinoamericana. Otros países que registran niveles muy elevados son Ecuador (23,4), El Salvador (21,5) y Paraguay (21,0) y países que muestran cifras cercanas o superiores al promedio son Brasil (15,7), Colombia (16,2) y Costa Rica (15,5), expresadas por cada 100 000 habitantes. En vista de estos promedios de mortalidad en Latinoamérica, se señala que en cuanto a prevención son fundamentales el desarrollo de infraestructura nueva que contemple la seguridad de los usuarios, la promoción de medios de transporte sostenibles, la planificación de mantenimientos de la infraestructura vial existente y/o su adecuación ante necesidades de los usuarios (Melo, 2025).

Específicamente en Perú, la seguridad vial está enmarcada en la Visión Cero y el Enfoque del Sistema Seguro para todos los usuarios de las vías. Como país miembro de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), los primeros esfuerzos institucionales por sistematizar la información respecto a siniestros viales se dieron con la creación del Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV) en 2011, siendo un órgano adscrito al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el cual es el encargado de recopilar estadísticas anuales sobre siniestros, muertes y factores de riesgos.

La seguridad vial ha cobrado mayor prioridad con el paso de los años. Según sus reportes, los motociclistas y mototaxistas representan un gran porcentaje de víctimas, siendo responsables de un porcentaje significativo de siniestros entre los años 2019 y 2022, mostrando una tendencia creciente en siniestros fatales como no fatales. La siniestralidad de

tránsito de los motociclistas aumentó en un 19,0% durante 2019 a 22,7% durante el año 2022 y 25,2% durante el primer semestre del 2023 (ONSV, 2023).

En el 2020, en Loreto y Trujillo se propuso la implementación del “Reto Visión Cero” con el objetivo de promover la seguridad vial. El enfoque de esta política es que ninguna persona debería morir o resultar gravemente herida en un siniestro vial. Para ello, se diseña una estrategia que considere las limitaciones y vulnerabilidades del ser humano como eje principal y el hecho de que el humano comete errores, como establecer un plan de acción integrado por gestión institucional, vías seguras, vehículos seguros, usuarios seguros y respuestas a siniestros de tránsito (ONSV, 2021). Por ahora este “Reto Visión Cero” se encuentra descrito como un compromiso e inicio de implementación; no existe aún un informe oficial que evalúe su impacto en la reducción de siniestros.

Posteriormente la Política Nacional Multisectorial de Seguridad Vial 2023–2030, estableció medidas regulatorias como el uso obligatorio de casco y cinturón de seguridad, límites de velocidad y control del consumo de alcohol, reforzando el enfoque en factores humanos y normativos. Sin embargo, esta iniciativa ha dejado de lado la evaluación de la infraestructura vial urbana como herramienta central de prevención de siniestros (MTC, 2023).

Un avance importante se dio con la Estrategia Multisectorial de Seguridad Vial 2023–2030, que incorporó el uso de herramientas iRAP (*International Road Assessment Programme*) para evaluar la seguridad de más de 4 500 Km de vías, ya que este programa identifica tramos de carreteras peligrosos proporcionando información para la planificación, el diseño e inversión en vías más seguras, así como entornos escolares (iRAP, 2024). Esta iniciativa representa un avance al integrar estándares técnicos internacionales de infraestructura, buscando reducir la mortalidad y las lesiones por incidentes de tráfico al evaluar y clasificar la seguridad de la infraestructura vial (Williams, 2024; MTC, 2023).

Finalmente, en el ámbito académico, investigaciones como la de Paredes (2023) en Lima Metropolitana y Callao identificaron que el estado de las vías, la señalización y la gestión del tránsito son factores determinantes de la siniestralidad. Sin embargo, dichos estudios no trascienden al contexto urbano de la capital ni ofrecen propuestas de medidas que se puedan aplicar en otras realidades urbanas como en Piura, donde las dinámicas de movilidad son diferentes y se carece de estudios específicos que integren la infraestructura vial como causa y solución de siniestros.

En términos comparativos, Latinoamérica y en particular Perú reflejan un atraso estructural frente a las tendencias internacionales en seguridad vial urbana. Mientras que países primermundistas como Suiza, Países Bajos y el Reino Unido han avanzado en la implementación de las políticas integrales basadas en el rediseño de la infraestructura y la gestión segura de la velocidad, donde se aplica el *Safe System Approach*, logrando una reducción de más del 50% de muertes en las últimas dos décadas. América Latina continúa

priorizando estrategias centradas en la fiscalización y sanción (*International Transport Forum*, 2016).

Debido a que América Latina se centra en su mayoría más en la fiscalización que en la prevención de la siniestralidad basada en la infraestructura vial, de acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Hazin & Ortega, 2025), la región americana mantiene una tasa estable y alta con 144 090 fallecimientos anuales, el 12% del total mundial. Aunque algunos países como Brasil, Argentina y Colombia han logrado avances significativos en fiscalización y gestión de tráfico, la mayoría continúa centrándose en priorizar estrategias centradas en la sanción y el control en lugar de la prevención basada en infraestructura vial.

1.4 Contexto de Piura: características viales, transporte, usuarios vulnerables

En 2019, el Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura identificó serias deficiencias en la infraestructura vial de la ciudad, como la discontinuidad de secciones, pavimentos deteriorados y alineamientos deficientes que afectaban el nivel de servicio y generaban cuellos de botella de tráfico. El 14% de los viajes diarios se realizan a pie; sin embargo, las condiciones de los peatones son muy inseguras, ya que la infraestructura vial no está diseñada para proteger a estos usuarios ante siniestros viales. (CAF, 2019).

La Asociación Peruana de Empresas de Seguros (APESEG), en 2024, registró más de 1900 siniestros viales con saldo fatal, de los cuales 169 corresponden a la ciudad de Piura, ubicándola como la tercera ciudad con más muertes por esta causa, detrás de Lima y Cusco (APESEG, 2024).

A nivel regulatorio y de educación vial, la Dirección Regional de Transportes de Piura ha implementado campañas educativas dirigidas a escolares y conductores de mototaxis. Por ejemplo, capacitó a mototaxistas del distrito Veintiséis de Octubre en educación vial (DRTC, 2025) y lanzó la campaña “Escolares Seguros, conductor responsable” para promover el uso del casco, el cinturón y el respeto de las señales de tránsito entre estudiantes y conductores (DRTC, 2024). Sin embargo, estas iniciativas no han sido evaluadas en términos de impacto, por lo que se desconoce su efectividad real en la reducción de siniestros.

Piura no cuenta con un sistema estandarizado para identificar si un siniestro es atribuible a la infraestructura vial o no; es por ellos que el propósito de esta investigación es recopilar y adaptar experiencias internacionales que permitan diseñar un modelo viable para registrar y diagnosticar causas de siniestros viales en zonas urbanas de Piura.

1.5 Infraestructura, regulación y educación vial como causas de siniestralidad

En este apartado se abarcarán los conceptos de la infraestructura vial, la regulación y el comportamiento de los usuarios como causas de siniestralidad vial, así como estudios de distintos autores donde se señala la efectividad de intervenciones en cada una de estas tres áreas. Las intervenciones estudiadas fueron realizadas en diversos países de manera individual y sistematizada.

La infraestructura vial, la regulación y la educación constituyen las “tres E” (*Engineering, Enforcement y Education*) de la seguridad vial, propuestas en 1925 por el Consejo Nacional de Seguridad, cuando comenzaron los primeros programas que buscaban reducir la siniestralidad (*Toole Design Group, 2023*). El término Ingeniería se refiere al diseño y la construcción de infraestructuras viales más seguras, ingeniería de tráfico y seguridad de vehículos; la regulación alude a la aplicación efectiva de normas de tránsito, generalmente a cargo de las autoridades policiales; y la educación vial integra la formación de conductores y las campañas de sensibilización dirigidas al público en forma de promociones, anuncios, televisión, radio y redes sociales.

Actualmente, se consideran incluso más de tres E: la cuarta E sería “*Emergency Response*”, que hace referencia a la atención rápida tras el siniestro, y la quinta sería “*Encouragement*”, relacionada con el estímulo o incentivos para la conducción segura (*Charles, 2019*). A pesar de que actualmente se reconocen cinco E, para fines de este apartado se hará énfasis únicamente en las tres primeras E: infraestructura vial, regulación y educación.

La infraestructura vial comprende todo lo relacionado con el diseño, construcción y mantenimiento de vías, intersecciones, iluminación, señalización, pasos peatonales y dispositivos de seguridad. La función principal es garantizar movilidad segura y eficiente de los usuarios, sobre todo los vulnerables como peatones, ciclistas y motociclistas. Una vía segura debería estar diseñada bajo principios como tolerancia al error humano, reduciendo la probabilidad de colisiones (*OECD/ITF, 2016; OMS, 2023*).

La regulación vial se refiere al conjunto de leyes, políticas y normas que rigen el tránsito, por ejemplo, límites de velocidad, uso del cinturón de seguridad, casco obligatorio, control de drogas y alcohol, licencias de conducir, etc. El cumplimiento de estas regulaciones busca modificar la exposición al riesgo y promover conductas seguras., las medidas regulatorias como la reducción de la velocidad urbana a 30 km/h y el control del alcohol han demostrado impactos muy significativos (*OMS, 2023*).

La educación vial o el comportamiento de los usuarios viales abarcan las actitudes, decisiones y hábitos de los conductores, peatones y ciclistas. Existen diversos factores como el exceso de velocidad, distracciones, fatiga y percepción del riesgo que influyen directamente en la probabilidad de sufrir un siniestro (*Useche et al., 2017*).

En la **Tabla 1** se incluye información de diferentes autores y organismos, relacionada con el impacto de intervenciones en cada una de las “tres E” (Infraestructura, regulación y educación vial) de la seguridad vial. A pesar de que la mayoría de autores coincide en que las intervenciones de seguridad vial más efectivas incluyen medidas en dos o más pilares a la vez, se puede deducir que se lograron los mejores resultados al realizar mejoras en la infraestructura vial. Por tanto, esta tesis estará orientada a este pilar como principal causa de la siniestralidad.

Tabla 1

Efectos de intervenciones de seguridad vial en cada una de las “tres E”, según la bibliografía

Autor (es)	Año	Título	“E” propuesto para la prevención de la siniestralidad vial	“Tres E” principal	Aporte importante
Novoa et al.	2009	<i>Evidence-based effectiveness of road safety interventions: A literature review.</i>	Infraestructura- Regulación - Educación	Infraestructura	Identifica qué medidas centradas en el vehículo y la infraestructura como rediseño de vías, zonas 30 km/h, pacificación del tráfico y control de velocidad son las más eficaces para reducir lesiones y muertes. Las intervenciones educativas por si solas presentan resultados limitados hay que acompañarlo con medidas regulatorias y con la infraestructura vial.
Albalate et al.	2013	<i>The road against fatalities: ¿Infrastructure spending vs. regulation?</i>	Infraestructura- Regulación	Infraestructura- Regulación	Mantener gasto en infraestructura es clave incluso en periodos de crisis. Pocos estudios se centran en ambos factores al mismo tiempo siendo estos dos enfoques claves para la reducción de siniestros.
Aguilera et al.	2014	<i>Road safety measures and their effects on traffic injuries: A systematic review</i>	Infraestructura- Regulación - Educación	Regulación	Identificó hallazgos de estudios que describen intervenciones dirigidas a reducir las “ <i>Road Traffic Injuries</i> ”. Los resultados señalan que la regulación mostró ser la estrategia más efectiva de forma inmediata, sobre todo en límites de velocidad y conducción bajo efectos del alcohol. Sin embargo, la infraestructura tiene un papel importante para reducir siniestros y la educación no debe funcionar de manera aislada.
(OECD/ITF)	2016	<i>Zero Road Deaths and Serious Injuries: Leading a Paradigm Shift to a Safe System.</i>	Infraestructura- Regulación - Educación	Infraestructura	Presenta el enfoque del Sistema Seguro, que integra el diseño vial, regulación y la educación vial como partes de un sistema que tolera el error humano. Propone que la infraestructura vial debe estar pensada para prevenir y amortiguar los errores humanos.

Harwood et al.	2017	<i>Safety Benefits of Highway Infrastructure Investments</i>	Infraestructura	Infraestructura	Cuantifica los beneficios de invertir en mejoras viales en EE.UU. y estima que una inversión de 146 mil millones de dólares en mejoras de infraestructura (rotondas, barreras laterales y medianas, aceras, cruces señalizados, franjas sonoras, ensanche de arcenes y eliminación de objetos peligrosos) que permitirían salvar 63 700 vidas y prevenir 350 000 lesiones graves en 20 años. La infraestructura segura y bien planificada es clave para reducir siniestros.
Useche et al.	2017	<i>Stress-related psychosocial factors at work, fatigue, and risky driving behavior in Bus Rapid Transport (BRT) drivers</i>	Regulación – Educación	Educación	Analiza factores psicosociales y la fatiga laboral en conductores del sistema BTR de Bogotá, mostrando la relación entre el estrés laboral y las conductas de conducción riesgosa. Destaca la necesidad de intervenciones educativas y de gestión para que promuevan hábitos seguros y reduzcan la siniestralidad.
Gupta et al.	2018	<i>Regulatory and road engineering interventions for preventing road traffic injuries and fatalities among vulnerable road user in low- and middle-income countries</i>	Infraestructura-Regulación	Infraestructura-Regulación	Identifica que las intervenciones de ingeniería vial como el rediseño de carreteras urbanas, instalación de cruces peatonales elevados, carriles segregados, zonas de velocidad reducida, mejora de señalización e iluminación y las medidas regulatorias como el uso de casco, límites de velocidad y control de alcohol reducen entre el 15% y 40% de las colisiones y muertes en zonas urbanas. Ambas áreas ofrecen mayores beneficios de manera conjunta.
Castillo-Manzano et al.	2019	<i>From legislation to compliance: The power of traffic law enforcement for the case study of Spain</i>	Regulación	Regulación	Demuestra que el sistema de licencias por puntos y el endurecimiento del código penal tuvieron efectos positivos en la disminución de siniestros. Resalta el papel importante de los radares y la importancia del número de oficiales de tránsito para el cumplimiento efectivo de las leyes, señalando que el control sobre el consumo del alcohol es limitado y que esto puede limitar los avances logrados.

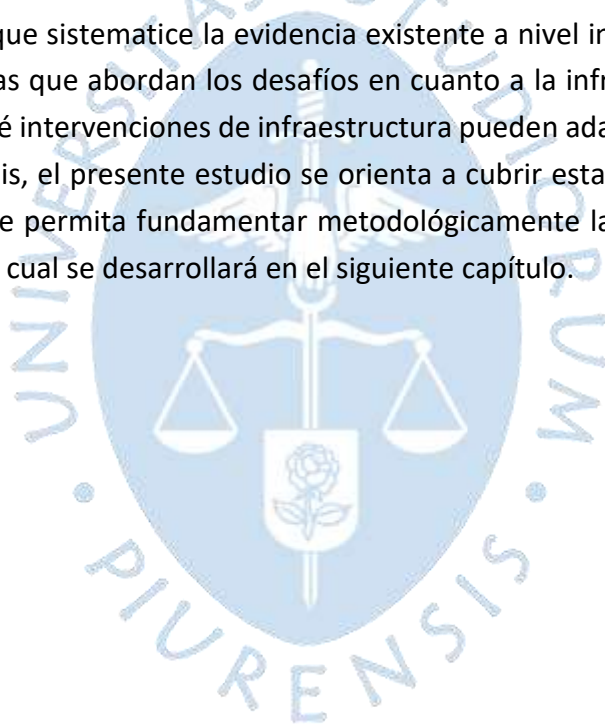
Navarro-Moreno et al.	2023	<i>How do road infrastructure investments affect Powered Two-Wheelers crash risk?</i>	Infraestructura – Regulación	Infraestructura	Analiza la relación en infraestructura vial y la siniestralidad vial en especial de motocicletas en España (2007-2015). La inversión de construcción y mantenimiento en vías reduce los siniestros a corto plazo, sin embargo, la mejora acumulada puede generar conductas más arriesgadas en vías seguras. Destaca que el mantenimiento constante y las políticas regulatorias complementarias son clave para reducir siniestros.
Organización Mundial de la Salud (OMS)	2023	<i>Global Status Report on Road Safety</i>	Infraestructura – Regulación – Educación	Infraestructura	Destaca que la infraestructura vial es un pilar esencial para reducir muertes y lesiones sobre todo en peatones, ciclistas y motociclistas mediante vías iluminadas, señalización efectiva y diseño seguro. También indica que las campañas educativas deben acompañar a las medidas de regulación e infraestructura para un resultado sostenible.
Public Health Ontario	2023	<i>Effectiveness of Engineering Interventions on Road Safety</i>	Infraestructura	Infraestructura	Destaca que las intervenciones de ingeniería vial como las cámaras de semáforo rojo, señales dinámicas de realimentación de velocidad, rotondas y mejoras en infraestructura ciclista y peatonal, contribuyen en la reducción de siniestralidad vial, es decir las intervenciones de infraestructura pueden reducir colisiones y lesiones, sin embargo, su eficacia depende del diseño del entorno construido y de evaluación continua.
Vanderschuren & Muchaka	2023	<i>The effect of infrastructure and educational road safety interventions in Khayelitsha, Ciudad del Cabo</i>	Infraestructura- Educación	Infraestructura- Educación	Evalúa el impacto de mejoras en infraestructura vial y programas educativos en la comunidad de Khayelisha. Las intervenciones incluyeron instalación de elementos de seguridad vial, señales de tráfico, semáforos peatonales, construcción de aceras, reductores de velocidad como la limitación de la velocidad a 30 km/h y campañas escolares de concienciación vial. Muestra como resultado una reducción significativa de colisiones y aumento en la percepción de seguridad entre conductores y peatones.

Akbari et al.	2024	<i>Effectiveness of interventions for preventing road traffic injuries: A systematic review in low-middle-, and high-income countries</i>	Regulación – Educación	Regulación	Medidas legislativas (uso de casco, control de velocidad, alcohol y cinturón de seguridad) y la fiscalización son las más efectivas reduciendo los siniestros un 26% y un 16,7% respectivamente. Las actuales iniciativas de seguridad vial priorizan únicamente la transformación del comportamiento de las personas por encima de mejorar la seguridad vial reparando todo el sistema en lugar de culpar a los conductores.
Goel et al.	2024	<i>Effectiveness of road safety intervention: An evidence and gap map</i>	Infraestructura – Regulación – Educación	Infraestructura- Regulación	Los resultados señalan que existe evidencia efectiva en regulación e infraestructura, sin embargo, hay vacíos en evidencia de calidad para países de ingreso medio a bajo. El estudio señala la importancia de combinar estos “tres E” para un mejor impacto
Khan, M & Das, S.	2024	<i>Advancing traffic safety through the Safe System Approach: A systematic review</i>	Infraestructura – Regulación – Educación	Infraestructura-	Analiza los cinco pilares e identifica que las intervenciones basadas en infraestructura y de regulación como el rediseño vial, gestión de velocidades y protección de usuarios vulnerables son más efectivas. Especialmente integradas la infraestructura vial con políticas regulatorias y de educación vial son más prometedoras para reducir siniestros y lesiones
Alonso et al.	2025	<i>Road safety compliance and enforcement: Insights from user perceptions in Spain and the Dominican Republic</i>	Regulación – Educación	Regulación	Analiza la percepción ciudadana frente a las normas de tránsito, justicia de sanciones y la efectividad del sistema de control en República Dominicana y España, demostrando que la efectividad de la regulación vial no depende únicamente de la existencia de leyes. El estudio se realiza a base de encuesta donde se obtiene como respuesta que muchos usuarios perciben las sanciones como herramientas de recaudación económica más que preventiva, debilitando su legitimidad.

Pérez et al.	2025	<i>25 years of providing evidence on road safety interventions at the city level</i>	Infraestructura – Regulación	Infraestructura	Evalúa 25 años de intervenciones de seguridad vial implementadas en Barcelona desde una perspectiva de salud pública. Analiza políticas legislativas (ley del casco, permisos de motocicleta, sistema de puntos) e infraestructura (radares de velocidad, líneas de parada adelantadas para motocicletas, rutas escolares seguras, zonas de 30 km/h y cámaras de luz roja). Entre 2008 y 2023 se evitaron más de 34 800 lesiones y 1000 lesiones graves. Particularmente, los radares de velocidad y las zonas 30 km/h demostraron gran eficacia, mientras que las medidas como las líneas de parada o cámaras de luz roja, tuvieron efectos limitados o negativos.
--------------	------	--	---------------------------------	------------------------	---

1.6 Relevancia y necesidad de la investigación

A modo de conclusión, el marco teórico y contextual presentado en este capítulo permite establecer las bases necesarias para comprender la problemática de la siniestralidad vial en zonas urbanas, especialmente en el contexto de Piura, donde la infraestructura vial desempeña un papel crucial en la seguridad de todos los usuarios. Pese a los avances conceptuales y metodológicos en seguridad vial a nivel internacional, persisten brechas significativas en ciudades intermedias como Piura, donde las deficiencias en infraestructura vial, la limitada planificación urbana y la ausencia de un sistema estandarizado de registro que permita identificar si un siniestro está asociado a fallas de diseño o de operación, dificultan la formulación de soluciones efectivas. La literatura revisada demuestra que la infraestructura es el pilar más determinante para reducir siniestros y lesiones, pero Piura aún no cuenta con diagnósticos rigurosos ni con herramientas técnicas que permitan relacionar las características físicas de la vía con los siniestros viales. Esta falta de información técnica refuerza la necesidad de una investigación que sistematice la evidencia existente a nivel internacional y evalúe las metodologías utilizadas que abordan los desafíos en cuanto a la infraestructura y seguridad vial, determinando qué intervenciones de infraestructura pueden adaptarse al contexto local. A partir de este análisis, el presente estudio se orienta a cubrir estas brechas, consolidando un estado del arte que permita fundamentar metodológicamente la revisión y selección de evidencia científica, lo cual se desarrollará en el siguiente capítulo.



Capítulo 2

Metodología de revisión de la literatura

En este capítulo se expondrá el enfoque metodológico de la tesis titulada “Estado del arte sobre la prevención de la siniestralidad vial basada en la infraestructura en zonas urbanas. Caso de estudio: Piura”

2.1 Tipo de investigación

La presente investigación corresponde a un estado del arte orientado a recopilar, organizar y analizar la evidencia científica y técnica disponible relacionada con la prevención de la siniestralidad vial basada en la infraestructura en zonas urbanas en Piura, Perú.

El enfoque principal es recopilar la información existente, identificar innovaciones y tendencias para que sea aplicable al contexto local.

2.2 Fuentes de información

Para la recopilación de la evidencia científica y técnica se estableció el uso de distintas bases de datos científicas internacionales: *ScienceDirect*, *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, *ResearchGate*, *National Library of Medicine* y *Google Scholar*, en diversos idiomas, cabe precisar que algunos artículos pertenecen a más de una base de datos. Los artículos científicos comparten características importantes que garantizan la calidad científica de la información que se recopila. Ofrecen herramientas de búsqueda avanzada lo cual facilita la identificación y selección de las fuentes más importantes. Además, para la presente investigación se recurrió a fuentes internacionales de alto reconocimiento institucional; informes y planes de acción de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU). También se revisaron documentos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Foro Internacional del Transporte los cuales promueven el Enfoque del Sistema seguro (*Safe System Approach*) como base para el diseño de infraestructuras seguras.

También se consultaron repositorios universitarios nacionales, entre ellos el de la Universidad de Piura (UDEP), La universidad Nacional de Piura (UNP) y La Universidad San Ignacio de Loyola (USIL), con el fin de identificar tesis, proyectos y estudios técnicos relacionados con la seguridad vial y la infraestructura vial urbana.

Por último, se consultaron fuentes nacionales vinculadas a la gestión del transporte, seguridad vial y planificación urbana. Entre las principales destaca el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través del Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV), el cual recopila estadísticas oficiales sobre siniestros de tránsito, fallecimientos y factores de riesgo del país. Se consultaron documentos de la Política Nacional Multisectorial de Seguridad Vial 2023-2030 e informes del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el cual aborda datos demográficos y de movilidad urbana, así como reportes de la Asociación Peruana de Empresas de Seguros (APESEG) y de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones

de Piura (DRTC). Todas estas fuentes nacionales son esenciales para contextualizar la problemática de la siniestralidad vial enfocado en Piura.

Se incluirán publicaciones realizadas en los últimos 15 años (2010–2025), periodo en el cual la seguridad vial ha ido tomando fuerza y aumentó la cantidad de estudios e innovaciones, a nivel internacional y nacional, para prevenir la siniestralidad vial. Este periodo de análisis es seleccionado debido a que en este intervalo se consolidan los enfoques contemporáneos de seguridad vial como *Safe System Approach*, *Vision Zero* e *iRAP* y se incrementa la producción de investigaciones sobre infraestructura vial urbana. Hay excepciones de estudios clásicos ampliamente citados que exceden el periodo de años ya que posee aportes significativos para el desarrollo de este estado del arte (ej. Novoa et al., 2009), que ofrecen información relevante respecto a qué intervenciones de seguridad vial son más efectivas, concluyendo que son aquellas relacionadas con infraestructura vial, información relevante para el enfoque de la presente tesis. Se considera que este periodo 2010-2025 es suficientemente moderno para que la evidencia sea aplicable a ciudades como Piura.

Respecto al idioma, la investigación incluyó fuentes publicadas en inglés y español, con el objetivo de abarcar información con estudios internacionales como nacionales en contextos latinoamericanos. La mayoría de artículos obtenidos fueron en inglés, obtenidos en páginas científicas: *Scopus*, *ScienceDirect*, *ResearchGate*, *PubMed* y *Web of Science*. Asimismo, se incluyó un artículo en idioma sueco, vinculado a la política Visión Cero implementado en Suecia en 1997, debido a su relevancia histórica como antecedente fundamental en la evolución de estrategias internacionales de seguridad vial.

2.3 Criterios de selección

Se establecieron criterios metodológicos explícitos que orientaron a la selección y análisis de la literatura. En total se identificaron 86 documentos, entre artículos científicos, revisiones sistemáticas bajo directrices PRISMA, estudios observacionales (transversales, longitudinales y antes-después), análisis espaciales y geoespacial en los cuales se evalúan dónde ocurre siniestros según la infraestructura, estudios de caso, informes técnicos e institucionales y evaluaciones de infraestructura, los cuales usan metodologías validadas para clasificar la seguridad vial. En función de ello, la evidencia se clasificó en tres niveles: alta (revisiones sistemáticas), moderadas (estudios observacionales y análisis espaciales) y contextual (casos locales, tesis e informes institucionales); se excluyeron documentos sin metodología explícita, sin vínculo directo con la infraestructura vial y no aplicables al contexto urbano de Piura.

Además, en esta revisión se consideraron diversas variables con el fin de analizar de manera integral la relación entre infraestructura y siniestralidad vial urbana, como elementos de infraestructura vial, tales como diseño geométrico, intersecciones urbanas, cruces peatonales, infraestructura ciclista, pavimento o estado de la vía, iluminación vial, señalización, medidas de calmado de tráfico y elementos de contención y seguridad lateral;

variables de seguridad vial como número de siniestros, severidad, tipo de siniestro y usuarios vulnerables; variables contextuales como tipo de vía, volumen de tránsito y entorno urbano; y variables metodológicas de los estudios necesarias para el estado del arte.

2.4 Definición de las palabras clave

Para la recopilación de información se emplearon términos relacionados con la temática central del estudio, tanto en inglés como español, con el fin de obtener resultados amplios de las fuentes científicas técnicas. Entre las principales se incluyeron: “seguridad vial”, “infraestructura vial”, “siniestralidad urbana”, “prevención de siniestros viales”, “diseño geométrico vial”, “*traffic calming*”, “*road safety infrastructure*”, “*Safe System Approach*”, “tres E”, “cinco pilares”, “*urban crash prevention*” y “*Vision Zero*”. Estas palabras clave, permitieron identificar artículos, informes y documentos técnicos relevantes publicados entre 2010 y 2025 en bases de datos académicas, repositorios institucionales y organismos internacionales.

2.5 Procedimiento de recopilación y análisis de información

La metodología se encontrará orientada a cumplir tres etapas. Se realizará la búsqueda, identificación y recopilación de literatura científica, técnica y normativa tanto nacional como internacional en las distintas bases de datos académicas, con el fin de reunir la evidencia existente respecto al impacto de la infraestructura vial en la prevención de siniestros. Luego, se recopilará información vinculada a métodos y experiencias previas para identificar y prevenir siniestros viales asociados a la infraestructura vial. Finalmente, se evaluará la aplicabilidad de dichas intervenciones en el contexto urbano en Piura, evaluando su viabilidad frente a características sociales, económicas y de transporte, con el propósito de orientar posibles soluciones que aporten a la prevención de siniestros viales.

Para la gestión y organización de las citas y referencias bibliográficas, se utilizará la herramienta Zotero.

2.6 Limitaciones de metodología

Como única limitación se identificaron limitaciones relacionadas con el acceso y la disponibilidad de algunas fuentes internacionales.

Capítulo 3

Estado del arte sobre la prevención de la siniestralidad vial basada en la infraestructura

En el presente capítulo, se desarrolla una revisión exhaustiva de los principales enfoques teóricos, estudios empíricos y normativa relacionados con la prevención de la siniestralidad vial desde la perspectiva de la infraestructura vial urbana. Se organiza y analiza información proveniente de investigaciones científicas, documentos técnicos y publicaciones de organismos internacionales, que estudian cómo el diseño vial, la planificación y el mantenimiento de vías influye en la seguridad de los usuarios frente a siniestros viales.

3.1 Infraestructura vial y su relación con seguridad vial

En el capítulo 1, se llegó a la conclusión de que las intervenciones que lograron mejores resultados en cuanto a seguridad vial fueron las vinculadas con la infraestructura. En este apartado, se profundizará en la relación existente entre infraestructura vial y la seguridad vial en contextos urbanos, intentando comprender cómo las características del diseño, mantenimiento y funcionamiento vial influyen en la ocurrencia de los siniestros de tránsito.

Un entorno vial bien planificado puede reducir significativamente la probabilidad de un siniestro. Factores como el diseño geométrico, la calidad del pavimento, la iluminación, la señalización, la visibilidad, etc.; determinan en gran medida las condiciones de seguridad para los usuarios de la vía y la ocurrencia de siniestros viales. Se puede afirmar que la infraestructura vial segura es la base para reducir lesiones y fallecimientos por dos motivos principales (OMS, 2021; OPS, 2025; ITF, 2016):

3.1.1 Infraestructura vial como factor que reduce la probabilidad de cometer errores

La infraestructura vial segura reduce la probabilidad de que los conductores cometan errores que puedan terminar en siniestros. Se ha demostrado que el comportamiento de los usuarios está determinado en gran medida por el diseño de las calles. En 2020, se realizó un informe por el ITF y la OECD señalando que diversas ciudades están transformando sus vías a través del rediseño urbano y la provisión de la infraestructura protegida. Otro estudio, realizado por la *Foundation for Traffic Safety*, en EE. UU., tuvo como propósito estimar la reducción de lesiones graves y fallecimientos, invirtiendo en elementos de infraestructura vial, como convertir intersecciones clave en rotondas, añadir aceras y cruces peatonales señalizados (Harwood et al., 2017). Esta reconfiguración del espacio vial contribuye directamente a reducir el riesgo de colisiones al ofrecer lugares seguros donde las personas puedan caminar y andar en bicicleta (ITF, 2020).

3.1.2 Infraestructura vial como elemento que minimiza el daño en caso de siniestros

La infraestructura se concibe como un elemento que debe minimizar el daño en caso de accidentes, es decir, que el sistema vial debe estar diseñado para que estos errores inevitables al conducir no resulten fatales (ITF, 2016). Este es el enfoque del Sistema Seguro

(*Safe System Approach*). Se logra reducir el riesgo de lesiones, por ejemplo, gracias a la disminución de la velocidad y el volumen de tráfico en las vías (ITF, 2020).

3.1.3 Influencia del diseño urbano en la seguridad de usuarios vulnerables

Es crucial también considerar la seguridad de los peatones y usuarios vulnerables de las vías, componente esencial del sistema vial. La forma urbana y la infraestructura vial de calles influyen directamente en su seguridad y deben alinearse para favorecer entornos de menor riesgo. Se ha demostrado que características del diseño de la calle, como el ancho, número de carriles y velocidad permitida, tienen un impacto importante y directo sobre la seguridad peatonal. Asimismo, se encontró que las políticas de seguridad vial urbana deberían priorizar la reducción de velocidad, limitar vías arteriales en zonas residenciales y promover calles más adaptadas al peatón (Foreman et al., 2024).

Se encontró que, para la prevención de lesiones de tránsito, es crucial un diseño urbano integral junto con una mayor inversión en el fomento de modos de transporte de menor riesgo. Thompson et al. (2020) analizaron 1692 ciudades globales para estimar la relación entre zonas con un diseño urbano con manzanas más pequeñas, redes viales más densas y sistemas ferroviarios de transporte público más desarrollado, con la carga de lesiones por siniestros de tránsito y controlando el efecto en la economía. Como resultado se obtuvo que las ciudades con peor diseño urbano tenían una razón de riesgo de siniestros dos veces mayor que las de mejor desempeño y una pérdida total estimada de 9,6 millones de años de vida anuales debido a lesiones por accidentes de tránsito. Además, las ciudades que priorizaban la combinación de redes viales densas con redes de transporte público ferroviario más extendida y con manzanas más pequeñas, demostraron tener las tasas más bajas de lesiones por siniestros viales per cápita.

Asimismo, las ciudades que priorizan infraestructura vial peatonal como aceras amplias, cruces peatonales seguros, zonas peatonalizadas y redes de espacios públicos conectados, logran disminuir riesgos de siniestros que afectan a los peatones. De igual forma, ciudades donde el diseño urbano orienta a caminar, presentan menores niveles de dependencia de automóviles, disminuyendo la exposición al riesgo vial y favorece modos de transporte más seguros. En términos de seguridad vial, un buen diseño urbano reduce la velocidad vehicular, aumenta visibilidad en cruces y crean espacios protegidos (Seferoglu & Allahverdiyev, 2025)

La evidencia internacional señala que el impacto del diseño urbano en la seguridad vial depende en gran medida del contexto socioeconómico y de la ciudad. En países de ingresos altos, como Australia y Nueva Zelanda, las intervenciones de seguridad peatonal han sido evaluadas bajo los principios del Sistema Seguro, revelando evidencia de que la reducción de velocidades, cruces peatonales prioritarios y rediseño de infraestructura son eficaces para reducir muertes. En Europa, países como Suecia y Países Bajos priorizan el diseño urbano, como cruces peatonales elevados y el control de velocidad, mostrando reducciones de

muerres de peatones bajo estrategias de Visión Cero. Sin embargo, países de ingresos bajos y medios, como los de Asia, África y Latinoamérica, poseen desafíos de implementación y cumplimiento, resultando prometedor algunos casos aislados cuando las intervenciones se adaptan al contexto urbano. Se demuestra que no todas las intervenciones tienen éxitos en todos los contextos urbanos (Sharma & Dehalwar, 2025).

Las ciudades latinoamericanas con mayor densidad de intersecciones, mayor densidad de población y aquellas con un sistema de transporte público como metros o autobuses tienen tasas más bajas de mortalidad por siniestros viales que ciudades que no poseen estas características. Así mismo, ciudades con mayor PIB per cápita y ciudades con un desarrollo urbano más aislado presentaron una mortalidad más alta por siniestros viales que las ciudades con redes de calles más conectadas y una mayor densidad de intersecciones (Quistberg et al., 2022).

Finalmente, es importante que los urbanistas prioricen la seguridad para usuarios vulnerables como peatones, ciclistas, motociclistas, niños, personas con discapacidad y personas usuarias de transporte público a través de intervenciones específicas bajo el contexto de la ciudad, tomando en cuenta principios como el Sistema Seguro y Visión Cero para la reducción de siniestros viales. Asimismo, aunque existe evidencia sólida sobre los beneficios del diseño urbano caminable, aun se requiere de mayor investigación particularmente en países de ingreso medio y bajos, por los patrones socioeconómicos y patrones de movilidad.

3.2 Elementos de infraestructura que influyen en la seguridad vial

El presente apartado recopila los elementos clave de la infraestructura vial en el contexto de la seguridad. El análisis se centra en el diseño geométrico, la configuración de intersecciones y cruces, la infraestructura especializada para peatones y ciclistas, los sistemas de contención, las características de la superficie de rodadura, la gestión de la velocidad y los sistemas de iluminación y señalización. Se incorpora evidencia internacional sobre la efectividad y aplicabilidad de estos elementos, permitiendo identificar aquellas intervenciones con un rendimiento superior en la reducción de siniestros viales. Adicionalmente, se presentan tendencias emergentes en infraestructura que han demostrado ser exitosas. La síntesis de esta información facilitará la selección de elementos favorables para su implementación estratégica en contextos urbanos específicos.

Una revisión realizada por Papadimitriou et al. (2019) clasificó los factores de riesgo de siniestros relacionados con la infraestructura vial en 10 áreas, determinando cuáles tienen mayor impacto. De los 59 factores, algunos de los más importantes son: Las características del trazado (deficiencias en el trazado horizontal y vertical), características de sección transversal (peralte, carriles, deficiencias en la mediana y arcén), deficiencias en el pavimento, zonas de obra, deficiencias en intersecciones, etc.

En Grecia, se presentó en 2021 el Plan Estratégico Nacional de Seguridad Vial (2021-2030) que proponía medidas como la creación de zonas de 30 km/h en todas las áreas urbanas, creación de rotondas, rediseño de intersecciones, ampliación de aceras, medidas de pacificación del tráfico, límite de velocidad de 20 km/h en los alrededores de las escuelas, mejora de pasos peatonales, creación de infraestructura para bicicletas y scooters y mejora del pavimento, barreras de seguridad, señalización, iluminación y mantenimiento de la vegetación. Sin embargo, hasta la fecha no se han implementado (Anastasiadou & Kehagia, 2025).

Un informe realizado por el *Public Health Ontario* señala que, las intervenciones de ingeniería vial son las más efectivas para reducir la siniestralidad vial en zonas urbanas. Indica que las cámaras de semáforo en rojo, señales dinámicas de velocidad, rotondas e infraestructura para ciclistas disminuyen la tasa de colisión de vehículos, en especial los motorizados.

En cuanto a las cámaras de semáforo rojo, se encontró que disminuyen infracciones por luz roja y colisiones graves, pero pueden incrementar choques por alcance. Se observó una reducción de -20% en choques con lesiones, de -24% en choques en ángulo recto y de -29% en choques en ángulo con lesiones. Sin embargo, presentó aumentos en choques traseros de +9% a +20%.

Por otro lado, convertir intersecciones en rotondas redujo los choques fatales en 72% y lesiones en 44%, no obstante, en intersecciones de baja velocidad, las colisiones con ciclistas aumentaron hasta 100% mientras que en las de alta velocidad con rotondas pequeñas y carriles separados disminuyeron un 40%.

Las señales dinámicas de retroalimentación de velocidad redujeron la velocidad promedio de los vehículos después de su instalación, con efecto inmediato después del punto de señalización. Se considera una medida eficaz de gestión de velocidad.

Las medidas de pacificación del tráfico mostraron reducciones de 15-25% en colisiones y lesiones. Las zonas con medidas de calmado como badenes, estrechamientos, etc., mostraron buenos resultados, sin embargo, algunos resultados no fueron significativos. Los autores señalan que tiene potencial para la disminución de lesiones y muertes, pero se requiere de más investigación por la variabilidad entre estudios.

La infraestructura peatonal como semáforos con contador, cruces peatonales, marcaciones de pavimento en forma de paralelogramo y guardias escolares en los cruces lograron una reducción importante en la siniestralidad. Las colisiones peatonales disminuyeron en 70% tras la instalación de semáforos con contador, los cruces peatonales mostraron mejoras de seguridad frente a sitios sin intervención y las marcas de pavimento en forma de paralelogramo redujeron la frecuencia y severidad de las colisiones en los cruces.

Es importante resaltar que la efectividad de la infraestructura vial para reducir siniestros viales depende en gran medida del contexto local y comportamiento de sus usuarios, del diseño y mantenimiento de la infraestructura y de la evaluación continua de resultados (PHO, 2023).

Los elementos de infraestructura vial que la literatura internacional reconoce como determinantes en la seguridad vial se pueden agrupar de la siguiente manera:

3.2.1 Diseño geométrico de la vía

El diseño geométrico de las vías es uno de los factores más importantes en seguridad vial ya que define las condiciones con las cuales los usuarios y conductores interactúan entorno al tránsito (Benekohal 2019).

Estudios enfocados en el diseño geométrico y la seguridad tienen como objetivo mejorar el diseño de carreteras y eliminar zonas peligrosas. El efecto que poseen los elementos de diseño como las curvas horizontales y verticales, el ancho del carril, ancho de arcén, el peralte, el radio de curva, el ancho de mediana, la distancia de visibilidad, etc., en la seguridad han demostrado su influencia directa en la misma. Por ejemplo, carriles muy estrechos limitan las maniobras y aumentan el riesgo de colisiones laterales, mientras que carriles demasiado anchos pueden inducir mayores velocidades y, con ellos, aumentar siniestros. De la misma manera, bermas proporcionan espacio de recuperación ante salidas de vía, aunque sobreamplitud puede generar exceso de confianza en los conductores. Las curvas horizontales, radios reducidos y superelevaciones inadecuadas están relacionados con una mayor incidencia de colisiones por pérdida de control, especialmente en pendientes muy prolongadas. La evidencia señala que el impacto de cada elemento geométrico depende del contexto, como el tipo de vía, volumen de tráfico, topografía y comportamiento de usuarios (Mohammed, 2019).

3.2.2 Intersecciones y cruces

Los cruces sin semáforo aumentan considerablemente un riesgo de seguridad vial, poniendo en riesgo vidas por la interacción entre vehículos y peatones. Actualmente existen semáforos inteligentes, llamados PTL o semáforos peatonales con pulsador, que permiten a los peatones activar la señal solo cuando necesitan cruzar; el implemento de estos mejora la seguridad de los peatones y elimina o reduce las largas colas vehiculares, especialmente en intersecciones con baja afluencia de peatones (Wang et al., 2021).

3.2.3 Infraestructura peatonal y ciclista

Un estudio realizado en EE.UU. sobre como el diseño, la señalización y el entorno de los cruces peatonales influye en la seguridad vial destacó que los cruces no controlados, es decir sin semáforos ni señales de pare tienden a tener tasas mucho más altas de choques peatonales y en cuanto al diseño de estos cruces, se menciona que los cruces más efectivos

son aquellos que poseen buena iluminación nocturna y señalización previa que advierte a los conductores que se aproxima un cruce (Merrefield, 2023)

En cuanto a la infraestructura ciclista, un estudio realizado por Marshall y Ferenchak (2019) señalan que la infraestructura ciclista protegida y separada se asocia con menores tasas de mortalidad y lesiones a nivel de escala urbana. Asimismo, destaca que una mayor densidad de intersecciones, características de entorno compactos y de baja velocidad contribuye a la reducción de siniestros de tránsito. Factores como separación física, continuidad del corredor ciclista, visibilidad en cruces y el ancho adecuado del carril constituyen elementos importantes para la reducción de siniestros de ciclistas en zonas urbanas. Es importante mencionar que, en ciudades con índices bajos en cuanto al uso de bicicletas, la seguridad es débil debido a la escasez de infraestructura disponible, por lo que el aumento de ciclistas disminuiría la probabilidad de colisiones (Ferenchak & Marshall, 2024).

La implementación de ciclovías, en especial las protegidas y físicamente separadas del tráfico motorizado, han demostrado ser una de las estrategias más efectivas para la reducción de la siniestralidad vial. Diversos estudios evidencian que estas infraestructuras ayudan con la reducción de la incidencia de choques entre vehículos y ciclistas, así como las lesiones en peatones. En Nueva York, las instalaciones de ciclovías protegidas redujeron un 20% de las lesiones totales en los corredores intervenidos, mientras que en Montreal se redujo un 28% en las tasas de lesiones por kilómetro recorrido en calles con ciclovías respecto a aquellas sin esa infraestructura (Lusk et al., 2011; Teschke et al., 2012).

3.2.4 Sistemas de contención y seguridad pasiva

La seguridad pasiva vial comprende medidas orientadas a mitigar la severidad de los siniestros una vez ocurridos, protege a los ocupantes de los vehículos y terceros. Este sistema de contención cumple un rol esencial para evitar que los vehículos invadan carriles opuestos o impacten contra obstáculos. Los más usados son las barreras metálicas flexibles, redirigiendo progresivamente el vehículo reduciendo la energía de impacto; otro son las barreras rígidas de concreto, efectivas para separar flujos opuestos de tráfico; y los amortiguadores de impacto, diseñados para disipar energía cinética y así reducir lesiones graves (RTMC, 2021).

3.2.5 Condición superficial de la vía

Las condiciones del pavimento poseen una influencia importante y significativa respecto a la severidad de los siniestros, los pavimentos deteriorados se relacionan con una mayor proporción de siniestros graves, sin embargo, pavimentos en buen estado pueden fomentar velocidades más altas, lo que puede ser poco beneficioso. Los autores señalan la importancia del mantenimiento del pavimento como medida de mitigación contra la siniestralidad vial (Li et al., 2013).

3.2.6 Gestión de velocidad a través de la infraestructura

La gestión de la velocidad mediante la infraestructura constituye una estrategia esencial de seguridad vial, puesto que busca inducir al conductor moderar su comportamiento sin la necesidad de depender de fiscalización policial. Bajo el enfoque *traffic calming*, se emplean medidas físicas y geométricas como lomadas, mesas elevadas, islas medianas, estrechamientos de carril y extensiones de acera, las cuales generan una percepción de estrechez o una deflexión en la trayectoria que obliga a reducir la velocidad (FHWA, 2023).

3.2.7 Iluminación y señalización

La correcta iluminación vial es un componente crítico de la seguridad, mejora la visibilidad de conductores y peatones, reduce la percepción de riesgo e incrementa los tiempos de reacción. La instalación de sistemas de alumbrado en vías urbanas y rurales está asociada con una disminución significativa de los siniestros nocturnos y con la reducción de atropellos en cruces peatonales (Bullough et al., 2013; Peña-García et al., 2015)

La señalización constituye un mecanismo de comunicación directa entre la vía y los usuarios, orientando la circulación y reforzando los límites de velocidad, cruces y condiciones de riesgo. Unas señales claras, visibles y en buen estado se relacionan con menos incidencia de siniestros, mientras que ausencia o desgaste de estas incrementan la posibilidad de colisiones (European Transport Safety Council, 2019).

En la **Tabla 2** se sintetizan y reúnen los diversos informes y estudios que identifican y analizan los principales elementos de la infraestructura vial que son aplicados para la reducción de siniestros viales. Se observa que, el rediseño de intersecciones, la creación de entornos viales de baja velocidad, la separación física de flujos y la incorporación de infraestructura peatonal y ciclista son estrategias efectivas en la reducción de colisiones. Así mismo, los enfoques como Visión Cero y el *Safe System Approach* refuerzan la necesidad de que el diseño vial urbano esté concebido para tolerar el error humano. En conjunto, la literatura señala que la planificación del mantenimiento de una infraestructura urbana segura no solo reduce siniestros, sino que también promueve una movilidad sostenible.

Entre los elementos analizados, las rotondas, los cruces peatonales elevados, las zonas de velocidad reducida, las barreras centrales y las ciclovías segregadas destacan por su efectividad comprobada. Diversos estudios internacionales reportan que convertir intersecciones tradicionales en rotondas reduce entre un 70% y un 80% de los choques fatales (Ronan, 2016; ITF, 2016; *Federal Highway Administration* (FHWA), 2017); los pasos peatonales elevados logran disminuciones de hasta 45% en siniestros peatonales (FHWA, 2017); y las zonas 30 km/h, junto con medidas de pacificación del tráfico, reducen entre 15% y 50% la incidencia de lesiones graves (Akbari et al., 2024; (ETSC), 2019). Por su parte, la infraestructura ciclista segregada ha demostrado reducir entre 20% y 38% las lesiones y muertes de ciclistas Lusk et al., 2011 ; Marshall y Ferenchak, 2019; Teschke et al., 2012),

mientras que la iluminación y señalización vial adecuadas están asociadas con mejoras significativas en la visibilidad y la percepción de seguridad (Peña-García et al., 2015; Merrefield, 2023). Estos hallazgos conforman que los elementos de infraestructura vial que combinan control de velocidad, separación física y diseño geométrico seguro son los que producen mayores beneficios en contextos urbanos.

Las rotondas son el elemento de infraestructura vial con mayor efectividad comprobada en la reducción de muertes y lesiones graves en zonas urbanas, superando el 80% en algunos contextos. Su éxito se debe a que reduce drásticamente los puntos de conflicto y obligan a velocidades seguras sin requerir de fiscalización externa.

A partir del análisis anterior, se elaborará la **Tabla 3**, la cual sintetiza los hallazgos de la literatura agrupando los principales elementos de infraestructura vial urbana y los autores que los abordaron. En esta tabla se identificarán los elementos más recurrentes en la literatura y sus resultados. Además, servirá como base para identificar qué elementos podrían ser priorizados en futuras intervenciones en la ciudad de Piura, considerando el contexto urbano, condiciones de movilidad y seguridad vial.



Tabla 2*Elementos de la infraestructura vial aplicados a la seguridad vial*

Autor (es)	Año	Elementos o tipos de intervención de infraestructura vial	Objetivo o función principal del elemento	Evidencia o efecto reportado en la seguridad vial
Lusk et al.	2011	Carriles segregados para bicicleta	Proveer un espacio protegido para ciclistas mediante separación física del tráfico motorizado.	Los ciclistas que usan los carriles segregados experimentaron menor riesgo que los ciclistas en calles sin protección física.
Teschke et al.	2012	Ciclovías segregadas, carriles compartidos, intersecciones, condiciones de pavimento y señalización	Ofrecer infraestructura ciclista y condiciones viales que reduzcan la exposición al riesgo.	Calles con ciclovías físicamente segregadas presentan riesgo de lesión 9.6 veces menor que calles sin infraestructura ciclista. Las intersecciones sin señales de parada o tránsito, vías sin separación física y pavimentos en mal estado aumentan probabilidad de siniestros.
Li et al.	2013	Condición del pavimento	Garantizar superficies de rodadura seguras que eviten pérdidas de control y reduzca la severidad de siniestros.	Siniestros ocurridos en pavimentos en mal estado tienen mayor probabilidad de ser fatales a comparación de los que están en buen estado.
Aguilera et al.	2014	Rediseño geométrico, rotondas, control de velocidad, pasos peatonales elevados, iluminación y señalización.	Estos elementos controlan la velocidad y disminuyen incidentes.	Las rotondas, reductores de velocidad e infraestructura peatonal reducen siniestros significativamente.
Peña-García et al.	2015	Iluminación pública vial	Mejorar la visibilidad nocturna y percepción de seguridad peatonal.	Calles con mayor iluminancia y distribución uniforme de esta aumentan la percepción de seguridad de peatones y reducen el miedo de caminar por la noche. La luz blanca es más segura que la amarilla.

<i>International Transport Forum (ITF)</i>	2016	Barreras centrales, rotondas, tratamientos de seguridad lateral, medidas de reducción de velocidad, separación de usuarios por función y velocidad.	Reducir fuerzas de impacto y prevenir colisiones graves.	Esos elementos ayudan a reducir la gravedad de las colisiones y a prevenir muertes al limitar las fuerzas de impacto y adaptar a los errores humanos el diseño vial.
Ronan	2016	Rotondas, barreras centrales, pasos peatonales elevados, vías segregadas para usuarios vulnerables, control de velocidad mediante diseño vial.	Mejorar la seguridad reduciendo la energía de impacto y creando vías tolerantes al error humano mediante el diseño físico y gestión de velocidad.	Las medidas de diseño, la gestión de la velocidad es clave para limitar severidad del impacto. Principios del sistema seguro.
<i>AAA Foundation for Traffic safety</i>	2017	Barreras medianas, carriles de giro, rotondas, iluminación vial, señalización, aceras y carriles para bicicletas.	Reducen fuerzas de impacto y reduce gravedad de colisiones.	La inversión en estos elementos demostró beneficios significativos, las reducciones estimadas de choques están entre el 10% y más el 50% dependiendo del contexto del lugar.
<i>Federal Highway Administration (FHWA)</i>	2017	Refugios peatonales en mediana	Proveer un lugar seguro para que los peatones se detengan en el medio de la calzada antes de cruzar.	Reducen los choques peatonales en un 56% en cruces peatonales señalizados.
<i>Federal Highway Administration (FHWA)</i>	2017	Cruces peatonales elevados	Funciona como una medida de pacificación del tráfico, elevando físicamente el área del cruce, incrementando la atención de los conductores hacia los peatones.	Los cruces peatonales elevados reducen hasta un 45% de los siniestros peatonales.
<i>Federal Highway Administration (FHWA)</i>	2017	Iluminación mejorada en pasos peatonales	Mejora la visibilidad de los peatones, además ayuda a los conductores a detectarlos de noche.	La iluminación mejorada en los cruces peatonales ha demostrado reducir un 42% los choques peatonales nocturnos.
<i>Federal Highway Administration (FHWA)</i>	2017	Rediseño de intersecciones en rotondas	Diseñadas para reducir los puntos de conflicto y disminuir velocidades.	Las rotondas reducen los choques entre un 78% y 82% de víctimas fatales en comparación con las intersecciones tradicionales.

Gupta et al.	2018	Cruces peatonales elevados, carriles segregados para tráfico no motorizado, zonas de velocidad reducida, mejora de señalización e iluminación vial, rediseño de carreteras urbanas.	Dirigidas para reducir lesiones y muertes en usuarios vulnerables como peatones, ciclistas y motociclistas en países de ingreso bajo y medio.	Estas medidas redujeron las colisiones y muertes entre los usuarios vulnerables en un 15% a 40%.
Kristianssen et al.	2018	Barreras centrales, rotondas y carriles separados	Prevenir colisiones laterales y choques frontales.	Visión Cero y la implementación de estos cambios en la infraestructura, redujo a la mitad las muertes y un 60% entre los usuarios de automóviles entre 2000 y 2010.
Benekohal	2019	Diseño geométrico de la vía, señalización y gestión de velocidad	Un buen diseño geométrico optimiza el control vehicular y mejora visibilidad.	Carriles muy estrechos o muy anchos, curvas con radios reducidos y limitada visibilidad aumentan los choques; el rediseño geométrico, las bermas y la adecuada señalización los reducen.
<i>European Transport Safety Council (ETSC)</i>	2019	Gestión de la velocidad, zonas 30 km/h, rotondas, rediseño urbano, pasos peatonales mejorados, señalización e iluminación vial.	Reducir velocidades y proteger peatones y ciclistas con zonas 30, rotondas e infraestructura segura.	Los límites de velocidad más bajos, las rotondas, zonas 30 km/h e infraestructura vial mejorada para peatones y ciclistas, lograron la reducción más significativa de muertes por siniestro vial.
<i>Institute for Transportation and Development Policy (ITDP).</i>	2019	Aceras continuas, redes ciclistas protegidas, cruces seguros, iluminación adecuada, diseño accesible.	Propician calles que provean instalaciones seguras para peatones, automóviles y ciclistas.	El priorizar la infraestructura peatonal y ciclista, junto a la gestión de velocidad mediante el diseño urbano, reduce significativamente siniestros viales.
Marshall y Ferenchak	2019	Infraestructura ciclista y urbana: carriles bici segregados, calles calmadas, cruces seguros y conectividad vial	Fomentar viajes seguros mediante infraestructura ciclista conectada y tráfico calmado.	Las ciudades con mayores niveles de infraestructura ciclista y mayor tasa de uso de bicicletas se asocian con un 14%-38% menos de muertes per cápita, con tráfico calmado y velocidades vehiculares reducidas.

Mohammed	2019	Ancho de carril, ancho de berma, ancho de mediana, radio de curvatura, pendiente, distancia de visibilidad y condiciones del pavimento	Regular la geometría y condiciones operativas de la vía para garantizar maniobrabilidad, estabilidad vehicular y visibilidad segura.	Carriles más anchos se asocian a mayor seguridad, las bermas ayudan a recuperar el control de los vehículos. Las medianas sirven para separar flujos opuestos de tráfico y reducen choques frontales, los radios de curva pequeños aumentan las tasas de accidentes, las pendientes pronunciadas están relacionadas con más colisiones, una distancia de visibilidad corta incrementa el riesgo de choque y los pavimentos irregulares son un peligro para los conductores.
Thompson et al.	2020	Diseño urbano y vial: densidad de intersecciones, calles conectadas, presencia de aceras y carriles para bicicleta	Promover redes viales conectadas y velocidades bajas mediante diseño urbano seguro.	Las ciudades con redes viales densas, intersecciones conectadas, aceras y una infraestructura ciclista mostraron tasas de lesiones de tránsito más bajas. El diseño urbano con velocidades vehiculares reducidas, generó hasta 40% menos de lesiones a comparación con ciudades con avenidas amplias y planificación centrada solo en el vehículo.
Green, B	2021	Cruces peatonales elevados	Elevar el cruce peatonal, ayuda a reducir la velocidad de vehículos y mejora la visibilidad de los peatones para visualizar a los conductores que se aproximan.	Eficaz para cuando la actividad peatonal es muy alta y se es necesario moderar la velocidad de los vehículos
Green, B	2021	Islas refugio peatonales	Brindan un área de espera segura para los peatones que cruzan vías de varios carriles	Proporciona seguridad del cruce ya que reduce el tiempo de exposición del peatón.
Green, B	2021	Barreras laterales	Protegen a los usuarios de la vía de peligros laterales como árboles, taludes pronunciados o postes.	Reducen la gravedad de los choques por salida de vía.

Green, B	2021	Carriles segregados para ciclistas	La separación física entre vehículos y motorizados proporcionan un espacio de circulación más seguro para ciclistas.	Reduce la posibilidad de choque entre vehículos motorizados y ciclistas.
Green, B	2021	Franjas sonoras	Alertan a los conductores cuando salen del carril de circulación	Previene choques por salida de vía o frontales producidos a falta de atención o fatiga del conductor.
<i>Road Traffic Management Corporation (RTMC)</i>	2021	Sistema de contención y seguridad pasiva (Barreras metálicas flexibles, barreras de concreto y amortiguadores de impacto)	Mitigar la severidad de los siniestros una vez ocurridos, protegiendo a los usuarios y evitando invasión de carriles opuestos o impactos contra obstáculos laterales.	Los sistemas de contención redirigen progresivamente a los vehículos, disipando energía cinética y reduciendo la gravedad de lesiones. Las barreras metálicas y de concreto demostraron disminuir colisiones laterales y frontales, y los amortiguadores de impacto reducen las lesiones graves significativamente.
Wang et al.	2021	Semáforos peatonales con pulsador (PTL)	Coordina el cruce de peatones y flujo vehicular en las intersecciones, evitando conflictos directos y reduciendo demoras.	EL PTL mejora la eficiencia de los cruces peatonales, reduce la demora vehicular y aumenta la seguridad al separar intervalos temporales entre vehículos y peatones.
Wijnands et al.	2021	Radios de esquina reducidos, islas peatonales, carriles de giro separados, pasos peatonales.	Ayudan a reducir los puntos de conflicto y moderar las velocidades de los vehículos.	Las intersecciones con islas peatonales, radios de giro reducidos y carriles de giro separados demostraron menores tasas de colisión comparado con aquellas sin dichos elementos.
Tavakkoli et al.	2022	Rediseño de vías, instalación de separadores centrales, pasos peatonales elevados, carriles exclusivos para ciclistas, iluminación y señalización	Mejoran la seguridad estructural de la vía mediante elementos físicos.	Las intervenciones de infraestructura vial y medidas de reducción de velocidad de los vehículos mediante el diseño geométrico tienen el impacto más consistente en la disminución de siniestros viales. Mejoras en la infraestructura son asociadas con reducciones del 25% al 50% en lesiones y muertes, especialmente en zonas urbanas y escolares

Merrefield	2023	Cruces peatonales controlados y no controlados, iluminación vial y señalización previa	La iluminación nocturna mejora la visibilidad de peatones y el tiempo de reacción del conductor; la señalización previa alerta a los conductores sobre la proximidad de cruces; y los cruces controlados regulan la interacción vehículo-peatón y minimiza conflictos.	Los cruces bien iluminados y con señalización previa son más efectivos para reducir los choques peatonales. Los cruces no controlados están asociados con tasas más altas de siniestros por la falta de infraestructura adecuada.
Organización Mundial de la Salud (OMS)	2023	Aceras, cruces seguros, islas de refugio, carriles para bicicleta y gestión de velocidades	Esenciales para prevenir choques y reducir gravedad de lesiones. La gestión de la velocidad establece y hace cumplir los límites de velocidad adecuados lo cual reduce las muertes por tránsito especialmente en áreas urbanas.	Casi el 80% de las carreteras no cumplen con la calificación mínima de tres estrellas en seguridad peatonal, por lo que se requiere de mejoras en estos elementos de infraestructura vial.
Akbari et al.	2024	Rediseño de intersecciones, medidas de calma de tráfico, mejoras en señalización, barreras y alumbrado público.	Su función principal es evaluar cuál de las intervenciones estructurales son más efectivas para la prevención de siniestros.	Medidas de ingeniería, especialmente la calma del tráfico, rediseño de cruces e iluminación vial, demostraron efectividad en la reducción de tasas de siniestros y lesiones.
Khan, M & Das, S.	2024	Separación física del tránsito (Barreras centrales), rotondas, gestión de velocidad, carriles bici, pasos peatonales seguros y elementos de seguridad pasiva.	Disminuir exposición y severidad mediante separación de tránsito y moderación de velocidad.	La infraestructura diseñada bajo principios del sistema seguro, incluyendo separación de flujos, rotondas y reducción de velocidad, puede reducir entre un 30% y 70% la probabilidad de lesiones.
Pérez et al.	2024	Cámaras de control de velocidad, líneas de parada adelantadas para motociclistas, rutas escolares seguras, zonas de 30 km/h y cámara de luz roja.	Integrar infraestructura y control para reducir lesiones y mejorar desempeño vial.	Se demostró que la infraestructura vial combinada con la regulación y educación vial, reduce muertes por siniestro viales.

Williams, J	2024	Aceras, ciclovías, cruces seguros, barreras centrales e infraestructura para gestión de velocidad	La estrategia promueve una infraestructura vial más segura a través de la implementación de estos elementos, alineándose con el sistema de clasificación por estrellas IRAP. Brindan protección peatonal y control de velocidades.	Se alinean con el enfoque IRAP, el cual ha mejorado la seguridad vial y ha reducido lesiones y muertes en vías intervenidas.
Organización Panamericana de la Salud (OPS)	2025	Calles completas, ciclovías, pasos peatonales seguros, zonas 30 km/h	Reducir exposición y severidad mediante rediseño, segregación física y moderación de velocidad.	La implementación de zonas de velocidad reducida (30 km/h) y el rediseño de calles para todos los usuarios han demostrado reducir significativamente las lesiones graves y las muertes por siniestros viales en entornos urbanos.

Tabla 3

Resumen de elementos más recurrentes de la infraestructura vial aplicados a la seguridad vial

Elemento de infraestructura vial	Autores que lo abordaron	Función o propósito general del elemento
Diseño geométrico de vía	(Mohammed, 2019; Benekohal, 2019; Aguilera, 2014; ITF, 2016; Ronan 2016; Akbari et al., 2024)	Mejorar la seguridad vial mediante la configuración física de la vía: anchos de carril y berma adecuadas, radio de curva, pendientes y visibilidad que reduzca la pérdida de control y la severidad de choques. El rediseño geométrico permite adaptar la vía al error humano y controlar velocidades.
Intersecciones y rotondas	(FHWA, 2017; Ronan 2016; ITF, 2016; Kristianssen et al., 2018; Thompson, 2020; Wijnands et al., 2021; Akbari et al., 2024; Pérez et al., 2024)	Reducir puntos de conflicto y la gravedad de colisiones; controlar velocidades en intersecciones y mejorar la circulación mediante rotondas, radios reducidos y carriles de giro separados.
Infraestructura peatonal	(FHWA, 2017; Gupta et al., 2018; ETSC, 2019; ITDP, 2019; Wang et al., 2021; Merrefield, 2023; OMS, 2023; OPS; 2025)	Facilitar cruces seguros, reducir la exposición al tránsito y mejorar la visibilidad y el tiempo de reacción de los conductores. Incluye pasos peatonales elevados, islas de refugio, aceras y cruces señalizados.
Infraestructura ciclista	Lusk et al., 2011; Teschke et al., 2012; Marshall & Ferenchak, 2019; Gupta et al., 2018; Green, 2021; OMS, 2023; OPS; 2025)	Proporcionar espacios de circulación seguros mediante carriles segregados o protegidos, reduciendo lesiones y muertes de ciclistas y mejorando la convivencia vial.
Sistemas de contención y seguridad pasiva	(RTMC, 2021; ITF, 2016; Kristianssen et al., 2018; Ronan, 2016; Hardwood et al., 2017; Khan & Das, 2024; Williams, 2024)	Evitar que los vehículos invadan carriles opuestos o impacten obstáculos. Elementos como barreras centrales, laterales y amortiguadores de impacto reducen la severidad de los choques y protegen a usuarios vulnerables.
Condición superficial del pavimento	(Li et al., 2013; Mohammed, 2019)	Mantener la adherencia y fricción adecuada; pavimentos en buen estado reducen siniestros graves y facilitan el control del vehículo.
Gestión de velocidades a través de la infraestructura	(FHWA, 2017; Ronan, 2016; ETSC, 2019; ITDP, 2019; Akbari et al., 2024; Khan & Das, 2024; OPS; 2025)	Controlar la velocidad de los vehículos mediante medidas físicas y de diseño geométrico (Zonas 30 km/h, badenes, estrechamientos, rotondas, pacificación del tráfico).

Iluminación vial	(Peña-García, 2015; FHWA, 2017; Gupta et al., 2018; Merrefield, 2023; Akbari et al., 2024)	Mejora la visibilidad nocturna y la percepción de seguridad de peatones y conductores, reduciendo atropellos y choques nocturnos.
Señalización vial	(Aguilera, 2014; FHWA, 2017; Gupta et al., 2018; ETSC, 2019; Merrefield, 2023)	Guiar y advertir a los usuarios sobre riesgos, límites de velocidades y cruces. Una señalización clara, visibles y mantenida previene colisiones y mejora la seguridad vial.



3.3 Estrategias de prevención de la siniestralidad vial basadas en la infraestructura vial

Las estrategias de prevención de la siniestralidad vial basadas en la infraestructura evidencian un avance progresivo desde las intervenciones de ingeniería aislada hacia enfoques sistémicos de seguridad vial. A partir de las primeras revisiones (Novoa et al., 2009; OMS, 2011) se priorizó la reducción del riesgo mediante el diseño geométrico y la planificación de entornos seguros, consolidándose posteriormente los enfoques de Sistema Seguro y Visión Cero (OECD/ITF, 2016; Kristianssen et al., 2018), orientando políticas internacionales y nacionales hacia la creación de entornos viales que toleran el error humano y mitigan sus consecuencias.

A partir de la literatura revisada, se identifican diferentes tipos de intervenciones de infraestructura vial orientadas a reducir los siniestros. Esta clasificación permite describir qué propone la evidencia.

3.3.1 Intervenciones estructurales y rediseño vial

- Priorizar intervenciones estructurales por encima de regulación y educación vial (Novoa et al., 2009)
- Intervenciones de seguridad relacionadas a diseño geométrico y mejoras en la infraestructura (Benekohal, 2019)
- Mejora de diseño geométrico: radios, peraltes, pendientes para mejorar la seguridad vial (Mohammed, 2019)
- Implementación de intersecciones seguras y rediseños urbanos (Kim et al., 2017)
- Incorporación de rotondas, iluminación y gestión de accesos para reducir puntos de conflictos (FHWA, 2017)
- Implementación de medidas de Visión Cero como rediseño vial, calmado de tráfico, infraestructura segura (Trafikverket, 2016)

3.3.2 Infraestructura para usuarios vulnerables

- Construcción de ciclovías físicamente segregadas (Lusk et al., 2011)
- Selección de ruta e infraestructura con menor riesgo para ciclistas mediante pistas separadas y rutas protegidas (Teschke et al., 2012)
- Incremento de ciclovías para mejorar la seguridad vial de zonas urbanas (Marshall & Ferenchak, 2019)
- Aplicación del enfoque *Complete Streets* (calles completas) que promueven calles accesibles y seguras para todos los usuarios (ITDP, 2019)

3.3.3 Gestión de velocidades por diseño

- Aplicación del enfoque del Sistema Seguro mediante rediseñar la infraestructura que tolera el error humano y controla velocidades (ITF, 2016)
- Enfoque de tolerancia al error humano mediante rediseño de intersecciones y velocidades seguras (Ronan, 2016)
- Políticas suecas de Visión Cero basadas en rediseño vial y control de velocidades por infraestructura (Kristianssen et al., 2018)
- Intervenciones de diseño vial con alta efectividad en reducción de muertes (Akbari et al., 2024)

3.3.4 Iluminación, visibilidad y control de riesgos

- Mejora de iluminación en intersecciones e instalar iluminación LED para aumentar la visibilidad y reducir la probabilidad de choques (Bullough et al., 2013)
- Refuerzo de la iluminación en cruces peatonales mediante luminarias focalizadas (Bullough et al., 2013)
- Iluminación continua en ciclovías y cruces ciclistas (Green, 2021)

3.3.5 Mantenimiento, ordenamiento y operación de la infraestructura

- Destinar gasto en mantenimiento de infraestructura como estrategia efectiva para reducir siniestros (Albalade et al., 2013)
- Fomentar inversiones en infraestructura vial segura, mantenimiento y un mejor diseño como política de seguridad y desarrollo (World Bank., 2015)
- Reconocer la importancia del diseño vial seguro para reducir la mortalidad (ETSC, 2019)
- Asegurar la conservación de la señalización vertical y horizontal (FHWA, 2017)
- Mantener de forma continua la limpieza en intersecciones y accesos y evaluar periódicamente los elementos de seguridad vial existentes (ETSC, 2019)
- Coordinar mantenimiento e intervenciones con estrategias de calmado de tráfico (Trafikverket, 2016)

3.3.6 Políticas estratégicas internacionales

- Planificación e inversiones en infraestructura segura dentro de su *Global Plan for the Decade of Action for Road Safety* (WHO, 2011)
- Recomendación de implementar el enfoque de Sistema Seguro en América Latina (OPS, 2025)

- Incorporación del modelo iRAP para evaluar riesgo vial y priorizar intervenciones basadas en evidencia (Williams, 2024)
- Evidencia sólida de la efectividad de intervenciones regulatorias y de ingeniería para reducir lesiones (Gupta et al., 2018)
- Evaluación mediante estrellas para detectar puntos de alto riesgo y priorizar intervenciones (Green, 2021)
- Lineamientos estratégicos de Visión Cero como política nacional para el rediseño vial seguro (Trafikverket, 2016)

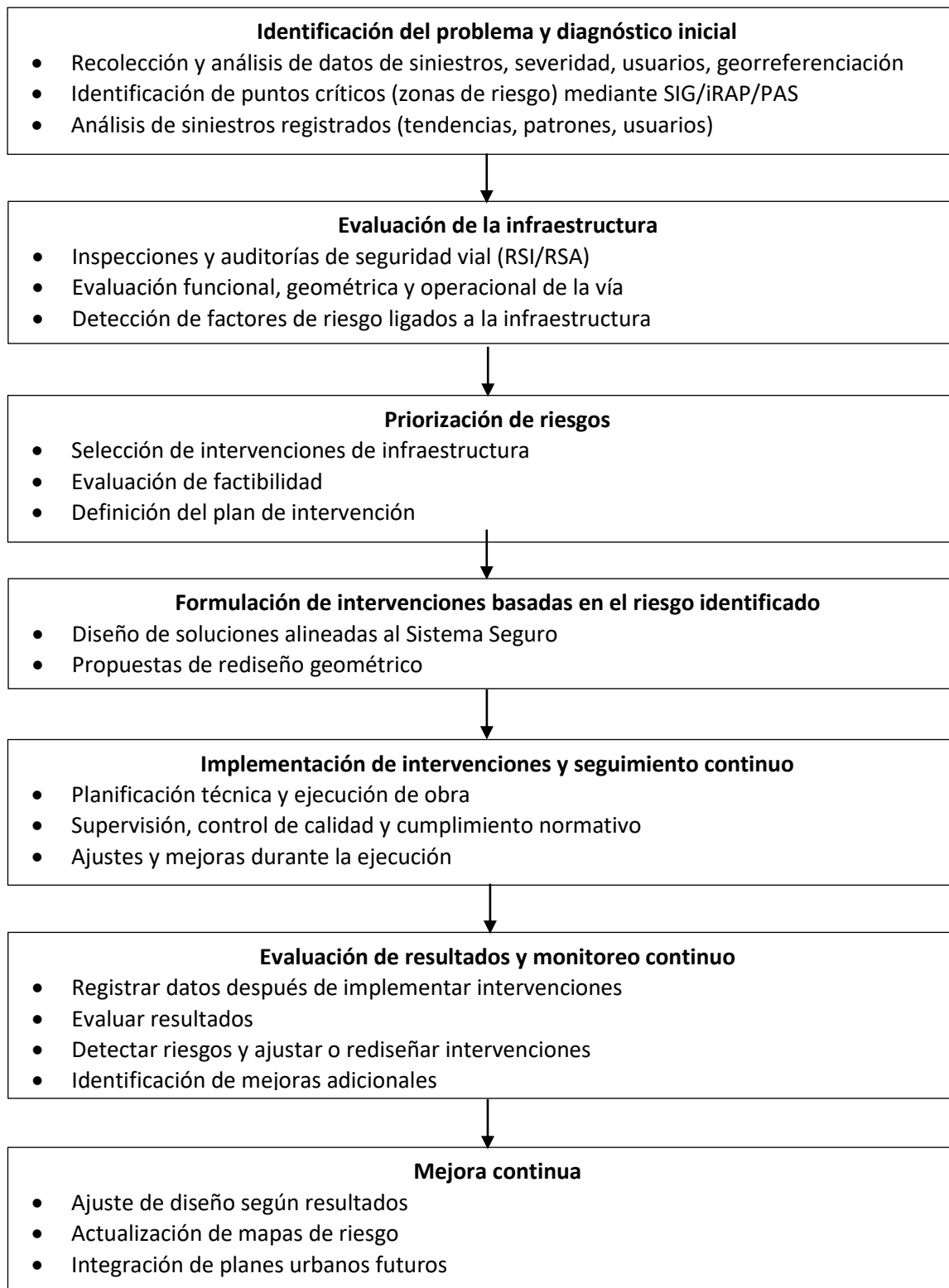
3.3.7 Auditorías e inspecciones de seguridad vial

- Aplicar auditorías (RSA) desde las fases tempranas del proyecto, desde planeación hasta diseño final (Soria et al., 2018)
- Aplicar inspecciones (RSI) de manera frecuente especialmente en zonas de alta siniestralidad (Soria et al., 2018)
- Revisión de la vía para identificar peligros potenciales y proponer medidas correctivas (Soria et al., 2018)
- Reglamentar y estandarizar el proceso de auditoría (Soria et al., 2018)
- Implementar programas de auditorías e inspeccionar periódicamente la infraestructura existente (Soria et al., 2018)
- Definir qué proyectos deben ser auditados y con qué procedimientos (Soria et al., 2018)

Con el fin de presentar una visión estructurada de las estrategias de prevención basadas en la infraestructura vial, se elaboró un diagrama de flujo que sintetiza el proceso que la literatura internacional propone para reducir la siniestralidad vial. Este esquema integra los elementos principales del enfoque de Sistema Seguro y Visión Cero, organizando etapas que permitan diagnosticar, intervenir y evaluar la red vial.

Figura 2

Proceso de una estrategia de prevención de siniestros viales basada en infraestructura urbana segura



Nota. Elaboración propia basada en enfoques internacionales de seguridad vial (Safe System, Vision Zero, WHO, OECD/ITF, FHWA).

Esta estrategia puede adaptarse a ciudades con diferentes niveles de desarrollo o contextos urbanos.

3.4 Registro y detección de siniestros viales asociados a la infraestructura vial

En el presente apartado se aborda únicamente la etapa de registro y detección de siniestros viales asociados a la infraestructura, debido a que para el caso de estudio de la ciudad de Piura, aún no existe un sistema moderno e integrado que permita recopilar, vincular y analizar la información de forma adecuada. Por lo tanto, se enfoca en esta etapa básica o punto cero por el cual Piura necesita comenzar. Este punto de partida es necesario para cualquier proceso posterior de diagnóstico de la infraestructura.

En este contexto, los siniestros viales, en especial aquellos con heridos graves o fallecidos, son incluidos regularmente en la recopilación de datos administrativos. La policía y otros organismos encargados de la seguridad vial y de gestionar los sistemas de datos centrados en los siniestros registran el dónde, cuándo y cómo ocurrió el siniestro vial, así como los vehículos y personas implicadas.

3.4.1 Limitaciones del registro actual

Una revisión sistemática realizada por Soltani et al. (2024) examina 60 estudios sobre lesiones de tráfico donde se vinculan datos policiales de siniestros con datos hospitalarios entre 1994 y 2023 en todo el mundo. Se halló que el número de los casos de lesiones por siniestros viales clínicamente significativas son mayores a los datos de siniestros registrados. Esto se debe a que los datos policiales subestiman la gravedad de las lesiones por tránsito y presentan deficiencias de exactitud y subregistro, especialmente en lesiones en peatones y ciclistas. Además, los estudios identificaron desafíos éticos, legales y técnicos vinculados con la privacidad de los datos, la ausencia de regulación nacional y la transparencia en los procesos. El estudio destaca que la vinculación entre registros policiales y hospitalarios mejora significativamente la validez y exactitud de los registros, lo cual permite mejores estimaciones de la magnitud de las lesiones graves.

A partir de la literatura revisada sobre registro y detección de siniestros viales, es posible identificar limitaciones, herramientas, métodos, sistemas y nuevas tendencias diseñados para mejorar la recopilación de datos.

3.4.1.1 Subregistro y limitaciones en los datos policiales. El subregistro sucede cuando los afectados se clasifican incorrectamente como levemente o gravemente lesionados. La información en su mayoría se recopila en el lugar del siniestro (*European Commission, 2021*). Sin embargo, la naturaleza de las lesiones no es evidente en muchas ocasiones por las siguientes causas:

- Los policías no cuentan con formación médica, por lo que subestiman la gravedad de las lesiones

- La dimensión médica de la evaluación en el lugar debe ser realizado, sin embargo, esto no ocurre
- Falta de notificación variada de manera marcada según gravedad del siniestro, los choques que involucran a motociclistas y ciclistas presentan una proporción significativa de casos no reportados
- Los involucrados no desean reportar debido a que no cuentan con su documentación vigente

3.4.1.2 Importancia de la calidad del registro

- Disponer con estimaciones precisas sobre las deficiencias en los registros de siniestros de tránsito es importante para definir metas realistas en los programas orientados a reducir siniestros, así como para comprender con mayor claridad el impacto socioeconómico que estos siniestros generan (Salifu & Ackaah, 2011).
- En la Unión Europea (UE) se prioriza recopilar datos sobre MAIS3+ (*Maximum Abbreviated Injury Scale*) de 3 o más, el cual mide la gravedad de las lesiones en víctimas de tránsito del 1 al 6, siendo 3 considerado como grave. Mediante el uso de datos hospitalarios en lugar de datos policiales. Demostrando que, como ambas fuentes de recopilación de todos son limitadas en información, el método preferido para recopilar datos es la vinculación de ambos registros policiales y hospitalarios.
- Las lesiones por siniestros viales graves o leves pueden tener un impacto duradero, especialmente en peatones y motociclistas, además representan una proporción mayor en costos totales (*European Commission, 2021*).

3.4.2 Sistemas de mejora del registro

3.4.2.1 Sistemas internacionales de vinculación y mejora del registro

- El pilar de la gestión de seguridad vial (uno de los cinco pilares de la seguridad vial) exige el establecimiento y la gestión de sistemas de recopilación de datos, necesarios para brindar datos de referencia y monitorear los progresos.
- El *International Road Traffic and Accident Database* (IRTAD) tiene como objetivo ser la referencia mundial en materia de recopilación y análisis de datos. El Grupo IRTAD examina métodos en los cuales vincula datos hospitalarios y policiales para estimar mejor el número real de lesiones graves basadas en la escala de lesiones máxima, permitiendo identificar problemas reales, corregir subregistros, mejorar sistemas de registro, diseñar políticas basadas en evidencia y evaluar el impacto de sus intervenciones objetivamente (*International Transport Forum, 2012*).

- Vincular datos policiales con servicios médicos de emergencia (SME) relacionando datos de los SME con los siniestros mediante el tiempo, ubicación y otros indicadores que se encuentran en ambos datos. Un estudio desarrollado en EE. UU. tiene como resultados que el 72,2% de los informes de los datos de los SME fueron vinculados a un registro de siniestro y que el 69,3% de los registros del registro de trauma también. Las mujeres, personas de 11 a 20 años y los involucrados en siniestros viales con un solo vehículo tuvieron mayor probabilidad de estar presentes en los conjuntos de datos vinculados. A través de este conjunto de datos, se examinaron las relaciones entre el tiempo de respuesta de los servicios de emergencias médicas y las lesiones reportadas en el informe de accidente, así como entre las lesiones que fueron reportadas por la policía y la puntuación de la gravedad de las lesiones. Se demostró que, la vinculación de datos de otras fuentes permite mejorar la información disponible lo que permite abordar problemas de seguridad vial, calidad de datos y otros aspectos (Hosseinzadeh et al., 2022).

3.4.2.2 Sistemas nacionales e internacionales de registro

Sistemas consolidados:

- Sistema STRADA (Suecia): es una base nacional que recopila información de siniestros de tránsito a partir de los informes policiales de siniestros y los registros hospitalarios. Este enfoque permite una cobertura más completa de los siniestros que afectan a usuarios vulnerables, ya que los datos hospitalarios complementan lo que no queda registrado por la policía. STRADA se emplea para análisis nacionales, regionales y locales de seguridad vial, incluyendo la evaluación de intervenciones de infraestructura y el seguimiento de objetivos de siniestralidad (Trafikverket, 2019).
- CODES (Estados Unidos): integra datos policiales y hospitalarios. Este sistema utiliza métodos de análisis probabilísticos para combinar los informes policiales de siniestros con los registros hospitalarios de atención por lesiones y, en algunos estados, con datos de EMS y certificados de defunción (*National Highway Traffic Safety Administration*, 2018).
- *Crash Analysis System* (CAS) en Nueva Zelanda: permite registrar y analizar los siniestros viales en todo el país. El sistema incluye la entrada de reportes policiales de siniestros que vinculan a la red vial y a los datos de la vía para identificar ubicaciones de riesgo y monitorear tendencias de siniestros a lo largo de la vía (Waka Kotahi NZ Transport Agency, 2023).

Limitaciones identificadas

- Según, Imprialou y Quddus (2019), los registros presentan importantes problemas de corrección y completitud ante las preguntas de cuándo, dónde, qué, quién y por qué del siniestro. Poseen fallas frecuentes en la localización y temporalización del accidente, dificultando la vinculación entre bases de datos, clasificación inexacta de la gravedad y datos demográficos incompletos. Ante estas deficiencias que comprometen la precisión de estos análisis y la eficacia de las intervenciones de seguridad vial, se tiene que mejorar los sistemas de reporte, estandarizar los registros, integrar bases de datos y aplicar auditorías de calidad para fortalecer la fiabilidad de la información.

3.4.3 Nuevas tendencias mundiales en recopilación de datos

Existen nuevas tendencias en cuanto a la recolección de datos que tienen como objetivo identificar los factores, las fuentes de datos y las técnicas de predicción basados en inteligencia artificial, utilizadas para anticipar siniestros.

3.4.3.1 Tendencias de IA y análisis predictivo

- Las fuentes de datos incluyen registros gubernamentales, bases de datos abiertas, conjuntos de datos creados con el fin de la investigación y datos satelitales. Estos factores estudiados se agrupan en categorías que están relacionadas con el conductor, el vehículo, la infraestructura vial y el entorno, sin embargo, los resultados son limitados por la heterogeneidad, inconsistencia y calidad variable de los datos que están disponibles (Niture y Abdellatif, 2024). Se recomienda una mejor integración y estandarización de datos para que la IA logre predicciones más precisas.
- Según Skaug et al. (2025), las bases de datos de siniestros provienen de múltiples fuentes, incluyendo agencias de transporte, fuerzas del orden, hospitales y registros de aseguradoras, siendo los informes policiales los más comúnmente utilizados. Los datos pueden obtenerse mediante telemática, es decir, información recopilada automáticamente por vehículos o dispositivos electrónicos, así como estudios de conducción naturalista, lo que amplía la capacidad de documentar condiciones reales previas a los siniestros. Sin embargo, la presencia de ubicaciones inexactas o información faltante en los informes policiales afecta de manera significativa el análisis espacial y la identificación de áreas de alto riesgo.
- Los modelos espaciales y temporales permiten identificar patrones emergentes de siniestralidad, mientras que tecnologías emergentes como el aprendizaje automático, la visión computacional y los datos de vehículos conectados se están usando para predecir amenazas, localizar puntos de riesgo y fortalecer la gestión proactiva de la seguridad vial (Skaug et al., 2025).

- Otra estrategia de recolección de datos son los sistemas electrónicos basados en aplicaciones móviles y plataformas web, junto con la estandarización de formularios y la integración multifuente a través de identificadores únicos, esto permite vincular datos policiales con registros hospitalarios. Abdulhafedh (2017) describe que los vehículos fabricados después de 2012 incorporan *Event Data Recorders* (EDR), dispositivos capaces de recopilar, almacenar y recuperar información objetiva sobre los siniestros viales. Así mismo, señala que los sistemas de *Floating Car Data* (FCD) utilizan teléfonos móviles o GPS para recopilar datos de tráfico mediante localización del vehículo a lo largo de la vía.
- El uso de sensores intrusivos y no intrusivos, que abarcan desde lazos electromagnéticos hasta tecnologías de observación remota (Abdulhafedh, 2017).

3.4.3.2 Tecnologías modernas de detección

- En cuanto a un enfoque de infraestructura vial inteligente, Michael (2022) plantea la incorporación de sensores IoT capaces de registrar eventos como colisiones, impactos y vibraciones, así como cámaras inteligentes y módulos equipados con GPS, los cuales permiten determinar con precisión la ubicación del siniestro y transmitir esta información de manera inmediata a los sistemas de gestión. Estas herramientas, integradas en la infraestructura, posibilitan que un siniestro sea identificado en el momento en que ocurre.
- En zonas de riesgo, Qiao & Zheng (2025) emplean técnicas de modelamiento espacial y algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones asociados a siniestros peatonales. El análisis multiespacial permite localizar con mejor precisión los puntos donde se concentran los siniestros, mientras que los modelos de *Machine Learning* y *Deep Learning* facilitan la predicción de *hotspots* de riesgo a partir de características urbanas. Estos modelos espaciales fueron incorporados ya que los enfoques tradicionales presentan limitaciones.

3.4.4 Relación entre infraestructura vial y el registro de siniestros

La literatura internacional coincide en que los sistemas de registro de siniestros no identifican de manera directa si un siniestro ocurre por una falla de infraestructura vial, debido a que esta determinación requiere de análisis técnicos que exceden de las capacidades del formulario policial. Sin embargo, diferentes organizaciones establecen que la relación entre infraestructura y siniestros sí pueden identificarse mediante procesos posteriores de vinculación, análisis espacial y evaluación de la vía.

- El sistema de referencia espacial es la herramienta que posibilita vincular los registros de siniestros con otras bases de datos técnicas, incluyendo el inventario vial. De este modo, cuando varios siniestros se concentran en un

mismo punto geográfico, esta información integrada permite analizar si existen características de la carretera que requieren intervención, apoyando la identificación de tramos donde la infraestructura presenta condiciones que podrían estar contribuyendo a la ocurrencia de siniestros (*World Bank, 2021*).

- PIRAC (2025) señala que al contar con coordenadas espaciales precisas, es posible integrar ambos conjuntos de datos y visualizar en mapas las características existentes de la vía, como elementos de seguridad e infraestructura vial presente. Para ello, es indispensable que los datos tengan elementos comunes como coordenadas espaciales, que luego se pueden analizar mediante SIG. Esta combinación facilita identificar sitios donde los siniestros se concentran y evaluar si esas ubicaciones podrían beneficiarse de mejoras en infraestructura, como en el caso de los choques por salida de vía que se analizan en relación con la presencia o ausencia de barreras laterales.

3.4.5 Registro y detección de siniestros en Latinoamérica y Perú

3.4.5.1 Situación en Latinoamérica. En Latinoamérica, existen diferentes sistemas de información relativos a la notificación de siniestros y registros de datos de las víctimas, incluyendo ubicación, circunstancias, edad o género, lo que dificulta el registro de estos datos debido a la falta de uniformidad por la ausencia de un sistema efectivo.

- Algunos países no hacen la distinción entre lesiones graves y leves por lo que la subnotificación de datos sobre lesiones es un problema. Algunos países como Paraguay y Cuba, manejan bases separadas para información del siniestro y datos de víctimas, lo cual afecta de manera negativa la comparabilidad y calidad del registro (OCDE/FIT, 2017)
- Se recomienda estandarizar formularios y herramientas prácticas que permitan la estandarización de la información, con el fin de obtener datos unificados y precisos, permitiendo elaborar mapas de localización de recurrencia siniestral, conocidos como puntos críticos, para así poder reconocer las causas principales de los siniestros para orientar intervenciones más eficientes (Taddia et al., 2014).
- El Manual de observación de conflictos viales para la prevención de siniestros de tránsito en ciudades de América Latina describe que el análisis de conflictos viales permite registrar y detectar posibles eventos de riesgo antes de que se conviertan en siniestros. A diferencia del análisis de siniestros, los conflictos pueden ser registrados directamente por personas observadoras entrenadas o mediante métodos semiautomatizados o automatizados, obteniendo información más detallada. Los datos se recopilan y se procesan, donde se

analiza la severidad de los conflictos y se clasifican los eventos registrados (Pérez et al., 2022).

- En la ciudad de Loja, Ecuador, se aplicó una encuesta en línea donde se investigaron a 754 conductores, con el objetivo de recopilar información autoinformada sobre los siniestros viales experimentados por los conductores de Loja. Estos datos permitieron estimar la prevalencia de siniestros en la población participante y servir como base para aplicar el análisis de correspondencias múltiples y detectar tipologías de conductores y de eventos (Domínguez et al., 2023). Estas encuestas no forman parte de registros policiales, sin embargo, ayudan a identificar comportamientos y factores de riesgo que no aparecen en registros policiales como el uso de celular, distracción, sensación de fatiga, consumo de alcohol; además, permiten estimar la prevalencia de siniestros leves o no reportados, detectar patrones y recolectar información en contextos con sistemas débiles de registro.

3.4.5.2 Situación en Perú. En Perú, el proceso de registro oficial de siniestros viales se realiza mediante los reportes de la Policía Nacional del Perú y en caso de la Red Vial Nacional, también por la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y mercancía (SUTRAN), los cuales son integrados en la plataforma del Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV). Según el informe de víctimas fatales en siniestros de tránsito e identificación de puntos de alta siniestralidad 2021-2023, la información disponible constituye el esfuerzo articulado de las instituciones comprometidas con el registro y recopilación de información en torno a los siniestros. Destaca la implementación del sistema de recolección de datos ONSV que busca optimizar la calidad de la información.

- No existe un sistema integrado ni moderno o estandarizado para la recolección y análisis de datos. La información oficial depende únicamente del registro preliminar de la PNP, la cual remite estos datos al MTC para su centralización mediante el ONSV.
- El país no cuenta con mecanismos de vinculación entre registros policiales y hospitalarios, ni plataformas digitales que permitan identificar las características de la infraestructura vial involucrada en cada siniestro.
- El desarrollo del PAS (puntos de alta siniestralidad), solo aplica a Lima y Callao (ONSV, 2024). La finalidad de este procedimiento es localizar en la red vial aquellos puntos donde se concentran las fatalidades, con el propósito de priorizar intervenciones de infraestructura vial.
- Cada municipio registra, gestiona o reporta los siniestros de forma distinta; no existe un esquema estándar nacional para ciudades.

3.5 Brechas identificadas y oportunidades de mejora en la prevención de la siniestralidad vial a nivel internacional

En función del análisis desarrollado y de la información recopilada en los capítulos previos, es posible identificar un conjunto de brechas que limitan la prevención efectiva de la siniestralidad vial. Estas brechas abarcan factores económicos, institucionales, normativos, educativos, tecnológicos y de gestión, presentes con mayor intensidad en países de ingresos medios y bajos, donde la disponibilidad de recursos, la debilidad en la gobernanza, la fragmentación de la información y la escasa coordinación entre las instituciones que deberían trabajar de manera integrada obstaculizan el funcionamiento adecuado de la seguridad vial.

Las brechas relacionadas con la infraestructura vial como déficits en el diseño, mantenimiento, operación, planificación y adaptación del entorno adquieren especial importancia. Estas brechas estructurales son determinantes ya que condicionan directamente la exposición al riesgo, la severidad de los siniestros y la capacidad de tolerar el error humano, principios fundamentales de los enfoques internacionales tales como Visión Cero y el *Safe System Approach*. La identificación de estas brechas permite reconocer oportunidades de mejora orientadas a fortalecer el rol de la infraestructura vial como eje central en la reducción de lesiones y muertes en contextos urbanos, ya sea mediante intervenciones de rediseño geométrico, reorganización del espacio vial, gestión de velocidades por diseño, prioridad a usuarios vulnerables, integración de datos georreferenciados o implementación de tecnologías aplicables al contexto urbano.

3.5.1 Brechas identificadas

3.5.1.1 Brechas en los sistemas de registro y datos de siniestros

- Ausencia de un sistema integrado, moderno y estandarizado para recolectar y analizar datos de siniestros viales, especialmente en países de ingresos medios a bajos
- Dependencia exclusiva de registros preliminares elaborados por policías.
- Falta de vinculación entre datos policiales, hospitalarios y de transporte., con excepción de algunos países que ya han integrado sistemas que permite registrar y analizar los siniestros viales en todo el país de manera vinculada, como Nueva Zelanda, Estados Unidos y Suecia
- No existen plataformas digitales de registro que permitan identificar características de la infraestructura vial asociadas al siniestro, con excepción de países como Nueva Zelanda (CAS), Estados Unidos (HSIS) y Suecia (STRADA)
- La mayoría de países no analiza antes- después, ni mide impacto por tipo de usuario, ni evalúa beneficios de rediseño

3.5.1.2 Brecha de subregistro

- Subregistro de lesiones no fatales
- Mayor subregistro en peatones y motociclistas
- Diagnósticos incompletos que afectan políticas de prevención
- En gran parte del mundo, incluyendo países desarrollados, todavía existen subregistros de coordenadas exactas, lo que afecta la identificación de puntos críticos
- El subregistro es mayor en países de ingreso medio a bajo

3.5.1.3 Brechas entre infraestructura, regulación y educación vial

- Falta de integración entre las tres E clave de la seguridad vial
- La mayoría de países no logran coordinar estos tres pilares, aplicando medidas aisladas sin enfoque sistémico

3.5.1.4 Brechas en la infraestructura vial

- Diseño vial internacional no adaptado a los contextos urbanos locales
- Intersecciones, cruces y tramos que no responden a las necesidades reales de movilidad
- No se miden resultados de intervenciones de infraestructura
- No se evalúan beneficios reales de rediseño o medidas aplicadas en países de ingreso medio a bajo y parcialmente en algunos países de ingreso alto
- Brechas de diseño geométrico y seguridad vial como curvas con radios o pendientes mal resueltas, intersecciones no canalizadas o con visibilidad limitada
- Brechas en gestión de velocidad como ausencia de infraestructura calmadora del tráfico, vías urbanas donde se permiten velocidades superiores a las seguras, falta de criterio coherente entre velocidad permitida y diseño vial
- Brechas en protección de usuarios vulnerables como infraestructura insuficiente para peatones, falta de ciclovías protegidas y conectadas; y ausencia de accesibilidad en cruces y veredas
- Brechas en iluminación y señalización como iluminación deficiente en pasos peatonales e intersecciones y señales verticales y horizontales deterioradas, incompletas o poco visibles
- Brechas de mantenimiento como pavimentos deteriorados, marcas viales borradas o inexistentes y ausencia de mantenimiento preventivo continuo

- Brechas de seguridad lateral como ausencia de barreras laterales o separadores seguros
- La infraestructura vial no prioriza a peatones, ciclistas y motociclistas
- Dificultades para aplicar metodologías internacionales como IRAP, FHWA y RSA

3.5.1.5 Brechas en planificación y gestión urbana

- Falta de integración entre urbanismo, movilidad y seguridad vial
- Crecimiento urbano desordenado que genera infraestructura insegura
- Los diseños viales internacionales europeos o norteamericanos no se adaptan a contextos urbanos de alta informalidad, densidad o complejidad vial
- Existe más y mejor información en carreteras nacionales que en zonas urbanas

3.5.1.6 Brechas tecnológicas

- Uso limitado de tecnologías de registro (GIS, plataformas digitales, algoritmos predictivos y modelos de riesgo para detectar zonas peligrosas)
- Falta de funcionamiento entre bases de datos institucionales
- Restricciones técnicas y económicas para la implementación de nuevas tecnologías. Sobre todo, en países de ingreso medio a bajo
- Escasa capacidad técnica para gestionar grandes volúmenes de datos

3.5.2 Oportunidades de mejora

Las brechas identificadas también evidencian oportunidades de mejora con el propósito de mejorar la seguridad vial. Entre ellas destacan la necesidad de implementar sistemas de registro más precisos y georreferenciados que permitan analizar la relación entre siniestros y la infraestructura vial; fortalecer el mantenimiento vial urbano y promover intervenciones de rediseño urbano que prioricen peatones, ciclistas y motociclistas. Asimismo, la mejora de la planificación urbana y la integración entre infraestructura, regulación y educación vial para reducir la siniestralidad especialmente en contextos urbanos e implementar sistemas que permitan la recopilación de datos de siniestros tanto policiales y hospitalarios con el fin de eliminar el subregistro y generar diagnósticos más precisos. Estas acciones contribuirían a generar entornos más seguros y coherentes con los principios del enfoque del Sistema Seguro.

En cuanto a infraestructura vial, la literatura reconoce diversas oportunidades de mejora orientadas a fortalecer el rol de la infraestructura vial como eje de prevención. Estudios internacionales demuestran que intervenciones como el rediseño geométrico, la gestión de la velocidad, la implementación de rotondas, cruces peatonales seguros y ciclovías protegidas ofrecen reducciones significativas de muertes y lesiones (Harwood et al., 2017;

Lusk et al., 2011; Teschke et al., 2012). Asimismo, la evidencia señala que la infraestructura vial bien diseñada compensa el error humano y resulta más efectiva que las intervenciones centradas solo en regulación y educación vial, especialmente en contextos urbanos con alta presencia de usuarios vulnerables (Novoa et al., 2009; OECD/ITF, 2016). Además, organismos como la OMS y el ITF enfatizan que la mejora de iluminación, señalización, mantenimiento vial y la pacificación del tránsito constituyen oportunidades de bajo costo que pueden implementarse progresivamente en ciudades intermedias (OECD/ITF, 2020; OMS, 2023). También existen oportunidades para adoptar enfoques integrados como el *Safe System Approach*, que ya ha demostrado resultados factibles cuando va de la mano con la infraestructura, la regulación y el comportamiento, aunque priorizando el diseño seguro como base estructural (Khan y Das, 2024).

Finalmente, experiencias recopiladas en ciudades como Nueva York, Barcelona o Montreal evidencian que la inversión sostenida y el monitoreo continuo permiten consolidar intervenciones exitosas, lo cual permite representar una oportunidad clave para contextos donde el registro y evaluación son aún limitados (Pérez et al., 2025; Lusk et al., 2011).

A continuación, se presentan algunas oportunidades de mejora para la prevención de la siniestralidad:

3.5.2.1 Los sistemas de recopilación de datos

- Mejorar la calidad del registro permite identificar causas reales de siniestro
- Vincular datos policiales, hospitalarios y de infraestructura genera diagnósticos más precisos
- Incorporar coordenadas georreferenciadas ayuda a detectar puntos críticos
- Plataformas como CAS, HSIS o STRADA son ejemplos de mejoras ya implementadas a nivel internacional para fortalecer los sistemas de datos de seguridad vial

3.5.2.2 Enfoques modernos (*Safe System*, Visión Cero, IRAP, RSA)

- Toman decisiones basadas en evidencias
- Centran el sistema en la tolerancia al error humano
- Priorizan diseño vial seguro antes que regulación
- Orientan inversiones hacia intervenciones efectivas

3.5.2.3 Las nuevas tendencias y tecnologías

Incluyen:

- Análisis predictivo con GIS
- Modelos de riesgo

- Sistemas de monitoreo en tiempo real
- Auditorías digitales
- Plataformas integradas de infraestructura y siniestros.

Estas tecnologías permiten:

- Detectar riesgos antes del siniestro
- Evaluar intervenciones con datos reales
- Mejorar decisiones de inversión
- Reforzar la planificación urbana

A continuación, se presenta la **Tabla 4** donde se sintetiza los principales puntos críticos de la infraestructura, las causas asociadas a estas fallas y las oportunidades de mejora señaladas por la evidencia.



Tabla 4

Tabla de elementos de infraestructura vial, fallas, causas y oportunidades de mejora

Elemento estructural	Causas del siniestro	Oportunidades de mejora	Autores
Intersecciones mal diseñadas	Múltiples puntos de conflicto y alta velocidad de aproximación.	Canalización, rotondas, cruces peatonales seguros, reducción de velocidad.	Harwood et al. (2017); OECD/ITF (2016); Williams (2024); MTC (2023).
Curvas con radio insuficiente y falta de visibilidad	Pérdida de control, invasión de carril contrario, falta de advertencia visual.	Corrección de radios, señalización preventiva, iluminación, peraltes correctos.	PIARC (2020); FHWA (2017); MTC (2023).
Pavimento en mal estado (baches, huecos, deformaciones)	Maniobras evasivas, derrapes, pérdida de control, caídas de motociclistas y ciclistas.	Mantenimiento preventivo, pavimentos de bajo costo para zonas urbanas.	CAF (2019); OECD/ITF (2020); MTC (2023).
Señalización vertical y horizontal deficiente o ausente	Dificultad para interpretar la vía, confusión en intersecciones, baja visibilidad nocturna.	Señalización retroreflectiva, marcas térmicas durables, mejoras nocturnas.	PIARC (2020); FHWA (2017); OMS (2011).
Iluminación insuficiente en cruces peatonales e intersecciones	Aumenta la probabilidad de atropellos, conductores no detectan peatones.	Alumbrado LED, iluminación direccional, prioridad en zonas vulnerables.	OECD/ITF (2016); OMS (2011).
Laterales inseguros	Choques laterales de alta severidad, falta de área de escape.	Zonas laterales despejadas, barreras de seguridad, rediseño de bermas	PIARC (2020); FHWA (2017).
Ausencia de infraestructura para peatones (veredas, pasos seguros)	Exposición directa al tráfico, cruces informales, atropellos.	Veredas continuas, cruces peatonales elevados, refugios centrales.	Novoa et al. (2009); CAF (2019); MTC (2023).

Elemento estructural	Causas del siniestro	Oportunidades de mejora	Autores
Falta de infraestructura ciclista protegida	Conflictos directos con vehículos, adelantamientos peligrosos, alta severidad en impacto.	Ciclovías segregadas, intersecciones protegidas, redes conectadas.	Lusk et al. (2011); Teschke et al. (2012).
Diseño urbano que permite velocidades excesivas	Los usuarios circulan a la velocidad que la vía les sugiere, mas no la indicada.	Calmando de tráfico, vías autoexplicativas, chicanas, estrechamientos.	OECD/ITF (2016); OMS (2011); MTC (2023).
Calles estrechas e invasión de aceras	Crecimiento urbano desordenado y falta de planificación vial	Multimodalidad, planificación urbana integrada, diseño centrado en vulnerables.	CAF (2019); Melo (2025); MTC (2023).
Infraestructura que no considera necesidades de usuarios vulnerables	Peatones, ciclistas y motociclistas en desventaja, mayores lesiones.	Calles completas, veredas accesibles, movilidad activa segura.	ITDP (2019); OPS/OMS (2025); OMS (2021).
Sistema de registro sin variables de infraestructura	No se identifica si la vía falló, diagnósticos incompletos	Sistemas integrados: CAS (NZ), STRADA (Suecia), HSIS (EE.UU.).	WHO (2021); World Bank (2021); MTC (2023).
Subregistro y falta de georreferenciación de siniestros	No se detectan puntos críticos reales, no se sabe dónde falló la infraestructura.	Registro georreferenciado, integración policial y hospitalaria, inventario vial digital.	ONSV (2024); MTC (2023); OECD/ITF (2020)
Ausencia de evaluación antes – después en intervenciones	Se desconoce sí la infraestructura mejora o empeora la seguridad.	Aplicar métodos HDM, iRAP, RSA para evaluar intervenciones.	FHWA (2010); iRAP (2022); PIARC (2020).

Capítulo 4

Análisis preliminar de brechas en seguridad vial en Piura y propuesta de mejora

En este capítulo final se examina la situación actual del entorno vial en la ciudad de Piura, identificando brechas, avances y oportunidades de mejora que permitan orientar futuras intervenciones basadas en criterios de infraestructura vial segura y sostenible. Por último, se evalúa cómo se pueden aplicar las intervenciones de infraestructura vial para la prevención de los siniestros en la ciudad de Piura, considerando sus características urbanas, sociales, económicas y de transporte.

4.1 Diagnóstico del sistema urbano

Con el fin de sustentar técnicamente las brechas específicas identificadas en la infraestructura vial urbana de Piura, se presentan métricas objetivas obtenidas de diagnósticos técnicos, estudios académicos locales y documentos institucionales. Con el propósito de fortalecer el diagnóstico del sistema vial urbano de la ciudad.

4.1.1 Indicadores de nivel de servicio urbano

Los indicadores de nivel de servicio (LOS) permiten evaluar el desempeño operativo del sistema vial urbano en términos de fluidez del tránsito, congestión, capacidad funcional de la infraestructura vial y tiempos de viajes. Estas métricas son fundamentales para identificar tanto tramos críticos como priorizar intervenciones y evaluar la eficiencia de la red vial.

Piura presenta problemas estructurales de operación vial asociados a congestión y bajo nivel de servicio. Los indicadores de nivel de servicio urbano evidencian un desempeño deficiente de la red vial, particularmente en hora punta. Según una investigación realizada por Zapata (2020), la congestión vial genera elevados niveles de frustración, disconformidad y pérdida de tiempo para los usuarios del sistema vial urbano. Piura no cuenta con una planificación eficiente de su red vial ni con infraestructura adecuada ante el incremento de los volúmenes de tráfico en horas de mayor demanda, notándose las deficiencias existentes en el diseño geométrico, la señalización y la semaforización de las vías. Asimismo, a partir de los antecedentes, se reporta que las principales vías urbanas de Piura como la Av. Prolongación Grau que operan con Nivel de Servicio F durante las horas punta, es decir, los vehículos registran demoras superiores a 60 segundos por intersección, generando congestión severa, colas persistentes y circulación inestable, ya que la demanda de tránsito supera la capacidad de la infraestructura. Los resultados fueron obtenidos mediante metodologías técnicas basadas en aforos vehiculares y criterios del *Highway Capacity Manual*, lo que constituye evidencia objetiva del nivel de servicio bajo existente en Piura.

4.1.2 Estado del pavimento

Se identifican evaluaciones puntuales del estado del pavimento urbano desarrolladas principalmente a nivel de avenidas específicas, tramos viales o proyectos de intervención. Por

ejemplo, estudios técnicos aplicados en ejes urbanos como la Av. Prolongación Grau donde se evidencian condiciones de pavimento regular a deficiente, asociado al deterioro superficial y estructural que afecta la operación vial. De igual manera, existen estudios puntuales del estado del pavimento que evidencian deficiencias relevantes, como el de la Av. Colectora del distrito de Piura, en el cual se evaluó el estado superficial de 1 364 m de esa vía mediante PCI, mostrando sectores con fallas donde el 51% del pavimento presenta condición excelente, mientras que el 3% se encuentra en condición muy pobre, deteriorando la calidad del pavimento y aumentando riesgos de siniestros viales (Benites & Torres, 2022). Así mismo Asentamientos Humanos como La Primavera, no cuentan con pavimento, encontrándose en terreno natural o superficies afirmadas deterioradas y las zonas pavimentadas presentan múltiples baches, ondulaciones, surcos, pérdida de agregados, exceso de polvo y drenaje inadecuado, generando dificultad en la circulación vial y exposición al riesgo de usuarios. De igual manera este estudio realizado por Galecio & Villegas (2022), documenta que Piura también se agravaba por factores climáticos y ambientales como las altas temperaturas y lluvias intensas provocando empozamientos, erosión de la subrasante y aceleración del desgaste superficial.

Diagnósticos realizados por el Plan Maestro de Movilidad Urbana en la ciudad de Piura sostiene que, el 59% de la red vial urbana de la provincia de Piura no se encuentra asfaltada debidamente, presentando tramos con pavimentos deteriorados o sin pavimentar.

Así varias vías urbanas de la ciudad de Piura evidencian que las condiciones del pavimento no son homogéneas ni siquiera dentro de un mismo eje vial. Las evaluaciones mediante PCI, muestran que coexisten tramos con condiciones buenas, muy buenas, regular o deficiente, revelando una variabilidad significativa en el desempeño del pavimento urbano.

Estas evaluaciones corresponden a análisis fragmentados, sin indicadores técnicos como PCI O IRI para el conjunto de la red vial urbana, lo que evidencia una brecha en el diagnóstico integral del sistema vial.

4.1.3 Geometría vial

Los estudios técnicos desarrollados en vías urbanas de la ciudad de Piura evidencian que la geometría vial existente no se encuentra adecuadamente adaptada a los volúmenes de tránsito actuales ni a la complejidad del tránsito urbano, afectando la operación del sistema vial. En la Av. Sullana, una de los principales eje viales urbanos Burneo & Grau (2025) señalan que la vía presenta deficiencias en su configuración geométrica, tales como secciones transversales limitadas, falta de uniformidad geométrica a lo largo del tramo y un diseño que no responde de manera eficiente a la demanda vehicular, lo que produce congestión y bajos niveles de servicio especialmente en intersecciones y accesos laterales.

Asimismo, el estudio de Ríos & Yerrén (2025), enfocado en el diseño geométrico de la intersección de las Av. Sánchez Cerro y Vice, evidencia que las intersecciones urbanas de Piura

presentan radios de giro reducidos, ausencia de canalización y configuraciones geométricas que no garantizan una operación segura y fluida del tránsito. Este estudio resalta que una geometría inadecuada en intersecciones incrementa los puntos de conflicto y limita la visibilidad.

Por su parte, otros trabajos académicos coinciden en que las vías urbanas fueron diseñadas o adaptadas de manera progresiva, sin una planificación geométrica integral, originando secciones discontinuas, anchos de carril variables y pendientes que no cumplen con criterios establecidos en los manuales de diseño geométrico vigentes (Galecio & Villegas, 2022). En conjunto, se puede afirmar que la geometría vial urbana en Piura constituye una brecha estructural de la infraestructura, ya que limita la capacidad, reduce el nivel de servicio y genera condiciones que incrementan el riesgo para usuarios de la vía.

4.1.4 Visibilidad vial

El *informe de víctimas fatales en siniestros de tránsito e identificación de puntos de alta siniestralidad en la región de Piura* señala que, durante el año 2021, el 43,4 % de los fallecimientos por siniestros de tránsito ocurrió en las franjas horarias de 06:00-09:59 (21,7 %) y 18:00-21:59 (21,7%) periodos que coinciden con horas de baja iluminación natural o transición día-noche, lo que permite identificar una concentración temporal de siniestros en horarios críticos para la percepción visual. Asimismo, la visibilidad insuficiente se debe a la mala iluminación de la vía, geometría vial deficiente u obstáculos visuales en intersecciones. Cabe recalcar que una proporción significativa de siniestros fatales ocurre en horarios críticos de visibilidad, sin embargo, algunas causas registradas predominan factores de error humano como exceso de velocidad e imprudencia del conductor (MTC, 2022).

4.1.5 Conflictividad peatonal

La conflictividad peatonal en la ciudad de Piura ha sido abordada de manera indirecta en estudios académicos locales que analizan la seguridad vial y peatonal en intersecciones urbanas específicas. En el estudio desarrollado por García & Huaches (2023) sobre las intersecciones de la Av. Progreso, distrito de Castilla, se realizaron aforos peatonales y vehiculares, identificándose elevados flujos peatonales en horas pico y condiciones deficientes de seguridad para el cruce peatonal, asociadas a la carencia de señalización adecuada, semaforización insuficiente y conflictos entre los movimientos vehiculares y peatonales. El estudio señala que el caos vehicular existente y la falta de infraestructura peatonal adecuada incrementan el riesgo de atropellos y siniestros evidenciando una interacción conflictiva entre vehículos y peatones. De manera complementaria, el análisis realizado por Castillo & Pérez, 2025, en su investigación sobre seguridad vial urbana en Piura identifica que la alta participación de peatones en siniestros de tránsito, especialmente en zonas con cruces no regulados y ausencia de infraestructura peatonal continua, constituye un indicador objetivo de conflictividad peatonal, al reflejar condiciones de riesgo derivadas de la interacción directa entre peatones y el flujo vehicular. Ambos estudios coinciden en que, la

combinación de altos volúmenes peatonales, deficiencias de infraestructura y registros de siniestros permite evidenciar niveles elevados de conflictividad peatonal en el entorno urbano.

4.1.6 Datos georreferenciados de siniestros

En la ciudad de Piura existen herramientas y programas que permiten la georreferenciación de siniestros viales generando métricas objetivas de localización, concentración y distribución espacial para los siniestros. A nivel institucional, el ONSV recopila registros de siniestros de tránsito que incluyen información de ubicación geográfica (vía, intersección, distrito), lo que permite identificar puntos de alta siniestralidad, corredores críticos y zonas urbanas de mayor riesgo mediante análisis espacial (ONSV, 2022). Asimismo, herramientas de Sistemas de Información Geográfica como QGIS y ArcGIS se utilizan en planes urbanos y estudios académicos para mapear la distribución espacial de siniestros, identificar corredores críticos, puntos negros y superponer estos eventos con atributos de la infraestructura vial.

Aunque la capacidad de tecnológica existe, su aplicación en Piura es aún parcial y no se ha consolidado una plataforma estandarizada que relacione los datos georreferenciados de siniestros con variables detalladas de infraestructura.

Para mejorar la georreferenciación de siniestros viales en Piura se debería implementar un sistema digital único para registrar los siniestros para así poder obtener una localización exacta de los siniestros y poder identificar puntos negros. Asimismo, se requiere integrar bases de datos de la Policía Nacional, servicios de emergencia y salud con el fin de mejorar la consistencia de la información, de manera complementaria, la vinculación de los datos georreferenciados con variables de diseño vial, iluminación, pavimento y gestión de velocidad, junto con la publicación de datos abiertos, contribuiría a una gestión de la seguridad vial urbana basada en evidencia y alineada con enfoques internacionales como el enfoque del Sistema Seguro.

4.2 Brechas identificadas y oportunidades de mejora para Piura

A nivel nacional, el informe de la Política Nacional Multisectorial de Seguridad Vial 2023-2030 evidencia que la seguridad vial en el Perú presenta brechas estructurales vinculadas a la falta de coordinación entre sectores y la ausencia de una política integral. El informe identifica deficiencias en la infraestructura vial, tales como señalización insuficiente, ausencia de demarcación horizontal, mantenimiento inadecuado y características geométricas que incrementen el riesgo en carreteras y entornos urbanos. A esto se le suma la debilidad del sistema de datos, donde los registros policiales presentan causas genéricas y falta de integración con información hospitalaria. La policía registra causas limitadas y como categoría pone "otros", lo que no identifica la causa. Frente a estas limitaciones, el MTC plantea oportunidades de mejora como la adopción del enfoque del Sistema Seguro con el fin

de llegar a Visión Cero, la modernización y vinculación de los sistemas de información (MTC, 2023).

En complemento con el diagnóstico del sistema urbano y las brechas descritas en el apartado anterior, es posible identificar un conjunto de brechas específicas del contexto piurano que se derivan de las características institucionales, urbanas y operativas del país.

4.2.1 Brechas específicas de la infraestructura en Piura

En Piura, el sistema vial urbano está gravemente deteriorado y las gestiones municipales han hecho poco o nada para remediarlo. Las calles principales con pavimentos repletos de huecos, falta de mantenimiento rutinario, intersecciones de diseño deficiente sin carriles de giro ni señalización adecuada, sistemas semafóricos obsoletos que funcionan de manera aislada sin estar sincronizados y falta de un sistema de drenaje pluvial urbano integral. Además, la ciudad carece de un plan integral de infraestructura vial que incluya anillos viales, puentes y terminales de transporte, presentando una red urbana irregular geométricamente, señalización vertical y horizontal insuficiente, incrementando factores de riesgo tanto para peatones como usuarios de vehículos. El informe periodístico destaca también que Piura no solo se limita al deterioro físico de la infraestructura vial, sino a la alta incidencia de infracciones de tránsito y comportamiento vial irregular, que agravan la problemática. La Municipalidad no aplica medidas correctivas ni fiscalización adecuada. Las intersecciones además de no tener semáforos adecuados y sin señalización, carece de presencia de fiscalización (Correo, 2015).

4.2.1.1 Brechas de movilidad y uso del espacio vial en Piura. Piura ha crecido considerable en los últimos años, alrededor del 15% de 2007 a 2017. De igual manera, los distritos han presentado crecimientos descontrolados en su área urbana, llegando a crecimientos del 56%. Esto impacta de manera negativa la movilidad en la provincia. En términos generales, el transporte público abarca el 68%, los viajes no motorizados el 15% y el uso de la bicicleta en la provincia es casi inexistente, dando paso a que los carros y mototaxis sean los más utilizados creando congestión en el sistema vial. Piura, al caracterizarse por tener un modelo de diseño vial orientado al transporte privado, posee infraestructura nula o inadecuada. En la zona de mercados, la intersección de Av. Sánchez Cerro, Óvalo Grau y Av. Country presentan el mayor número de volumen peatonal. Como el diseño de las vías prioriza a los motorizados, la infraestructura peatonal presenta condiciones inaceptables. En cuanto a la movilidad ciclista representa el 0.75% del total de los viajes, es por ello que en Piura, la infraestructura no se encuentra desarrollada para dicho modo, lo que inhibe aún más el uso de bicicletas (CAF, 2019).

4.2.1.2 Brechas en drenaje pluvial. La ausencia de un sistema urbano de drenaje integral provoca acumulación de agua e inundaciones recurrentes en temporada de lluvias. Los drenajes existentes presentan obstrucciones frecuentes por basura y vegetación; además, algunas zonas no poseen sistemas de drenaje pluvial operativos y dependen del sistema de

alcantarillado, lo que provoca colapsos durante las lluvias. La ausencia de infraestructura adecuada para evacuar los caudales generados durante eventos lluviosos recurrentes como el Fenómeno del Niño Costero (Hernández, 2018) genera:

4.2.1.3 Brechas en la infraestructura vial urbana. El Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la provincia de Piura (2019), señala que la infraestructura vial en la provincia presenta diferentes brechas, entre ellas calles estrechas en los centros de los distritos, estacionamiento legal e ilegal sobre la vía pública, inexistencia de infraestructura ciclista, veredas estrechas, bermas sin desarrollar, secciones viales discontinuas, señalización vertical y horizontal, carencia de intersecciones semaforizadas y deficiencias en pavimentos, donde el 59% de la red vial no está debidamente asfaltada.

4.2.1.4 Brechas del sistema de registro y detección de siniestros en Piura. Específicamente, en Piura no se cuenta con metodologías oficiales de detección de tramos peligrosos, ni con informes técnicos que relacionen la infraestructura vial con la ocurrencia de siniestros, lo que evidencia una brecha significativa en la gestión de datos y en la identificación de factores asociados a la infraestructura vial en Piura.

La información disponible proviene únicamente de reportes policiales preliminares y estos presentan subregistros, falta de georreferenciación precisa y ausencia de variables técnicas relacionadas con el diseño, la geometría o elementos de infraestructura presentes en el lugar del siniestro. Además, Piura no cuenta con un inventario urbano actualizado que vincule registros de siniestros con condiciones de la infraestructura vial; asimismo, Piura no cuenta con sistemas como PAS, ni con metodologías de inspecciones o auditorías adaptadas al contexto urbano, a diferencia de Lima y Callao.

Finalmente, la falta de relación entre la PNP, las municipalidades, los hospitales y las entidades de transporte dificulta la creación de algún sistema siquiera básico y confiable de registro de siniestros viales.

4.2.2 Oportunidades de mejora en Piura

El mismo informe presenta algunas oportunidades de mejora que deben ser aplicadas en la provincia de Piura. Estas oportunidades de mejora son:

4.2.2.1 Infraestructura peatonal

- Calles segregadas: calles donde los peatones están segregados físicamente de la pista por medio de una vereda con altura superior a la superficie de rodamiento vehicular.
- Calles compartidas: superficie al mismo nivel para la circulación de peatones y vehículos a lo largo de la calle. La delimitación se realiza por medio de bolardos, elementos verticales metálicos, plásticos o de concreto o por medio de cambio de texturas. A través de elementos de pacificación del tránsito se establece una

máxima velocidad de 30 km/h, lo que obliga a los conductores a mantener velocidades bajas en espacios donde circulan peatones.

- Calles de tráfico calmado: poseen elementos físicos y diseños geométricos que limitan de forma efectiva la velocidad de los vehículos motorizados. Estos elementos son glorietas, carriles angostos, reductores de velocidad, chicanas, cruces peatonales a nivel y señalización.
- Calles peatonales: aquellas sin paso vehicular, exclusivas para peatones y bicicletas. Ideal para aumentar la afluencia peatonal y el comercio.
- Ampliación de veredas y rehabilitación de veredas.

Las veredas, intersecciones o esquinas deben poseer elementos que faciliten su uso hacia personas adultas, niños y personas con discapacidad. El diseño debe seguir adecuadamente estas medidas

- Reducir al menor espacio posibles distancias del cruce peatonal
- Cruces a nivel de calle
- Señalización vertical y horizontal adecuada para todos los usuarios: peatones, vehículos y personas con discapacidad
- Rampas seguras con pendientes y desarrollos adecuados
- Isletas para el resguardo de los usuarios en avenidas o vías de numerosos carriles
- Puentes peatonales solo en zonas donde no se puedan realizar cruces a nivel de calle

4.2.2.2 Planes ciclistas. Uno de los principales factores que impiden el mayor uso de la bicicleta es la falta de infraestructura ciclista. El éxito de las redes en movilidad en bicicleta debe considerar los siguientes lineamientos:

- La red segregada (ciclovía o carriles) debe ser por completo una red no segregada (calles compartidas)
- Proporcionar calidad en la superficie de rodamiento
- El diseño debe ser adaptable y prever futuras ampliaciones
- Minimizar impactos ambientales
- Adecuadas señalizaciones para que el ciclista pueda reconocer y lograr comunicar el mensaje correcto en cuanto a límites, cruces peatonales, sentidos de circulación, restricciones y prohibiciones

4.2.2.3 Infraestructura urbana

- Mantenimiento adecuado del pavimento, ya que se estima que 1 526 hectáreas no se encuentran debidamente pavimentadas por costos muy elevados.
- Rediseño geométrico de la vía: mejor distribución de carriles y modificación de intersecciones, incluyendo ajustes de los radios de giro, ampliación de carriles en puntos críticos y mejora en intersecciones para evitar cuellos de botella.
- Establecer controles de seguridad en vías urbanas. A partir de 50 km/h las probabilidades de muerte crecen.
- Implementar un sistema electrónico para aumentar el cumplimiento del reglamento de tránsito. Sistemas como fotomultas o fotoinfracciones, radares de velocidad, cámaras fotográficas, videos o sensores en el pavimento, instalados en vías e intersecciones de altas velocidades, alto volumen de movimiento, estacionamientos prohibidos, invasión de carril, etc.
- Implementar un sistema integral de gestión de estacionamientos.
- Implementar un sistema de semaforización inteligente. Creación de un sistema de gestión inteligente del tránsito conformado por tecnologías de información, comunicación al usuario de la red y por infraestructura de transporte.
- Rediseño de intersecciones semaforizadas. Desde el punto de vista geométrico y operacional.
- Mejoras en la infraestructura para transporte público: crear carriles exclusivos para buses, implementar tecnología de control de buses.

En síntesis, las brechas identificadas en la ciudad de Piura muestran la existencia de deficiencias estructurales, operativas y de gestión que incrementan la exposición al riesgo y dificultan la prevención de los siniestros viales. La ausencia de sistemas modernos de registros georreferenciados que vinculen los siniestros con características de la infraestructura, el deterioro generalizado de la red vial urbana, falta de veredas continuas e infraestructura para usuarios vulnerables, así como la obsolescencia de semáforos y señalizaciones, evidencian la necesidad de intervenciones urgentes. Estas brechas, se ven reforzadas por la limitada regulación y educación vial.

Frente a este escenario, Piura presenta oportunidades de mejora: la implementación del enfoque del Sistema Seguro, la adopción de metodologías como iRAP y evaluaciones antes-después, la creación de un inventario vial urbano actualizado y la modernización del sistema de registro de siniestros, así como el rediseño de intersecciones críticas para usuarios vulnerables. Implementar estas herramientas permitiría reducir siniestros, muertes y lesiones; asimismo permite la transformación de la ciudad hacia un entorno vial más seguro, resiliente y alineado con los estándares internacionales de prevención. A continuación, se presenta de

forma sintetizada medidas de mejora para prevenir la siniestralidad vial en Piura de acuerdo con información recopilada en apartados anteriores.

4.2.3 Medidas de mejora para prevenir la siniestralidad en Piura

- Rediseño de intersecciones urbanas inseguras (canalización de flujos, refugios peatonales, rotondas donde sea viable, reducción de radios de giro)
- Mejora del estado del pavimento ya que el pavimento en mal estado es una de las causas que reducen el nivel de servicio
- Implementación de zonas 30 en áreas urbanas (en escuelas, mercados y hospitales; control de velocidad con cámaras, control de intersecciones con cámaras, control de transporte informal)
- Infraestructura peatonal (veredas continuas (Piura cuenta con 36% de vías sin veredas), pasos peatonales elevados, iluminación peatonal, cruces seguros y semaforizados)
- Infraestructura ciclista protegida (ciclovías segregadas; intersecciones para ciclistas, red conectada (no tramos aislados))
- Mejoramiento del pavimento urbano (eliminación de baches y hundimientos; capas de rodadura de alto desempeño; mantenimiento preventivo)
- Mejora de señalización (Señalización retrorreflectiva; señalización vertical y horizontal completa en avenidas principales)
- Modernización de semáforos (control inteligente, sincronización)
- Prioridad peatonal según hora punta, mejora de la gestión del tránsito)
- Paraderos fijos (Eliminación de paraderos informales, separación de flujos de buses y mototaxis)
- Auditorías de seguridad vial
- Implementación de metodología iRAP (clasificación por estrellas de la infraestructura, identificación de puntos críticos)
- Priorización de inversiones
- Sistemas de registro modernos (siniestros georreferenciados, integración de datos hospitalarios)
- Sistemas de gestión GIS (mapas de siniestros en tiempo real, mapa de puntos críticos, relación siniestro-infraestructura)
- Enfoques estratégicos aplicables en Piura (Sistema Seguro (*Safe System Approach*), *Vision Zero* y Calles completas (*Complete Streets*))

4.3 Aplicabilidad de intervenciones de infraestructura vial en la ciudad de Piura

Si bien la literatura internacional y nacional presentan un conjunto muy amplio de intervenciones de infraestructura para mejorar la seguridad vial o prevenir siniestros, no todas resultan viables o inmediatamente aplicables en contextos urbanos sobre todo con limitaciones económicas, institucionales y tecnológicas como el de Piura, provocado por diferentes razones como la gestión deficiente, informalidad y desorden urbano. A partir de las brechas diagnosticadas y de las oportunidades de mejora identificadas en apartados previos, es posible determinar un conjunto de intervenciones que pueden ser implementadas a corto y mediano plazo debido a su bajo costo y alta efectividad.

4.3.1 Medidas prioritarias de bajo costo y alto impacto

- Mejora de señalización vertical y horizontal, especialmente en intersecciones, avenidas principales y en zonas escolares (PIARC, 2022; MTC, 2023)
- Iluminación en pasos peatonales e intersecciones, con prioridad en zonas de alto flujo peatonal como mercados y cruces críticos (OECD/ITF, 2016)
- Mantenimiento vial básico, incluyendo bacheo y reposición de capas de rodadura deterioradas, fundamentalmente en una ciudad donde el 59% de la red vial no está asfaltada (CAF, 2019)
- Gestión básica del tránsito, como eliminación de paraderos informales, ordenamiento de mototaxis y mejoras operativas simples en intersecciones

4.3.2 Intervenciones de rediseño urbano adaptadas al contexto local

A diferencia de grandes transformaciones urbanas, Piura puede iniciar con intervenciones geométricas progresivas.

- Cruces peatonales elevados, refugios centrales y reducción de radios de giro para disminuir la velocidad efectiva en intersecciones críticas (Harwood et al., 2017)
- Zonas 30 km/h alrededor de escuelas, mercados y hospitales, reforzadas con medidas físicas de calzado (OECD/ITF, 2016)
- Calles segregadas o compartidas para peatones en áreas de alta afluencia

4.3.3 Priorización de usuarios vulnerables

Dado que peatones, ciclistas y motociclistas concentran la mayor parte de muertos y lesionados en contextos urbanos de ingresos medios y bajos:

- Veredas continuas, amplias y rehabilitadas en zonas de mayor movimiento peatonal (CAF, 2019)
- Infraestructura ciclista básica: tramos continuos y protegidos donde exista demanda potencial, evitando soluciones aisladas (Lusk et al., 2011)

- Accesibilidad universal, incluyendo rampas, señalización táctil y cruces a nivel

4.3.4 Sistemas de gestión y registro de siniestros viables para Piura

Aunque Piura no cuenta con sistemas modernos, sí es posible iniciar por medidas de bajo costo que mejoren la calidad del registro:

- Georreferenciación básica de siniestros mediante GPS o formularios digitales simples (ONSV, 2024)
- Integración preliminar de información municipal con datos policiales y hospitalarios
- Mapeo inicial de puntos de alta siniestralidad, tomando como referencia PAS, pero adaptado al contexto local

Estas medidas representan el punto inicial necesario antes de aplicar metodologías más avanzadas como iRAP o RSA.

4.3.5 Intervenciones progresivas de mediano plazo

Aplicables una vez establecida la gestión de datos y diagnóstico local.

- Rediseño de intersecciones mayores, incorporando rotondas en lugares donde geoméricamente sea viable
- Implementación de semaforización inteligente, iniciando por la sincronización de los sistemas existentes
- Aplicación gradual de metodologías como iRAP para priorizar intervenciones de infraestructura de manera objetiva

Finalmente, la aplicabilidad en Piura depende de estrategias escalonadas: primero intervenciones básicas y de bajo costo, luego, mejoras geométricas adaptadas al contexto urbano; finalmente, herramientas avanzadas de gestión y evaluación. Este enfoque progresivo permite iniciar un proceso sostenible hacia un entorno vial más seguro, aún con recursos limitados y sin sistemas modernos de registro o planificación.

Conclusiones

Se demostró que la infraestructura vial es el pilar más efectivo para la reducción de la siniestralidad vial, tal como lo plantea el enfoque del Sistema Seguro, Visión Cero y Calles Completas. La evidencia científica revisada demuestra de manera consistente que el diseño geométrico seguro, la gestión de velocidades por infraestructura, la provisión de espacios protegidos para usuarios vulnerables y la calidad del entorno vial han demostrado resultados significativos para la disminución de lesiones y muertes en diversos contextos urbanos. Asimismo, la literatura confirma que los errores humanos son inevitables y que el sistema debe estar preparado para tolerarlos sin generar consecuencias fatales.

Las intervenciones de infraestructura vial (rediseño geométrico, iluminación, señalización, ciclovías segregadas, pacificación del tráfico y mantenimiento preventivo) son las que obtienen mejores resultados en la reducción de muertes y lesiones a nivel internacional, demostrando mayor efectividad que intervenciones centradas únicamente en la regulación o la educación vial. Asimismo, la evidencia internacional confirma que las rotondas son el elemento de infraestructura vial más efectivo en zonas urbanas, ya que reducen entre el 40% y 80% los siniestros graves al disminuir los puntos de conflicto y obligar a velocidades seguras por diseño. Ideales para ciudades como Piura, donde muchas intersecciones amplias y no canalizadas generan siniestros viales, la implementación de rotondas representa una oportunidad de mejora con mayor impacto inmediato en la reducción de muertes y lesiones graves.

La revisión internacional demuestra que ningún sistema de seguridad vial puede funcionar adecuadamente sin bases de datos confiables, georreferenciadas y vinculadas a la infraestructura. Por ello, se concluye que resulta indispensable implementar metodologías de diagnóstico como el registro moderno de siniestros, la integración de datos hospitalarios y policiales, el inventario urbano digitalizado, el análisis espacial, la evaluación antes-después y las auditorías de seguridad vial. Esta metodología constituye la base para identificar fallas estructurales, priorizar intervenciones, medir el impacto y tomar decisiones basadas en la evidencia.

Los hallazgos de esta investigación confirman que la seguridad vial urbana depende directamente de la calidad del entorno. En Piura, predominan brechas estructurales, institucionales y tecnológicas que limitan la prevención de siniestros viales. Entre ellas están las vías deterioradas, la falta de veredas, intersecciones inseguras, infraestructura ciclista casi inexistente, señalización deficiente, semaforización obsoleta, falta de vinculación de datos hospitalarios y policiales y un sistema de datos limitado. A ello se le suma el crecimiento urbano desordenado, informalidad del transporte, la debilidad técnica municipal y la limitada capacidad de fiscalización. Estas condiciones reflejan que Piura está en un “punto cero” en cuanto a infraestructura vial segura y gestión de datos, lo que refuerza la necesidad de

implementar mecanismos de detección, diagnósticos y priorización de intervenciones estructurales.

Finalmente, la tesis aporta una sistematización actualizada respecto a cómo la infraestructura vial influye en la prevención de la siniestralidad, integrando evidencia científica internacional, normativa técnica y análisis contextual. Su contribución radica en establecer un puente entre enfoques globales y la realidad urbana de Piura, identificando brechas y oportunidades de mejora aplicables a la ciudad que posee recursos limitados. Asimismo, ofrece una base metodológica que puede ser utilizada por municipalidades, entidades sectoriales y futuros estudios.



Referencias

- Abdulhafedh, A. (2017). *Road Traffic Crash Data: An Overview on Sources, Problems, and Collection Methods*. *Journal of Transportation Technologies*, 07(02), 206-219. <https://doi.org/10.4236/jtts.2017.72015>
- Aguilera, S. L. V. U., Moysés, S. T., & Moysés, S. J. (2014). [Road safety measures and their effects on traffic injuries: A systematic review]. *Revista Panamericana De Salud Publica = Pan American Journal of Public Health*, 36(4), 257-265.
- Akbari, M., Heydari, S. T., Razzaghi, A., Vali, M., Tabrizi, R., & Bagheri Lankarani, K. (2024). *Effectiveness of interventions for preventing road traffic injuries: A systematic review in low-, middle- and high-income countries*. *PloS One*, 19(12), e0312428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312428>
- Albalate, D., Fernández, L., & Yarygina, A. (2013). *The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation*. *Accident Analysis & Prevention*, 59, 227-239. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.008>
- Alonso, F., Faus, M., Esteban, C., & Useche, S.A. (2025). *Road safety compliance and enforcement: Insights from user perceptions in Spain and the Dominican Republic*. https://www.researchgate.net/publication/388912437_ROAD_SAFETY_COMPLIANCE_AND_ENFORCEMENT_INSIGHTS_FROM_USER_PERCEPTIONS_IN_SPAIN_AND_THE_DOMINICAN_REPUBLIC
- Anastasiadou, K., & Kehagia, F. (2025). *Road Safety Improvement and Sustainable Urban Mobility: Identification and Prioritization of Factors and Policies Through a Multi-Criteria Approach*. *Urban Science*, 9(4), 93. <https://doi.org/10.3390/urbansci9040093>
- APESEG. (2024). *Día Mundial en Recuerdo de las Víctimas de Accidentes de Tráfico*. <https://www.apeseg.org.pe/2024/11/dia-mundial-en-recuerdo-de-las-victimas-de-accidentes-de-trafico/>
- Apolo, J. M. B., & Tocto, M. F. T. (s. f.). *Cálculo del índice de condición del pavimento de la Av. Colectora en el distrito de Piura, usando drones*.
- Banco de Desarrollo de America Latina (CAF). (2019). *Plan Maestro de Movilidad Urbana Sostenible de la Provincia de Piura*. Scioteca CAF. <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1414/Plan%20de%20movilidad%20Piura.pdf>
- Benekohal, R. F. (2019). *Infrastructure Related Road Safety Interventions*. *Journal of Injury and Violence Research*, 11(4). <https://doi.org/10.5249/jivr.v11i2.1283>
- Bullough, J. D., Donnell, E. T., & Rea, M. S. (2013). *To illuminate or not to illuminate: Roadway lighting as it affects traffic safety at intersections*. *Accident Analysis & Prevention*, 53, 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.029>

- Burneo León, U. A., & Grau García, A.E. (2025). *Análisis y propuesta de mejoramiento vial en la Av. Sullana entre la Av. Andrés Avelino Cáceres y Sánchez Cerro*. Universidad de Piura. <https://pirhua.udep.edu.pe/item/a7fd178d-84ce-4f3a-95c8-ef5b0bee1c84>
- Castillo Calderón, C. M., & Perez Livia, A. A. (2024). *Evaluación de la seguridad peatonal, con énfasis en personas con movilidad reducida, por medio de iRAP en la intersección de Av. Guillermo Gulman con Av. circunvalación en la ciudad de Piura*.
- Castillo-Manzano, J.I., Castro-nuño, M., López-Valpuesta, L., & Pedregal, D. J. (2019). *From legislation to compliance: The power of traffic law enforcement for the case study of Spain*. *Transport Policy*, 75, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.12.009>
- Charles, P. (2019). *¿Hay más de 3 E en seguridad vial?* - Transport Futures Institute. <https://transportfutures.institute/more-than-3es-in-road-safety/>
- Correo, R. (2015). *Piura: Sistema vial de la ciudad de Piura es un desastre*. Correo. <https://diariocorreo.pe/edicion/piura/piura-sistema-vial-de-la-ciudad-de-piura-es-un-desastre-625727/>
- Domínguez, C., Febres Eguiguren, J. D., & Cuadra, S. N. (2023). *Uncovering road traffic crashes typologies using multiple correspondence analysis (MCA), in a low-resource setting*. *Revista Facultad de Ingeniería: Universidad de Antioquia*, 107, 113-130. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo>
- European Commission. (2021). *Road Safety thematic report: Serious injuries*. https://road-safety.transport.ec.europa.eu/document/download/1b0e8fc9-4d37-4ac7-bbc9-3431c1bfe030_en
- European Transport Safety Council. (2019). *13th Annual Road Safety Performance Index (PIN) Report*. <https://etsc.eu/13th-annual-road-safety-performance-index-pin-report/>
- Federal Highway Administration. (2017). *Manual electrónico sobre calma del tráfico | FHWA*. <https://highways.dot.gov/safety/speed-management/traffic-calming-eprimer>
- Federal Highway Administration (FHWA). (2017). *Road Safety Fundamentals Unit1.pdf*. https://highways.dot.gov/sites/fhwa.dot.gov/files/2022-08/rspcb_Road_Safety_Fundamentals_Unit1.pdf
- Ferenchak, N. N., & Marshall, W. E. (2024). Traffic safety for all road users: A paired comparison study of small & mid-sized U.S. cities with high/low bicycling rates. *Journal of Cycling and Micromobility Research*, 2, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.jcmr.2024.100010>
- Foreman, T., Lin, M., Tu, W. y Yarbrough, R. (2024). *Impacto de la forma urbana y la infraestructura vial en las colisiones entre peatones y conductores: Revista internacional de control de lesiones y promoción de la seguridad: Vol. 31, n.º 3*. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17457300.2024.2351961>

- Galecio Purizaca, W., & Villegas Huayanay, A. C. (2022). *Diseño geométrico y estructural para la pavimentación en el AA.HH La Primavera del Distrito de Castilla, Piura*. <https://repositorio.upao.edu.pe/item/dba0367d-f1f7-41e9-9d80-5698496a5a2b>
- Gobierno Regional de Piura. (2025). *Capacitan a mototaxistas en seguridad vial*. <https://www.gob.pe/institucion/regionpiura-drta/noticias/1111358-capacitan-a-mototaxistas-en-seguridad-vial>
- Gobierno Regional de Piura. (2024). *Dirección Regional de Transportes lanzó la campaña ¡Escolares Seguros, conductor responsable!* <https://www.gob.pe/institucion/regionpiura-drta/noticias/955316-direccion-regional-de-transportes-lanzo-la-campana-escolares-seguros-conductor-responsable>
- Goel, R., Tiwari, G., Varghese, M., Bhalla, K., Agrawal, G., Saini, G., Jha, A., John, D., Saran, A., White, H., & Mohan, D. (2024). *Effectiveness of road safety interventions: An evidence and gap map*. *Campbell Systematic Reviews*, 20(1), e1367. <https://doi.org/10.1002/cl2.1367>
- Green, B. (2021). *iRAP Star Rating and Investment Plan Manual Version 1.0*. iRAP. <https://irap.org/2021/06/irap-star-rating-and-investment-plan-manual-version-1-0-is-now-available-for-download/>
- Gupta, M., Menon, G. R., Devkar, G., & Thomson, H. (2018). *Regulatory and road engineering interventions for preventing road traffic injuries and fatalities among vulnerable (non-motorised and motorised two-wheel) road users in low- and middle-income countries*. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2018(12), CD011495. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011495.pub2>
- Harwood, D.W., Hutton, J. M., Hans, Z. N., Souleyrette, R. R., & Fields, M.A. (2017). *Beneficios de seguridad de las inversiones en infraestructura vial—Fundación AAA para la Seguridad Vial*. <https://aaafoundation.org/safety-benefits-of-highway-infrastructure-investments/>
- Hosseinzadeh, A., Karimpour, A., Kluger, R., & Orthober, R. (2022). *Data linkage for crash outcome assessment: Linking police-reported crashes, emergency response data, and trauma registry records*. *Journal of Safety Research*, 81, 21-35. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.01.003>
- Imprialou, M., & Quddus, M. (2019). *Crash data quality for road safety research: Current state and future directions*. *Accident Analysis & Prevention*, 130, 84-90. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.02.022>
- International Transport Forum. (2012). *Road Safety Annual Report 2011*. OECD. <https://doi.org/10.1787/irtad-2011-en>

- International Transport Forum. (2016). *Zero Road Deaths and Serious Injuries: Leading a Paradigm Shift to a Safe System*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789282108055-en>
- International Transport Forum. (2020). *Best-practice-urban-road-safety.pdf*. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/best-practice-urban-road-safety.pdf>
- International Transport Forum / OECD. (2017). *Benchmarking-seguridad-vial-america-latina_0.pdf*. https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/benchmarking-seguridad-vial-america-latina_0.pdf
- Institute for Transportation and Development Policy. (2019). *Complete Streets Design Workbook: Smart Cities Across India*. ITDP.
- ITDP México. (2024). *Reporte TCA: Transformando la Calle*. https://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/2024/03/03_Reporte_TCA.pdf
- Jiménez, H., & Darío, M. (2018). *Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en Urb. El Chilcal de la ciudad de Piura*. <https://pirhua.udep.edu.pe/item/2064d72e-0216-432c-ad57-269b33ba91d1>
- Judy Williams. (2024). *Peru's 2030 Multisector Road Safety Strategy includes iRAP for safer journeys*. iRAP. <https://irap.org/2024/05/perus-2030-multisector-road-safety-strategy-includes-irap-for-safer-journeys/>
- Khan, M.N., & Das, S. (2024). *Advancing traffic safety through the safe system approach: A systematic review*. *Accident Analysis & Prevention*, 199, 107518. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107518>
- Kim, E., Muennig, P., & Rosen, Z. (2017). *Vision zero: A toolkit for road safety in the modern era*. *Injury Epidemiology*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40621-016-0098-z>
- Kristianssen, A.-C., Andersson, R., Belin, M.-Å., & Nilsson, P. (2018). *Swedish Vision Zero policies for safety – A comparative policy content analysis*. *Safety Science*, 103, 260-269. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.005>
- La Hora. (2023). *Piura: Se registran 569 fallecidos en accidentes en los primeros 7 meses del año*. <https://lahora.pe/>. <https://lahora.pe/local/piura-se-registran-569-fallecidos-en-accidentes-en-los-primeros-7-meses-del-ano/>
- Li, Y., Liu, C., & Ding, L. (2013). *Impact of pavement conditions on crash severity*. *Accident; Analysis and Prevention*, 59, 399-406. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.028>
- Lusk, A. C., Furth, P. G., Morency, P., Miranda-Moreno, L. F., Willett, W. C., & Dennerlein, J. T. (2011). *Risk of injury for bicycling on cycle tracks versus in the street*. *Injury Prevention*, 17(2), 131-135. <https://doi.org/10.1136/ip.2010.028696>

- Marshall, W. E., & Ferencak, N. N. (2019). *Why cities with high bicycling rates are safer for all road users*. *Journal of Transport & Health*, 13, 100539. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.03.004>
- Melo, M. F. (2025). *Infografía: ¿Cuán mortal es el tránsito en Latinoamérica?* Statista Daily Data. <https://es.statista.com/grafico/34506/muertes-por-accidentes-de-trafico-en-paises-de-latinoamerica>
- Merrefield, C. (2023). *Pedestrian safety and crosswalks: Recent research*. *The Journalist's Resource*. <https://journalistsresource.org/politics-and-government/pedestrian-safety-crosswalks-research/>
- Michael, I. (2022). *Smart road infrastructure for real-time accident reporting*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección de Seguridad vial. (2023). *Informe de víctimas fatales en siniestros de tránsito e identificación de puntos de alta siniestralidad en Lima Metropolitana y Callao 2021-2023*. Observatorio Nacional de Seguridad Vial. https://drive.google.com/file/d/1ItlZ_lsqhg5LD-OEmSQuRPBlgQFktzF2/preview
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2023). *Política Nacional Multisectorial de Seguridad Vial 2023 – 2030*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4898855/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20Multisectorial%20de%20Seguridad%20Vial%202023%20%E2%80%93%202030.pdf?v=1690229851>
- Mohammed, H.A. (2019). *The Influence of Road Geometric Design Elements on Highway Safety*. https://www.researchgate.net/publication/337136585_THE_INFLUENCE_OF_ROAD_GEOMETRIC_DESIGN_ELEMENTS_ON_HIGHWAY_SAFETY
- Navarro-Moreno, J., de Oña, J., & Calvo-Poyo, F. (2023). *How do road infrastructure investments affect Powered Two-Wheelers crash risk?* *Transport Policy*, 138, 60-73. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.04.016>
- Niture, N., & Abdellatif, I. (2024). *A systematic review of factors, data sources, and prediction techniques for earlier prediction of traffic collision using AI and machine Learning*. *Multimedia Tools and Applications*, 84(18), 19009-19037. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-19599-6>
- Novoa, A. M., Pérez, K., & Borrell, C. (2009). *Efectividad de las intervenciones de seguridad vial basadas en la evidencia: Una revisión de la literatura*. *Gaceta Sanitaria*, 23(6), 553.e1-553.e14. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2009.04.006>
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial - ONSV (2021). *Reto Visión Cero (Loreto y Trujillo)*. <https://www.onsv.gob.pe/post/reto-vision-cero/>

- Observatorio Nacional de Seguridad Vial - ONSV (2023). *Informe de siniestralidad de tránsito con motocicletas 2021-2022*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. https://drive.google.com/file/d/1Dm7ef9PCY48tMkTpS8hE_XX-0ZNIkHZ/preview
- Observatorio Nacional de Seguridad Vial - ONSV (2023). *Reporte de siniestralidad vial en el Perú 2023*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. <https://www.onsv.gob.pe/>
- Organización Panamericana de la Salud. (2025). *Nuevo informe de la OPS sobre seguridad vial destaca avances lentos y desiguales en la reducción de las muertes por tránsito en las Américas—OPS/OMS*. <https://www.paho.org/es/noticias/22-1-2025-nuevo-informe-ops-sobre-seguridad-vial-destaca-avances-lentos-desiguales>
- Organización Panamericana de la Salud. (2025). *Promover enfoque de sistemas de tránsito seguros para salvar vidas en las Américas*. Revista Hospitalaria, Edición Internacional (150). ACHC. <https://achc.nyc3.cdn.digitaloceanspaces.com/revista-hospitalaria/edicion-150/internacional/Internacional%20150.pdf>
- Översyn av etappmål för säkerhet på väg: Till 2020 och 2030, med en utblick mot 2050. (2016). Trafikverket. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-1612>
- Paredes, S. G. A. (2023). *Seguridad vial y su relación con los accidentes de tránsito en conductores y peatones de Lima Metropolitana y Callao en el año 2022*.
- Pedestrian Safety and Sustainable Urban Planning: A Literature Review on Walkable City Design. (2025). *ResearchGate*. <https://doi.org/10.38027/ICCAUA2025TR0038>
- Peña-García, A., Hurtado, A., & Aguilar-Luzón, M.C.(2015). *Impact of public lighting on pedestrians' perception of safety and well-being*. *Safety Science*, 78, 142-148. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.009>
- Papadimitriou, E., Filtness, A., Teofilatos, A., Ziakopoulos, A., Quigley, C., & Yannis, G. (2019). *Review and ranking of crash risk factors related to the road infrastructure*. *Accident Analysis & Prevention*, 125, 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.01.002>
- Pérez, K., Santamariña-Rubio, E., López, M. J., Artazcoz, L., Ferrando, J., Pastor, C., Hyder, A. A., & Borrell, C. (2024). 25 years of providing evidence on road safety interventions at the city level. *Frontiers in Public Health*, 12, 1463878. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1463878>
- PIARC- Asociación Mundial de Carreteras. (2025). *Integración de datos | Manual de seguridad vial*. <https://roadsafety.piarc.org/en/road-safety-management/safety-data/integrating-data>
- Public Health Ontario. (2023). *Effectiveness of Engineering Interventions on Road Safety*.

- Qiao, W., & Zheng, H. (2025). *Predicting urban vitality and pedestrian road safety in urban areas based on machine learning*. *Cities*, 166, 106193. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106193>
- Quistberg, D. A., Hessel, P., Rodriguez, D. A., Sarmiento, O. L., Bilal, U., Caiaffa, W. T., Miranda, J. J., de Pina, M. de F., Hernández-Vásquez, A., & Diez Roux, A. V. (2022). Urban landscape and street-design factors associated with road-traffic mortality in Latin America between 2010 and 2016 (SALURBAL): An ecological study. *The Lancet. Planetary Health*, 6(2), e122-e131. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00323-5](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00323-5)
- Road Traffic Management Corporation. (2021). *State of road safety in South Africa: January 2021 to December 2021*. https://www.rtmc.co.za/images/rtmc/docs/traffic_reports/stateofrsreport/STATE-OF-ROAD-SAFETY-REPORT-2021.pdf
- Ronan. (2016). *Zero Road Deaths and Serious Injuries*. ITF. <https://www.itf-oecd.org/zero-road-deaths>
- Saade Hazin, M., & Ortega Durante, J. (2025). *Avances y desafíos de la seguridad vial en América Latina y el Caribe | CEPAL*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/81199-avances-desafios-la-seguridad-vial-america-latina-caribe>
- Salifu, M., & Ackaah, W. (2012). *Under-reporting of road traffic crash data in Ghana*. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 19(4), 331-339. <https://doi.org/10.1080/17457300.2011.628752>
- Sharma, S. N., & Dehalwar, K. (2025). A Systematic Literature Review of Pedestrian Safety in Urban Transport Systems. *Journal of Road Safety*, 36(4), 55-78. <https://doi.org/10.33492/JRS-D-25-4-2707507>
- Sistema de Análisis de Accidentes (CAS) | Agencia de Transporte de Nueva Zelanda, Waka Kotahi. (2023). <https://nzta.govt.nz/safety/partners/crash-analysis-system>
- Skaug, L., Nojournian, M., Dang, N., & Yap, A. (2025). *Road Crash Analysis and Modeling: A Systematic Review of Methods, Data, and Emerging Technologies*. *Applied Sciences*, 15(13), 7115. <https://doi.org/10.3390/app15137115>
- Soltani, A., Harrison, J. E., Ryder, C., Flavel, J., & Watson, A. (2024). *Police and hospital data linkage for traffic injury surveillance: A systematic review*. (2025). *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107426>
- Soria, D., Zamora, E., Café, E., León, M., & Pineda, M. (2018). *Auditorías e inspecciones de seguridad vial en América Latina*. <https://doi.org/10.18235/0001069>
- Taddia, A., Pinto, A. M., Café, E., Rodríguez, M., & Viegas, M. (2014). *Investigaciones y Casos de Estudio en Seguridad Vial*.

- Tavakkoli, M., Torkashvand-Khah, Z., Fink, G., Takian, A., Kuenzli, N., de Savigny, D., & Cobos Muñoz, D. (2022). *Evidence From the Decade of Action for Road Safety: A Systematic Review of the Effectiveness of Interventions in Low and Middle-Income Countries*. *Public Health Reviews*, 43, 1604499. <https://doi.org/10.3389/phrs.2022.1604499>
- Teschke, K., Harris, M. A., Reynolds, C. C. O., Winters, M., Babul, S., Chipman, M., Cusimano, M. D., Brubacher, J. R., Hunte, G., Friedman, S. M., Monro, M., Shen, H., Vernich, L., & Cripton, P. A. (2012). *Route Infrastructure and the Risk of Injuries to Bicyclists: A Case-Crossover Study*. *American Journal of Public Health*, 102(12), 2336-2343. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2012.300762>
- The Global Economy. (2019). *Traffic accident deaths in Latin America*. (2019). https://www.theglobaleconomy.com/rankings/mortality_traffic_accidents/Latin-Am/
- Thompson, J., Stevenson, M., Wijnands, J. S., Nice, K. A., Aschwanden, G. D. P. A., Silver, J., Nieuwenhuijsen, M., Rayner, P., Schofield, R., Hariharan, R., & Morrison, C. N. (2020). *A global analysis of urban design types and road transport injury: An image processing study*. *The Lancet Planetary health*, 4(1), e32-e42. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30263-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30263-3)
- Toole Design Group. (2023). *The History of the 3 E's*. <https://tooledesign.com/the-history-of-the-3-es/>
- Traffic Injury Research Foundation. (2017). *Lets talk about crashes*.
- Trafikverket. (2019). *Data Collection*. <https://bransch.trafikverket.se/en/startpage/operations/Operations-road/vision-zero-academy/Vision-Zero-and-ways-to-work/data-collection/>
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2024). *Statistics of Road Traffic Accidents in Europe and North America 2023*. United Nations.
- Useche, S. A., Cendales, B., Alonso, FF., & Serge, A. (2017). *Stress-related psychosocial factors at work, fatigue, and risky driving behavior in bus rapid transport (BRT) drivers*. *Accident Analysis & Prevention*, 104, 106-114. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.04.023>
- Vanderschuren, M., & Muchaka, P (2023). *The effect of infrastructure and educational road safety interventions in Khayelitsha, Cape Town*. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/372236653_THE_EFFECT_OF_INFRASTRUCTURE_AND_EDUCATIONAL_ROAD_SAFETY_INTERVENTIONS_IN_KHA_YELITSHA_CAPE_TOWN
- Wang, Y., Zhang, C., Ji, P., Si, T., & Zhang, Z. (2021). *Effect of pedestrian traffic light on traffic flow accompany with pedestrian crossing*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 576, 126059. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2021.126059>

- Wijnands, J. S., Zhao, H., Nice, K. A., Thompson, J., Scully, K., Guo, J., & Stevenson, M. (2021). Identifying safe intersection design through unsupervised feature extraction from satellite imagery. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 36(3), 346-361. <https://doi.org/10.1111/mice.12623>
- World Bank & International Transport Forum. (2021). *Guidelines for conducting road safety data reviews* (Mobility and Transport Connectivity Series). <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099140001132222667/pdf/P17217904895f706d0a3d50134491fe8699.pdf>
- World Bank. (2015). *Transport in Latin America and the Caribbean: Opportunities for efficiency and safety*. <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/557131447871332800-0190022015/render/TransportLatinAmericaCaribbeanFinalHighRes.pdf>
- World Health Organization. (2011). *Global Plan for the Decade of Action for Road Safety.pdf*. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/un-road-safety-collaboration/global_launch_doa_2011-2020.pdf
- World Health Organization. (2021). *Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2021-2030*. <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/global-plan-for-road-safety.pdf>
- World Health Organization. (2023). *Global Status Report on Road Safety 2023* (1st ed).
- World Health Organization. (2021). *Second Decade of Action for road safety 2021-2030*. <https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>
- Zapata García, J. H. (2020). Nivel de servicio y mejoramiento del diseño geométrico en la avenida Prolongación Grau de la ciudad de Piura. Repositorio institucional de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://repositorio.upao.edu.pe/item/78794f1f-d7cb-4477-a0df-e9ee553fb5cf>